Escuela Politécnica Superior de Jaén
Máster Universitario en Ingeniería Industrial

UNIVERSIDAD DE JAÉN
Escuela Politécnica Superior (Jaén)

Trabajo Fin de Máster

DISEÑO DE UNA LÍNEA AÉREA A 132 kV Y SUBESTACIÓN 132/66 kV

Alumno: Martínez Alba, Rafael

Tutor: Prof. D. Francisco José Sánchez Sutil
Dpto.: Ingeniería Eléctrica

SANCHEZ SUTIL FRANCISCO JOSE - 26004797P

Firmado digitalmente por SANCHEZ SUTIL FRANCISCO JOSE - 26004797P
Fecha: 2019.07.03 19:13:51 +02'00'

Julio, 2019

Universidad de Jaén
Escuela Politécnica Superior de Jaén
Departamento de Ingeniería Eléctrica

D. FRANCISCO JOSÉ SÁNCHEZ SUTIL, tutor del Proyecto Fin de Carrera titulado: DISEÑO DE UNA LÍNEA AÉREA A 132 kV Y SUBESTACIÓN 132/66 kV, que presenta RAFAEL MARTÍNEZ ALBA, autoriza su presentación para defensa y evaluación en la Escuela Politécnica Superior de Jaén.

Jaén, Julio de 2019

El alumno: El tutor:



RAFAEL MARTÍNEZ ALBA FRANCISCO JOSÉ SÁNCHEZ SUTIL

AGRADECIMIENTOS

Éste proyecto realizado, con esfuerzo y sacrificio, quiero dedicárselo a mi familia, en especial a mis padres, que tanto en los buenos como en los malos momentos, han estado ahí para apoyarme y darme ánimos en momentos de flaqueza, levantándome con fuerzas para afrontar los retos que se me planteen.

Darle las gracias a mi novia, que aun estando separados a larga distancia y en grandes espacios de tiempo, ha estado ahí ayudándome, dándome fuerzas cuando más lo necesitaba y conseguir sacarme una sonrisa.

Darle las gracias a todos mis compañeros del Máster de Ingeniería Industrial , que aunque el comienzo no fue el esperado, día tras día fuimos superando obstáculos entre todos como un gran equipo, que aunque pase el tiempo y la distancia sea lejana, siempre estaremos conectados en el grupo del Whatsapp.

También darle las gracias a mis amigos, que aunque no he estado el suficiente tiempo con ellos, han sabidos ser pacientes y apoyarme.

Y por último, y no menos importante, mis agradecimientos a mi tutor Francisco José Sánchez Sutil, que aun teniendo dificultades a lo largo del proyecto, ha sabido ser paciente, ayudándome a superarlas, consiguiendo que haya aprendido bastante con dicho proyecto.

Espero leyente que a la hora de leer mi proyecto, puedas comprobar todo el trabajo y tiempo que ha sido empleado a la hora de realizarlo, deseando que consigas aprender de él.

Muchas gracias y saludos.



MARTÍNEZ ALBA, RAFAEL

ÍNDICE

MEMORIA 28

1. Antecedentes 29

2. Alcance 29

3. Emplazamiento 29

3.1. Línea aérea 29

3.2. Línea subterránea 29

3.3. Subestación 30

4. Normativa 30

5. Línea aérea 33

5.1. Características de la línea aérea 33

5.2. Conductor de fase 34

5.3. Conductor de tierra 34

5.4. Cadenas de aislamiento 34

5.4.1. Cadenas de suspensión 35

5.4.2. Cadenas de suspensión en cruzamientos 35

5.4.3. Cadenas de anclaje/amarre 36

5.4.4. Cadenas de Anclaje/Amarre en cruzamientos 36

5.5. Apoyos 37

5.5.1. Estructura 37

5.5.2. Cimentación 37

5.5.3. Tierras 38

5.6. Elementos adicionales 38

5.6.1. Terminales 38

5.6.2. Autoválvulas 39
5.7. Distancias de seguridad 40
5.7.1. Distancias entre fases 40
5.7.2. Distancia entre fase y tierra 40
5.8. Medio ambiente 40
5.9. Avifauna 40
5.10. Cruzamientos 41
6. Línea subterránea 43
6.1. Características de la línea subterránea 43
6.2. Conductor de fase 43
6.3. Pantallas 44
7. Subestación 45
7.1. Características de la subestación 45
7.2. Parque de 132 kV 46
7.2.1. Descripción 46
7.2.2. Magnitudes eléctricas 47
7.2.3. Distancias 47
7.2.4. Embarrados 47
7.2.5. Aisladores soporte 48
7.2.6. Piezas de conexiones 49
7.2.7. Terminales 49
7.2.8. Aparamenta híbrida 50
7.2.9. Transformadores de tensión 51
7.2.10. Autoválvulas 52
7.3. Parque de 66 kV 53

7.3.1. Descripción 53

7.3.2. Magnitudes eléctricas 54

7.3.3. Distancias 54

7.3.4. Embarrados 54

7.3.5. Aisladores soporte 55

7.3.6. Piezas de conexiones 56

7.3.7. Aparamenta híbrida 56

7.3.8. Transformadores de tensión 57

7.3.9. Autoválvulas 58

7.4. Transformador de potencia 58

7.5. Red de tierras 60

7.5.1. Red de tierra inferior 60

7.5.2. Red de tierra superior 61

7.6. Sistemas de control y protección 61

7.7. Obra civil 62

7.7.1. Movimiento de tierras 62

7.7.2. Cimentaciones 62

7.7.3. Arquetas y canalización para el paso de cables 63

7.7.4. Sistema de recogida de aceite 63

7.7.5. Estructuras metálicas y soportes 64

7.7.6. Cerramientos y señalización 64

8. Edificio de mando y control 64

8.1. Descripción 64

8.2. Red de alimentación de baja tensión 65

8.2.1. Acometida 65

8.2.2. Caja de protección y medida 65

8.2.3. Derivación individual 66

8.2.4. Cuadro general de mando y protección 66

8.3. Servicios generales 67

8.3.1. Sistemas de mando y protección 67

8.3.2. Rectificador de batería 67

8.4. Telecontrol y comunicaciones 68

8.5. Sistema de protección contra incendios e intrusos 68

9. Instalaciones eléctricas 68

9.1. Conductores 68

9.2. Subdivisión de las instalaciones 69

9.3. Conexiones 69

9.4. Diseño de las instalaciones 69

9.5. Protección contra sobreintensidades 70

9.6. Protección contra sobretensiones 70

9.7. Protección contra contactos directos e indirectos 71

9.7.1. Protección contra contactos directos 71

9.7.2. Protección contra contactos indirectos 72

9.8. Receptores de alumbrado 73

9.8.1. Alumbrado interior 73

9.8.1.1. Prescripciones generales 73

9.8.1.2. Luminarias seleccionadas 73

9.8.2. Alumbrado de emergencia 74

9.8.2.1. Introducción 74

9.8.2.2. Emergencias seleccionadas 74

9.8.3. Alumbrado exterior 75

9.8.3.1. Prescripciones generales 75

9.8.3.2. Luminarias seleccionadas 77

10. Presupuesto 78

ANEXO 1: CÁLCULOS DE LA LÍNEA AÉREA 79

1. Cálculos del conductor aéreo 80

1.1. Descripción 80

1.2. Cálculos eléctricos del conductor 80

1.2.1. Intensidad de la línea 80

1.2.2. Intensidad máxima admisible 81

1.2.3. Reactancia 84

1.2.4. Potencia máxima a transportar 86

1.2.4.1. Por intensidad máxima admisible 86

1.2.4.2. Por caída de tensión 87

1.3. Cálculo mecánico de los conductores 87

1.3.1. Sobrecargas 88

1.3.1.1. Sobrecarga del peso propio del conductor 88

1.3.1.2. Sobrecarga del viento 88

1.3.1.3. Sobrecarga de viento mitad 89

1.3.1.4. Sobrecarga de hielo 90

1.3.2. Componente horizontal máxima 91

1.3.3. Vano de regulación 92

1.3.4. Cambio de condiciones 93

1.3.5. Fenómenos vibratorios 94

1.3.5.1. Fenómeno vibratorio de cada día (EDS) 94

1.3.5.2. Tensión en horas frías (THF) 97

1.3.6. Tensiones reglamentarias 99

1.3.6.1. Hipótesis de viento 99

1.3.6.2. Hipótesis de viento mitad 99

1.3.6.3. Hipótesis de temperatura 99

1.3.6.4. Hipótesis de hielo 99

1.3.7. Cálculo de flechas 100

1.3.8. Constante de catenaria para el trazado de la línea 101

1.3.9. Tabla de tendido 103

2. Cálculo de las cadenas de aisladores 103

2.1. Cálculo eléctrico de la cadena de aisladores 103

2.2. Cálculo mecánico de la cadena de aisladores 104

2.2.1. Cargas normales 105

2.2.2. Cargas anormales 106

2.2.2.1. Cargas anormales en apoyos de alineación y de ángulo con cadenas de suspensión 106

2.2.2.2. Cargas anormales en apoyos de amarre y de ángulo con cadenas de amarre 107

2.2.2.3. Cargas anormales en apoyos de amarre y de ángulo con cadenas de anclaje 108

2.2.2.4. Cargas anormales en un apoyo final o principio de línea 108

3. Cálculos de los apoyos 109

3.1. Descripción 109

3.2. Cálculo mecánico de los apoyos 110

3.2.1. Cargas verticales 111

3.2.1.1. Hipótesis de viento 111

3.2.1.2. Hipótesis de hielo 113

3.2.2. Esfuerzos producidos por la acción de los conductores sobre los apoyos 114

3.2.2.1. Esfuerzo del viento 114

3.2.2.2. Desequilibrio de tracciones 115

3.2.2.3. Rotura de conductores 116

3.2.2.4. Resultante de ángulo 116

3.2.3. Desviación de la cadena de aisladores en los apoyos de Alineación-Suspensión por la acción del viento 118

3.3. Cálculos de los esfuerzos que actúan sobre los apoyos sin cambio de conductor y sin cambio de zona 121

3.3.1. Apoyos de Alineación-Suspensión 121

3.3.1.1. 1ª Hipótesis de viento 121

3.3.1.2. 2ª Hipótesis de hielo 123

3.3.1.3. 3ª Hipótesis desequilibrio de tracciones 124

3.3.1.4. 4ª Hipótesis rotura de conductores 125

3.3.2. Apoyo de Alineación-Amarre 126

3.3.2.1. 1ª Hipótesis de viento 126

3.3.2.2. 2ª Hipótesis de hielo 128

3.3.2.3. 3ª Hipótesis desequilibrio de tracciones 129

3.3.2.4. 4ª Hipótesis rotura de conductores 131

3.3.3. Apoyo Ángulo-Anclaje 132

3.3.3.1. 1ª Hipótesis de viento 132

3.3.3.2. 3ª Hipótesis desequilibrio de tracciones 134

3.3.3.3. 4ª Hipótesis rotura de conductores 136

3.3.4. Apoyo principio/final de línea 137

3.3.4.1. 1ª Hipótesis de viento 137

a) Principio de línea: 137
b) Final de línea: 137

3.3.4.2. 3ª Hipótesis desequilibrio de tracciones 139

3.3.4.3. 4ª Hipótesis rotura de conductores 140

3.4. Cálculos de los esfuerzos que actúan sobre los apoyos sin cambio de conductor y con cambio de zona 141

3.4.1. Cambio de zona A a zona B en un apoyo de Alineación-Anclaje 141

3.4.1.1. 1ª Hipótesis de viento 141

3.4.1.2. 2ª Hipótesis de hielo 143

3.4.1.3. 3ª Hipótesis desequilibrio de tracciones 144

3.4.1.4. 4ª Hipótesis rotura de conductores 145

3.4.2. Cambio de zona B a zona A en un apoyo de Alineación-Anclaje 147

3.4.2.1. 1ª Hipótesis de viento 147

3.4.2.2. 2ª Hipótesis de hielo 148

3.4.2.3. 3ª Hipótesis desequilibrio de tracciones 149

3.4.2.4. 4ª Hipótesis rotura de conductores 151

3.5. Cálculos de las cimentaciones de los apoyos 152

3.5.1. Cimentaciones monobloque 152

3.5.2. Cimentaciones fraccionadas 156

3.5.2.1. Comprobación al arranque 157

3.5.2.2. Comprobación a compresión 162

3.6. Cálculos de las tierras en los apoyos 164

3.6.1. Descripción 164

3.6.2. Cálculo de las distancias entre los conductores 164

3.6.2.1. Distancias entre los conductores de fase 164

3.6.2.2. Distancia media geométrica entre los conductores de fase 165

3.6.3. Cálculo de la resistencia y reactancia de la línea 166

3.6.3.1. Resistencia 166

3.6.3.2. Reactancia 167

3.6.4. Cálculo de la impedancia de cortocircuito de la línea 168

3.6.4.1. Impedancia de cortocircuito de secuencia directa 168

3.6.4.2. Impedancia de cortocircuito de secuencia inversa 168

3.6.4.3. Impedancia de cortocircuito de secuencia homopolar 168

3.6.5. Cálculo de la intensidad de defecto 174

3.6.6. Cálculo de las tensiones de contacto, de paso y de paso al acceso 177

3.6.6.1. Tensión de contacto 177

3.6.6.2. Tensión de paso 180

3.6.6.3. Tensión de paso al acceso 182

3.7. Cálculos de las distancias de seguridad 183

3.7.1. Distancias de los conductores al terreno 183

3.7.2. Distancia entre conductores 185

3.7.3. Distancia de los conductores a partes puestas a tierra 187

3.7.4. Cruzamientos 187

3.7.4.1. Cruzamiento nº 4 “Carreteras y caminos asfaltados” 187

3.7.4.2. Cruzamiento nº 5 “Vías de ferrocarril, AVE” 188

3.7.4.3. Cruzamiento nº 7 “Ríos, arroyos, embalses, ramblas” 189

3.7.4.4. Cruzamiento nº 13 “Árboles protegidos” 189

3.7.4.5. Cruzamiento nº99 “Autovías, autopistas” 190

3.8. Cálculos eléctricos 191

4. Resultados de la línea aérea 195

4.1. Datos de partida de la línea aérea 195

4.2. Elección del conductor de fase 195

4.2.1. Por intensidad máxima 195

4.2.2. Por caída de tensión 196

4.2.2.1. Tresbolillo 196

4.2.2.2. Doble circuito 197

4.3. Conductores de fase 199

4.3.1. Tensiones reglamentarias 199

4.3.2. Tablas de tendido 223

4.4. Conductor de tierra 243

4.4.1. Tensiones reglamentarias 243

4.4.2. Tablas de tendido 271

4.5. Apoyos 290

4.5.1. Hipótesis reglamentarias de los conductores de fase 290

4.5.2. Hipótesis reglamentarias del conductor de tierra 298

4.5.3. Altura y separación de conductores de fase 306

4.5.4. Elección de apoyos 311

4.6. Cadenas de aisladores 427

4.7. Cimentaciones 432

4.7.1. Monobloque 432

4.7.2. Fraccionada 435

4.8. Resultados eléctricos 456

4.9. Tierras en los apoyos frecuentados 458

ANEXO 2: CÁLCULOS DE LA LÍNEA SUBTERRÁNEA 472

1. Cálculo eléctrico del conductor subterráneo 473

1.1. Intensidad de la línea 473

1.2. Intensidad máxima admisible en servicio de régimen permanente 473
1.2.1. Resistencia del conductor en corriente alterna 474
1.2.2. Resistencia de la pantalla en corriente alterna 477
1.2.3. Pérdidas dieléctricas 478
1.2.4. Factor de pérdidas en la pantalla 479
1.2.5. Resistencia térmica entre el conductor y la envolvente 481
1.2.6. Resistencia térmica entre la cubierta y la armadura 482
1.2.7. Resistencia térmica de la cubierta exterior 482
1.2.8. Resistencia térmica externa 483
1.2.8.1. Resistencia térmica entre el cable y el conductor o tubo 484
1.2.8.2. Resistencia térmica propia del conducto o tubo 484
1.2.8.3. Resistencia térmica externa al conducto o tubo 485
1.3. Intensidad máxima admisible en cortocircuito 486
1.3.1. Intensidad de cortocircuito adiabático 486
1.3.2. Factor no adiabático 487
1.4. Caída de tensión 489
2. Resultados de la línea subterránea 490
2.1. Datos de partida de la línea subterránea 490
2.2. Datos del conductor subterráneo 491
2.2.1. Características físicas del conductor subterráneo 491
2.2.2. Características eléctricas del conductor subterráneo 491
2.3. Datos de la canalización subterránea 492
2.4. Resistencia del conductor subterráneo 492
2.5. Pérdidas dieléctricas 492
2.6. Pérdidas en la pantalla 493

2.7. Resistencias térmicas de la canalización subterránea 493
2.7.1. Datos de las resistividades 493
2.7.2. Resistencias térmicas 493
2.8. Intensidad máxima admisible del conductor subterráneo en régimen permanente 494
2.9. Intensidad máxima de cortocircuito 494
2.9.1. Datos de partida 494
2.9.2. Intensidad máxima de cortocircuito del conductor y de la pantalla 495
2.10. Esfuerzo mecánico en el conductor subterráneo 495
ANEXO 3: CÁLCULOS DE LA SUBESTACIÓN 496
1. Objeto 497
2. Parque de 132 kV 497
2.1. Tensiones nominales normalizadas 497
2.2. Niveles de aislamiento 497
2.3. Condiciones de la instalación 500
2.4. Hipótesis de diseño 500
2.5. Cálculos eléctricos 500
2.5.1. Intensidad nominal 500
2.5.2. Intensidad de cortocircuito 501
2.6. Distancias mínimas 503
2.6.1. Entre fases y entre fase-tierra 503
2.6.2. En pasillos de servicio 504
2.6.3. En zonas de protección contra contactos accidentales en el interior del recinto de la instalación 505
2.6.4. En zonas de protección contra contactos accidentales desde el exterior del recinto de la instalación 506
2.7. Embarrados 507

2.7.1. Cálculos eléctricos 508

2.7.1.1. Intensidad nominal 508

2.7.1.2. Intensidad de cresta 509

2.7.1.3. Intensidad térmica de cortocircuito 510

2.7.1.4. Efecto corona 511

2.7.2. Cálculos mecánicos 513

2.7.2.1. Fuerzas en el embarrado 513

a) Fuerza del peso propio del tubo 513

b) Fuerza del viento 514

c) Fuerza del hielo 515

d) Fuerza del cortocircuito 515

2.7.2.2. Tensiones en el embarrado 518

a) Tensión del peso propio del tubo 518

b) Tensión del viento 519

c) Tensión del hielo 520

d) Tensión del cortocircuito 520

2.8. Aisladores soporte 523

2.8.1. Fuerza del viento 523

2.8.1.1. Sobre el tubo: 523

2.8.1.2. Sobre el aislador: 523

2.8.2. Fuerza del cortocircuito: 524

2.8.3. Coeficiente de seguridad 524

2.9. Autoválvulas 525

3. Parque de 66 kV 530

3.1. Tensiones nominales normalizadas 530

3.2. Niveles de aislamiento 531

3.3. Condiciones de la instalación 533

3.4. Hipótesis de diseño 533

3.5. Cálculos eléctricos 534

3.5.1. Intensidad nominal 534

3.5.2. Intensidad de cortocircuito 534

3.6. Distancias mínimas 537

3.6.1. Entre fases y entre fase-tierra 537

3.6.2. En pasillos de servicio 538

3.6.3. En zonas de protección contra contactos accidentales en el interior del recinto de la instalación 539

3.6.4. En zonas de protección contra contactos accidentales desde el exterior del recinto de la instalación 540

3.7. Embarrados 541

3.7.1. Cálculos eléctricos 541

3.7.1.1. Intensidad nominal 541

3.7.1.2. Intensidad de cresta 542

3.7.1.3. Intensidad térmica de cortocircuito 543

3.7.1.4. Efecto corona 544

3.7.2. Cálculos mecánicos 546

3.7.2.1. Fuerzas en el embarrado 546

a) Fuerza del peso propio del tubo 546

b) Fuerza del viento 547

c) Fuerza del hielo 548

d) Fuerza del cortocircuito 548

3.7.2.2. Tensiones en el embarrado 552

a) Tensión del peso propio del tubo 552

b) Tensión del viento 552

c) Tensión del hielo 553

d) Tensión del cortocircuito 553

3.8. Aisladores soporte 556

3.8.1. Fuerza del viento 556

3.8.1.1. Sobre el tubo: 556

3.8.1.2. Sobre el aislador: 557

3.8.2. Fuerza del cortocircuito: 557

3.8.3. Coeficiente de seguridad 557

3.9. Autoválvulas 558

4. Red de tierras 564

4.1. Criterios de cálculo 564

4.2. Tipos de red de tierra 565

4.2.1. Red de tierra inferior 565

4.2.1.1. Descripción 565

4.2.1.2. Conductor 566

4.2.1.3. Resistencia de la puesta a tierra 568

4.2.1.4. Tensión de paso y tensión de contacto 569

4.2.2. Red de tierra superior 576

4.2.2.1. Descripción 576

4.2.2.2. Cálculos eléctricos 576

a) Cables de guarda 576

b) Puntas Franklin 579

5. Resultados de la subestación 582

5.1. Intensidad de cortocircuito del sistema aéreo - subterráneo 582

5.1.1. Datos de partida 582

5.1.2. Impedancias 582

5.1.2.1. Aérea 582

5.1.2.2. Subterránea 582

5.1.3. Intensidad de cortocircuito y relación R/X 583

5.2. Parque de 132 kV 583

5.2.1. Distancias mínimas en el exterior 583

5.2.1.1. Datos de partida 583

5.2.1.2. Distancias mínima en pasillos 583

5.2.1.3. Zonas de protección 584

5.2.2. Cálculos eléctricos 584

5.2.2.1. Datos de partida 584

5.2.2.2. Datos del embarrado 585

5.2.2.3. Intensidad y potencia máxima del embarrado 585

5.2.2.4. Intensidad de cresta 586

5.2.2.5. Intensidad térmica de cortocircuito 586

5.2.2.6. Efecto corona 587

5.2.3. Cálculos mecánicos 587

5.2.3.1. Datos de partida 587

5.2.3.2. Cálculos mecánicos en el embarrado 588

a) Datos de partida 588

b) Fuerzas en el embarrado 588

c) Tensiones en el embarrado 589

5.2.3.3. Cálculos mecánicos en los aisladores soporte 589

a) Datos de partida 589

b) Fuerzas en los aisladores soporte 590

5.2.4. Autoválvulas 590

5.2.4.1. Datos de partida 590

5.2.4.2. Cálculos de la autoválvula 591

5.2.4.3. Datos de la autoválvula 591

5.3. Parque de 66 kV 592

5.3.1. Distancias mínimas en el exterior 592

5.3.1.1. Datos de partida 592

5.3.1.1. Distancias mínima en pasillos 592

5.3.1.1. Zonas de protección 593

5.3.2. Cálculos eléctricos 593

5.3.2.1. Datos de partida 593

5.3.2.1. Datos del embarrado 594

5.3.2.1. Intensidad y potencia máxima del embarrado 594

5.3.2.2. Intensidad de cresta 595

5.3.2.3. Intensidad térmica de cortocircuito 595

5.3.2.4. Efecto corona 595

5.3.3. Cálculos mecánicos 596

5.3.3.1. Datos de partida 596

5.3.3.2. Cálculos mecánicos en el embarrado 596

a) Datos de partida 596

b) Fuerzas en el embarrado 597

c) Tensiones en el embarrado 597

5.3.3.3. Cálculos mecánicos en los aisladores soporte 598

a) Datos de partida 598

b) Fuerzas en los aisladores soporte 598

5.3.4. Autoválvulas 599

5.3.4.1. Datos de partida 599

5.3.4.2. Cálculos de la autoválvula 599

5.3.4.3. Datos de la autoválvula 600

5.4. Red de tierra inferior 600

5.4.1. Datos de partida 600

5.4.2. Sección del conductor de tierra 602

5.4.3. Datos del conductor de tierra 602

5.4.4. Resistencia de la puesta a tierra 602

5.4.5. Tensiones máximas admisibles de paso y de contacto 602
5.4.6. Cálculo del diseño de la malla 603
5.5. Red de tierra superior 604
5.5.1. Datos de partida 604
5.5.2. Parque de 132 kV 604
5.5.2.1. Datos de diseño 604
5.5.2.2. Cálculo del diseño 605
5.5.3. Parque de 66 kV 605
5.5.3.1. Datos de diseño 605
5.5.3.2. Cálculo del diseño 605
5.5.4. Puntas Franklin 606
ANEXO 4: CÁLCULOS DEL EDIFICIO DE MANDO Y CONTROL 607
1. Líneas eléctricas 608
1.1. Introducción 608
1.2. Cálculo de las líneas eléctricas 608
1.2.1. Intensidad 608
1.2.1.1. Sistema trifásico 608
1.2.1.2. Sistema monofásico 608
1.2.2. Conductividad eléctrica 609
1.2.3. Caída de tensión 609
1.2.3.1. Sistema trifásico 609
1.2.3.2. Sistema monofásico 610
1.2.4. Cortocircuito 610
1.2.5. Sobrecargas 613
2. Iluminación 616

2.1. Alumbrado interior 616

2.1.1. Introducción 616

2.1.2. Cálculo del alumbrado interior 617

2.1.2.1. Índice del local 617

2.1.2.2. Factor de utilización 617

2.1.2.3. Flujo luminoso total necesario 617

2.1.2.4. Número de luminarias 618

2.1.2.5. Iluminancia media sobre el plano de trabajo 618

2.2. Alumbrado de emergencia 621

2.2.1. Introducción 621

2.2.2. Cálculo del alumbrado de emergencia 621

2.3. Alumbrado exterior 623

2.3.1. Introducción 623

2.3.2. Cálculo del alumbrado exterior 624

2.3.2.1. Factor de utilización 624

2.3.2.2. Flujo luminoso necesario 624

2.3.2.3. Número de luminarias 624

2.3.2.4. Flujo luminoso total 624

2.3.3. Cálculo de la calificación energética 627

2.3.3.1. Eficiencia energética 627

2.3.3.2. Índice de eficiencia energética 628

2.3.3.3. Índice de consumo energético 628

2.4. Resultados de los cálculos de las líneas eléctricas 630

2.4.1. Cuadro general de mando y protección: Demanda de potencias 630

2.4.2. Cálculo de la acometida 631

2.4.3. Cálculo de la derivación individual 631

2.4.4. Cálculo de la línea: Fase 1 (1) 632

2.4.4.1. Cálculo de la línea: A. Parque 132 kV-1 633

2.4.5. Cálculo de la Línea: Fase 1 (2) 633

2.4.5.1. Cálculo de la línea: A. Fachada 634

2.4.5.2. Cálculo de la línea: A. Pasillos 635

2.4.5.3. Cálculo de la línea: TC. Almacén 636

2.4.5.4. Cálculo de la línea: TC. Comedor 636

2.4.6. Cálculo de la línea: Fase 2 (1) 637

2.4.6.1. Cálculo de la línea: A. Parque 132 kV-2 638

2.4.7. Cálculo de la Línea: Fase 2 (2) 638

2.4.7.1. Cálculo de la línea: A. Control 639

2.4.7.2. Cálculo de la línea: TC. Comunicación 640

2.4.7.3. Cálculo de la línea: TC. Aseos 641

2.4.7.4. Cálculo de la línea: TC. Vestuario 641

2.4.8. Cálculo de la línea: Fase 3 (1) 642

2.4.8.1. Cálculo de la línea: A. Parque 66 kV 643

2.4.9. Cálculo de la Línea: Fase 3 (2) 644

2.4.9.1. Cálculo de la línea: A. Transformadores 644

2.4.10. Cálculo de la Línea: Fase 3 (3) 645

2.4.10.1. Cálculo de la línea: A. Perímetro 646

2.4.11. Cálculo de la Línea: Fase 3 (4) 646

2.4.11.1. Cálculo de la línea: A. Comunicación 647

2.4.11.2. Cálculo de la línea: A. Vestuario 648

2.4.11.3. Cálculo de la línea: TC. Control 649

2.4.12. Cálculo de la línea: Fase 3 (5) 649

2.4.12.1. Cálculo de la línea: A. Comedor 650

2.4.12.2. Cálculo de la línea: A. Almacén 651

2.4.12.3. Cálculo de la línea: A. Aseos 651

2.4.12.4. Cálculo de la línea: TC. Pasillos 652

2.5. Tablas resumen de intensidades, caídas de tensión y cortocircuito 653

2.5.1. Intensidades y caídas de tensión 653

2.5.2. Cortocircuito 654

2.5.3. Cálculo de la puesta a tierra 655

2.6. Resultados del alumbrado interior 656

2.6.1. Almacén 656

2.6.2. Pasillos 658

2.6.3. Vestuario 660

2.6.4. Sala de control 662

2.6.5. Sala de comunicación 664

2.6.6. Ducha 666

2.6.7. WC 668

2.6.8. Lavabo 670

2.7. Resultados del alumbrado de emergencia 672

2.7.1. Almacén 672

2.7.2. Pasillos 673

2.7.3. Vestuario 674

2.7.4. Sala de control 675

2.7.5. Sala de comunicación 676

2.7.6. Ducha 677

2.7.7. WC 678

2.7.8. Lavabo 679

2.8. Resultados del alumbrado exterior 680

2.8.1. Vista general de la subestación 680

2.8.2. Acerado del perímetro 680

2.8.2.1. Acera Norte 680

2.8.2.2. Acera Sur 682

2.8.2.3. Acera Este 683

2.8.2.4. Acera Oeste 684

2.8.3. Parque 132 kV 685

2.8.3.1. Entrada de alimentación subterránea 1 685

2.8.3.2. Entrada de alimentación subterránea 2 687

2.8.3.3. Interruptor 1 688

2.8.3.4. Interruptor 2 690

2.8.3.5. Interruptor 3 692

2.8.3.6. Interruptor 4 693

2.8.3.7. Interruptor 5 695

2.8.3.8. Interruptor 6 696

2.8.3.9. Entrada de alimentación del transformador 1 698

2.8.3.10. Entrada de alimentación del transformador 2 699

2.8.4. Transformadores 701

2.8.4.1. Transformador 1 701

2.8.4.2. Transformador 2 702

2.8.5. Parque 66 kV 704

2.8.5.1. Salida del transformador 1 704

2.8.5.2. Salida del transformador 2 705

2.8.5.3. Interruptor 1 706

2.8.5.4. Interruptor 2 708

2.8.5.5. Interruptor 3 710

2.8.6. Aparcamientos 711

2.8.6.1. Aparcamiento 1 711

2.8.6.2. Aparcamiento 2 712

2.8.7. Acerado del edificio de mando y control 714

2.8.7.1. Acera Norte 714

2.8.7.2. Acera Sur 715

2.8.7.3. Acera Oeste 716

ANEXO 5: ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL 717

1. Objeto 718

2. Emplazamiento 718

3. Características de la zona 719

4. Criterios ambientales 720

4.1. Suelo 720

4.2. Agua 720

4.3. Atmósfera 720

4.4. Flora 720

4.5. Fauna 721

4.6. Espacios naturales protegidos 721

4.7. Población y socioeconomía 721

4.8. Paisaje 721

5. Documentación y actividades necesarias para el proyecto 722

5.1. Obtención de los permisos 722

5.2. Realización de accesos 722

5.3. Acopio de materiales 723

6. Actividades del proyecto 723

6.1. Replanteo de los apoyos 723

6.2. Accesos 723

6.3. Excavación 724

6.4. Hormigonado 725

6.5. Zanjas 725

7. Medidas preventivas y correctoras 725

8. Programa de vigilancia ambiental (PVA) 726

9. Almacenamiento de materias primas peligrosas 726

9.1. Objeto 726

9.2. Tipos de materias primas peligrosas 727

9.3. Almacenamiento 727

9.4. Gestión de las materias primas peligrosas 727

9.5. Inspección del almacén de materias primas peligrosas 728

10. Generación, almacenamiento y eliminación de residuos peligrosos 728

10.1. Objeto 728

10.2. Ámbito de aplicación 728

10.3. Tipos de residuos 729

10.3.1. Aceites usados 729

10.3.2. Disolventes usados 729

10.3.3. Trapos, papel, serrines, filtros y otros absorbentes contaminados con aceites y grasas 730

10.3.4. Productos químicos caducados 730

10.3.5. Transformadores y otros equipos usados que contengan aceite dieléctrico 730
10.3.6. Residuos de instalaciones con SF6 730
10.3.7. Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEEs) 731
10.4. Recogida selectiva y traslado de residuos 731
10.5. Almacenamiento 732
10.6. Registro de los residuos 732
10.7. Envasado y etiquetado de los residuos peligrosos 733
10.8. Retirada de los residuos peligrosos por el gestor autorizado 733
11. Consideración de impactos ambientales 734
11.1. Recursos empleados 734
11.2. Impacto sobre la flora y la fauna 734
11.3. Equilibrios ecológicos 734
11.4. Paisaje 735
ANEXO 6: AVIFAUNA 736
1. Objeto 737
2. Emplazamiento 737
3. Medidas adoptadas 737
3.1. Antielectrocución 737
3.1.1. Apoyos de suspensión 737
3.1.2. Apoyos de amarre, anclaje, principio y final de línea 738
3.2. Anticolisión 738
ANEXO 7: ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD 739
PLANOS 800
PLIEGO DE CONDICIONES 828
1. Objeto 829

2. Normativa 829

3. Obra civil 830

3.1. Condiciones generales de los materiales 830

3.1.1. Agua 830

3.1.2. Áridos 830

3.1.3. Cementos 830

3.1.4. Morteros 830

3.1.5. Hormigones 831

3.1.6. Piezas de hormigón armado o pretensado 831

3.1.7. Armaduras 831

3.1.8. Laminados de acero 832

3.1.9. Tornillería 832

3.2. Condicines generales para la ejecucción de la obra 832

3.2.1. Movimiento de tierras 832

3.2.1.1. Desbroces y limpieza del terreno 832

3.2.1.2. Excavaciones 832

3.2.1.3. Demoliciones 832

3.2.1.4. Escarificaciones y compactaciones 832

3.2.1.5. Rellenos, terraplenes y subbases granulares 833

3.2.1.6. Redes de drenajes 833

3.2.2. Hormigones 833

3.2.3. Pavimentos de hormigón 834

3.2.4. Armaduras 834

3.2.5. Laminados de acero 834

3.2.6. Estructuras metálicas 834

3.2.7. Encofrados 835

3.2.8. Piezas prefabricadas de hormigón 835

3.2.9. Embarrados 835

3.2.9.1. Embarrados rígidos de tubos o pletinas 835

3.2.9.2. Embarrados de cable 835

3.2.10. Conexiones 835

3.2.11. Aparamenta 836

3.2.11.1. Módulos compactos 836

3.2.11.2. Transformadores de medida 836

3.2.11.3. Autoválvulas 836

3.2.12. Transformadores de potencia 836

3.2.13. Cables de potencia 837

3.2.14. Puesta a tierra 837

3.3. Condiciones generales de las instalaciones 838

3.3.1. Instalaciones eléctricas 838

3.3.2. Instalaciones de protección contra incendios 838

4. Gestión de calidad 838

5. Recepción de las obras 840

6. Reclamaciones de propietarios 841

PRESUPUESTO 842

UNIDADES DE OBRA 843

MEDICIONES Y PRESUPUESTO 876

RESUMEN DEL PRESUPUESTO 898

MEMORIA

1. Antecedentes

Con el fin de mejorar el transporte de energía eléctrica en la zona de Jaén, se ha realizado la proyección de una línea eléctrica aérea de 132 kV, con la cual se realizará la interconexión entre la subestación situada en el termino municipal de Andújar y una futura subestación reductora de 132/66 kV en el termino municipal de Jaén.

2. Alcance

Teniendo en cuenta los aspectos técnicos, económicos y medio ambientales, se pretende diseñar:

- ✓ Una línea eléctrica aérea desde el municipio de Andújar hasta Jaén capital.
- ✓ Una línea subterránea que alimentará a la subestación.
- ✓ Una subestación reductora con niveles de tensión 132/66 kV, capaz de transportar una potencia total de 75 MVA situada en Jaén, con aparamenta de intemperie híbrida.

3. Emplazamiento

3.1. Línea aérea

La línea eléctrica aérea se proyectará desde el municipio de Andújar, en la zona del polígono industrial, hasta el término municipal de la ciudad de Jaén. La ubicación y el trayecto de la línea se puede observar en el apartado de Planos.

Se trata de una línea aérea con apoyos en configuración de doble circuito, es decir, dos circuitos eléctricos formados por tres conductores unipolares por circuito, teniendo en total seis conductores en la línea aérea y con una longitud de 27265 m. Se ha realizado los cálculos, teniendo en cuenta la potencia a transportar, obteniendo como resultado los conductores LA-180 para el transporte de la línea y el conductor de Fibra Óptica OPGW-48 para el cable de tierra.

3.2. Línea subterránea

La línea subterránea estará ubicada de la ciudad de Jaén, donde se encontrará la subestación. Las características de la línea subterránea se puede observar en el apartado de Planos.

Su trazado discurrirá desde el apoyo final de la línea aérea hasta una de las entrada del parque de 132 kV de la subestación, en una zanja donde se albergaran tres tubos dispuestos en forma triangular para alojar cada conductor unipolar.

Además de los tubos para la línea, se colocara un tubo para la puesta a tierra de las pantallas de los conductores subterráneos.

El conductor unipolar empleado será de 630 mm^2, obtenido como resultado para la potencia a transportar y la longitud de la línea subterránea es de 20 m.

3.3. Subestación

La subestación se encuentra en una parcela cercana al punto kilométrico 4 de la carretera A-311, de dimensiones 120 m x 95 m y con una superficie de 11400 m_2, con tamaño suficiente para albergar la subestación y para futura ampliación de ésta.

La subestación proyectada estará destinada para la interconexión de la línea de transporte de 132 kV con una línea de distribución de 66 kV.

Para cumplir con éste cometido, se ha diseñado una subestación reductora que consta de dos parques con niveles de tensiones 132 kV y 66 kV, optado por una configuración de interruptor y medio en el parque de 132 kV y una configuración de tres interruptores en el parque de 66 kV. Ambos parques estarán equipados con aparamenta híbrida de intemperie con aislamiento en Hexafluoruro de Azufre (SF_6).

El emplazamiento de la subestación y posición de la aparamenta utilizada se puede observar en el apartado de Planos.

4. Normativa

- *General:*
  - Ley 7/1994, de 18 de mayo, de Protección Ambiental.
  - Reglamento de Calificación Ambiental.
  - Normas Tecnológicas de la Edificación NTE IER.
  - Normalización Nacional. Normas UNE.
  - Código Técnico de la Edificación, DB SI sobre Seguridad en caso de incendio.
  - Código Técnico de la Edificación, DB SU sobre Seguridad de utilización.
  - Real Decreto 314/2006, de 17 de Marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la

- *Edificación:*
  - Ordenanzas municipales y Normas Urbanísticas del Excmo. Ayto.
  - Condiciones impuestas por los organismos públicos afectados.
  - Normas UNE de aplicación.

- *Electricidad:*
  - Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT.

- En especial las ITC del "Reglamento sobre Centrales eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación":
- ITC-MIE-RAT-04: tensiones nominales.
- ITC-MIE-RAT-08: transformadores de medida y protección.
- ITC-MIE-RAT-09: protecciones.
- ITC-MIE-RAT-12: aislamiento.
- ITC-MIE-RAT-13: instalación de puesta a tierra.
- ITC-MIE-RAT-15: instalaciones eléctricas de exterior.
- Orden de 10 de Marzo de 2000, modificando ITC MIE RAT en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación.
- Real Decreto 1955/2000 de 1 de Diciembre, por el que se regulan las Actividades de Transporte, Distribución, Comercialización, Suministro y Procedimientos de Autorización de Instalaciones de Energía Eléctrica.
- Real Decreto 223/2008 de 15 de Febrero, por el que se aprueban el Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Líneas Eléctricas de Alta Tensión y sus ITC.
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias. (Real Decreto 842/2002 de 2 de Agosto de 2002).
- Normas particulares y de normalización de la Cía. Suministradora de Energía Eléctrica.
- Recomendaciones UNESA.
- Normas Tecnológicas de la Edificación NTE IER.
- Normalización Nacional. Normas UNE.
- Método de Cálculo y Proyecto de instalaciones de puesta a tierra para Centros de Transformación conectada a redes de tercera categoría, UNESA.
- Norma Básica de la Edificación.
- Ley 10/1996, de 18 de marzo sobre Expropiación Forzosa y sanciones en materia de Instalaciones eléctricas y Reglamento para su aplicación, aprobado por Decreto 2619/1966 de 20 de octubre.
- Condiciones impuestas por los Organismos Públicos afectados y Ordenanzas Municipales.

➢ *Protección contra el rayo:*

- Exigencia básica SUA 8: Seguridad frente al riesgo causado por la acción del rayo. R.D. 314/2006 de 17 de marzo (B.O.E. 28/03/2006), por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación. Modificado por Orden Ministerial de abril de 2009.
- Norma UNE 21186 (junio 1996) " Protección de estructuras, edificaciones y zonas abiertas mediante pararrayos con dispositivo de cebado", y 1ª modificación de noviembre 2009.
- Serie de Normas UNE. EN 62305-1- 4 "Protección contra el rayo"
- Serie de Normas UNE. EN 50164-1-7 "Componentes de protección contra el rayo"

➢ *Seguridad contra incendio:*

- Reglamento de instalaciones de protección contra incendios, R.D. 1942/1993 de 5 de Noviembre (B.O.E. de 14 de diciembre de 1993).

- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación. Documento Básico SI "Seguridad en caso de incendio".
- Reglamento de Seguridad contra incendios en los Establecimientos Industriales, R.D. 2276/2004, de 3 de diciembre, BOE 17-12-04.
- Normas Tecnológicas de la Edificación NTE IPF-IFA.
- Reglas Técnicas del CEPREVEN (Centro de prevención de Daños y Pérdidas).
- Norma UNE-EN 671-1:1995 sobre Bocas de incendio equipadas con mangueras semirrígidas (BIES 25 mm).
- Norma UNE-EN 671-2:1995 sobre Bocas de incendio equipadas con mangueras planas (BIES 45 mm).
- Norma UNE 23.091 de mangueras de impulsión para la lucha contra incendios.
- Norma UNE 23.400 para racores de conexión de 25, 45, 70 y 100 mm.
- Norma UNE 23410-1:1994 sobre Lanzas-boquilla de agua para la lucha contra incendios.
- Norma UNE 23.500:2012 para sistemas de abastecimiento de agua contra incendios.
- Norma UNE-EN 12845:2005+A2:2010 sobre Sistemas de rociadores automáticos. Diseño, instalación y mantenimiento.
- Norma EN 12259-1-2-3-4-5 sobre Componentes para sistemas de rociadores y agua pulverizada.
- Normas UNE 23-405-90, 23-406-90 y 23-407-90 para hidrantes.
- Norma UNE 23008-2:1998 sobre Concepción de las instalaciones de pulsadores manuales de alarma de incendio.
- Normas UNE 23032, 23033, 23034 y 23035 sobre Seguridad contra incendios.
- Normas UNE-EN 1363, 1364, 1365, 1366, 1634 y 13381 sobre Ensayos de resistencia al fuego.
- Norma UNE-EN 13501 sobre Clasificación en función del comportamiento frente al fuego de los productos de construcción y elementos para la edificación.
- Normas UNE EN 1182, 1187, 1716, 9239-1, 11925-2, 13823, 13773, 13772, 1101, 1021-1, 1021-2 y 23727 sobre Ensayos de Reacción al fuego.
- Norma UNE-EN 26184 sobre Sistemas de protección contra explosiones.
- Norma UNE-EN 3-7:2004 sobre Extintores portátiles de Incendios.
- Normas UNE 23.501, 23.502, 23.503, 23.504, 23.505, 23.506 y 23.507 para sistemas de extinción por agua pulverizada.
- Normas UNE 23.521, 23.522, 23.523, 23.524, 23.525 y 23.526 para sistemas de extinción por espuma física de baja expansión.
- Normas UNE 23.541, 23.542, 23.543 y 23.544 para sistemas de extinción por polvo.
- Normas UNE 23585 y 12101 sobre Sistemas de control de temperatura y evacuación de humos.
- Normas UNE-EN 1125, 179, 1154, 1155 y 1158 sobre Herrajes y dispositivos de apertura para puertas resistentes al fuego.
- Normas UNE 23033-1, 23034 y 23035-4 sobre Señalización en la Seguridad contra incendios.
- Norma EN 54-1-2-3-4-5-10-11sobre Sistemas de detección y alarma de incendios.
- Normas particulares y de normalización de la Cía. Suministradora de Agua.

- Condiciones impuestas por los Organismos Públicos afectados y Ordenanzas Municipales.

➢ *Seguridad y salud:*

- Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Derogados Títulos I y III Orden de 09.03.71, del Mº de Trabajo. BOE 16.03.71 BOE 17.03.71 BOE 06.04.71*.
- Prevención de Riesgos Laborales. Ley 31/1995 de 08.11.95 de la Jefatura del Estado. BOE 10.11.95 BOE 31.12.98** (Ley 50/1998) BOE 13.12.2003**(Ley 54/2003)
- Reglamento de los servicios de prevención Real Decreto 39/1997 de 17.01.97 del Mº de Trabajo y Asuntos Sociales BOE 31.01.97 BOE 30.04.97**
- Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo. Real Decreto 485/97 de 14.04.97 de M. de Trabajo y Asuntos Sociales. BOE 23.4.97
- Disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en los lugares de trabajo Real Decreto 486/97, de 14.04.97 del M. de Trabajo y Asuntos Sociales BOE 23.04.97. **BOE 13.11.04 (R.D. 2177/2004).
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de carga que entrañe riesgos, en particular dorsos lumbares, para los trabajadores.
- Real Decreto 487/1997 DE 14.04.97 del Mº de Trabajo y Asuntos Sociales BOE 23.04.97
- Real Decreto 1432/2008, de 29 de agosto, por el que se establecen medidas para la protección de la avifauna contra la colisión la electrocución en líneas eléctricas de alta tensión.
- Decreto 178/2006, de 10 de octubre, por el que se establecen normas de protección de la avifauna para las instalaciones eléctricas de alta tensión en la Comunidad Autónoma de Andalucía.
- Resolución de 26 de octubre de 2001, de la Consejería de Medio Ambiente. Zonas de especial protección de las aves.

5. Línea aérea

5.1. Características de la línea aérea

A continuación se exponen las características de la que constará la línea eléctrica aérea:

- Longitud de la línea: 27265,2 m
- Cota mínima del terreno: 201,2 m
- Cota máxima del terreno: 491,1 m
- Zonas: A y B
- Nº de apoyos: 58
- Apoyo con menor cota: 481,1 m
- Apoyo con mayor cota: 205,6 m
- Superficie total ocupación apoyos: 192,5 m²
- Nº de vanos: 57
- Nº de vanos de regulación: 23
- Nº de alineaciones: 5

La potencia a transportar por la línea eléctrica es de 75 MVA, en una red trifásica cuyas características son:

- Tensión: 132 kV
- Frecuencia: 50 Hz
- Factor de potencia: 0,9
- Tipo de corriente: Alterna

5.2. Conductor de fase

Se proyecta la línea con cable de Aluminio-Acero LA-180, cuyas características son las siguientes:

- Sección: 181,6 mm²
- Diámetro: 17,5 mm
- Peso: 0,675 kg/m
- Carga de rotura: 6387 daN
- Módulo de elasticidad: 8036 daN/mm²
- Coeficiente de dilatación: 1,781 x 10^{-5} $°C^{-1}$
- Resistencia kilométrica: 0,194 Ω/km
- Composición: 30+7

El resultado del conductor elegido se muestra en el Anexo 1: Cálculos de la línea aérea.

5.3. Conductor de tierra

Se proyecta un conductor de tierra de Fibra Óptica OPGW 48, cuyas características son las siguientes:

- Sección: 180 mm²
- Diámetro: 17,5 mm
- Peso: 0,636 kg/m
- Carga de rotura: 8000 daN
- Módulo de elasticidad: 12000 daN/mm²
- Coeficiente de dilatación: 1,154 x 10^{-5} $°C^{-1}$
- Resistencia kilométrica: 0,001 Ω/km
- Composición: 7+0

5.4. Cadenas de aislamiento

Todos los apoyos llevarán cadenas de aisladores de vidrio, según queda definido en este proyecto.

Los tipos de cadena de aislamiento que encontraremos serán:

- Alineación o cadenas verticales: Para los apoyos en línea (1 cadena por fase).
- Amarre o cadenas horizontales: Para los apoyos de anclaje, ángulo, principio de línea y fin de línea (2 cadenas por fase).

Además del tipo de cadena, se ha de tener gran importancia cuando la línea pase por un cruzamiento, ya que puede existir la posibilidad de que se pueda romper una cadena y por consiguiente producirse un grave accidente.

Es por esto que se duplicará el número de cadenas, siendo dos cadenas por fase en apoyos de suspensión y cuatro cadenas por fase en apoyos de amarre. A ésta forma de ejecución se le denomina seguridad reforzada.

5.4.1. Cadenas de suspensión

Las características y especificaciones son en función del tipo de cadena, por lo que tomaremos la cadena del apoyo Nº 5, que es un Alineación-Suspensión, como muestra de las especificaciones de la cadena:

- Tipo de cadena: Cadena de vidrio y suspensión simple para conductor LA-180 y 132 kV de tensión
- Código de la cadena: LA180-132kV-SUS-SIM-VID
- Nº de elementos: 10 Uds
- Tipo de elementos: U100BS
- Longitud: 1538 mm
- Peso: 39,318 daN
- Línea de fuga: 3150 mm
- Carga de destrucción electromecánica: 7500 daN

5.4.2. Cadenas de suspensión en cruzamientos

Como se ha comentado anteriormente en el apartado 5.5, este tipo de cadena solo se usará en apoyos con seguridad reforzada por cruzamiento de accidentes que así lo precisen, como carreteras, ríos, ramblas, ferrocarril, casas, naves, invernaderos, etc.

Las características y especificaciones son en función del tipo de cadena, por lo que tomaremos la cadena del apoyo Nº 2, que es un Alineación-Suspensión, como muestra de las especificaciones de la cadena:

- Tipo de cadena: Cadena de vidrio y suspensión doble para conductor LA-180 y 132 kV de tensión
- Código de la cadena: LA180-132kV-SUS-DOB-VID
- Nº de elementos: 20 Uds
- Tipo de elementos: U100BS
- Longitud: 1972 m
- Peso: 84,339 daN
- Línea de fuga: 3150 mm
- Carga de destrucción electromecánica: 7500 daN

5.4.3. Cadenas de anclaje/amarre

Las características y especificaciones son en función del tipo de cadena, por lo que tomaremos la cadena del apoyo Nº 3, que es un Ángulo-Anclaje, como muestra de las especificaciones de la cadena:

- Tipo de cadena: Cadena de vidrio y anclaje simple para conductor LA-180 y 132 kV de tensión
- Código de la cadena: LA180-132kV-ANC-SIM-VID
- Nº de elementos: 10 Uds
- Tipo de elementos: U100BS
- Longitud: 1720 mm
- Peso: 40,543 daN
- Línea de fuga: 3150 mm
- Carga de destrucción electromecánica: 8500 daN

5.4.4. Cadenas de Anclaje/Amarre en cruzamientos

Las características y especificaciones son en función del tipo de cadena, por lo que tomaremos la cadena del apoyo Nº 7, que es un Ángulo-Anclaje, como muestra de las especificaciones de la cadena:

- Tipo de cadena: Cadena de vidrio y anclaje doble para conductor LA-180 y 132 kV de tensión
- Código de la cadena: LA180-132kV-ANC-DOB-VID
- Nº de elementos: 20 Uds
- Tipo de elementos: U100BS
- Longitud: 2086 mm
- Peso: 85,025 daN
- Línea de fuga: 3150 mm
- Carga de destrucción electromecánica: 8500 daN

5.5. Apoyos

5.5.1. Estructura

Todos los apoyos serán metálicos y con acabado galvanizado, con barras atornilladas o electro-soldadas, según los catálogos Andel S.A. e iMEDEXSA. Dispuestos para llevar cadenas de aisladores de suspensión en los apoyos de alineación y cadenas de amarre en los ángulos, anclajes, principio de línea y fin de línea.

Los apoyos están formados por:

- Cabeza-Armado: Prismática de sección cuadrada en un cuerpo único atornillado, de celosía simple o doble y taladrada para situar las crucetas formando distintas configuraciones de montaje.
- Fuste: Tronco piramidal de sección cuadrada, formado por distintos tramos según la altura a conseguir. Cada uno se compone de cuatro montantes, unidos por celosía sencilla o doble atornillada en cuerpos.

Con la combinación de las crucetas atornilladas de diferente longitud, se formarán lo que se denomina el armado, lo que permite una variedad de combinaciones.

La distancia de las crucetas tendrá una separación mínima de 2,40 m, para que permita cumplir con las distancias mínimas de seguridad establecidas en la ley de protección de avifauna, en cuanto a medidas de anti-electrocución.

Los esfuerzos, alturas, tipo de montaje, separación entre crucetas y número de apoyos quedan definidos en el Anexo 1: Cálculos de la línea aérea.

5.5.2. Cimentación

Todos los apoyos irán empotrados en el terreno, mediante macizos de hormigón monobloque o fraccionados, calculados para que las condiciones más desfavorables cumplan con los coeficientes de seguridad exigidos en la vigente reglamentación.

Los apoyos con cimentación monobloque, han sido calculados siguiendo el método Sulzberger y los apoyos con cimentación fraccionados han sido calculados mediante el método de talud natural y con un diseño de configuración cuadrada sin cueva.

Los parámetros del cálculo y los resultados vendrán definidos en el Anexo 1: Cálculos de la línea aérea.

5.5.3. Tierras

La puesta a tierra se realiza de acuerdo con la ITC-LAT 07, apartado 7, y con el Método UNESA, de forma que se asegure la difusión de la corriente de puesta a tierra mediante los electrodos escogidos.

Para los apoyos que se han considerado no frecuentados, la puesta a tierra se realizará mediante una pica de cobre unida a un conductor desnudo a través de un borne de conexión de cobre.

Para los apoyos que se han considerado frecuentados y en aquellos en los que se encuentren elementos de maniobra, la toma de tierra se dispondrá en forma de anillo cerrado con conductor de cobre desnudo enterrado alrededor del empotramiento del apoyo, unido a un número de picas dependiendo del tipo de configuración utilizado, las cuales estarán conectadas a través de un borne de conexión de cobre.

Ya sea apoyo frecuentado o no frecuentado el conductor de cobre desnudo será de 50 mm^2 y las picas de cobre de 14 mm de diámetro con una longitud de 2 m, pudiéndose unir varias para conseguir más profundidad.

El cálculo de la puesta a tierra está expuesto en el Anexo 1: Cálculo de la línea aérea.

5.6. Elementos adicionales

5.6.1. Terminales

En el apoyo final de línea, se instalarán botellas terminales, con el fin de conectar la línea aérea con la línea subterránea que alimentará a la subestación. Su ubicación se puede observar en el apartado de Planos.

Los terminales a utilizar serán de tipo exterior, de material polímero y termo-retráctiles para 132 kV.

En estos terminales se consigue un control del campo que queda repartido sobre la longitud del terminal y evita la concentración de las líneas de campo en las zonas en las que termina la semiconductora exterior. Para ello, se aplica un tubo termo-retráctil de un material especial, solapado sobre la semiconductora exterior del cable, y cubriendo la superficie del aislamiento en el terminal.

El conjunto se recubre de otro tubo termo-retráctil con características antitracking y se colocan las campanas para extender la línea de fuga. Este material ha de ser resistente al agua y a la corrosión.

En presencia de contaminación, la respuesta del aislamiento externo del terminal a las tensiones a frecuencia industrial cobra una importancia capital, lo que debe tenerse en cuenta en su diseño.

La designación de los terminales es APECB 1452 P y sus características son:

- Tensión máxima de red: 145 kV
- Longitud del terminal: 1620 mm
- Diámetro del terminal: 359 mm
- Longitud de la toma de conexión: 125 mm
- Diámetro de la toma de conexión: 50 mm
- Longitud de la base de conexión: 235 mm
- Diámetro de la vaina de conexión: 170 mm
- Longitud de fuga: 3750 mm
- Máxima fuerza normal: 2000 N
- Peso: 105 kg

5.6.2. Autoválvulas

Con objeto de proteger los cables contra las sobretensiones provocadas por descargas atmosféricas, se instalarán autoválvulas o pararrayos, disponiéndose su colocación en el apoyo fin de línea.

Las autoválvulas serán de óxido de zinc como elemento activo, con contador de descargas y acabado exterior con revestimiento de silicona.

La denominación de las autoválvulas es PEXLIM Q108-XH145 y sus características son las siguientes:

- Capacidad de energía: Clase 3
- Frecuencia: 50 Hz
- Tensión máxima de red: 145 kV
- Tensión nominal: 108 kV
- Corriente de descarga nominal: 10 kA
- Tensión residual máxima con onda de corriente 8/20 µs a 10 kA: 254 kV
- Línea de fuga: 3625 mm
- Aislamiento externo a 50 Hz húmedo: 293 kV
- Longitud de la autoválvula: 1100 mm
- Diámetro de la autoválvula: 210 mm
- Diámetro del anillo equipotencial: 400 mm
- Distancia del anillo equipotencial: 160 mm
- Resistencia mecánica con carga de servicio estática: 2500 Nm
- Resistencia mecánica con carga de servicio dinámica: 4000 Nm
- Temperaturas de funcionamiento: -50 ºC / 45 ºC
- Altitud máxima: 1000 m
- Peso: 37 kg

Tanto su elección como su colocación en el parque se encuentran justificado en el Anexo 1: Cálculos de la línea aérea y en el apartado de Planos.

5.7. Distancias de seguridad

5.7.1. Distancias entre fases

Viene definida por la longitud del vano, para cada caso se define, la separación de crucetas más adecuada, con un mínimo establecido para el cumplimiento de las distancias establecidas en la ley de avifauna. Según la longitud del apoyo y catálogos de empresas suministradoras de estos, obtenemos una separación de conductores u otra.

El Reglamento de líneas en su apartado 5.4 de la ITC-LAT 07, obliga a que los conductores y sus accesorios en tensión y los apoyos, la distancia tiene que ser suficiente para que no exista riesgo de cortocircuito entre fases ni a tierra. Teniendo siempre presentes los efectos de oscilación de los conductores debidos a la acción del viento y al desprendimiento de la nieve que se pueda acumular en la superficie de estos.

5.7.2. Distancia entre fase y tierra

La distancia de los conductores de fase al terreno, según el apartado 5.5 de la ITC-LAT 07 del Reglamento, los apoyos deben tener una altura suficiente para que los conductores, cuando se produzca su flecha máxima vertical, queden siempre por encima de cualquier punto del terreno o superficies de agua no navegable, con un mínimo de 6 m.

5.8. Medio ambiente

En el Anexo 5: Estudio del impacto ambiental, se ha tenido en cuenta la forma de actuar a la hora de la ejecución del proyecto y la repercusión que éste conllevará con el medio ambiente, según la actual reglamentación.

5.9. Avifauna

En el Anexo 6: Avifauna, se han tenido en cuenta las medidas antielectrocución y anticolisión de protección de la avifauna, según la actual reglamentación.

5.10. Cruzamientos

Por cruzamiento entendemos cualquier elemento que pueda ser afectado por la línea o que requiera de una distancia especial para su protección. Los cruzamientos que nos encontramos en nuestra línea aérea de 132 kV a lo largo de los 58 apoyos que la forman son los siguientes:

- *Cruzamiento nº 99 "Autovías, autopistas" situado a 144,109 m del origen*

  Entre los apoyos 1 y 2 del presente proyecto se presenta un cruzamiento tipo Autovías, autopistas.

- *Cruzamiento nº 4 "Carreteras y caminos asfaltados" situado a 2187,30 m del origen*

  Entre los apoyos 7 y 8 del presente proyecto se presenta un cruzamiento tipo carreteras y caminos asfaltados.

- *Cruzamiento nº 4 "Carreteras y caminos asfaltados" situado a 2286,80 m del origen*

  Entre los apoyos 8 y 9 del presente proyecto se presenta un cruzamiento tipo carreteras y caminos asfaltados.

- *Cruzamiento nº 13 "Árboles protegidos" situado a 2595,40 m del origen*

  Entre los apoyos 9 y 10 del presente proyecto se presenta un cruzamiento tipo Árboles protegidos.

- *Cruzamiento nº 7 "Ríos, arroyos, embalses, ramblas" situado a 2636,20 m del origen*

  Entre los apoyos 9 y 10 del presente proyecto se presenta un cruzamiento tipo Ríos, arroyos, embalses, ramblas.

- *Cruzamiento nº 13 "Árboles protegidos" situado a 2688,70 m del origen*

  Entre los apoyos 9 y 10 del presente proyecto se presenta un cruzamiento tipo Árboles protegidos.

- *Cruzamiento nº 13 "Árboles protegidos" situado a 3495,00 m del origen*

  Entre los apoyos 11 y 12 del presente proyecto se presenta un cruzamiento tipo Árboles protegidos.

- *Cruzamiento nº 7 "Ríos, arroyos, embalses, ramblas" situado a 3569,65 m del origen*

  Entre los apoyos 11 y 12 del presente proyecto se presenta un cruzamiento tipo Ríos, arroyos, embalses, ramblas.

- *Cruzamiento nº 13 "Árboles protegidos" situado a 3638,10 m del origen*

  Entre los apoyos 11 y 12 del presente proyecto se presenta un cruzamiento tipo Árboles protegidos.

- *Cruzamiento nº 13 "Árboles protegidos" situado a 4872,50 m del origen*

  Entre los apoyos 14 y 15 del presente proyecto se presenta un cruzamiento tipo Árboles protegidos.

- *Cruzamiento nº 7 "Ríos, arroyos, embalses, ramblas" situado a 4910,45 m del origen*

  Entre los apoyos 14 y 15 del presente proyecto se presenta un cruzamiento tipo Ríos, arroyos, embalses, ramblas.

- *Cruzamiento nº 13 "Árboles protegidos" situado a 4939,45 m del origen*

  Entre los apoyos 14 y 15 del presente proyecto se presenta un cruzamiento tipo Árboles protegidos.

- *Cruzamiento nº 5 "Vías de ferrocarril, AVE" situado a 4975,80 m del origen*

  Entre los apoyos 14 y 15 del presente proyecto se presenta un cruzamiento tipo Vías de ferrocarril sin electrificar.

- *Cruzamiento nº 13 "Árboles protegidos" situado a 4993,35 m del origen*

  Entre los apoyos 14 y 15 del presente proyecto se presenta un cruzamiento tipo Árboles protegidos.

- *Cruzamiento nº 4 "Carreteras y caminos asfaltados" situado a 6409,00 m del origen*

  Entre los apoyos 17 y 18 del presente proyecto se presenta un cruzamiento tipo carreteras y caminos asfaltados.

- *Cruzamiento nº 4 "Carreteras y caminos asfaltados" situado a 9295,90 m del origen*

  Entre los apoyos 23 y 24 del presente proyecto se presenta un cruzamiento tipo carreteras y caminos asfaltados.

- *Cruzamiento nº 4 "Carreteras y caminos asfaltados" situado a 27209,25 m del origen*

  Entre los apoyos 57 y 58 del presente proyecto se presenta un cruzamiento tipo carreteras y caminos asfaltados.

Todas las distancias de los cruzamientos se encuentran justificadas en el Anexo 1: cälculo de la línea aérea y su ubicación en el apartado de Planos.

6. Línea subterránea

6.1. Características de la línea subterránea

A continuación se exponen las características de la que constará la línea subterránea:

- Longitud de la línea: 20 m
- Cota del terreno: 570 m
- Zona: A
- Tª del terreno: 25º
- Profundidad de la zanja: 1320 mm
- Anchura de la zanja: 1200 mm
- Número de líneas: 2
- Número de tubos por línea para conductores de fase: 3
- Número de tubos por línea para conductores de tierra: 2
- Diámetro de los tubos de fase: 200 mm
- Diámetro de los tubos de tierra: 63 mm
- Separación entre tramos de líneas: 600 mm

6.2. Conductor de fase

Este conductor está especialmente diseñado para la conexión, en Alta Tensión, entre la línea eléctrica aérea y la subestación, utilizándose en canalizaciones en zanja, en tubo y en galería.

Se proyecta la línea subterránea con cables unipolares de 630 mm^2, siendo el conductor de aluminio formado por hilos obturados longitudinalmente para impedir la penetración del agua, el aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), la pantalla formada por hilos de cobre extrusionados sobre el aislamiento y la cubierta exterior de etileno-propileno (EPR) libre de halógenos y no propagador de la llama. Las características del cable son las siguientes:

- Tensión nominal: 132 kV
- Tensión soportada a impulsos: 650 kV
- Intensidad admisible del conductor en cortocircuito: 84,7 kA
- Intensidad admisible de la pantalla en cortocircuito: 23,3 kA
- Duración del cortocircuito: 0,5 s
- Inductancia: 0,37 mH/km
- Capacidad: 0,20 µF/km
- Sección: 630 mm^2
- Diámetro del conductor : 30,6 mm
- Espesor del aislamiento: 16 mm

- Diámetro del aislamiento: 65,5 mm
- Sección de la pantalla: 120 mm²
- Espesor de la cubierta exterior: 4 mm
- Diámetro exterior: 80 mm
- Peso: 7642 kg/km
- Tª de servicio del conductor: 90ºC
- Tª de servicio de la pantalla: 80ºC
- Tª final del conductor en cortocircuito: 250ºC
- Tª final de la pantalla en cortocircuito: 210ºC

Las características eléctricas de la línea, tanto en régimen permanente como en régimen de cortocircuito, se han obtenido a partir de la disposición física de la línea subterránea y de los datos de partida (temperatura de conductor, temperatura de pantalla, temperatura del terreno, resistividad del terreno, etc.) mostrados anteriormente.

El resultado de la elección del conductor subterráneo y su trayecto se muestra en el Anexo 2: Cálculos de la línea subterránea y en el apartado de Planos.

6.3. Pantallas

Dada la longitud de la línea, la disposición de los circuitos y las intensidades máximas admisibles, la conexión de las pantallas a tierra será en configuración ***Solid Bonding***. En este tipo de conexión, las pantallas de los cables están conectadas a tierra en ambos extremos, formando un circuito cerrado y ligado electro-magnéticamente con el circuito formado por los conductores.

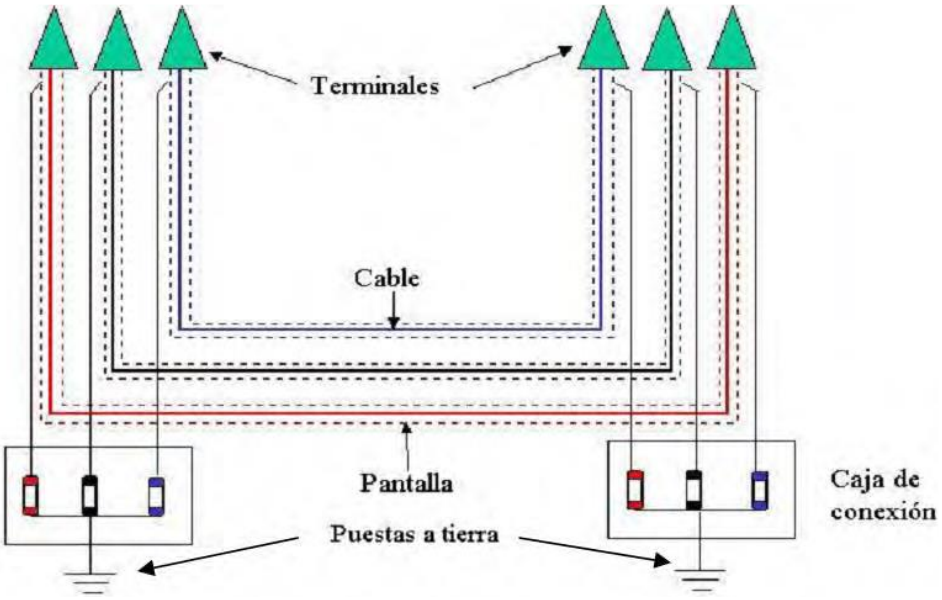
En este tipo de conexión se inducen corrientes de circulación en las pantallas de los cables, provocando pérdidas por calor y consecuentemente pérdidas en la intensidad admisible del cable. Estas pérdidas, se pueden minimizar cuando los cables están dispuestos en formación tresbolillo, sin embargo, se incrementan con la separación de los mismos.

Las conexiones de las pantallas estarán alojadas en envolventes de acero galvanizado o acero inoxidable, con tapa que requiere un útil o una llave para abrirse, estancas con grado de protección IP68, con grado de impacto IK10 y situadas a 1 m de profundidad.

Las envolventes serán trifásicas, deberán estar provistas de una etiqueta que muestre la disposición de enlace para la que van destinadas y estarán siempre conectadas a tierra, por medio de una conexión independiente de la puesta a tierra de los elementos contenidos en su interior.

Además deben ser capaces de contener los efectos de fallo térmico o eléctrico de alguno de los elementos alojados sin que se produzcan daños a elementos vecinos y permitir aislar la pantalla para la realización de ensayos de cubierta.

En la imagen siguiente se puede ver cómo quedaría la configuración que adoptamos:



Fuente: Especificaciones Técnicas Particulares de la Compañía Suministradora

7. Subestación

7.1. Características de la subestación

Las características de la zona del emplazamiento de la subestación son las siguientes:

- Cota del terreno: 570 m
- Tipo de zona: A
- Rango de temperaturas: -1ºC / 40ºC
- Contaminación ambiental: Baja
- Nivel de niebla: Bajo
- Aceleración sísmica: 0,07 g
- Dimensiones: 95 m x 72 m
- Superficie: 6840 m^2

La subestación será reductora con dos niveles de tensión, 132 kV y 66 kV. Se ha diseñado para transportar una potencia de 75 MVA, con factor de potencia 0,9 y con una potencia de cortocircuito, según la Compañía Suministradora, de 500 MVA.

Se requiere de dos entradas de línea que llegaran al parque de 132 kV en forma simétrica, siendo éstas entradas subterráneas, como ya se ha expuesto anteriormente y de tres salidas de línea que saldrán del parque de 66 kV, proyectando solo la aparamenta de salida sin quedar definida los trayectos de éstas en el proyecto.

Ambos parques contarán con la moderna tecnología híbrida compacta, aislada en SF_6, donde se reúne en una misma aparamenta el transformador de intensidad, el interruptor y los seccionadores de barras, línea y tierra, necesarios para el correcto funcionamiento y la maniobra de la subestación,.

Como resumen, destacar que se han considerado como factores de diseño:

- Potencia a transformar.
- Niveles de tensión.
- Función y situación en la red de la subestación.
- Tipo de subestación.
- Fiabilidad, continuidad y posibilidad de ampliación en caso de necesidad.
- Aspectos relativos a la explotación y mantenimiento.
- Inversión

7.2. Parque de 132 kV

7.2.1. Descripción

El parque de 132 kV de la subestación, está destinado a ser conectado a la línea de transporte de 132 kV e interconexionar ésta con una línea de distribución de 66 kV a través de un transformador trifásico de potencia de 75 MVA.

La configuración adoptada para este parque es la de interruptor y medio. Con esta configuración se asegura el suministro constante de energía incluso en el caso de tener que hacer operaciones de maniobra o mantenimiento en algún embarrado o aparamenta.

El parque de 132 kV consta de:

- 2 Entradas de línea de 132 kV.
- 6 Terminales de entrada subterránea.
- 6 Pórticos para la conexión entre la aparamenta y los embarrados.
- 30 Embarrados de interconexión para la aparamenta del parque.
- 6 Equipos híbridos compactos con aislamiento en SF_6.
- 12 Transformadores de tensión capacitivos.
- 66 Aisladores de soporte de cerámica para los embarrados.
- 24 Aisladores de vidrio para los pórticos.
- 12 Autoválvulas.
- 6 Cables de guarda para la protección contra rayos.

La superficie ocupada por el parque es de 2596 m^2, donde se encontrará la aparamenta y una zona vial que rodeará el parque, para permitir operaciones de mantenimiento y sustitución en ésta.

Todos los elementos que forman el parque pueden observarse en el apartado de Planos.

7.2.2. Magnitudes eléctricas

A efectos de cálculo y diseño del parque, se han tenido en cuenta varias magnitudes eléctricas:

- *Tensión nominal:* Esta viene impuesta por la tensión de las líneas de transporte que alimentan la subestación, que son de 132 kV cada una. De la tensión nominal del parque se deducen, de la ITC-MIE-RAT 04 y ITC-MIE-RAT 12, la tensión más elevada para el material, que es de 145 kV, la tensión soportada nominal a frecuencia industrial, de valor 270 kV y la tensión soportada a los impulsos tipo rayo, con un valor de 650 kV. Además, en función de dichas tensiones se establece el grupo de nivel de aislamiento del parque, correspondiendo al grupo B según la ITC-MIE-RAT 12, por estar su nivel de tensión entre 52 kV y 245 kV.

- *Intensidad nominal:* Está fijada por la potencia máxima que puede transportar un circuito de la subestación en caso de fallo del otro circuito.

- *Intensidad de cortocircuito:* A efectos de cálculo de los esfuerzos térmicos, los esfuerzos dinámicos y de la red de tierra de la subestación, se considerará como intensidad de cortocircuito de 40 kA y un tiempo de extinción de la falta de 0,5 s.

- *Potencia de cortocircuito:* La potencia de cortocircuito proporcionada por la empresa explotadora de la red eléctrica de 132 kV es de 500 MVA en el los puntos de entrada a la subestación. A pesar de esta potencia de cortocircuito, según la normativa CEI se utiliza para el diseño de la subestación la intensidad de cortocircuito de diseño de 40 kA para el parque de 132 kV, estando por tanto toda la aparamenta del parque diseñada para soportar estas intensidades de cortocircuito establecidas por la normativa.

7.2.3. Distancias

La determinación de las distancias es uno de los aspectos de diseño más importantes y determinará las dimensiones de la subestación.

Como criterios para establecer las distancias mínimas que se deben cumplir, se ha utilizado la ITC-MIE-RAT 12, donde se indican las distancias mínimas que deben establecerse en función de la tensión del parque.

La justificación de las distancias mínimas obtenidas y las distancias establecidas que cumplen con la normativa estarán reflejadas en el Anexo 3: Cálculos de la subestación.

7.2.4. Embarrados

Los embarrados del parque de 132 kV se utilizaran para conexionar en ellos las entradas de las líneas, la aparamenta y el transformador.

Estarán formados por tubos de aluminio y según la normativa, dichos tubos no pueden ser soldados en ningún punto o tramo, por lo que deben ser suministrados en tiradas continuas y curvados en fábrica.

La elección de los tubos del embarrado se ha llevado a cabo según la medida aportada por la Compañía Suministradora y la potencia a transportar. Los cálculos realizados están reflejados en el Anexo 3: Cálculos de la subestación, obteniendo el modelo AL 6063-T6 100/88.

Sus características son las siguientes:

- Diámetro exterior: 100 mm
- Diámetro interior: 88 mm
- Espesor: 6 mm
- Longitud admisible: 15 m
- Sección total del conductor: 1770 mm^2
- Peso: 4,784 kg/m
- Momento de inercia: 196,49 cm^4
- Momento resistente: 31,27 cm^3
- Módulo de Young: 70000 N/mm^2
- Límite de fluencia: 160 N/mm^2
- Coeficiente de dilatación lineal: 0,023 mm/m ºC
- Intensidad admisible: 2520 A

Su ubicación en el parque se puede ver en el apartado de Planos.

7.2.5. Aisladores soporte

Los embarrados, hasta ahora descritos, irán situados sobre aisladores tipo cerámicos, que se encontraran situados sobre un soporte de acero, con el fin de cumplir con las distancias de seguridad definidas.

La elección de los aisladores se ha llevado a cabo teniendo en cuenta la tensión del parque, la tensión a frecuencia industrial, la tensión a impulso rayo y el nivel de contaminación de la zona, obteniendo los aisladores C4-650.

Las características de los aisladores de los embarrados son las siguientes:

- Tensión nominal: 132 kV
- Tensión máxima: 145 kV
- Tensión soportada nominal a impulsos tipo rayo: 650 kV
- Tensión soportada nominal a frecuencia industrial: 275 kV
- Altura del aislador: 1500 mm
- Diámetro base de fijación: 200 mm

- Diámetro del aislador: 350 mm
- Línea de fuga: 2320 mm
- Carga de rotura a flexión: 4000 N
- Carga de rotura a torsión: 3000 N

Todos los resultados para la elección de los aisladores y su colocación se pueden ver en el Anexo 3: Cálculos de la subestación y en el apartado de Planos.

7.2.6. Piezas de conexiones

Las uniones entre los bornes de la aparamenta y el embarrado se realizarán mediante piezas de aleación de aluminio, diseñadas para soportar las intensidades permanentes y de cortocircuito previstas.

Para absorber las variaciones longitudinales que se producen en los embarrados debido a los efectos de las variaciones de temperaturas, se instalarán unas piezas de conexión elásticas que permiten la dilatación de los conductores sin producir esfuerzos perjudiciales sobre los bornes de conexión de los aisladores.

7.2.7. Terminales

Los terminales a utilizar serán los mismos que los proyectados para unir la línea aérea con la línea subterránea. Irán situados sobre un soporte de acero, manteniéndose la distancia de seguridad definida y su ubicación se puede observar en el apartado de Planos.

Recordar que los terminales serán de tipo exterior, de material polímero, termo-retráctiles para 132 kV, la designación es APECB 1452 P y sus características son:

- Tensión nominal: 132 kV
- Tensión máxima: 145 kV
- Longitud del terminal: 1620 mm
- Diámetro del terminal: 359 mm
- Longitud de la toma de conexión: 125 mm
- Diámetro de la toma de conexión: 50 mm
- Longitud de la base de conexión: 235 mm
- Diámetro de la vaina de conexión: 170 mm
- Línea de fuga: 3750 mm
- Máxima fuerza normal: 2000 N
- Peso: 105 kg

7.2.8. Aparamenta híbrida

Los módulos PASS híbridos compactos de intemperie, con aislamiento en SF_6 que evita la creación de posibles arcos eléctricos, agrupan en un único elemento el interruptor, el seccionador de barras, el seccionador de líneas y su puesta a tierra y el transformador de intensidad.

Cada una de las funciones de estos elementos son las siguientes:

- *Interruptor:* Establecer, mantener e interrumpir la intensidad de servicio, o interrumpir automáticamente intensidades elevadas que puedan dañar la subestación, tales como intensidades de cortocircuito.

- *Transformador de intensidad:* las funciones del transformador de intensidad son las siguientes:

    - Convertir la intensidad de línea en una más reducida y normalizada para la alimentación de los instrumentos de medida y relés.
    - Proteger la línea cuando ocurra alguna falta, evitando la alta intensidad existente al equipo de protección.
    - Proteger al personal de la subestación, de modo que la intensidad que llegue a los paneles de control sea lo bastante reducida como para no ser peligrosa su manipulación.

- *Seccionadores barras:* Su función es la de separar físicamente y de forma apreciable a la vista del operario, la unión entre las barras principales y las barras secundarias. Estos tienen la capacidad de abrirse y cerrarse siempre que la intensidad que pasa por ellos sea nula o despreciable.
- *Seccionador de línea:* La función es la misma que la de los seccionadores de barras, pero separando físicamente la calle de la subestación de la entrada de línea.

Gracias a la utilización de estos módulos compactos, se reducen notablemente las dimensiones de la subestación, ya que al reunir en un único módulo, toda la aparamenta dicha, se eliminan muchas distancias de seguridad, y se consigue hacer las mismas maniobras en un espacio mucho menor.

El volumen de estos módulos es equivalente al de un interruptor convencional de la misma clase. Además al estar aislado en SF_6, se garantiza la fiabilidad y la durabilidad, independientemente de las condiciones externas.

El módulo utilizado en el parque de 132 kV es el PASS M0 145 kV, compuesto por un seccionador de barras, un seccionador de línea con su correspondiente puesta a tierra, un interruptor y un transformador de intensidad por fase.

Las características del módulo híbrido son:

- Tensión nominal: 132 kV
- Tensión máxima: 145 kV
- Tensión soportada nominal a impulso tipo rayo: 650 kV
- Tensión soportada nominal a frecuencia industrial: 275 kV
- Frecuencia: 50 Hz
- Intensidad máxima admisible: 3150 A
- Intensidad de cortocircuito soportada: 50 kA
- Tiempo máximo soportado hasta despeje de falta: 3 s

Las características de los seccionadores son:

- Accionamiento cuchillas principales: Motorizado
- Poder de cierre del seccionador de puesta a tierra: 80 kA
- Tensión auxiliar de la alimentación del motor y del accionamiento: 325 V

Las características del interruptor son:

- Fluido para el aislamiento: SF_6
- Tiempo de apertura: menor de 50 ms
- Tiempo de cierre: menor de 150 ms
- Tensión auxiliar alimentación motor: 325 V
- Tensión auxiliar de las bobinas de apertura: 325 V
- Tensión auxiliar de las bobinas de cierre: 325 V

Las características del transformador de intensidad son:

- Tipo de transformador de intensidad: Toroidal
- Relación de transformación: 600/5 A

Las medidas y situación de los módulos híbridos en el parque se puede observar en el apartado de Planos.

7.2.9. Transformadores de tensión

Los transformadores de tensión instalados en el parque serán del tipo capacitivo, situados sobre un soporte de acero, manteniéndose la distancia de seguridad definida y sus funciones son:

- Convertir la tensión de línea o barra, en otra más reducida y normalizada para la alimentación de los instrumentos de medida y de protección.

- Proteger la línea o barra cuando ocurra alguna falta, enviando las altas tensiones existentes al equipo de protección.
- Proteger al personal, de modo que la tensión que llegue a los paneles de control sea lo suficientemente reducida como para no ser peligrosas las maniobras de manipulación.
- Permitir la transmisión de señales de alta frecuencia a través de las líneas.
- Servir como instrumento de medida fiscal, para la tarificación de la energía distribuida.

Los transformadores de tensión del parque de 132 kV son modelo DDB-145 y sus características técnicas son:

- Tensión nominal: 132 kV
- Tensión máxima: 145 kV
- Tensión soportada nominal a impulsos tipo rayo: 650 kV
- Tensión soportada nominal a frecuencia industrial: 275 kV
- Capacidad: 3900 pF
- Relación de transformación: 132000/√3 / 400/√3 V
- Altura del transformador de tensión: 1920 mm
- Diámetro del transformador de tensión: 450 mm
- Línea de fuga: 3625 mm
- Peso: 310 kg

La ubicación de los transformadores de tensión capacitivos en el parque se puede observar en el apartado de Planos.

7.2.10. Autoválvulas

Las autoválvulas del parque están destinadas a proteger contra las sobretensiones de tipo atmosférico. Serán de óxido de zinc como elemento activo, con contador de descargas y acabado exterior con revestimiento de silicona.

La elección de las autoválvulas se encuentra justificada en el Anexo 3: Cálculos de la subestación, obteniendo el modelo PEXLIM Q108-XH145. Sus características son las siguientes:

- Capacidad de energía: Clase 3
- Frecuencia: 50 Hz
- Tensión máxima de red: 145 kV
- Tensión nominal: 108 kV
- Corriente de descarga nominal: 10 kA
- Tensión residual máxima con onda de corriente 8/20 µs a 10 kA: 254 kV
- Tensión residual máxima con onda de corriente 30/60 µs a 0,5 kA: 208 kV
- Aislamiento externo 1,2/50 µs seco: 578 kV
- Aislamiento externo a 50 Hz húmedo: 293 kV

- Línea de fuga: 3625 mm
- Longitud de la autoválvula: 1100 mm
- Diámetro de la autoválvula: 210 mm
- Diámetro del anillo equipotencial: 400 mm
- Distancia del anillo equipotencial: 160 mm
- Resistencia mecánica con carga de servicio estática: 2500 Nm
- Resistencia mecánica con carga de servicio dinámica: 4000 Nm
- Temperaturas de funcionamiento: -50 ºC / 45 ºC
- Altitud máxima: 1000 m
- Peso: 37 kg

La ubicación de la autoválvulas en el parque se puede observar en el apartado de Planos.

7.3. Parque de 66 kV

7.3.1. Descripción

El parque de 66 kV de la subestación, está destinado a ser conectado a líneas de distribución de 66 kV.

La configuración adoptada para este parque es de tres interruptores, siendo uno para cada una de las salidas de línea de distribución.

El parque de 66 kV consta de:

- 3 Salidas de línea de 66 kV.
- 9 Embarrados de interconexión para la aparamenta del parque.
- 3 Equipos híbridos compactos con aislamiento en SF_6.
- 6 Transformadores de tensión capacitivos.
- 18 Aisladores de soporte de cerámica para los embarrados.
- 12 Autoválvulas.
- 2 Cables de guarda para la protección contra rayos.

La superficie ocupada por el parque es de 396 m^2, donde se encontrará la aparamenta y una zona vial que rodeará el parque, para permitir operaciones de mantenimiento y sustitución en ésta.

Todos los elementos que forman el parque pueden observarse en el apartado de Planos.

7.3.2. Magnitudes eléctricas

A efectos de cálculo y diseño del parque, se han tenido en cuenta las mismas magnitudes eléctricas que las utilizadas en el parque de 132 kV:

- *Tensión nominal:* Esta viene impuesta por la tensión de las líneas de distribución que saldrán de la subestación, que son de 66 kV cada una. De la tensión nominal del parque se deducen, de la ITC-MIE-RAT 04 y ITC-MIE-RAT 12, la tensión más elevada para el material, que es de 72,5 kV, la tensión soportada nominal a frecuencia industrial, de valor 140 kV y la tensión soportada a los impulsos tipo rayo, con un valor de 325 kV. Además, en función de dichas tensiones se establece el grupo de nivel de aislamiento del parque, correspondiendo al grupo B según la ITC-MIE-RAT 12, por estar su nivel de tensión entre 52 kV y 245 kV.

- *Intensidad nominal:* Está fijada por la potencia máxima que obtenemos del transformador.

- *Intensidad de cortocircuito:* A efectos de cálculo de los esfuerzos térmicos, los esfuerzos dinámicos y de la red de tierra de la subestación, se considerará como intensidad de cortocircuito de 31,5 kA y un tiempo de extinción de la falta de 0,5 s.

7.3.3. Distancias

La determinación de las distancias es uno de los aspectos de diseño más importantes y determinará las dimensiones de la subestación.

Como criterios para establecer las distancias mínimas que se deben cumplir, se ha utilizado la ITC-MIE-RAT 12, donde se indican las distancias mínimas que deben establecerse en función de la tensión del parque.

La justificación de las distancias mínimas obtenidas y las distancias establecidas que cumplen con la normativa estarán reflejadas en el Anexo 3: Cálculos de la subestación.

7.3.4. Embarrados

Los embarrados del parque de 66 kV se utilizaran para conexionar en ellos las salidas de las líneas, la aparamenta y el transformador.

Estarán formados por tubos de aluminio y según la normativa, dichos tubos no pueden ser soldados en ningún punto o tramo, por lo que deben ser suministrados en tiradas continuas y curvados en fábrica.

La elección de los tubos del embarrado se ha llevado a cabo según las medidas aportadas por la compañía suministradora y la potencia a transportar. Los cálculos realizados están reflejados en el Anexo 3: Cálculos de la subestación, obteniendo el modelo AL 6063-T6 63/47. Sus características son las siguientes:

- Diámetro exterior: 63 mm
- Diámetro interior: 47 mm
- Espesor: 8 mm
- Longitud admisible: 15 m
- Sección total del conductor: 1382 mm^2
- Peso: 3,730 kg/m
- Momento de inercia: 53,37 cm^4
- Momento resistente: 14,35 cm^3
- Módulo de Young: 70000 N/mm^2
- Límite de fluencia: 160 N/mm^2
- Coeficiente de dilatación lineal: 0,023 mm/m ºC
- Intensidad admisible: 1820 A

Su ubicación en el parque se puede ver en el apartado de Planos.

7.3.5. Aisladores soporte

Los embarrados, hasta ahora descritos, irán situados sobre aisladores tipo cerámicos, que se encontraran situados sobre un soporte de acero, con el fin de cumplir con las distancias de seguridad definidas.

La elección de los aisladores se ha llevado a cabo teniendo en cuenta la tensión del parque, la tensión a frecuencia industrial, la tensión a impulso rayo y el nivel de contaminación de la zona, obteniendo los aisladores C4-325.

Las características de los aisladores de los embarrados son las siguientes:

- Tensión nominal: 66 kV
- Tensión máxima: 72,5 kV
- Tensión soportada nominal a impulsos tipo rayo: 325 kV
- Tensión soportada nominal a frecuencia industrial: 140 kV
- Altura del aislador: 770 mm
- Diámetro base de fijación: 127 mm
- Diámetro del aislador: 225 mm
- Línea de fuga: 1160 mm
- Carga de rotura a flexión: 4000 N
- Carga de rotura a torsión: 2000 N

Todos los resultados para la elección de los aisladores y su colocación se pueden ver en el Anexo 3: Cálculos de la subestación y en el apartado de Planos.

7.3.6. Piezas de conexiones

Las uniones entre los bornes de la aparamenta y el embarrado se realizarán mediante piezas de aleación de aluminio, diseñadas para soportar las intensidades permanentes y de cortocircuito previstas.

Para absorber las variaciones longitudinales que se producen en los embarrados debido a los efectos de las variaciones de temperaturas, se instalarán unas piezas de conexión elásticas que permiten la dilatación de los conductores sin producir esfuerzos perjudiciales sobre los bornes de conexión de los aisladores.

El cálculo de las dilataciones sufridas por los embarrados a causa de la temperatura está justificado en el Anexo 3: Cálculos de la subestación.

7.3.7. Aparamenta híbrida

Los módulos PASS híbridos compactos de intemperie, con aislamiento en SF_6, tienen las mismas partes que los utilizados en el parque de 132 kV. Recordemos que los elementos que lo componen son el interruptor, el seccionador de barras, el seccionador de líneas y su puesta a tierra y el transformador de intensidad.

El módulo utilizado en el parque de 66 kV es el PASS M00 72,5 kV, compuesto por un seccionador de barras, un seccionador de línea con su correspondiente puesta a tierra, un interruptor y un transformador de intensidad por fase.

Las características del módulo híbrido son:

- Tensión nominal: 66 kV
- Tensión máxima: 72,5 kV
- Tensión soportada nominal a impulso tipo rayo: 325 kV
- Tensión soportada nominal a frecuencia industrial: 140 kV
- Frecuencia: 50 Hz
- Intensidad máxima admisible: 2000 A
- Intensidad de cortocircuito soportada: 31,5 kA
- Tiempo máximo soportado hasta despeje de falta: 3 s

Las características de los seccionadores son:

- Accionamiento cuchillas principales: Motorizado

- Poder de cierre del seccionador de puesta a tierra: 80 kA
- Tensión auxiliar de la alimentación del motor y del accionamiento: 125 V

Las características del interruptor son:

- Fluido para el aislamiento: SF_6
- Tiempo de apertura: menor de 50 ms
- Tiempo de cierre: menor de 150 ms
- Tensión auxiliar alimentación motor: 125 V
- Tensión auxiliar de las bobinas de apertura: 125 V
- Tensión auxiliar de las bobinas de cierre: 125 V

Las características del transformador de intensidad son:

- Tipo de transformador de intensidad: Toroidal
- Relación de transformación: 750/5 A

Las medidas y situación de los módulos híbridos en el parque se puede observar en el apartado de Planos.

7.3.8. Transformadores de tensión

Los transformadores de tensión instalados en el parque serán del tipo capacitivo, al igual que los utilizados en el parque de 132 kV. Irán situados sobre un soporte de acero, manteniéndose la distancia de seguridad definida y sus funciones son las mismas que se han descrito anteriormente.

Los transformadores de tensión del parque de 66 kV son modelo DDB-72 y sus características técnicas son:

- Tensión nominal: 66 kV
- Tensión máxima: 72,5 kV
- Tensión soportada nominal a impulsos tipo rayo: 325 kV
- Tensión soportada nominal a frecuencia industrial: 140 kV
- Capacidad: 14600 pF
- Relación de transformación: 66000/√3 / 400/√3 V
- Altura del transformador de tensión: 1510 mm
- Diámetro del transformador de tensión: 450 mm
- Línea de fuga: 1825 mm
- Peso: 245 kg

La ubicación de los transformadores de tensión capacitivos en el parque se puede observar en el apartado de Planos.

7.3.9. Autoválvulas

Las autoválvulas del parque están destinadas a proteger contra las sobretensiones de tipo atmosférico. Serán, al igual que las proyectadas en el parque de 132 kV, de óxido de zinc como elemento activo, con contador de descargas y acabado exterior con revestimiento de silicona.

La elección de las autoválvulas se encuentra justificada en el Anexo 3: Cálculos de la subestación, obteniendo el modelo PEXLIM Q60-XV072. Sus características son las siguientes:

- Capacidad de energía: Clase 3
- Frecuencia: 50 Hz
- Tensión máxima de red: 72,5 kV
- Tensión nominal: 60 kV
- Corriente de descarga nominal: 10 kA
- Tensión residual máxima con onda de corriente 8/20 µs a 10 kA: 127 kV
- Tensión residual máxima con onda de corriente 30/60 µs a 0,5 kA: 104 kV
- Aislamiento externo 1,2/50 µs seco: 400 kV
- Aislamiento externo a 50 Hz húmedo: 187 kV
- Línea de fuga: 2270 mm
- Longitud de la autoválvula: 736 mm
- Diámetro de la autoválvula: 210 mm
- Resistencia mecánica con carga de servicio estática: 2500 Nm
- Resistencia mecánica con carga de servicio dinámica: 4000 Nm
- Temperaturas de funcionamiento: -50 ºC / 45 ºC
- Altitud máxima: 1000 m
- Peso: 24 kg

La ubicación de las autoválvulas en el parque se puede observar en el apartado de Planos.

7.4. Transformador de potencia

La zona de transformación estará formada por dos transformadores trifásicos de potencia de 40 MVA cada uno y cumpliendo con la ITC-MIE-RAT 07.

Las características que se exigirá que tenga cada uno de los transformadores de potencia son las siguientes:

- Tipo de instalación: Intemperie
- Número de fases: 3
- Frecuencia nominal: 50 Hz
- Potencia nominal: 40 MVA
- Tipo de conexión: Dd11
- Relación de transformación: 132 kV / 66 kV
- Tensión máxima de servicio: 145 kV
- Reactancia de dispersión: 12 %
- Intensidad de cortocircuito soportada en el lado de 132 kV: 44 kA
- Intensidad de cortocircuito soportada en el lado de 66 kV: 34,6 kA
- Tipo de refrigeración: ONAF

Se instalará un sistema de recogida de aceite, uno para cada transformador, para en el caso de que exista alguna fuga pueda ser recogida y retirada, siendo el volumen del depósito de un 110% del volumen de aceite contenido en el transformador.

A cada uno de los transformadores se le dotará de cuatro ruedas, de forma que puedan desplazarse sobre carriles. Dichas ruedas quedarán bloqueadas cuando el transformador esté en servicio.

Cada uno de los transformadores, tendrá además los siguientes accesorios:

- Instrumentos de medida de temperatura del aceite y de los arrollamientos.
- Armario de control principal, en el que habrá un autómata regulador.
- Armario de centralización y transferencia, que irá conectado a la cabina de control principal.
- Aceite, que será conforme con la norma UNE 60926, no inhibido, sin aditivos y con baja corrosión.
- Pasatapas elaboradas de porcelana y con un indicador de nivel de aceite.
- Válvulas que permitan el vaciado y el rellenado de aceite.
- Relé Buchholz. Este relé detecta los fallos internos en el transformador y funciona con dos flotadores. El primero es de alarma y se encuentra en la parte superior del dispositivo y actúa hundiéndose en una zona de acumulación de gases y generando la señal de alarma. El segundo es de disparo y se produce cuando antes una emisión incontrolada de gases, se produce un arrastre de flotador.

Las medidas y situación de los transformadores de potencia en la subestación se puede observar en el apartado de Planos.

7.5. Red de tierras

7.5.1. Red de tierra inferior

El diseño de la red de tierra inferior se ha hecho de acuerdo con las especificaciones establecidas en la instrucción técnica complementaria ITC-MIE-RAT 13.

La red de tierra inferior está diseñada para cumplir con las siguientes funciones:

- Garantizar la protección del personal de maniobra y los equipos en caso de potenciales peligrosos.
- Proporcionar un camino a tierra para las intensidades originadas por descargas atmosféricas o por defectos eléctricos.
- Posibilitar a los elementos de protección el despeje a tierra.

Para el diseño de la red de tierra inferior, se han elegido las condiciones de diseño más desfavorables, siendo esta las del parque de 132 kV. Los criterios de diseño han sido los siguientes:

- Resistividad del terreno: 300 Ωm
- Intensidad de defecto: 28 kA
- Tiempo de despeje de la falta: 0,5 s

El cable elegido para la red de tierra inferior será un cable de cobre de 120 mm^2 de sección, formando una malla que cubre una superficie total de 7700 m^2, utilizando un total de 1947 m.

La malla estará enterada a una profundidad de 60 cm, acabando en la zona de la superficie con una capa de hormigón de 20 cm de espesor, que nos ofrecerá una resistividad de 3000 Ωm.

Las características geométricas y dimensiones se pueden ver en el apartado de Planos.

La unión entre los diferentes cables de cobre que forman la malla de la red de tierras se hará mediante soldadura aluminotérmica.

Según los criterios de diseño especificados en la instrucción técnica complementaria ITC-MIE-RAT 13 y en la normativa UNE 60909, se establece que las tensiones de paso y contacto no pueden ser superiores a los siguientes valores:

- Tensión de paso: 7276 V
- Tensión de contacto: 695,5V

Todos los cálculos que justifican el diseño de la red de tierra inferior, están contenidos en el Anexo 3: Cálculos de la subestación.

7.5.2. Red de tierra superior

La red de tierra superior tiene por cometido la captación de las descargas atmosféricas y conducirlas a la red de tierra inferior, para que pueda ser disipada sin poner en peligro la seguridad del personal ni de la subestación.

Está compuesta por un conjunto de hilos de guarda, que cubre todos los elementos de la subestación, además de unos pararrayos ubicados en la zona de los transformadores de potencia, con el fin de reforzar el campo efectivo de la tierra superior.

Todos los cálculos que justifican el diseño de la red de tierra superior, están contenidos en el Anexo 3: Cálculos de la subestación.

7.6. Sistemas de control y protección

El sistema de control constará de un centro de control de subestación, ubicado en el edificio de control.

En la subestación se instalarán una serie de unidades de control (ULC) que recogerán la información para el telecontrol de los parques. Estas ULC irán conectadas al centro de control de la subestación mediante fibra óptica.

En cuanto a los sistemas de protección, cumplirán con las funciones de protección, comunicación y teledisparo.

Las posiciones en las que se instalarán protecciones serán las siguientes:

- *Posición de línea:*
  - *Protección principal:* Tendrá las siguientes funciones de protección: diferencial de línea, diferencial de barras, función de distancia, función de sobreintensidad de neutro, función de reenganche, función térmica, localizador de falta y oscilografía.
  - *Teleprotección:* Se trata de una teledetección por onda portadora para la emisión y recepción de teledisparo en caso de fallo de alguno de los interruptores de los extremos de la línea.

- *Posición de transformador:* Incorporará las siguientes funciones de protección en los dos niveles de tensión: fallo de interruptor, función de cierre o arranque con tiempo de retraso, función de sincronismo, diferencial de transformador, diferencial de barras, función de mínima tensión con corriente alterna, oscilografía y dos funciones de supervisión de bobinas de disparo.

- *Posición de acoplamiento:* Esta protección se incluirá únicamente en la posición de acoplamiento del parque de 66 kV. Incluirá: función de distancia, función instantánea de sobreintensidad, función de sobreintensidad de neutro, diferencial de barras, función de

arranque o cierre con tiempo de retraso, función de sincronismo, función de mínima tensión de corriente alterna, oscilografía y dos funciones de supervisión de bobinas de disparo.

- *Posición de barras:* Se instalarán protecciones diferenciales de barras tanto en el parque de 132 kV como en el de 66 kV.

- *Generales:* En las posiciones de línea y transformador se añadirán funciones e medida de activa, reactiva y tensión, a través de los transformadores de tensión capacitivos.

7.7. Obra civil

7.7.1. Movimiento de tierras

El movimiento de tierras estará condicionado por las características del terreno y recomendaciones incluidas en el estudio geotécnico que ha de realizarse previamente al inicio del proyecto. Se incluirá también un desbroce y preparación del camino de acceso a la subestación.

7.7.2. Cimentaciones

La función de las cimentaciones es la de soportar y sujetar los elementos instalados en la subestación.

Estas estarán compuestas por hormigón y se proyectarán teniendo en cuenta los esfuerzos aplicados, para asegurar la estabilidad al vuelco en las peores condiciones.

Las cimentaciones a realizar tendrán canalizaciones de tubo de PVC que permitan el paso de los cables de tierra hacia las estructuras metálicas y de ahí a los equipos, así como tubo para el paso de cables aislados de alimentación y control.

Las cimentaciones estarán compuestas por zapatas de hormigón y para el anclaje a las estructuras se insertarán pernos de acero galvanizado.

Las cimentaciones que serán necesarias construir son las siguientes:

- Parque de 132 kV:
  - Cimentación de terminales de entrada: se construirán un total de 6 unidades
  - Cimentación de transformadores de tensión: se construirán un total de 12 unidades.
  - Cimentación de autoválvulas: se construirán un total de 12 unidades.
  - Cimentación de equipos híbridos: se construirán un total de 6 unidades.
  - Cimentación de aisladores de barras: se construirán un total de 66 unidades.

- Parque de 66 kV:
  - Cimentación de terminales de salida: se construirán un total de 9 unidades
  - Cimentación de autoválvulas: se construirán un total de 6 unidades.
  - Cimentación de equipos híbridos: se construirán un total de 3 unidades.
  - Cimentación de aisladores de barras: se construirán un total de 18 unidades.

Además será necesaria la construcción de las cimentaciones del vallado exterior, que se harán a lo largo de todo el perímetro de la subestación y distanciadas 3 m entre sí.

La bancada de los transformadores de potencia estará formada por vigas sobre las que se insertarán las vías donde se apoyarán los transformadores.

Además de todas estas cimentaciones, se establecerán unos viales de acceso a puntos de la subestación, para poder ejercer maniobras de mantenimiento. Dichos viales se dividen en dos tipos: perimetrales e internos. Los viales perimetrales tienen una anchura de 6 m y los internos de 3 m.

Los viales se realizarán de aglomerado asfáltico y se asentarán sobre una base de grava-cemento. Además se dotará al vial de una pequeña pendiente para evitar la acumulación de agua.

7.7.3. Arquetas y canalización para el paso de cables

Para el tendido y la conexión de los cables de control, alumbrado y fuerza, se instalarán arquetas prefabricadas de hormigón con tapa de hormigón armado, de las dimensiones adecuadas que interconecten los tramos de tubo de polietileno. Existen tres tipos de arquetas prefabricadas, tipo A, tipo B y tipo BR.

7.7.4. Sistema de recogida de aceite

Para evitar posibles vertidos accidentales de aceite de los transformadores de potencia al terreno, se construirá un sistema de recogida de aceite que permitirá encauzarlo hacia un depósito estanco, donde periódicamente se realizará la retirada del mismo.

Dicho sistema estará constituido por una red de evacuación de aceite y un depósito colector para ambos transformadores. La red de evacuación estará formada por tubos de hormigón y tendrán una pequeña pendiente para facilitar la circulación del aceite. El depósito colector se construirá subterráneo de hormigón armado, con un volumen del 110% al del aceite de un solo transformador, según establece la normativa.

7.7.5. Estructuras metálicas y soportes

Las estructuras y soportes de la aparamenta del parque se construirán con perfiles de acero normalizado de alma llena. Todas las estructuras y soportes tendrán acabado galvanizado en caliente como protección contra la corrosión.

La altura de dichos soportes de aparamenta será la suficiente como para cumplir con los requerimientos de alturas mínimas establecidas por las instrucciones técnicas complementarias correspondientes.

Estas estructuras se complementarán con tornillería y herrajes auxiliares para la fijación de cajas de centralización, sujeción de cables y otros elementos accesorios.

Todas estas dimensiones se pueden comprobar en el apartado de Planos.

7.7.6. Cerramientos y señalización

Para el acceso a la subestación, se dispondrá de una puerta metálica de 10 m, con una entrada para personal de 1 m de anchura. Dicha puerta será corredera con apertura automática con motor eléctrico.

El vallado que se instalará alrededor de la subestación estará construido por postes metálicos galvanizados de perfil circular y con una malla de 2 m de altura, también metálica galvanizada de simple torsión. Los postes irán embebidos sobre un murete de hormigón para asegurar su anclaje.

Las funciones del vallado serán las siguientes:

- Evitar que personas ajenas a la subestación lleguen a estar próximas a elementos en tensión.
- Proteger la subestación de daños intencionados.
- Evitar robos dentro de la subestación.
- Todos los accesos a la subestación estarán debidamente señalizados mediante la señalización reglamentaria para las instalaciones de alta tensión.

El trayecto y las medidas de la valla se puede observar en el apartado de Planos.

8. Edificio de mando y control

8.1. Descripción

Se construirá un edifico de mando y control de una planta y con unas dimensiones de 16,20 x 11,70 m, con una superficie total de 189,54 m^2 y de 3 m de altura.

Dicho edificio dispondrá de zona de control, zona de comunicaciones, zona de comedor, zona de vestuarios, zona de almacén y zona de aseo y ducha.

El edificio estará formado con una doble pared de ladrillo macizo y entre ellas una capa de aislante proyectado, el acabado de las paredes será de cemento. En cuanto a la cubierta estará diseñada a doble agua, formada con placas sándwich aislantes de aluminio. La cimentación vendrá determinada por las cargas propias y de uso, así como de las condiciones de cimentación del terreno que determine un estudio geotécnico.

El emplazamiento y los detalles del edificio de mando y control se puede observar en el apartado de Planos.

8.2. Red de alimentación de baja tensión

8.2.1. Acometida

Es la parte de la red de alimentación que va desde el punto de conexión de la red de baja tensión de la Compañía Suministradora hasta la caja de protección y medida (CPM). Esta línea está regulada por la ITC-BT-11.

Atendiendo a su trazado, la acometida será subterránea bajo tubo, con una longitud de 14 m.

Los conductores serán de aluminio, aislados de tensión asignada 0,6/1 kV.

Para determinar la sección de los conductores se han tenido en cuenta los siguientes factores:

- Potencia demandada
- Intensidad máxima admisible
- Intensidad de cortocircuito
- Máxima caída de tensión admisible

La acometida del edificio de mando y control se ha dimensionado de manera tal, que para la potencia demandada se asegure una tensión de servicio que esté dentro de los límites aceptados por el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, Reglamento de Verificaciones Eléctricas y Regularidad en el suministro.

8.2.2. Caja de protección y medida

Es la caja en donde están alojados la caja general de protección y el elemento de medida.

Al tratarse de un solo suministro, en la parte de medida habrá una placa de poliéster troquelada para un contador trifásico de baja tensión y en la parte de protección habrá 3 bases portafusibles tipo cilíndrico y 1 neutro seccionable.

La envolvente será de poliéster reforzado con fibra de vidrio y aislante para protección de elementos de tensión.

La puerta será autoventilada, con mirilla transparente, cierre de 3 puntos y precintable

El cableado estará realizado con conductores de cobre, aislados de tensión asignada 450/750 V, tipo H07Z-R, no propagador de incendios, reducida emisión de humos y exento de halógenos.

Para determinar la sección de los conductores se han tenido en cuenta los siguientes factores:

- Potencia demandada
- Intensidad máxima admisible
- Intensidad de cortocircuito
- Máxima caída de tensión admisible

8.2.3. Derivación individual

Es la parte de la red de alimentación que va desde el punto de conexión del hasta la entrada del cuadro general de mando y protección (CGMP). Esta línea está regulada por la ITC-BT-15.

Atendiendo a su trazado, la derivación individual será empotrada bajo tubo, con una longitud de 3 m.

Los conductores serán de cobre, aislados de tensión asignada 0,6/1 kV.

Para determinar la sección de los conductores se han tenido en cuenta los siguientes factores:

- Potencia demandada
- Intensidad máxima admisible
- Intensidad de cortocircuito
- Máxima caída de tensión admisible

La derivación individual del edificio de mando y control se ha dimensionado de manera tal, que para la potencia demandada se asegure una tensión de servicio que esté dentro de los límites aceptados por el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, Reglamento de Verificaciones Eléctricas y Regularidad en el suministro.

8.2.4. Cuadro general de mando y protección

Se instalará en el edificio un cuadro general de alimentación, lo más cerca del punto de entrada de la derivación individual, para dar servicio las instalaciones de iluminación, tomas de corriente y emergencia.

Se situará lo más cerca del punto de entrada de la derivación individual y a una altura mínima de 1 m, medido desde el nivel del suelo.

La envolvente del cuadro se ajusta a las normas UNE 20.451 y UNE-EN 60.439 -3, con un grado de protección mínimo IP30 según UNE 20.324 e IK07 según UNE-EN 50.102. Sus dimensiones estarán de acuerdo con el tipo de suministro a aplicar.

El instalador fijará de forma permanente sobre el cuadro de distribución una placa, impresa con caracteres indelebles, en la que conste su nombre o marca comercial, fecha en que se realizó la instalación, así como la intensidad asignada del interruptor general automático.

A continuación se mostrarán los elementos que se encontrarán en el cuadro general de mando y protección:

- 1 Interruptor general automático
- 1 Limitador de sobretensiones
- 9 Interruptores diferenciales
- 20 Interruptores magentotérmicos

En el apartado de Planos se muestra el esquema unifilar eléctrico de la instalación, así como los valores de los elementos ubicados en el cuadro general de mando y protección.

8.3. Servicios generales

8.3.1. Sistemas de mando y protección

Se dispondrá de un sistema informático para el control de los cuatro armarios de protección. De dichos armarios de protección, el primero será para las líneas del parque de 132 kV, el segundo para los transformadores, el tercero para las líneas del parque de 66 kV y el último para la posición de acoplamiento.

Estos armarios de protección, contarán con protecciones de distancia y de sobreintensidad para las líneas, protecciones de sobreintensidad de alta y de aja, protección diferencial y regulador de tensión, para las posiciones de transformación.

8.3.2. Rectificador de batería

Para la alimentación de los equipos de protección y control, se dispondrá de 4 equipos. Los dos primeros estarán compuestos por dos rectificadores con una batería de 325 V y están destinados al parque de 132 kV. Los dos segundos estarán compuestos por dos rectificadores con una batería de 125 V y están destinados al parque de 66 kV.

Además será instalada otra batería rectificadora de 48 V, destinada a la alimentación de los sistemas de telemando y control.

Todas esas baterías rectificadoras estarán situadas en el edificio de control.

8.4. Telecontrol y comunicaciones

Las necesidades de telecontrol y comunicaciones consistirán en servicios de telefonía, canales de comunicación para la protección de la subestación y circuitos de telegestión.

Para realizar todas las gestiones de control, se dotará al edifico de control de fibra óptica y de red de telefonía.

Para la realización de las comunicaciones remotas, se dispondrá de un armario de comunicaciones instalado en la sala de control del edificio. Dicho armario irá alimentado por un rectificador de batería de 48 V.

8.5. Sistema de protección contra incendios e intrusos

En el edificio de control se dispondrá de un sistema de detección y extinción de incendios, así como de intrusismo.

El equipo de detección de incendios constará de una serie de elementos detectores, instalados en los lugares apropiados, que ante la presencia de humo o calor excesivo, actuarán como alarma. Dichos detectores se instalarán en el techo del edificio.

El equipo de extinción de incendios constará de extintores portátiles de espuma, colocados adecuadamente.

El sistema de anti intrusismo consistirá en una serie de detectores en la puerta del edificio.

9. Instalaciones eléctricas

9.1. Conductores

Los conductores que se emplean en la instalación serán unipolares de cobre, con tensión asignada de 450/750 V y aislados con XLPE, libres de halógenos, no propagadores de llama y de emisión de humos y opacidad reducida.

La sección de los conductores a utilizar se determinará de forma que la caída de tensión entre el origen de la instalación interior y cualquier punto de utilización sea menor del 3% para alumbrado y del 5% para los demás usos.

Las intensidades máximas admisibles de los conductores, se regirán en su totalidad por lo indicado en la Norma UNE 20.460-5-523 y su anexo Nacional.

La sección del conductor neutro y de los conductores de protección será igual a la de las fases.

No se utilizará un mismo conductor neutro para varios circuitos.

Los conductores de la instalación deben ser fácilmente identificables, especialmente por lo que respecta al conductor neutro y al conductor de protección. Esta identificación se realizará por los colores que presenten sus aislamientos.

Cuando exista conductor neutro en la instalación o se prevea para un conductor de fase su pase posterior a conductor neutro, se identificarán éstos por el color azul claro. Al conductor de protección se le identificará por el color verde-amarillo. Todos los conductores de fase, o en su caso, aquellos para los que no se prevea su pase posterior a neutro, se identificarán por los colores marrón, negro o gris.

9.2. Subdivisión de las instalaciones

Las instalaciones se subdividirán de forma que las perturbaciones originadas por averías que puedan producirse en un punto de ellas, afecten solamente a ciertas partes de la instalación, por ejemplo a un sector del edificio, a una planta, a un solo local, etc., para lo cual los dispositivos de protección de cada circuito estarán adecuadamente coordinados y serán selectivos con los dispositivos generales de protección que les precedan.

Toda instalación se dividirá en varios circuitos, según las necesidades, a fin de:

- Evitar las interrupciones innecesarias de todo el circuito y limitar las consecuencias de un fallo.
- Facilitar las verificaciones, ensayos y mantenimientos.
- Evitar los riesgos que podrían resultar del fallo de un solo circuito que pudiera dividirse, como por ejemplo si solo hay un circuito de alumbrado.

9.3. Conexiones

En ningún caso se permitirá la unión de conductores mediante conexiones y/o derivaciones por simple retorcimiento o arrollamiento entre sí de los conductores, sino que deberá realizarse siempre utilizando bornes de conexión montados individualmente o constituyendo bloques o regletas de conexión; puede permitirse asimismo, la utilización de bridas de conexión. Siempre deberán realizarse en el interior de cajas de empalme y/o de derivación.

9.4. Diseño de las instalaciones

Se realizará las instalaciones con tubos empotrados en paredes aislantes

Estas canalizaciones están constituidas por tubos corrugados flexibles colocados en el interior de huecos de la construcción según UNE 20.460 -5-52.

Los tubos tendrán un diámetro, como mínimo tal que permita un alojamiento o extracción de los conductores y se podrán albergar varios circuitos en un mismo tubo ya que se utilizarán conductores aislados.

En toda la longitud de los pasos de los tubos a través de elementos de la construcción, tales como muros, tabiques y techos, no se dispondrán de empalmes o derivaciones de cables, estando protegidas contra los deterioros mecánicos, las acciones químicas y los efectos de la humedad.

9.5. Protección contra sobreintensidades

Todo circuito estará protegido contra los efectos de las sobreintensidades que puedan presentarse en el mismo, para lo cual la interrupción de este circuito se realizará en un tiempo conveniente o estará dimensionado para las sobreintensidades previsibles.

Las sobreintensidades pueden estar motivadas por:

- Sobrecargas debidas a los aparatos de utilización o defectos de aislamiento de gran impedancia.
- Cortocircuitos.
- Descargas eléctricas atmosféricas.

9.6. Protección contra sobretensiones

Los dispositivos de protección contra sobretensiones deben seleccionarse de forma que su nivel de protección sea inferior a la tensión soportada a impulso de la categoría de los equipos y materiales que se prevé que se vayan a instalar.

Los descargadores se conectarán entre cada uno de los conductores, incluyendo el neutro o compensador y la tierra de la instalación.

Se distinguen 4 categorías diferentes, indicando en cada caso el nivel de tensión soportada a impulsos, en kV, según la tensión nominal de la instalación:

TENSIÓN NOMINAL DE LA INSTALACIÓN		TENSIÓN SOPORTADA A IMPULSOS 1,2/50 (kV)			
SISTEMAS TRIFÁSICOS	SISTEMAS MONOFÁSICOS	CATEGORÍA IV	CATEGORÍA III	CATEGORÍA II	CATEGORÍA I
230/400	230	6	4	2,5	1,5
400/690 1000	— —	8	6	4	2,5

Fuente: Reglamento electrotécnico para baja tensión e instrucciones técnicas complementarias

- *Categoría I:* Se aplica a los equipos muy sensibles a las sobretensiones y que están destinados a ser conectados a la instalación eléctrica fija (ordenadores, equipos electrónicos muy sensibles, etc.). En este caso, las medidas de protección se toman fuera de los equipos a proteger, ya sea en la instalación fija o entre la instalación fija y los equipos, con objeto de limitar las sobretensiones a un nivel específico.

- *Categoría II:* Se aplica a los equipos destinados a conectarse a una instalación eléctrica fija (electrodomésticos, herramientas portátiles y otros equipos similares).

- *Categoría III:* Se aplica a los equipos y materiales que forman parte de la instalación eléctrica fija y a otros equipos para los cuales se requiere un alto nivel de fiabilidad (armarios de distribución, embarrados, aparamenta: interruptores, seccionadores, tomas de corriente, etc., canalizaciones y sus accesorios: cables, caja de derivación, etc., motores con conexión eléctrica fija: ascensores, máquinas industriales, etc.

- *Categoría IV:* Se aplica a los equipos y materiales que se conectan en el origen o muy próximos al origen de la instalación, aguas arriba del cuadro de distribución (contadores de energía, aparatos de telemedida, equipos principales de protección contra sobreintensidades, etc.).

Los equipos y materiales deben escogerse de manera que su tensión soportada a impulsos no sea inferior a la tensión soportada prescrita en la tabla anterior, según su categoría.

9.7. Protección contra contactos directos e indirectos

9.7.1. Protección contra contactos directos

Las partes activas deben estar situadas en el interior de las envolventes o detrás de barreras que posean, como mínimo, el grado de protección IP XXB, según UNE20.324.

Las envolventes deben fijarse de manera segura y ser de una robustez y durabilidad suficientes para mantener los grados de protección exigidos, con una separación suficiente de las partes activas en las condiciones normales de servicio, teniendo en cuenta las influencias externas.

Cuando sea necesario suprimir las barreras, abrir las envolventes o quitar partes de éstas, esto no debe ser posible más que:

- bien con la ayuda de una llave o de una herramienta.
- bien, después de quitar la tensión de las partes activas protegidas por estas barreras o estas envolventes, no pudiendo ser restablecida la tensión hasta después de volver a colocar las barreras o las envolventes.
- bien, si hay interpuesta una segunda barrera que posee como mínimo el grado de protección IP2X o IP XXB, que no pueda ser quitada más que con la ayuda de una llave o de una herramienta y que impida todo contacto con las partes activas.

El empleo de dispositivos de corriente diferencial-residual, cuyo valor de corriente diferencial asignada de funcionamiento sea inferior o igual a 30 mA, se reconoce como medida de protección complementaria en caso de fallo de otra medida de protección contra los contactos directos o en caso de imprudencia de los usuarios.

9.7.2. Protección contra contactos indirectos

La protección contra contactos indirectos se conseguirá mediante "corte automático de la alimentación". Esta medida consiste en impedir, después de la aparición de un fallo, que una tensión de contacto de valor suficiente se mantenga durante un tiempo tal que pueda dar como resultado un riesgo. La tensión límite convencional es igual a 50 V, valor eficaz en corriente alterna, en condiciones normales y a 24 V en locales húmedos.

Todas las masas de los equipos eléctricos protegidos por un mismo dispositivo de protección, deben ser interconectadas y unidas por un conductor de protección a una misma toma de tierra.

Se cumplirá la siguiente condición:

$$R_a \cdot I_a \leq U$$

En donde:

- R_a: Suma de las resistencias de la toma de tierra y de los conductores de protección de masas (Ω)
- I_a: Intensidad que asegura el funcionamiento automático del dispositivo de protección (A). Cuando el dispositivo de protección es un dispositivo de corriente diferencial-residual es la corriente diferencial-residual asignada.
- U: Tensión de contacto límite convencional (V) (50 V o 24V).

9.8. Receptores de alumbrado

9.8.1. Alumbrado interior

9.8.1.1. Prescripciones generales

Las luminarias serán conformes a los requisitos establecidos en las normas de la serie UNE-EN 60598.

Las partes metálicas accesibles de las luminarias deberán tener un elemento de conexión para su puesta a tierra, que irá conectado de manera fiable y permanente al conductor de protección del circuito.

Los portalámparas deberán ser de alguno de los tipos, formas y dimensiones especificados en la norma UNE-EN 60.061-2.

Los circuitos de alimentación estarán previstos para transportar la carga debida a los propios receptores.

Los conductores serán unipolares de cobre y tensión asignada de 450/750 V.

El conductor neutro de cada circuito que parte del cuadro, no podrá ser utilizado por ningún otro circuito y tendrá la misma sección que los de fase.

9.8.1.2. Luminarias seleccionadas

De acuerdo con lo expuesto anteriormente, las luminarias elegidas para nuestra instalación serán las siguientes:

Philips DN135B D215	
Lámpara	LED20S/840
Número de lámparas	1
Potencia (W)	28
Flujo luminoso (lm)	2000
Philips RC125B W60L60	
Lámpara	LED34S/830
Número de lámparas	1
Potencia (W)	36
Flujo luminoso (lm)	3400

Philips WT470C L1300	
Lámpara	LED23S/840
Número de lámparas	1
Potencia (W)	16,4
Flujo luminoso (lm)	1000

9.8.2. Alumbrado de emergencia

9.8.2.1. Introducción

Las instalaciones de alumbrado de emergencias tienen por objeto asegurar, en caso de fallo de la alimentación al alumbrado normal, la iluminación en los locales y accesos hasta las salidas, para una eventual evacuación del público o iluminar otros puntos que se señalen la iluminación cuando falla el alumbrado normal.

La alimentación del alumbrado de emergencia será automática con corte breve y con una duración mínima de una hora, proporcionando la iluminancia prevista

El alumbrado de emergencia estará previsto para entrar en funcionamiento automáticamente cuando se produce el fallo del alumbrado general o cuando la tensión de éste baje a menos del 70% de su valor nominal.

La instalación de este alumbrado será fija y estará provista de fuentes propias de energía. Sólo se podrá utilizar el suministro exterior para proceder a su carga, cuando la fuente propia de energía esté constituida por baterías de acumuladores o aparatos autónomos automáticos.

En rutas de evacuación, el alumbrado de emergencia debe proporcionar, a nivel del suelo, y en el eje de los pasos principales, una iluminancia mínima de 1 lux.

En los puntos en los que estén situados los equipos de las instalaciones de protección contra incendios que exijan utilización manual y en los cuadros de distribución del alumbrado, la iluminancia mínima será de 5 lux.

9.8.2.2. Emergencias seleccionadas

Teniendo en cuenta lo establecido anteriormente, las emergencias elegidas serán las siguientes:

Etap K11/6-230 Without	
Lámpara	LED
Número de lámparas	1
Potencia (W)	7,5
Flujo luminoso (lm)	311
Etap K111/6N Without	
Lámpara	LED
Número de lámparas	1
Potencia (W)	0,7
Flujo luminoso (lm)	249
Etap K131/2P Single-sided foil	
Lámpara	LED
Número de lámparas	1
Potencia (W)	1,2
Flujo luminoso (lm)	10
Etap K211/3O Without	
Lámpara	LED
Número de lámparas	1
Potencia (W)	0,7
Flujo luminoso (lm)	166

9.8.3. Alumbrado exterior

9.8.3.1. Prescripciones generales

Esta instrucción complementaria, se aplicará a las instalaciones de alumbrado exterior, destinadas a iluminar zonas de dominio público o privado, tales como autopistas, carreteras, calles, plazas, parques, jardines, pasos elevados o subterráneos para vehículos o personas, caminos, etc.

La máxima caída de tensión entre el origen de la instalación y cualquier otro punto de la instalación, será menor o igual que 3%.

Las líneas de alimentación a los puntos de luz partirán desde el cuadro general de mando y protección; las líneas estarán protegidas individualmente, con corte unipolar, en este cuadro, tanto

contra sobreintensidades (sobrecargas y cortocircuitos), como contra corrientes de defecto a tierra y contra sobretensiones cuando los equipos instalados lo precisen.

La intensidad de defecto, umbral de desconexión de los interruptores diferenciales, que podrán ser de reenganche automático, será como máximo de 30 mA y la resistencia de puesta a tierra, medida en la puesta en servicio de la instalación, será como máximo de 30 Ω.

Los conductores serán unipolares de cobre y tensión asignada de 0,6/1 kV.

La sección mínima a emplear en los conductores, incluido el neutro, será de 6 mm^2

El conductor neutro de cada circuito que parte del cuadro, no podrá ser utilizado por ningún otro circuito y tendrá la misma sección que los de fase.

Al ser las redes subterráneas, los cables serán de las características especificadas en la UNE 21123, e irán entubados.

Los tubos irán enterrados a una profundidad mínima de 40 cm del nivel del suelo medidos desde la cota inferior del tubo y su diámetro interior no será inferior a 60 mm.

Se colocará una cinta de señalización que advierta de la existencia de cables de alumbrado exterior, situada a una distancia mínima del nivel del suelo de 10 cm y a 25 cm por encima del tubo.

En los cruzamientos de calzadas, la canalización, además de entubada, irá hormigonada y se instalará como mínimo un tubo de reserva.

Los empalmes y derivaciones deberán realizarse en cajas de bornes adecuadas, situadas dentro de los soportes de las luminarias, y a una altura mínima de 3 cm sobre el nivel del suelo o en una arqueta registrable, que garanticen, en ambos casos, la continuidad, el aislamiento y la estanqueidad del conductor.

Los soportes de las luminarias, sus anclajes y cimentaciones, se dimensionarán de forma que resistan las solicitaciones mecánicas, particularmente teniendo en cuenta la acción del viento, con un coeficiente de seguridad no inferior a 2,5, considerando las luminarias completas instaladas en el soporte.

En la instalación eléctrica en el interior de los soportes, se deberán respetar los siguientes aspectos:

- Los conductores serán de cobre, de sección mínima 2,5 mm^2, de tensión asignada 0,6/1 kV y no existirán empalmes en el interior de los soportes.
- En los puntos de entrada de los cables al interior de los soportes, los cables tendrán una protección suplementaria de material aislante mediante la prolongación del tubo u otro sistema que lo garantice.
- La conexión a los terminales, estará hecha de forma que no ejerza sobre los conductores ningún esfuerzo de tracción. Para las conexiones de los conductores de la red con los del

soporte, se utilizarán elementos de derivación que contendrán los bornes apropiados, en número y tipo, así como los elementos de protección necesarios para el punto de luz.

Las luminarias deberán estar conectadas al punto de puesta a tierra del soporte, mediante un conductor unipolar aislado de tensión asignada 0,6/1 kV con recubrimiento de color verde-amarillo y sección mínima 2,5 mm^2 en cobre.

La máxima resistencia de puesta a tierra será tal que, a lo largo de la vida de la instalación y en cualquier época del año, no se puedan producir tensiones de contacto mayores de 24 V, en las partes metálicas accesibles de la instalación (soportes, cuadros metálicos, etc.).

La puesta a tierra de los soportes se realizará por conexión a una red de tierra común para todas las líneas que partan del mismo cuadro general de mando y protección.

El conductor de protección que une de cada soporte con el electrodo de tierra, será de cable unipolar aislado, de tensión asignada 0,6/1 kV, con recubrimiento de color verde-amarillo, y sección mínima de 16 mm^2 de cobre.

9.8.3.2. Luminarias seleccionadas

De acuerdo con lo expuesto anteriormente, las luminarias elegidas para nuestra instalación exterior serán las siguientes:

Philips BGP760 T25	
Lámpara	LED10-4S/740 DM10
Número de lámparas	1
Potencia (W)	7,2
Flujo luminoso (lm)	1000
Philips BGP760 T25	
Lámpara	LED30-4S/740 DM10
Número de lámparas	1
Potencia (W)	19
Flujo luminoso (lm)	3000

Philips BGP627 T25	
Lámpara	LED450-4S/740 DM10
Número de lámparas	1
Potencia (W)	280
Flujo luminoso (lm)	45000
Philips BVP651 T25	
Lámpara	LED800-4S/740 DM10
Número de lámparas	1
Potencia (W)	530
Flujo luminoso (lm)	80000

10. Presupuesto

El presupuesto de ejecución por contrata del presente proyecto es el siguiente:

Presupuesto de ejecución de material……	7.115.953,21 €
Estudio de Seguridad y Salud……..	12.694,15 €
Gastos Generales (13%)……..	926.724,16 €
Beneficio industrial (6%)……	427.718,84 €
TOTAL……..	8.483.090,36 €
IVA (21%)……	1.781.448,98 €
TOTAL PRESUPUESTO EJECUCIÓN DE LA CONTRATA…	**10.264.539,34 €**

El importe del presupuesto de ejecución por contrata del proyecto asciende a ***DIEZ MILLONES DOSCIENTOS SESENTA Y CUATRO MIL QUINIENTOS TREINTA Y NUEVE EUROS CON TREINTA Y CUATRO CÉNTIMOS***.

El presupuesto desglosado y el presupuesto de ejecución del material están justificado en el apartado de Presupuesto.

ANEXO 1: CÁLCULOS DE LA LÍNEA AÉREA

1. Cálculos del conductor aéreo

1.1. Descripción

Según la Compañía Suministradora los conductores normalizados utilizados para líneas aéreas de distribución eléctrica, de los cuales deberemos seleccionar el adecuado para nuestra línea, son los siguientes:

Conductor	Composición	Sección (mm^2)	Diámetro (mm)	Carga rotura (daN)	Peso (kg/m)	Módulo elasticidad (daN/mm^2)	Coef. dilatación ($ºC^{-1}$)	Resistencia kilométrica (Ω/km)
LA-180	30+7	181,6	17,500	6387	0,675	8036	1,781E-05	0,194
LA-280 (Hawk)	26+7	281,0	21,768	8254	0,976	7546	1,924E-05	0,119
LA-380 (Gull)	54+7	381,5	25,399	10912	1,276	6860	1,924E-05	0,086
LA-450 (Cóndor)	54+7	454,5	27,718	12397	1,521	6860	1,924E-05	0,072

Fuente: Tabla realizada con los datos de la Compañía Suministradora

1.2. Cálculos eléctricos del conductor

1.2.1. Intensidad de la línea

La intensidad que circulará por nuestra línea, considerando el caso más desfavorable, se calculará con la siguiente expresión:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U}$$

En donde:

- I: Intensidad de la línea (A)
- S: Potencia a transportar (KVA)
- U: Tensión de la línea (kV)

✓ ***EJEMPLO:***

Necesitamos para el cálculo:

Tensión (kV)	Potencia (MVA)
132	75

Obteniendo una intensidad de:

$$I = \frac{75000}{\sqrt{3} \cdot 132} = 328{,}04\ A$$

1.2.2. Intensidad máxima admisible

La intensidad máxima admisible para la densidad de corriente del conductor se obtendrá mediante la ecuación:

$$I_{max} = \delta_c \cdot S \cdot c$$

En donde:

- I_{max}: Intensidad máxima soportada por el conductor por límite térmico (A)
- S: Sección del conductor (mm^2)
- δ_c: Densidad máxima de corriente del conductor (A/mm^2). En el apartado 4.2.1 de la ITC-LAT 07 aparece la tabla 11 donde se muestran las densidades de corriente máximas admisibles, dependiendo de la sección del conductor:

Sección nominal mm^2	Densidad de corriente A/mm^2		
	Cobre	Aluminio	Aleación de aluminio
10	8,75		
15	7,60	6,00	5,60
25	6,35	5,00	4,65
35	5,75	4,55	4,25
50	5,10	4,00	3,70
70	4,50	3,55	3,30
95	4,05	3,20	3,00
125	3,70	2,90	2,70
160	3,40	2,70	2,50
200	3,20	2,50	2,30
250	2,90	2,30	2,15
300	2,75	2,15	2,00
400	2,50	1,95	1,80
500	2,30	1,80	1,70
600	2,10	1,65	1,55

Fuente: Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión

- c: Coeficiente de reducción que depende de la composición del conductor. En el apartado 4.2.1 de la ITC-LAT 07 aparecen los valores:

Conductor	Composición	Coeficiente de reducción
LA-180	30+7	0,916
LA-280 (Hawk)	26+7	0,937
LA-380 (Gull)	54+7	0,950
LA-450 (Cóndor)	54+7	0,950

Fuente: Tabla realizada con los datos del Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión

✓ ***EJEMPLO:***

Como las secciones de los conductores no se encuentran en la tabla de la ITC-LAT 07, deberemos interpolar, para obtener los valores de las densidades de corrientes máximas de los conductores. Realizaremos el cálculo de la densidad de corriente del LA-180 como ejemplo:

$$\delta = 2{,}70 - \frac{(181{,}6 - 160) \cdot (2{,}50 - 2{,}70)}{200 - 181{,}6} = 2{,}592\ A/mm^2$$

Y a continuación calculamos la intensidad máxima admisible:

$$I_{max} = 2{,}592 \cdot 181{,}6 \cdot 0{,}916 = 431{,}17\ A$$

En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos de los demás conductores:

Conductor	Densidad de corriente máxima (A/mm^2)	Intensidad máxima admisible (A)
LA-280 (Hawk)	2,207	581,10
LA-380 (Gull)	1,987	720,14
LA-450 (Cóndor)	1,868	806,66

Con una intensidad de la línea aérea es de 328,04 A, seleccionamos el conductor LA-180, obteniendo una potencia máxima aparente de:

$$S_{max} = \sqrt{3} \cdot 132 \cdot 431{,}17 = 98579\ kVA = 98{,}579\ MVA$$

También podemos seleccionar el conductor con la norma particular de la Compañía Suministradora, en donde nos indica las intensidades admisibles de los conductores normalizados dependiendo de la tensión de la red, además de la potencia que puede transportar dicho conductor:

TENSIÓN	CONDUCTOR		INTENSIDAD (A)	POTENCIA (MVA)
45 KV	147-AL1/34-ST1A (LA 180)	147-AL1/ 34-A20SA (LARL 180)	431	33,6
	242-AL1/39-ST1A (LA 280)	242-AL1/ 39-A20SA (LARL 280)	581	45,3
	337-AL1/44-ST1A (LA 380)	337-AL1/ 44-A20SA (LARL 380)	720	56,1
66 KV	147-AL1/34-ST1A (LA 180)	147-AL1/ 34-A20SA (LARL 180)	431	49,3
	242-AL1/39-ST1A (LA 280)	242-AL1/ 39-A20SA (LARL 280)	581	66,4
	337-AL1/44-ST1A (LA 380)	337-AL1/ 44-A20SA (LARL 380)	720	82,3
110 KV	147-AL1/34-ST1A (LA-180)	147-AL1/ 34-A20SA (LARL 180)	431	82,1
	242-AL1/39-ST1A (LA 280)	242-AL1/ 39-A20SA (LARL 280)	581	110,7
	337-AL1/44-ST1A (LA 380)	337-AL1/ 44-A20SA (LARL 380)	720	137,2
	402-AL1/52-ST1A (LA 455)	402-AL1/52-A20SA (LARL 455)	806,7	153,7
132 KV	147-AL1/34-ST1A (LA-180)	147-AL1/ 34-A20SA (LARL 180)	431	98,6
	242-AL1/39-ST1A (LA 280)	242-AL1/ 39-A20SA (LARL 280)	581	132,9
	337-AL1/44-ST1A (LA 380)	337-AL1/ 44-A20SA (LARL 380)	720	164,6
	402-AL1/52-ST1A (LA 455)	402-AL1/52-A20SA (LARL 455)	806,7	184,4

Fuente: Norma particular de la Compañía Suministradora

Como se puede observar, las intensidades calculadas son prácticamente iguales a las de la tabla de la Compañía Suministradora.

También nos indica la potencia máxima que puede transportar el conductor, que para el LA-180 con una tensión de la red de 132 kV se tendrá una potencia aparente máxima de 98,6 MVA, que coincide con el cálculo anterior y es superior a los 75 MVA que tenemos como característica de transporte nuestra línea.

1.2.3. Reactancia

La reactancia kilométrica de la línea viene dada por la siguiente ecuación.

$$X_k = \omega \cdot L_k = 2\pi f \cdot L_k$$

En donde:

- X_k: Reactancia kilométrica de la línea (Ω/km)
- ω: Pulsación de la corriente eléctrica (rad/s)
- L_k: Coeficiente de autoinducción por kilómetro de línea (H/km)
- f: Frecuencia de la red (Hz)

Para calcular el coeficiente de autoinducción por kilómetro de la línea utilizamos la expresión.

$$L_k = \frac{1}{n_{cir}} \cdot \left[\frac{\mu}{2 * n} + 4{,}605 \cdot \log_{10} \left(\frac{DMG}{r_{eq}} \right) \right] \cdot 10^{-4}$$

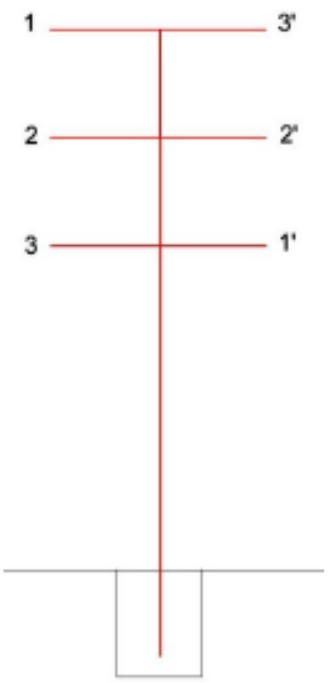
En donde:

- L_k: Coeficiente de autoinducción por kilómetro de línea (H/km)
- n_{cir}: Número de circuitos de la línea
- μ: Permeabilidad magnética del conductor, que para el cobre, aluminio y aluminio-acero tiene un valor de 1.
- n: Número de conductores por fase
- DMG: Distancia media geométrica (mm)
- r_{eq}: Radio equivalente del conductor (mm)

✓ ***EJEMPLO:***

Hallamos la DMG para un apoyo de doble circuito, mediante trigonometría, con separación de conductores de 4 m y longitud de la cruceta de 2,8 m, obteniendo la siguiente tabla con los resultados de las distancias de los conductores:

Sc	4,00
Lc	2,80
D1-2	4,00
D1-2'	6,88
D1-3	8,00
D1-3'	5,60
D2-1	4,00
D2-1'	6,88
D2-3	4,00
D2-3'	6,88
D3-1	8,00
D3-1'	5,60
D3-2	4,00
D3-2'	6,88
D1-1'	9,77
D2-2'	5,60
D3-3'	9,77



$$D_1 = \frac{\sqrt{4 \cdot 6{,}88 \cdot 8 \cdot 5{,}60}}{9{,}77} = 3{,}5939\ m$$

$$D_2 = \frac{\sqrt{4 \cdot 6{,}88 \cdot 4 \cdot 6{,}88}}{5{,}60} = 4{,}9143\ m$$

$$D_3 = \frac{\sqrt{8 \cdot 5{,}60 \cdot 4 \cdot 6{,}88}}{9{,}77} = 3{,}5939\ m$$

$$DMG = \sqrt[3]{3{,}5939 \cdot 4{,}9143 \cdot 3{,}5939} = 3{,}989\ m$$

Necesitaremos para el cálculo:

Número de circuitos	Número de conductores por fase	Diámetro del conductor (mm)	Frecuencia (Hz)
2	1	17,5	50

Calcularemos la autoinducción kilométrica:

$$L_k = \frac{1}{2} \cdot \left[\frac{1}{2} + 4{,}605 \cdot \log_{10} \left(\frac{3989}{\frac{17{,}5}{2}} \right) \right] \cdot 10^{-4} = 6{,}37 \cdot 10^{-4}\ H/km$$

Y la reactancia kilométrica será:

$$X_k = 2\pi \cdot 50 \cdot 6{,}37 \cdot 10^{-4} = 0{,}2001\ \Omega/km$$

1.2.4. Potencia máxima a transportar

1.2.4.1. Por intensidad máxima admisible

La ecuación que permite el cálculo de la potencia activa máxima que el conductor es capaz de transportar por intensidad máxima admisible del conductor es:

$$P_{max} = \sqrt{3} \cdot U \cdot I_{max} \cdot \cos \varphi$$

En donde:

- P_{max}: Potencia máxima por intensidad máxima (kW)
- U: Tensión compuesta de red (kV)
- I_{max}: Intensidad máxima soportada por el conductor por límite térmico (A)
- cos φ: Factor de potencia

✓ ***EJEMPLO:***

Necesitaremos para el cálculo:

Tensión (kV)	Intensidad máxima admisible (A)	Cos φ
132	431,17	0,90

Por lo tanto la potencia activa máxima por intensidad máxima admisible es:

$$P_{max} = \sqrt{3} \cdot 132 \cdot 431{,}17 \cdot 0{,}9 = 88720\ kW$$

La potencia de partida de la línea es de 67500 kW y como se puede apreciar el conductor LA-180 puede transportar dicha potencia sin problema alguno.

1.2.4.2. Por caída de tensión

Para calcular la potencia activa máxima por caída de tensión se utiliza la siguiente ecuación:

$$P_{max} = \frac{10 \cdot U^2 \cdot u\%}{(R_k + X_k \cdot \tan\varphi) \cdot L}$$

En donde:

- P_{max}: Potencia máxima por caída de tensión (kW)
- U: Tensión compuesta de red (kV)
- u%: Porcentaje de caída de tensión (%)
- R_k: Resistencia kilométrica de la línea (Ω/km)
- X_k: Reactancia kilométrica de la línea (Ω/km)
- L: Longitud de la línea (km)

✓ ***EJEMPLO:***

Necesitaremos para el cálculo:

Tensión (kV)	Resistencia kilométrica (Ω)	Reactancia kilométrica (Ω)	Caída de tensión (%)	φ (º)	Longitud de la línea aérea (km)
132	0,194	0,2001	5	25,84	27,2652

Obteniendo una potencia activa máxima por caída de tensión de:

$$P_{max} = \frac{10 \cdot 132^2 \cdot 5}{(0{,}194 + 0{,}2001 \cdot \tan(25{,}84)) \cdot 27{,}2652} = 109840\ kW$$

La potencia de partida es de 67500 kW y como se puede apreciar el conductor LA-180 puede transportar la potencia sin problema alguno.

1.3. Cálculo mecánico de los conductores

El trazado de la línea está comprendida entre las cotas 491,1 m y 201,2 m, por lo que según el vigente Reglamento esta línea se encuentra en las zonas A y B.

1.3.1. Sobrecargas

1.3.1.1. Sobrecarga del peso propio del conductor

La sobrecarga del peso propio es la del peso del conductor. Este dato nos lo proporcionará el fabricante. Normalmente viene dado en kg/m, por lo que habrá que cambiarlo a daN/m para la realización de los cálculos.

1.3.1.2. Sobrecarga del viento

La sobrecarga del viento se utilizará para el cálculo de la tensión máxima de viento, en todas las hipótesis de la zona A y en la primera hipótesis de la zona B. El Reglamento de líneas considera el viento perpendicular a la dirección de la línea, por lo que:

$$S_V = \sqrt{p^2 + (v \cdot d)^2}$$

En donde:

- S_V: Sobrecarga de viento (daN/m)
- p: Peso por metro lineal del conductor (daN/m)
- d: Diámetro del conductor (m)
- v: presión del viento sobre conductores y cables de tierra según ITC-LAT 07 apartado 3.1.2.1. (daN/m^2). Este valor será de:

$$v = 60 \cdot \left(\frac{v_v}{120}\right)^2 \Rightarrow \text{conductores con d} \leq 16 \text{ mm}$$

$$v = 50 \cdot \left(\frac{v_v}{120}\right)^2 \Rightarrow \text{conductores con d} > 16 \text{ mm}$$

- v_v: Velocidad del viento, siendo el valor mínimo de120 km/h y de 140 km/h para líneas de categoría especial (km/h)

✓ ***EJEMPLO:***

Necesitaremos para el cálculo:

Velocidad del viento (km/h)	Peso del conductor (daN/m)	Diámetro del conductor (mm)
140	0,662	17,5

Como el conductor LA-180 tiene un diámetro mayor de 16 mm, utilizaremos:

$$v = 50 \cdot \left(\frac{140}{120}\right)^2 = 68{,}06$$

Teniendo una sobrecarga del viento de:

$$S_V = \sqrt{0{,}662^2 + (68{,}06 \cdot 0{,}0175)^2} = 1{,}363\ daN/m$$

1.3.1.3. Sobrecarga de viento mitad

Según el apartado 5.4.2 de la ITC-LAT 07 del vigente Reglamento de líneas eléctricas, será necesario comprobar las distancias de conductores a masa. En concreto la desviación de las cadenas de suspensión en apoyos de alineación-suspensión y ángulo-suspensión, que se produce bajo la acción del viento mitad a una velocidad de 120 km/h, independientemente si la línea es o no de categoría especial.

Al igual que en la sobrecarga de viento, la sobrecarga de viento mitad se calculará en las zonas A y B, se aplicará:

$$S_{V/2} = \sqrt{p^2 + \left(\frac{v}{2} \cdot d\right)^2}$$

En donde:

- $S_{V/2}$: Sobrecarga de viento mitad (daN/m)
- p: Peso por metro lineal del conductor (daN/m)
- d: Diámetro del conductor (m)
- v: presión del viento sobre conductores y cables de tierra según ITC-LAT 07 apartado 3.1.2.1. (daN/m^2)

✓ ***EJEMPLO:***

Necesitaremos para el cálculo:

Presión del viento (daN/m^2)	Peso del conductor (daN/m)	Diámetro del conductor (mm)
68,06	0,662	17,5

$$S_{V/2} = \sqrt{0{,}662^2 + \left(\frac{68{,}06}{2} \cdot 0{,}0175\right)^2} = 0{,}890\ daN/m$$

1.3.1.4. Sobrecarga de hielo

El reglamento en el apartado 3.1.3 de la ITC LAT-07, divide el territorio nacional en tres zonas de cálculo que son:

- Zona A. La situada a menos de 500 m de altitud sobre el nivel del mar.
- Zona B. La situada a una altitud entre 500 y 1000 m sobre el nivel del mar.
- Zona C. La situada a una altitud superior a 1000 m sobre el nivel del mar.

En la zona A no se debe tener en cuenta sobrecarga motivada por el hielo, de esta forma la única que actúa es la del viento anteriormente expuesta.

Para las zonas B y C ha de considerarse la sobrecarga correspondiente al hielo sobre el conductor, y que se deposita en este en forma de manguito a su alrededor. Esta sobrecarga no está desplazada de la horizontal como lo estaba la de viento, si no que se suma al peso del conductor, ya que actúa en la misma dirección que éste.

La expresión que permite calcular la sobrecarga correspondiente al hielo actuando sobre el conductor tiene la siguiente expresión:

$$S_H = p + M_H \cdot \sqrt{d}$$

En donde:

- S_H: Sobrecarga de hielo (daN/m)
- p: Peso por metro lineal del conductor (daN/m)
- d: Diámetro del conductor (mm)
- M_H: Manguito de hielo, que tendrá distinto valor dependiendo de la zona:

Zona	M_H
B	0,18
C	0,36

Para altitudes superiores a 1500 m, ha de justificarse el valor del manguito de hielo mediante estudios realizados sobre la zona por donde transcurre la línea, no pudiendo en ningún caso considerar valores inferiores a los indicados anteriormente.

✓ ***EJEMPLO:***

Necesitaremos para el cálculo:

Peso del conductor (daN/m)	Manguito de hielo	Diámetro del conductor (mm)
0,662	0,18	17,5

La sobrecarga de hielo, al encontrarnos en zona B, es:

$$S_H = 0{,}662 + 0{,}18 \cdot \sqrt{17{,}5} = 1{,}415\ dan/m$$

1.3.2. Componente horizontal máxima

Cuando se ha realizado el trazado de la línea utilizando la constante de catenaria de flechas máximas para trazado elegida, se calcularan las componentes horizontales máximas para cada una de las alineaciones de que consta la línea. Para ello utilizaremos la siguiente ecuación:

$$T_0 = \frac{T_A - p_z \cdot \frac{|h|}{2} + \sqrt{\left(T_A - p_z \cdot \frac{|h|}{2}\right)^2 - \frac{p_z \cdot b^2}{2}}}{2 \cdot \frac{b}{a}}$$

En donde:

- T_0: Componente horizontal máxima (daN)
- T_A: Tensión en el punto más elevado de fijación del conductor, correspondiente a la carga de rotura del conductor dividida por un coeficiente de seguridad de la línea (daN)
- a: Longitud proyectada del vano (m)
- b: Longitud real del vano (m)
- h: Desnivel del vano (m)
- p_Z: Sobrecarga correspondiente a la zona de cálculo (daN/m)

Esta ecuación se aplicará a cada uno de los vanos que componen cada alineación, escogiendo en cada una de las alineaciones el valor más pequeño de la componente horizontal de la tensión, ya que esta componente horizontal de valor menor dará lugar a tensiones menores y por tanto a flechas verticales mayores.

✓ ***EJEMPLO:***

Tomaremos el tramo entre los apoyos 1-2:

Vano (m)	Desnivel (m)
311	-10,93

Hallando un vano real:

$$b = \sqrt{311^2 + (-10{,}93)^2} = 311{,}192\ m$$

Al encontrase el tramo en zona A, sus condiciones iniciales serán:

t_0 (ºC)	p_0 (daN/m)	T_A (daN)
-5	1,363	2554,8

El valor de T_A se ha hallado dividiendo la carga de rotura entre un coeficiente de seguridad de 2,5.

Por tanto la tensión máxima será:

$$T_0 = \frac{2554{,}8 - 1{,}363 \cdot \frac{|-10{,}93|}{2} + \sqrt{\left(2554{,}8 - 1{,}363 \cdot \frac{|-10{,}93|}{2}\right)^2 - \frac{1{,}363 \cdot 311{,}192^2}{2}}}{2 \cdot \frac{311{,}192}{311}} = 2536{,}93\ daN$$

1.3.3. Vano de regulación

Los tramos de línea que se encuentran entre apoyos con de amarre y anclaje, de alineación ao ángulo y final/principio de línea, que proporcionan puntos fuertes a la línea, tramos entre los cuales se encuentran colocados apoyos de alineación-suspensión o ángulo-suspensión, que deben tener las cadenas perfectamente verticales, se deben igualar las componentes horizontales de la tensión en cada uno de los vanos para que estas cadenas no sufran desviación alguna. Si varían las condiciones de equilibrio aparecen diferencias entre las componentes horizontales de la tensión en los distintos vanos, situación que queda en la realidad compensada por la desviación de las cadenas, que en estas condiciones dejan de estar perfectamente en equilibrio. Por tanto como se puede demostrar las condiciones de equilibrio al modificarse hacen que las componentes horizontales de los vanos que componen la alineación varíen en la misma magnitud, del mismo modo que lo harían las componentes horizontales de un vano con una longitud ficticia denominado vano de regulación. El cálculo de este vano de regulación se realiza para cada una de las

alineaciones de las que está compuesta la línea eléctrica, para este cálculo utilizamos la siguiente ecuación:

$$a_r = \frac{\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{b_i^3}{a_i^2}\right)}{\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{b_i^2}{a_i}\right)} \cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(a_i^3)}{\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{b_i^2}{a_i}\right)}}$$

En donde:

- a_r: Longitud del vano de regulación (m)
- a_i: Longitud proyectada de cada uno de los vanos que componen el vano de regulación (m)
- b_i: Longitud real de cada uno de los vanos que componen el vano de regulación (m)

✓ ***EJEMPLO:***

Calcularemos el vano de regulación existente entre los apoyos 1 y 3. Necesitaremos para el cálculo:

Tramo	Vano (m)	Desnivel (m)	Vano real (m)
1 - 2	311	-10,93	311,192
2 - 3	324	-5,93	324,054

Por lo que el vano de regulación es:

$$a_r = \frac{\frac{311{,}192^3}{311^2} + \frac{324{,}054^3}{324^2}}{\frac{311{,}192^2}{311} + \frac{324{,}054^2}{324}} \cdot \sqrt{\frac{311^3 + 324^3}{\frac{311{,}192^2}{311} + \frac{324{,}054^2}{324}}} = 317{,}70\ m$$

1.3.4. Cambio de condiciones

Para el cálculo de las tensiones en la línea eléctrica se utilizará la ecuación de cambio de condiciones, dicha ecuación es la siguiente:

$$\delta \cdot a \cdot (t - t_0) + \frac{a}{S \cdot E} \cdot (T - T_0) = \frac{a^3}{24} \cdot \left(\frac{p^2}{T^2} - \frac{p_0^2}{T_0^2}\right)$$

En donde:

- δ: Coeficiente de dilatación lineal (°C^{-1})
- a: Longitud proyectada del vano (m)
- t: Temperatura en las condiciones finales de cálculo de la tensión (°C)
- t_0: Temperatura de correspondiente a la zona de cálculo (°C)
- S: Sección del conductor (mm^2)
- E: Módulo de elasticidad (daN/mm^2)
- T: Componente horizontal en las condiciones finales de cálculo (daN)
- T_0: Componente horizontal máxima en cada alineación (daN)
- p: Peso del conductor en las condiciones finales de cálculo (daN/m)
- p_0: Sobrecarga correspondiente a la sobrecarga correspondiente a la zona de cálculo (daN/m)

Operando con la ecuación de cambio de condiciones se puede obtener otra ecuación que permita el cálculo de la tensión buscada, como resultado se obtiene la siguiente ecuación:

$$T^2 \cdot (T + A) = B$$

Ecuación en la que los coeficientes A y B se pueden obtener fácilmente de la ecuación de cambio de condiciones aplicándose las siguientes ecuaciones:

$$A = \delta \cdot (t - t_0) \cdot S \cdot E - T_0 + \frac{a^2 \cdot p_0^2}{24 \cdot T_0^2} \cdot S \cdot E$$

$$B = \frac{a^2 \cdot p^2}{24} \cdot S \cdot E$$

Resolviendo la ecuación de tercer grado se obtienen tres soluciones, dos imaginarias conjugadas y una tercera real que corresponderá al valor de la tensión en las condiciones de cálculo buscadas.

1.3.5. Fenómenos vibratorios

En el apartado 3.2.2 de la ITC-LAT 07 se tratan los fenómenos vibratorios. En estos fenómenos vibratorios, se tendrá que cumplir unos límites determinados por la zona de estudio en la que nos encontremos. En caso de no cumplirse, se recalculará la tensión, limitándola a un valor más bajo.

1.3.5.1. Fenómeno vibratorio de cada día (EDS)

Es el esfuerzo al que se someten los conductores durante la mayor parte de su vida útil y se calculara para la temperatura media de la zona. No está establecido por reglamento, pero se suele

tomar 15ºC para la zona A y 10ºC para la zona B. El peso que se considera es el peso propio del conductor y la tensión inicial, la de la hipótesis que consideramos, en nuestro caso es la del viento.

Para disminuir los efectos del EDS, se puede optar por las siguientes soluciones:

- *Disminuir la tensión en los apoyos:* Eleva el coste de la línea, ya que aumentan las flechas, y en consecuencia la altura de apoyos.
- *Reducir la longitud de los vanos:* Eleva también el coste de la línea por el consecuente aumento de apoyos.
- *Utilizar amortiguadores:* Si el vano es inferior a 350 m, se instala un amortiguador a cada lado del vano, si el vano está entre 350 y 650 m, se instalan dos en cada vano y para longitudes mayores a 650 m se requerirá de un estudio especial.

El cálculo del EDS se hace con la siguiente expresión:

$$EDS = \frac{T_{CD}}{Q} \cdot 100$$

En donde:

- EDS: Fenómeno vibratorio de cada día (%)
- T_{CD}: Tensión de cada día (daN)
- Q: Carga de rotura del conductor (daN)

Dicho cálculo estará limitado al 20% en zona A y al 22% en zona B de la carga de rotura del conductor.

En el caso de superar el porcentaje establecido por la zona, se deberá corregir en primer lugar la tensión de cada día, que hace que el fenómeno vibratorio no se produzca, para ello despejaremos la tensión de la formula anterior, teniendo:

$$T_{CD} = \frac{EDS_{max} \cdot Q}{100}$$

Una vez calculada esta tensión debemos obtener la tensión máxima corregida, que hace asegurar el valor de la tensión de cada día para el EDS máximo de la zona. Utilizaremos la ecuación de cambio de condiciones, en la siguiente forma:

$$B = {T_{CD}}^2 \cdot (T_{CD} + A)$$

El parámetro B es constante para todas las hipótesis, ya que solamente depende de las condiciones finales de la zona, siendo la del peso propio del conductor, por tanto sólo deberemos despejar el valor de A de la expresión anterior:

$$A = \frac{B}{{T_{CD}}^2} - T_{CD}$$

Posteriormente con la expresión del coeficiente A y mediante una tabla de cálculo, obtendremos la tensión máxima corregida.

✓ ***EJEMPLO:***

Necesitaremos para el cálculo:

Coef. de dilatación (ºC-1)	Tª inicial de la zona (ºC)	Tª final de la zona (ºC)	Sección del conductor (mm²)	Módulo de elasticidad (daN/mm²)	Tensión máxima (daN)	Vano de regulación (m)	Peso inicial de la zona (daN/m)	Peso final de la zona (daN/m)
1,781E-05	-5	15	181,6	8036	2536,93	317,7	1,363	0,662

Comenzamos calculando los coeficientes A y B:

$$A = 1{,}781 \cdot 10^{-5} \cdot \big(15 - (-5)\big) \cdot 181{,}6 \cdot 8036 - 2536{,}93 + \frac{317{,}7^2 \cdot 1{,}363^2}{24 \cdot 2536{,}93^2} \cdot 181{,}6 \cdot 8036 =$$
$$= -246{,}4099$$

$$B = \frac{317{,}7^2 \cdot 0{,}662^2}{24} \cdot 181{,}6 \cdot 8036 = 2691059738$$

A continuación hallamos la tensión de cada día, resolviendo la ecuación mediante una tabla de cálculo tendremos:

$${T_{CD}}^2 \cdot (T_{CD} - 246{,}4099) = 2691059738 \Rightarrow T_{CD} = 1478{,}12\ daN$$

Por lo que el EDS será:

$$EDS = \frac{1478{,}12}{6387} \cdot 100 = 23{,}143\%$$

Como el resultado del EDS es superior al 20% establecido por normativa en zona A, se deberá de corregir y obtener una tensión de cada día corregida:

$$T_{CD\ corregida} = \frac{20 \cdot 6387}{100} = 1277{,}4\ daN$$

Como el valor de B es constante, ya que no se ve afectado por la tensión, hallamos A:

$$A_{corregida} = \frac{2691059738}{1277{,}4^2} - 1277{,}4 = 371{,}7855$$

Sustituyendo los coeficientes de A y B, en la ecuación de cambio de condiciones y mediante una tabla de cálculo, obtendremos la tensión máxima corregida:

$$371{,}7855 = 1{,}781 \cdot 10^{-5} \cdot \big(15 - (-5)\big) \cdot 181{,}6 \cdot 8036 - T_{0\ corregida} + \frac{317{,}7^2 \cdot 1{,}363^2}{24 \cdot T_{0\ corregida}{}^2} \cdot 181{,}6 \cdot 8036 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \ T_{0\ corregida} = 2300{,}82\ daN$$

1.3.5.2. Tensión en horas frías (THF)

En los últimos tiempos se está efectuando el estudio de otro fenómeno vibratorio que es la tensión en horas frías, que mide las vibraciones eólicas que se producen en las horas frías definidas por el reglamento, en las condiciones de flecha mínima que son a -5ºC en zona A y -15ºC en zona B, todas ellas sin sobrecarga en el conductor. Para calcular este fenómeno vibratorio usaremos la siguiente expresión:

$$THF = \frac{T_{FM}}{Q} \cdot 100$$

En donde:

- THF: Tensión en horas frías (%)
- T_{FM}: Tensión en condiciones de flecha mínima (m)
- Q: Carga de rotura del conductor (daN)

Dicho valor no debe sobrepasar el 22,5% de la carga de rotura del conductor, independientemente de la zona. En el caso de sobrepasar el valor indicado, se procederá a rectificarlo de la misma manera que en el EDS.

✓ ***EJEMPLO:***

Necesitaremos para el cálculo:

Coef. de dilatación ($ºC^{-1}$)	Tª inicial de la zona (ºC)	Tª final de la zona (ºC)	Sección del conductor (mm^2)	Módulo de elasticidad (daN/mm^2)	Tensión máxima (daN)	Vano de regulación (m)	Peso inicial de la zona (daN/m)	Peso final de la zona (daN/m)
1,781E-05	-5	-5	181,6	8036	2300,82	317,7	1,363	0,662

Comenzamos calculando los coeficientes A y B con la nueva tensión máxima corregida del ejemplo anterior:

$$A = 1{,}781 \cdot 10^{-5} \cdot \big(-5-(-5)\big) \cdot 181{,}6 \cdot 8036 - 2300{,}82 + \frac{317{,}7^2 \cdot 1{,}363^2}{24 \cdot 2300{,}82^2} \cdot 181{,}6 \cdot 8036 = \\ = -148{,}0305$$

$$B = \frac{317{,}7^2 \cdot 0{,}662^2}{24} \cdot 181{,}6 \cdot 8036 = 2691059738$$

A continuación hallamos la tensión de flecha mínima, resolviendo la ecuación mediante una tabla de cálculo tendremos:

$$T_{FM}{}^2 \cdot (T_{FM} - 148{,}0305) = 2691059738 \;\Rightarrow\; T_{FM} = 1442{,}07\ daN$$

Por lo que el THF será:

$$THF = \frac{1442{,}07}{6387} \cdot 100 = 22{,}578\%$$

Como el resultado del THF es algo superior al 22,5% establecido por normativa, se deberá de corregir y obtener una tensión de flecha mínima corregida:

$$T_{FM\ corregida} = \frac{22{,}5 \cdot 6387}{100} = 1437{,}08\ daN$$

Como el valor de B es constante, ya que no se ve afectado por la tensión, hallamos A:

$$A_{corregida} = \frac{2691059738}{1437{,}08^2} - 1437{,}08 = -134{,}0148$$

Sustituyendo los coeficientes de A y B, en la ecuación de cambio de condiciones y mediante una tabla de cálculo, obtendremos la tensión máxima corregida:

$$-134{,}0148 = 1{,}781 \cdot 10^{-5} \cdot \big(-5-(-5)\big) \cdot 181{,}6 \cdot 8036 - T_{0\ corregida} \\ + \frac{317{,}7^2 \cdot 1{,}363^2}{24 \cdot T_{0\ corregida}{}^2} \cdot 181{,}6 \cdot 8036 \;\Rightarrow\; T_{0\ corregida} = 2295{,}94\ daN$$

Al obtener una tensión máxima en el THF más reducida que la obtenida en el EDS, se deberá de recalcular el EDS, ya que se verá afectado, obteniéndose un valor nuevo del EDS de 19,939%.

1.3.6. Tensiones reglamentarias

El Reglamento de alta tensión, en el apartado 3.2.3 de la ITC-LAT-07, se especifica las hipótesis máximas que deben calcularse dependiendo de las sobrecargas definidas en el apartado 3.1.3, que son:

- Hipótesis de viento
- Hipótesis de viento mitad
- Hipótesis de temperatura
- Hipótesis de hielo

1.3.6.1. Hipótesis de viento

Considera los conductores sometidos a su propio peso más la sobrecarga del viento a una velocidad de 120km/h y una temperatura de 15ºC.

1.3.6.2. Hipótesis de viento mitad

Considera los conductores sometidos a su propio peso más la sobrecarga de viento mitad a una temperatura que dependerá de la zona, siendo -5ºC para la zona A y -10ºC en zona B.

1.3.6.3. Hipótesis de temperatura

Considera los conductores sometidos a su propio peso a la temperatura máxima que se considere de la línea, que en cualquier caso no puede ser menor de 50ºC.

1.3.6.4. Hipótesis de hielo

Considera los conductores sometidos a su propio peso más la sobrecarga de hielo correspondiente de la zona, según el apartado 3.1.3 de la ITC-LAT-07, a la temperatura de 0ºC.

1.3.7. Cálculo de flechas

Para el cálculo de flechas se utiliza la longitud real del vano, la ecuación que permite el cálculo de la flecha se obtiene a partir del desarrollo en serie por la fórmula de Mac Laurin de la función:

$$y = C \cdot \cosh\left(\frac{x}{C}\right)$$

En donde:

- y: Desplazamiento vertical (m)
- x: Desplazamiento horizontal (m)
- C: Constante de la catenaria (m)

Desarrollando esta ecuación por Mac Laurin hasta el tercer término se obtiene la expresión a utilizar para el cálculo de flechas en las hipótesis de cálculo requeridas y cuya forma es:

$$f = \frac{p \cdot a^2}{8 \cdot T} \cdot \left(1 + \frac{p^2 \cdot a^2}{48 \cdot T^2}\right)$$

En donde:

- f: Valor de la flecha (m)
- p: Peso del conductor en la hipótesis de cálculo (daN/m)
- a: Longitud proyectada del vano (m)
- b: Longitud real del vano (m)
- T: Valor de la tensión en las condiciones de cálculo (daN)

✓ ***EJEMPLO:***

Seguimos con del tramo 1-2, tomaremos la hipótesis de viento para obtener la flecha y necesitaremos para el cálculo:

$T_{15ºC+V}$ [120 km/h] (daN)	Sobrecarga del viento [120 km/h] (daN/m)	Vano (m)
1827,33	1,097	311

Obtenemos una flecha:

$$f = \frac{1{,}097 \cdot 311^2}{8 \cdot 1827{,}33} \cdot \left(1 + \frac{1{,}097^2 \cdot 311^2}{48 \cdot 1827{,}33^2}\right) = 7{,}265\ m$$

1.3.8. Constante de catenaria para el trazado de la línea

La constante de catenaria viene definida por la siguiente expresión:

$$C = \frac{T}{p}$$

En donde:

- C: Constante de la catenaria (m)
- T: Tensión mecánica (daN)
- p: Peso del conductor (daN/m)

Para el trazado de la línea se deberá utilizar la curva catenaria que produzca las flechas verticales máximas, dichas flechas máximas se producirán en cada zona en las hipótesis que muestra la siguiente tabla:

Zona	Hipótesis
A	– Temperatura a considerar de la línea con el peso propio del conductor
B	– Temperatura a considerar de la línea con el peso propio del conductor – Temperatura de 0 ºC más la sobrecarga de hielo de la zona

Fuente: Tabla realizada con los datos del Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión

Para la hipótesis de temperatura la constante de catenaria se calculará mediante la siguiente expresión:

$$C_{T\,°C} = \frac{T_{75\,°C}}{p}$$

En donde:

- $C_{T\,°C}$: Constante de la catenaria a la temperatura considerada de la línea (m)
- $T_{75\,°C}$: Tensión mecánica a 75 ºC (daN)

- p: Peso del conductor (daN/m)

Y para la hipótesis de hielo utilizaremos la ecuación que sigue:

$$C_{0°C+H} = \frac{T_{0°C+H}}{p_H}$$

En donde:

- $C_{0\,°C+H}$: Constante de la catenaria a 0 ºC con sobrecarga de hielo (m)
- $T_{0\,°C+H}$: Tensión mecánica a 0 ºC con sobrecarga de hielo (daN)
- p_H: Peso del conductor más el manguito de hielo (daN/m)

Se escogerá la menor tensión de las hipótesis anteriores, que por otra parte será la que produzca una curva más vertical, o más cerrada, que origina unas flechas máximas mayores y tensiones menores. Esta constante es aproximada y posteriormente se calculará la constante real en cada alineación o vano de regulación existentes en la línea.

✓ ***EJEMPLO:***

Siguiendo con el tramo 1-2, hallaremos la constante de la catenaria, que como se ha comentado antes se utilizará la tensión menor de las hipótesis reglamentarias.

Al estar en zona A las hipótesis a comparar serán la hipótesis de viento y de temperatura. En la siguiente tabla se muestran los valores de las tensiones y de las flechas:

15ºC+V (120Km/h)		**75ºC**	
T (daN)	**F (m)**	**T (daN)**	**F (m)**
1827,33	7,265	962,09	8,329

Como se puede ver en la tabla, la hipótesis de temperatura tiene una tensión menor que la hipótesis de viento, correspondiendo a la tensión menor una flecha mayor y viceversa, como ya se ha comentado con anterioridad.

Teniendo que el peso propio del conductor es 0,662 daN/m, la constante de la catenaria será:

$$C = \frac{962{,}09}{0{,}662} = 1452{,}92\ m$$

1.3.9. Tabla de tendido

La obtención de la tabla de tendido es útil a la hora tender el conductor en el trayecto de la línea, ya que la tensión de los conductores se ven influidos por la temperatura.

Se realizará dicha tabla en rangos de temperatura de 5ºC, partiendo de la temperatura de -5ºC correspondiente de la zona A, hasta el valor de temperatura a consideran de la línea.

Además de calcular las tensiones, también se deberá de obtener las flechas correspondientes de cada vano.

2. Cálculo de las cadenas de aisladores

Para comprobar la validez de una cadena de aisladores es necesario determinar que cumple frente a las características eléctricas y mecánicas exigidas en el Reglamento.

2.1. Cálculo eléctrico de la cadena de aisladores

Debemos dirigirnos al apartado 4.4 de la ITC-LAT 07 donde cita que la tensión permanente en servicio industrial y las sobretensiones temporales determinan la longitud mínima de aislamiento necesaria de la cadena de aisladores y que estos aisladores deben ser seleccionados en función del nivel de polución previsto para la línea.

Este nivel de aislamiento viene determinado en la tabla 14 del apartado 4.4 de la ITC-LAT 07, a partir del cual se diseñará la cadena para que cumpla con dicho nivel:

Nivel de contaminación	Ejemplos de entornos típicos	Línea de fuga especifica nominal mínima mm/kV[1)]
I Ligero	- Zonas sin industrias y con baja densidad de viviendas equipadas con calefacción. - Zonas con baja densidad de industrias o viviendas, pero sometidas a viento o lluvias frecuentes. - Zonas agrícolas [2] - Zonas montañosas - Todas estas zonas están situadas al menos de 10 km a 20 km del mar y no están expuestas a vientos directos desde el mar [3]	16,0
II Medio	- Zona con industrias que no producen humo especialmente contaminante y/o con densidad media de viviendas equipadas con calefacción. - Zonas con elevada densidad de viviendas y/o industrias pero sujetas a vientos frecuentes y/o lluvia. - Zonas expuestas a vientos desde el mar, pero no muy próximas a la costa (al menos distantes bastantes kilómetros)[3].	20,0
III Fuerte	- Zonas con elevada densidad de industrias y suburbios de grandes ciudades con elevada densidad de calefacción generando contaminación. - Zonas cercanas al mar o en cualquier caso, expuestas a vientos relativamente fuertes provenientes del mar 3).	25,0
IV Muy fuerte	- Zonas, generalmente de extensión moderada, sometidas a polvos conductores y a humo industrial que produce depósitos conductores particularmente espesos. - Zonas, generalmente de extensión moderada, muy próximas a la costa y expuestas a pulverización salina o a vientos muy fuertes y contaminados desde el mar. - Zonas desérticas, caracterizadas por no tener lluvia durante largos periodos, expuestos a fuertes vientos que transportan arena y sal, y sometidas a condensación regular.	31,0

[1] Línea de fuga mínima de aisladores entre fase y tierra relativas a la tensión más elevada de la red (fase-fase).
[2] Empleo de fertilizantes por aspiración o quemado de residuos, puede dar lugar a un mayor nivel de contaminación por dispersión en el viento.
[3] Las distancias desde la costa marina dependen de la topografía costera y de las extremas condiciones del viento.

Fuente: Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión

Para obtener número de aisladores necesarios en el diseño de la cadena y que cumplan con el nivel de aislamiento, utilizaremos:

$$n_a = \frac{N_{aisl} \cdot U_m}{l_f}$$

En donde:

- n_a: Número de aisladores de la cadena
- N_{aisl}: Nivel de aislamiento de la cadena de aisladores (mm/kV). Valor obtenido de la ITC-LAT 07, en la tabla 14 del apartado 4.4.
- U_m: Tensión más elevada de la línea (kV)
- l_f: Línea de fuga del aislador (mm)

✓ ***EJEMPLO:***

Seleccionaremos el asilador de vidrio U 70 BS, según indica la compañía suministradora. Necesitaremos para el cálculo:

Nivel de aislamiento (mm/kV)	Tensión más elevada de la red (kV)	Línea de fuga del aislador de vidrio (mm)
16	145	303

El número de aisladores que compondrá la cadena será de:

$$n_a = \frac{16 \cdot 145}{303} = 7{,}66 \approx 8\ aisladores$$

El número de 8 asiladores CUMPLE, para el nivel de aislamiento de la zona, pero la compañía suminstradora establece que en líneas de distribución el número de aisladores a colocar, tanto en cadenas de suspensión como de amarre.

2.2. Cálculo mecánico de la cadena de aisladores

En cuanto a los criterios mecánicos debemos remitirnos al apartado 3.4 de la ITC-LAT 07, donde fija el coeficiente de seguridad mecánico a 3. Si bien este criterio deberá de ser revisado en dos situaciones, la primera en funcionamiento normal, en donde se deben tener en cuenta el peso de conductor y el de la propia cadena, y la segunda en funcionamiento anormal, o sea cuando se rompe el conductor, en cuyo caso la cadena deberá de resistir la rotura producida.

Por otra parte las cadenas de aisladores se suelen determinar para cada tipo de conductor, nivel de tensión y vano tipo. Posteriormente habrá que comprobar su validez cuando sean instaladas en una línea real, teniendo entonces en cuenta las características de esta.

2.2.1. Cargas normales

En esta hipótesis se consideran las cargas que actúan en un funcionamiento normal de la línea, mediante suma de todas ellas, en este caso serán los pesos que gravitan sobre la cadena de aisladores y que son debidos a:

- *Peso del conductor:* Viene definido por el gravivano, considerando las acciones del viento o hielo según la zona de la por donde transcurra la línea, en temas posteriores se abordará su cálculo.
- *Peso de los aisladores:* La suma de todos los aisladores que componen la cadena.
- *Peso de los herrajes:* La suma de todos los herrajes que componen la cadena.
- *Contrapesos:* Si la cadena los necesita a causa de una desviación excesiva de ésta en apoyos de suspensión, ya sean de alineación o de ángulo.

Por tanto la ecuación a comprobar será en este caso:

$$C_{SN} = \frac{Q_{rotura}}{p_{cond} + p_{aisl} + p_{herr} + C} \geq 3$$

En donde:

- C_{SN}: Coeficiente de seguridad normal
- Q_{rotura}: Carga de rotura del elemento de menor resistencia de la cadena (daN)
- p_{cond}: Peso del conductor (daN)
- p_{aisl}: Peso total del número de aisladores de la cadena (daN)
- p_{herr}: Peso total de los herrajes de la cadena (daN)
- C: Peso del contrapeso (daN)

La solución de la instalación de contrapesos para evitar una desviación excesiva de la cadena de aisladores, se utilizará en los apoyos de suspensión, tanto de alineación y como de ángulo. Aunque perfectamente permitida por el Reglamento, no es una solución técnica, por tanto se pueden eliminar y adoptar otras medidas correctoras como son:

- Elevar la altura del apoyo, evitando así una elevación ascendente de los conductores de los vanos adyacentes.
- Amarrar/anclar los apoyos de alineación o de ángulo que tengan cadenas de suspensión.

✓ ***EJEMPLO:***

Tomaremos el apoyo 1 para realizar el cálculo, donde el valor correspondiente de las cargas verticales de la 1ª Hipótesis de viento en el apoyo es el correspondiente al peso total de la cadena, estando incluido el peso del conductor, los aisladores y los herrajes, siendo de 312,23 daN y al no tener la cadena contrapeso el valor será 0.

Obtendremos por tanto un coeficiente de seguridad normal de:

$$C_{SN} = \frac{8500}{312{,}23} = 27{,}224 \geq 3$$

Como se puede observar CUMPLE muy por encima del valor de seguridad establecido.

2.2.2. Cargas anormales

Las hipótesis anormales son la 3ª y la 4ª del cálculo de apoyos, pero en concreto la que debe de resistir la cadena de aisladores sin romper debe ser la 4ª, es decir, la de rotura de conductores.

En este caso el coeficiente de seguridad será:

$$C_{SA} = \frac{Q_{rotura}}{E_{torsión}} \geq 3$$

En donde:

- C_{SA}: Coeficiente de seguridad anormal
- Q_{rotura}: Carga de rotura del elemento de menor resistencia de la cadena (daN)
- $E_{torsión}$: Esfuerzo de torsión del apoyo (daN)

Para calcular este esfuerzo de torsión debe realizarse de acuerdo con el apartado 3.1.5 de la ITC-LAT 07, que especifica cómo debe realizarse el cálculo para cada tipo de apoyo.

La tensión mecánica a aplicar será, en la fase de diseño, la de la carga de rotura del conductor por el coeficiente de seguridad a adoptar en la línea y después aplicando los criterios del apartado del Reglamento antes citado. En el caso de la comprobación en una línea se utilizará el valor de la componente máxima de la tensión en cada vano de regulación.

2.2.2.1. Cargas anormales en apoyos de alineación y de ángulo con cadenas de suspensión

Para calcular el esfuerzo de torsión que se produce en este tipo de apoyos se ha de acudir al apartado 3.1.5.1 del RAT ITC-07, donde se tendrá en cuenta el esfuerzo de torsión para las líneas con diferente número de conductores, utilizando la expresión:

$$C_{SA} = \frac{Q_{rotura}}{\%R \cdot T_0} \geq 3$$

En donde:

- C_{SA}: Coeficiente de seguridad anormal
- Q_{rotura}: Carga de rotura del elemento de menor resistencia de la cadena (daN)
- T_0: Componente horizontal máxima de la tensión (daN)
- %R: Reducción de la tensión, que dependerá del número de conductores por fase:

Nº de conductores por fase	%P
1	50
2	50
3	75
≥4	100

Fuente: Tabla realizada con los datos del Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión

2.2.2.2. Cargas anormales en apoyos de amarre y de ángulo con cadenas de amarre

Para el caso de los apoyos con cadenas de amarre el apartado a aplicar es el 3.1.5.2 de la ITC-LAT 07, que dice que en este caso no es posible la reducción de la tensión, por tanto la expresión a aplicar será:

$$C_{SA} = \frac{Q_{rotura}}{T_0} \geq 3$$

En donde:

- C_{SA}: Coeficiente de seguridad anormal
- Q_{rotura}: Carga de rotura del elemento de menor resistencia de la cadena (daN)
- T_0: Componente horizontal máxima de la tensión (daN)

2.2.2.3. Cargas anormales en apoyos de amarre y de ángulo con cadenas de anclaje

En los apoyos con cadenas de anclaje si es posible la reducción de esfuerzos, como en casos anteriores recurrimos al apartado 3.1.5.3 de la ITC-LAT 07:

$$C_{SA} = \frac{Q_{rotura}}{\%R \cdot T_0} \geq 3$$

En donde:

- C_{SA}: Coeficiente de seguridad anormal
- Q_{rotura}: Carga de rotura del elemento de menor resistencia de la cadena (daN)
- T_0: Componente horizontal máxima de la tensión (daN)
- %R: Reducción de la tensión, que dependerá del número de conductores por fase:

Nº de conductores por fase	%P
1	100
≥2	50

Fuente: Tabla realizada con los datos del Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión

2.2.2.4. Cargas anormales en un apoyo final o principio de línea

Según el apartado 3.1.5.3 del RAT ITC-LAT 07, se debe de considerar la misma acción que para los apoyos con cadenas de anclaje:

$$C_{SA} = \frac{Q_{rotura}}{\%R \cdot T_0} \geq 3$$

En donde:

- C_{SA}: Coeficiente de seguridad anormal
- Q_{rotura}: Carga de rotura del elemento de menor resistencia de la cadena (daN)
- T_0: Componente horizontal máxima de la tensión (daN)
- %R: Reducción de la tensión, que dependerá del número de conductores por fase:

Nº de conductores por fase	%P
1	100
≥2	50

Fuente: Tabla realizada con los datos del Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión

✓ ***EJEMPLO:***

Utilizaremos el apoyo 1 y necesitaremos para el cálculo:

Número de conductores por fase	Carga de rotura de la cadena (daN)	Tensión máxima horizontal (daN)
1	8500	2295,94

Al ser principio de línea y tener 1 conductor por fase, el coeficiente de seguridad anormal no se verá reducido, es decir, el porcentaje de reducción será del 100%.

El coeficiente de seguridad anormal será:

$$C_{SA} = \frac{8500}{1 \cdot 2295{,}94} = 3{,}702 \geq 3$$

Como se puede observar CUMPLE.

---

3. Cálculos de los apoyos

3.1. Descripción

Como ya se ha mencionado en la Memoria del proyecto, todos los apoyos serán metálicos y con acabado galvanizado, con barras atornilladas o electro-soldadas, según los catálogos Andel S.A. e iMEDEXSA.

Dispuestos para llevar cadenas de aisladores de suspensión en los apoyos de alineación y cadenas de amarre en los ángulos, anclajes, principio de línea y fin de línea.

3.2. Cálculo mecánico de los apoyos

El cálculo de esfuerzos y posterior dimensionado de barras y tortillería, se ha realizado con la ayuda del programa de diseño de líneas aéreas ANDELEC, con su estándar 8.0, concebido específicamente para los cálculos de este tipo estructuras.

El cálculo de apoyos se realiza sobre la base del apartado 3.5.3 de la ITC-LAT 07, en el que figuran las tablas con las hipótesis de cálculo que se deben tener en cuenta para el cálculo de los esfuerzos en los diferentes tipos de apoyos que se utilizan en las líneas eléctricas.

Como es conocido, en los apoyos metálicos construidos sobre la base de perfiles laminados en los cuales sus características resistentes están determinadas por los esfuerzos que pueden soportar en dos direcciones perpendiculares, que como es lógico coinciden con la dirección de los dos ejes de simetría del apoyo, y que coinciden con la dirección de la línea y su perpendicular.

Si algún esfuerzo a los que se somete el apoyo no coincide con estas dos direcciones, no se podría utilizar la hipótesis de que el esfuerzo se reparte por igual en las caras de apoyo, dando como resultado en los montantes un esfuerzo superior al que estaría sometido el apoyo si dicho esfuerzo tuviera la dirección de alguno de los ejes de simetría. Por tanto se deberá obtener el esfuerzo equivalente dirigido según el eje de simetría que produzca el mismo esfuerzo aplicado sobre el montante más cargado. Este esfuerzo equivalente se puede calcular con la siguiente expresión:

$$F = F' \cdot \left(\cos\alpha + \frac{d_1}{d_2} \cdot \sin\alpha\right) = F'_X + \frac{d_1}{d_2} \cdot F'_Y$$

En donde:

- F: Esfuerzo equivalente en la dirección del eje de simetría (daN)
- F': Esfuerzo actuante que no se encuentra en la dirección del eje de simetría (daN)
- d_1 y d_2: Distancia entre perfiles en las caras del apoyo (m)
- F_X' y F_Y': Componentes del esfuerzo en los ejes de simetría del apoyo (daN)
- α: Ángulo formado por el esfuerzo con el eje de simetría (º)

En la línea objeto del proyecto se han utilizado apoyos metálicos de sección cuadrada, apoyos en los cuales d_1 es igual a d_2, por tanto la ecuación anterior como es fácil de deducir para apoyos metálicos de sección cuadrada queda:

$$F = F'_X + F'_Y$$

3.2.1. Cargas verticales

Para el cálculo de las cargas verticales se deberán distinguir dos hipótesis, la de viento y la de hielo, por tanto para cada una de ellas utilizaremos una ecuación diferente, si se dota a la línea de la hipótesis de viento más hielo, se utilizará otra ecuación más.

La ecuación de viento se utilizará en todas las hipótesis de cálculo de apoyos en la zona A y la primera hipótesis de la zona B. Por el contrario la ecuación correspondiente a la hipótesis de hielo se utilizará para el cálculo de las hipótesis 2ª, 3ª y 4ª de las hipótesis de cálculo de apoyos reglamentarias para la zona B

Si la hipótesis de viento más hielo está presente, se utilizará en la segunda correspondiente en la zona B.

Veamos las dos ecuaciones a utilizar en el cálculo de las cargas verticales o permanentes que gravitan sobre el apoyo.

3.2.1.1. Hipótesis de viento

Para la hipótesis de viento tendremos:

$$V_V = p \cdot \left[\frac{a_1 + a_2}{2} + C_V \cdot [\tan(n_1) \pm \tan(n_2)]\right] + P_{CAD} \cdot N_{CAD}$$

En donde:

- V_V: Cargas verticales con viento por conductor y fase (daN)
- p: Peso por metro lineal del conductor (daN/m)
- a_1: Longitud proyectada del vano anterior al apoyo (m)
- a_2: Longitud proyectada del vano posterior al apoyo (m)
- C_V: Constante de catenaria en las condiciones de temperatura -5°C y -10°C, en zonas A y B respectivamente como mínimo y sobrecarga de viento según el apartado 3.1.5 de la ITC-LAT 07 (m)
- n_1: Pendiente del vano anterior
- n_2: Pendiente del vano posterior
- P_{CAD}: Peso de la cadena de aisladores dispuesta en el apoyo (daN)
- N_{CAD}: Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase

Se debe recordar en este punto la ecuación de cálculo de la constante de la catenaria.

$$C = \frac{T}{p}$$

En donde:

- C: Constante de la catenaria (m)
- T: Tensión mecánica (daN)
- p: Peso del conductor (daN/m)

Que para las condiciones de cálculo de la hipótesis de viento quedará en la siguiente forma:

$$C_V = \frac{T_V}{S_V}$$

En donde:

- C_V: Constante de catenaria en las condiciones de temperatura -5°C y -10 ºC, en zonas A y B respectivamente y sobrecarga de viento según el apartado 3.1.5 de la ITC-LAT 07 (m)
- T_V: Componente horizontal de la tensión a la temperatura de -5ºC y -10 ºC, en zonas A y B respectivamente y sobrecarga de viento según el apartado 3.1.5 de la ITC-LAT 07 (daN)
- S_V: Sobrecarga del conductor en las condiciones de viento según el apartado 3.1.5 de la ITC-LAT 07 (daN/m)

El valor de la sobrecarga debida a la acción del viento se obtiene utilizando la siguiente ecuación:

$$S_V = \sqrt{p^2 + (v \cdot d)^2}$$

En donde:

- S_V: Sobrecarga de viento (daN/m)
- p: Peso por metro lineal del conductor (daN/m)
- d: Diámetro del conductor (m)
- v: presión del viento sobre conductores y cables de tierra según la ITC-LAT 07 apartado 3.1.2.1. (dan/m^2). Este valor será de:

$$v = 60 \cdot \left(\frac{v_v}{120}\right)^2 \Rightarrow \text{conductores con d} \leq 16 \text{ mm}$$

$$v = 50 \cdot \left(\frac{v_v}{120}\right)^2 \Rightarrow \text{conductores con d} > 16 \text{ mm}$$

- v_v: Velocidad del viento (km/h)

Para el cálculo de las dos tangentes utilizaremos las siguientes expresiones:

$$\tan(n_1) = \frac{h_1}{a_1} \quad ; \quad \tan(n_2) = \frac{h_2}{a_2}$$

En donde:

- a_1: Longitud proyectada del vano anterior al apoyo (m)
- a_2: Longitud proyectada del vano posterior al apoyo (m)
- h_1: Desnivel del vano anterior al apoyo (m)
- h_2: Desnivel del vano posterior al apoyo (m)

3.2.1.2. Hipótesis de hielo

Para la hipótesis de hielo tendremos:

$$V_H = \left[S_H \cdot \frac{a_1 + a_2}{2} + T_H \cdot [\tan(n_1) \pm \tan(n_2)]\right] + P_{CAD} \cdot N_{CAD}$$

En donde:

- V_H: Cargas verticales con hielo por conductor y fase (daN)
- S_H: Peso por metro lineal del conductor más la sobrecarga de hielo en la zona B (daN/m)
- a_1: Longitud proyectada del vano anterior al apoyo (m)
- a_2: Longitud proyectada del vano posterior al apoyo (m)
- T_H: Componente horizontal máxima con hielo de la tensión (daN)
- n_1: Pendiente del vano anterior
- n_2: Pendiente del vano posterior
- P_{CAD}: Peso de la cadena de aisladores dispuesta en el apoyo (daN)
- N_{CAD}: Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase

El cálculo de la sobrecarga de hielo se obtiene utilizando las siguientes expresiones para la zona B:

$$S_H = p + 0{,}18 \cdot \sqrt{d}$$

En donde:

- S_H: Peso por metro lineal del conductor más la sobrecarga de hielo según la zona B (daN/m)
- p: Peso por metro lineal del conductor (daN/m)
- d: Diámetro del conductor (mm)

Para altitudes superiores a 1500 m, ha de justificarse el valor del manguito de hielo mediante estudios realizados sobre la zona por donde transcurre la línea, no pudiendo en ningún caso considerar valores inferiores a los indicados anteriormente.

3.2.2. Esfuerzos producidos por la acción de los conductores sobre los apoyos

3.2.2.1. Esfuerzo del viento

El esfuerzo del viento sobre los conductores de la línea eléctrica se considera que actúa en la dirección perpendicular a esta, la ecuación que permite el cálculo del esfuerzo del viento sobre los conductores es la siguiente:

$$E_V = \frac{a_1 + a_2}{2} \cdot v \cdot d + E_{VCAD} \cdot N_{CAD}$$

En donde:

- E_V: Esfuerzo del viento sobre los conductores de la línea (daN)
- a_1: Longitud proyectada del vano anterior al apoyo (m)
- a_2: Longitud proyectada del vano posterior al apoyo (m)
- v: presión del viento sobre conductores y cables de tierra según ITC-LAT 07 apartado 3.1.2.1. (daN/m^2)
- d: Diámetro del conductor (m)
- E_{VCAD}: Esfuerzo del viento sobre la cadena de aisladores (daN)
- N_{CAD}: Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase

Esta ecuación es válida para apoyos que tengan sus vanos orientados en la dirección de la línea como ocurre en los apoyos de alineación en suspensión, amarre y ángulo, además de principio/final de línea. Pero en los apoyos de ángulo la acción del viento no se produce en la dirección perpendicular a la línea eléctrica sino que lo hace en la dirección de la bisectriz del ángulo que forma la línea. Por tanto será necesario en estos casos multiplicar el esfuerzo anterior por un coeficiente modificándose por tanto la ecuación para el cálculo del esfuerzo del viento en la siguiente forma para los apoyos de ángulo:

$$E_{V\,ang} = \frac{a_1 + a_2}{2} \cdot v \cdot d \cdot \cos\left(\frac{\beta - \alpha}{2}\right) + E_{VCAD} \cdot N_{CAD}$$

En donde:

- $E_{V\,ang}$: Esfuerzo del viento sobre los conductores de la línea en apoyos de ángulo (daN)
- a_1: Longitud proyectada del vano anterior al apoyo (m)
- a_2: Longitud proyectada del vano posterior al apoyo (m)
- v: presión del viento sobre conductores y cables de tierra según ITC-LAT 07 apartado 3.1.2.1. (daN/m^2)
- d: Diámetro del conductor (m)

- β: Valor del ángulo llano, si se utilizan grados sexagesimales le corresponderá un valor de 180º y si se utilizan grados centesimales le corresponderá un valor de 200^g
- α: Ángulo interno formado por las dos alineaciones (unidades iguales que el ángulo β)
- E_{VCAD}: Esfuerzo del viento sobre la cadena de aisladores (daN)
- N_{CAD}: Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase

3.2.2.2. Desequilibrio de tracciones

El desequilibrio de tracciones actúa en la dirección de la línea y se calcula mediante la siguiente expresión:

$$D_T = \%P \cdot T_0$$

En donde:

- D_T: Esfuerzo producido por el desequilibrio de tracciones (daN)
- T_0: Componente horizontal máxima de la tensión (daN)
- %P: Porcentaje de cálculo según Reglamento en su ITC-LAT 07 en su apartado 3.1.4, este porcentaje será:

Tipos de apoyos	**%P**	
	U ≤ 66 kV	**U > 66 kV**
Alineación y Ángulo con cadenas de suspensión	8%	15%
Alineación y Ángulo con cadenas de amarre	15%	25%
Anclaje	50%	
Final/Principio de línea	100%	

Fuente: Tabla realizada con los datos del Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión

Los apoyos de amarre, anclaje y ángulo dividen dos alineaciones sucesivas de la línea por lo cual en cada uno de sus lados existe una componente horizontal de la tensión, por tanto el criterio de cálculo seguido en estos tipos de apoyos es utilizar en la ecuación anterior el valor de la componente horizontal de la tensión máxima mayor de las dos alineaciones sucesivas del apoyo en cuestión, obteniendo así el esfuerzo mayor que se podría producir por desequilibrio de tracciones.

Esta ecuación solo es válida para apoyos metálicos de sección cuadrada que son los utilizados en esta línea.

3.2.2.3. Rotura de conductores

Según lo indicado anteriormente en esta memoria se puede prescindir del cálculo del esfuerzo de torsión de rotura de conductores para los apoyos de suspensión y amarre, si se cumplen las condiciones impuestas en la ITC-LAT 07 en su apartado 3.5.3. Por el contrario si se calculan para los apoyos de anclaje, final/principio de línea en todas las ocasiones.

Como indica el Reglamento en su ITC-LAT 07 apartado 3.1.5, se deberá calcular el esfuerzo de torsión producido por la rotura de un conductor, para calcular el esfuerzo de torsión producido por la rotura de conductores utilizaremos la siguiente expresión:

$$R_C = \%P \cdot T_0$$

En donde:

- R_C: Esfuerzo de torsión producido por la rotura de conductores (daN)
- T_0: Componente horizontal máxima de la tensión (daN)
- %P: Porcentaje de cálculo según Reglamento en su ITC-LAT 07 en su apartado 3.1.4, este porcentaje será:

Tipos de apoyos	%P
Alineación	50%
Amarre	100%
Anclaje	100%
Final/Principio de línea	100%

Fuente: Tabla realizada con los datos del Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión

3.2.2.4. Resultante de ángulo

En los apoyos de ángulo es necesario calcular la resultante de ángulo para las hipótesis 1ª y 2ª, correspondiente a las condiciones de viento, hielo y en caso de estar presente en viento más hielo. Las ecuaciones de cálculo de la resultante de ángulo son las siguientes:

- Hipótesis de viento:

Esta ecuación se aplicará en la 1ª hipótesis de la zona A y B, así como en la 3ª y 4ª hipótesis de la zona A. La ecuación es la siguiente:

$$R_{AV} = \sqrt{\left[(T_{V1} + T_{V2}) \cdot \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)\right]^2 + \left[(T_{V1} - T_{V2}) \cdot \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)\right]^2}$$

En donde:

- R_{AV}: Resultante de ángulo en las condiciones de viento (daN)
- T_V: Componente horizontal de la tensión a la temperatura de -5ºC y -10 ºC, como mínimo en zonas A y B respectivamente y sobrecarga de viento según el apartado 3.1.5 de la ITC-LAT 07, en los vanos de regulación anterior y posterior identificados con el subíndice 1 y 2 respectivamente (daN)
- α: Ángulo interno formado por las dos alineaciones (en las unidades correspondientes, º o ᵍ)

- Hipótesis de hielo:

En éste caso la expresión que sigue a continuación será aplicable en la 2ª hipótesis de hielo en la zona B, así como en la 3ª y 4ª hipótesis en líneas de categoría no especial en zona B. La ecuación es la siguiente:

$$R_{AH} = \sqrt{\left[(T_{H1} + T_{H2}) \cdot \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)\right]^2 + \left[(T_{H1} - T_{H2}) \cdot \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)\right]^2}$$

En donde:

- R_{AH}: Resultante de ángulo en las condiciones de hielo (daN)
- T_H: Componente horizontal de la tensión bajo las condiciones de temperatura -15ºC, como mínimo y sobrecarga debida al hielo para la zona B, en los vanos de regulación anterior y posterior identificados con el subíndice 1 y 2 respectivamente (daN)
- α: Ángulo interno formado por las dos alineaciones (en las unidades correspondientes, º o ᵍ)

3.2.3. Desviación de la cadena de aisladores en los apoyos de Alineación-Suspensión por la acción del viento

Es necesario calcular el ángulo máximo que se desvían las cadenas de aisladores del tipo suspensión bajo la acción del viento para que los conductores y sus partes en tensión nunca superen la distancia mínima a los apoyos.

Para el cálculo de esta desviación de las cadenas de aisladores se considerará según la ITC-LAT 07 en el apartado 5.4.2 una presión debida a la mitad de la acción del viento, la ecuación que proporciona el ángulo que se desvían las cadenas de alineación debido a la acción del viento en los apoyos de alineación es la siguiente:

$$\gamma = \arctan\left(\frac{\frac{v}{2}\cdot d\cdot\frac{a_1+a_2}{2}+\frac{E_{VCAD}}{2}}{p\cdot\frac{a_1+a_2}{2}+T_{\frac{V}{2}}\cdot[\tan(n_1)\pm\tan(n_2)]+\frac{P_{CAD}}{2}}\right)$$

En donde:

- γ: Ángulo de desviación de la cadena de aisladores en apoyos de alineación bajo la acción del viento (en las unidades correspondientes, º o g)
- v: presión del viento sobre conductores y cables de tierra según la ITC-LAT 07 en el apartado 3.1.2.2. (daN/mm^2)
- d: Diámetro del conductor (m)
- a_1: Longitud proyectada del vano anterior al apoyo (m)
- a_2: Longitud proyectada del vano posterior al apoyo (m)
- $T_{V/2}$: Componente horizontal de la tensión en las condiciones de temperatura de -5ºC y -10ºC, para las zonas A y B respectivamente y sobrecarga debida a la mitad de la presión del viento, con una velocidad de 120 km/h (daN)
- p: Peso por metro lineal del conductor (daN/m)
- n_1: Pendiente del vano anterior
- n_2: Pendiente del vano posterior
- E_{VCAD}: Esfuerzo del viento sobre la cadena de aisladores (daN)
- P_{CAD}: Peso de la cadena de aisladores (daN)

Dicho valor obtenido tendrá que ser menor a un ángulo de referencia.

Para obtener el ángulo de referencia debemos de hallar los ángulos que forman la cadena de aisladores con respecto a su vertical y su horizontal, los cuales se obtendrán de la siguiente manera:

$$j = \arcsin\left(\frac{D_{el}}{L_{CAD}}\right)$$

$$i = \arccos\left(\frac{L_C - D_{el}}{L_{CAD}}\right)$$

En donde:

- j: Ángulo que forma la cadena con respecto a su verticalidad (º)
- i: Ángulo que forma la cadena con respecto a su horizontalidad (º)
- L_{CAD}: Longitud de la cadena (m)
- L_C: Longitud de la cruceta (m)
- D_{el}: Distancia de aislamiento en el aire mínima especificada. Su valor es función de la tensión más elevada de la línea y se obtendrá a partir de la tabla 15 del apartado 5.2 de la ITC-LAT 07 (m):

Tensión más elevada de la red U_S (kV)	D_{el} (m)	D_{pp} (m)
3,6	0,08	0,10
7,2	0,09	0,10
12	0,12	0,15
17,5	0,16	0,20
24	0,22	0,25
30	0,27	0,33
36	0,35	0,40
52	0,60	0,70
72,5	0,70	0,80
123	1,00	1,15
145	1,20	1,40
170	1,30	1,50
245	1,70	2,00
420	2,80	3,20

Fuente: Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión

Seleccionamos el mayor ángulo obtenido, ya que para al obtener el ángulo de referencia necesitamos calcular el ángulo complementario y cuanto mayor sea el ángulo de la cadena respecto a su posición, menor será su ángulo complementario, por lo que será más restrictivo a la hora de comparar el desvío de la cadena:

$$\alpha_{máx} = 90 - (\text{valor máximo de } i \text{ ó } j)$$

En donde:

- $\alpha_{máx}$: Ángulo máximo de referencia que limitará el ángulo de desviación de la cadena (º)
- j: Ángulo que forma la cadena con respecto a su verticalidad (º)
- i: Ángulo que forma la cadena con respecto a su horizontalidad (º)

✓ ***EJEMPLO:***

El apoyo de alineación-suspensión a utilizar será el nº 2, que se encuentra en zona A y necesitaremos para el cálculo:

Peso del conductor (daN/m)	Diámetro del conductor (mm)	Presión del viento [120 km/h] (daN/m²)	Vano anterior (m)	Vano posterior (m)	Desnivel anterior (m)	Desnivel posterior (m)
0,662	17,5	50	311	324	-10,93	-5,93

Tensión viento mitad [120 km/h] (daN)	Peso de la cadena (daN/m)	Esfuerzo viento en la cadena [120 km/h] (daN/m)	Longitud de la cadena (m)	Longitud de la cruceta (m)
1615,41	84,339	70,40	1,972	2,80

Para obtener la distancia de aislamiento en el aire mínima especificada utilizamos la tabla 5 del apartado 5.2 de la ITC-LAT 07 y como la tensión más elevada de la red es de 145 kV tendremos una distancia eléctrica de 1,20 m.

A continuación calculamos los ángulos que forma la cadena con respecto a la vertical y a la horizontal, seleccionando el mayor valor obtenido:

$$j = \arcsin\left(\frac{1{,}2}{1{,}972}\right) = 37{,}48°$$

$$i = \arccos\left(\frac{2{,}8 - 1{,}2}{1{,}972}\right) = 35{,}77°$$

El ángulo mayor que seleccionaremos es el que forma la cadena con respecto a la vertical y por lo tanto tendremos un ángulo máximo de desviación de la cadena de:

$$\alpha_{máx} = 90 - 37{,}48 = 52{,}52°$$

Una vez hallado el ángulo máximo, el cual la cadena no podrá ser superada, se calculará el ángulo de desviación de la cadena diseñada:

$$\gamma = \arctan\left(\frac{\frac{50}{2}\cdot 0{,}0175\cdot\frac{311+324}{2}+\frac{70{,}4}{2}}{0{,}662\cdot\frac{311+324}{2}+1615{,}41\cdot\left[\frac{-10{,}93}{311}-\frac{-5{,}93}{324}\right]+\frac{84{,}339}{2}}\right) = 37{,}71°$$

Como se puede observar, el ángulo de desviación de la cadena diseñada es menor que el ángulo máximo de referencia, por lo que la cadena CUMPLE.

3.3. Cálculos de los esfuerzos que actúan sobre los apoyos sin cambio de conductor y sin cambio de zona

En este apartado se va a tratar el cálculo de los apoyos con sus diferentes hipótesis según fija la ITC-LAT 07 en el apartado 3.5.3.

En estos apartados se van a desarrollar los esfuerzos para el conductor de fase, si la línea estuviera construida con conductor de tierra, los cálculos serian análogos, simplemente con cambiar los parámetros del conductor de tierra por los del conductor de fase.

También mencionar que los cálculos son para un mismo conductor de fase en toda la línea y sin cambio de zona en los apoyos.

3.3.1. Apoyos de Alineación-Suspensión

3.3.1.1. 1ª Hipótesis de viento

La 1ª hipótesis de cálculo es común a las tres zonas de cálculo. En primer lugar las tablas de la ITC-LAT 07 en el apartado 3.5.3, obliga al cálculo de los verticales, deberemos utilizar la ecuación de que permite el cálculo de estas cargas en las condiciones de viento y temperatura de -5ºC y -10ºC, respectivamente en las zonas A y B, dicha ecuación es la siguiente:

$$V = p \cdot \left[\frac{a_1 + a_2}{2} + C_V \cdot (\tan(n_1) - \tan(n_2))\right] + P_{CAD} \cdot N_{CAD}$$

En donde:

- V: Cargas verticales por conductor y fase (daN)
- p: Peso por metro lineal del conductor (daN/m)
- a_1: Longitud proyectada del vano anterior al apoyo (m)
- a_2: Longitud proyectada del vano posterior al apoyo (m)
- C_V: Constante de catenaria en las condiciones de temperatura -5°C y -10°C, en zonas A y B respectivamente como mínimo, y sobrecarga de viento según el apartado 3.1.5 de la ITC-LAT 07 (m)
- n_1: Pendiente del vano anterior
- n_2: Pendiente del vano posterior
- P_{CAD}: Peso de la cadena de aisladores dispuesta en el apoyo (daN)
- N_{CAD}: Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase

En cuanto a esfuerzos transversales, la primera hipótesis indica que se debe calcular el esfuerzo correspondiente a la acción del viento sobre conductores y cadena de aisladores, para ello se utilizará la ecuación que se expone seguidamente:

$$T = d \cdot v \cdot \frac{a_1 + a_2}{2} + E_{VCAD} \cdot N_{CAD}$$

En donde:

- T: Esfuerzo transversal (daN)
- d: Diámetro del conductor (m)
- v: presión del viento sobre conductores y cables de tierra según ITC-LAT 07 el apartado 3.1.2.1. (daN/m^2)
- a_1: Longitud proyectada del vano anterior al apoyo (m)
- a_2: Longitud proyectada del vano posterior al apoyo (m)
- E_{VCAD}: Esfuerzo del viento sobre la cadena de aisladores (daN)
- N_{CAD}: Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase

El esfuerzo longitudinal para esta hipótesis no aplica.

✓ ***EJEMPLO:***

El apoyo de alineación-suspensión a utilizar será el nº 44, que se encuentra en zona B y necesitaremos para el cálculo:

Peso del conductor (daN/m)	Diámetro del conductor (mm)	Presión del viento (daN/m^2)	Vano anterior (m)	Vano posterior (m)	Desnivel anterior (m)	Desnivel posterior (m)
0,662	17,5	68,06	500	472	73,16	-26,58

Sobrecarga del viento [140 km/h] (daN/m)	Tensión máxima del viento (daN)	Peso de la cadena (daN/m)	Esfuerzo viento en la cadena (daN/m)	Número de cadenas
1,363	2352,54	39,318	37,367	1

Calculamos el esfuerzo vertical:

$$V = 0{,}662 \cdot \left[\frac{500 + 472}{2} + \frac{2352{,}54}{1{,}363} \cdot \left(\frac{73{,}16}{500} - \frac{-26{,}58}{472}\right)\right] + 39{,}318 \cdot 1 = 592{,}78\ daN$$

El esfuerzo transversal:

$$T = 0{,}0175 \cdot 68{,}06 \cdot \frac{500 + 472}{2} + 37{,}367 \cdot 1 = 616, daN$$

Y el esfuerzo longitudinal es 0.

3.3.1.2. 2ª Hipótesis de hielo

Esta hipótesis solo se calculará para la zona B, ya que en la zona A no está presente el hielo. Para los apoyos de alineación solo será necesario calcular el valor del esfuerzo vertical, ya que tanto el esfuerzo transversal como el longitudinal no se aplican en esta hipótesis, como se indica en la tabla de la ITC-LAT 07 en el apartado 3.5.3, por tanto en este caso se utilizará la ecuación correspondiente a la hipótesis de hielo y que es la siguiente

$$V = \left[S_H \cdot \frac{a_1 + a_2}{2} + T_H \cdot (\tan(n_1) - \tan(n_2))\right] + P_{CAD} \cdot N_{CAD}$$

En donde:

- V: Cargas verticales por conductor y fase (daN)
- S_H: Peso por metro lineal del conductor más la sobrecarga de hielo según la zona B (daN/m)
- a_1: Longitud proyectada del vano anterior al apoyo (m)
- a_2: Longitud proyectada del vano posterior al apoyo (m)
- T_H: Componente horizontal de la tensión en las condiciones de hielo (daN)
- n_1: Pendiente del vano anterior
- n_2: Pendiente del vano posterior
- P_{CAD}: Peso de la cadena de aisladores dispuesta en el apoyo (daN)
- N_{CAD}: Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase

En esta hipótesis no se aplica el esfuerzo transversal ni longitudinal.

✓ ***EJEMPLO:***

El apoyo de alineación-suspensión a utilizar será el nº 44, que se encuentra en zona B y necesitaremos para el cálculo:

Vano anterior (m)	Vano posterior (m)	Desnivel anterior (m)	Desnivel posterior (m)	Sobrecarga del hielo (daN/m)	Tensión máxima del hielo (daN)	Peso de la cadena (daN/m)	Número de cadenas
500	472	73,16	-26,58	1,415	2451,13	84,339	2

Calculamos el esfuerzo vertical:

$$V = \left[1{,}415 \cdot \frac{500 + 472}{2} + 2451{,}13 \cdot \left(\frac{73{,}16}{500} - \frac{-26{,}58}{472}\right)\right] + 39{,}318 \cdot 1 = 1223{,}77\ daN$$

Y el esfuerzo transversal y longitudinal es 0.

3.3.1.3. 3ª Hipótesis desequilibrio de tracciones

La hipótesis de desequilibrio de tracciones se deberá calcular en las tres zonas de cálculo, pero con valores de temperatura y sobrecarga diferente en cada una de ellas.

En primer lugar el Reglamento obliga a calcular el esfuerzo vertical, para la zona A de cálculo se procederá como para la 1ª hipótesis de cálculo, por el contrario para la zona B se procederá como para la 2º hipótesis de cálculo correspondiente a las condiciones de hielo, en líneas de categoría no especial, y como la 2ª hipótesis de viento más hielo en las líneas de categoría especial.

El esfuerzo transversal no se aplica en ésta hipótesis.

En cuanto al esfuerzo longitudinal, se calculara mediante la siguiente expresión:

$$L = \%P \cdot T_0$$

En donde:

- L: Esfuerzo longitudinal producido por el desequilibrio de tracciones (daN)
- T_0: Componente horizontal máxima de la tensión (daN)
- %P: Porcentaje de cálculo, según la ITC-LAT 07 en el apartado 3.1.4 este porcentaje será:

%P	
U ≤ 66 kV	**U > 66 kV**
8%	15%

Fuente: Tabla realizada con los datos del Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión

✓ ***EJEMPLO:***

El apoyo de alineación-suspensión a utilizar será el nº 44, que se encuentra en zona B y necesitaremos para el cálculo:

Vano anterior (m)	Vano posterior (m)	Desnivel anterior (m)	Desnivel posterior (m)	Sobrecarga del hielo (daN/m)	Tensión máxima del hielo (daN)	Peso de la cadena (daN/m)	Número de cadenas
500	472	73,16	-26,58	1,415	2451,13	84,339	2

Calculamos el esfuerzo vertical, que coincidirá con la 2ª Hipótesis de hielo, al encontrase el apoyo en zona B:

$$V = \left[1{,}415 \cdot \frac{500 + 472}{2} + 2451{,}13 \cdot \left(\frac{73{,}16}{500} - \frac{-26{,}58}{472}\right)\right] + 39{,}318 \cdot 1 = 1223{,}77\ daN$$

El esfuerzo transversal será 0.

Y el esfuerzo longitudinal, como la línea es de tensión superior a 66 kV, se aplicara el 15%:

$$L = 0{,}15 \cdot 2451{,}13 = 367{,}67\ daN$$

3.3.1.4. 4ª Hipótesis rotura de conductores

Se puede prescindir de la 4ª hipótesis en las líneas de tensión nominal hasta 66 kV según la ITC-LAT 07 en el apartado 3.5.3, cumpliendo las siguientes condiciones:

- Carga de rotura del conductor inferior a 6600 daN
- Que los conductores tengan un coeficiente de seguridad de tres como mínimo
- Que el coeficiente de seguridad de los apoyos y cimentaciones en la hipótesis tercera sea el correspondiente a las hipótesis normales
- Que se instalen apoyos de anclaje cada tres kilómetros como máximo

De no cumplirse alguna de estas premisas, o bien cumpliéndose todas y optar por el cálculo de la 4ª hipótesis, el esfuerzo será correspondiente al longitudinal y se deberá realizar su cálculo de acuerdo a la siguiente expresión, con un porcentaje de cálculo del 50%:

$$L = 0{,}5 \cdot T_0$$

En donde:

- L: Esfuerzo longitudinal producido por el desequilibrio de tracciones (daN)
- T_0: Componente horizontal máxima de la tensión (daN)

El esfuerzo vertical será el mismo que para la 3ª Hipótesis y el esfuerzo transversal no aplica.

✓ ***EJEMPLO:***

El apoyo de alineación-suspensión a utilizar será el nº 44, que se encuentra en zona B y necesitaremos para el cálculo:

Vano anterior (m)	Vano posterior (m)	Desnivel anterior (m)	Desnivel posterior (m)	Sobrecarga del hielo (daN/m)	Tensión máxima del hielo (daN)	Peso de la cadena (daN/m)	Número de cadenas
500	472	73,16	-26,58	1,415	2451,13	84,339	2

Calculamos el esfuerzo vertical, que coincidirá con la 2ª Hipótesis de hielo y la 3ª Hipótesis de desequilibrio de conductores, al encontrase el apoyo en zona B:

$$V = \left[1{,}415 \cdot \frac{500 + 472}{2} + 2451{,}13 \cdot \left(\frac{73{,}16}{500} - \frac{-26{,}58}{472}\right)\right] + 39{,}318 \cdot 1 = 1223{,}77\ daN$$

El esfuerzo transversal será 0.

Y el esfuerzo longitudinal:

$$L = 0{,}5 \cdot 2451{,}13 = 1225{,}56\ daN$$

3.3.2. Apoyo de Alineación-Amarre

3.3.2.1. 1ª Hipótesis de viento

La 1ª hipótesis de cálculo es común a las tres zonas de cálculo. En primer lugar las tablas de la ITC-LAT 07 en el apartado 3.5.3, obliga al cálculo de los verticales, deberemos utilizar la ecuación de que permite el cálculo de estas cargas en las condiciones de viento y temperatura de -5ºC y -10ºC, respectivamente en las zonas A y B, dicha ecuación es la siguiente:

$$V = p \cdot \left[\frac{a_1 + a_2}{2} + C_{V1} \cdot \tan(n_1) - C_{V2} \cdot \tan(n_2)\right] + P_{CAD} \cdot N_{CAD}$$

En donde:

- V: Esfuerzos verticales por conductor y fase (daN)
- p: Peso por metro lineal del conductor (daN/m)
- a_1: Longitud proyectada del vano anterior al apoyo (m)
- a_2: Longitud proyectada del vano posterior al apoyo (m)
- C_{V1}: Constante de catenaria en las condiciones de temperatura -5°C y -10°C, en zonas A y B respectivamente como mínimo, y sobrecarga de viento según el apartado 3.1.5 de la ITC-LAT 07, en el vano de regulación anterior (m)
- C_{V2}: Constante de catenaria en las condiciones de temperatura -5°C y -10°C, en zonas A y B respectivamente como mínimo, y sobrecarga de viento según el apartado 3.1.5 de la ITC-LAT 07, en el vano de regulación posterior (m)
- n_1: Pendiente del vano anterior
- n_2: Pendiente del vano posterior
- P_{CAD}: Peso de la cadena de aisladores dispuesta en el apoyo (daN)
- N_{CAD}: Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase

En cuanto a esfuerzos transversales, la primera hipótesis indica que se debe calcular el esfuerzo correspondiente a la acción del viento sobre conductores y cadena de aisladores, para ello se utilizará la ecuación que se expone seguidamente:

$$T = d \cdot v \cdot \frac{a_1 + a_2}{2} + E_{VCAD} \cdot N_{CAD}$$

En donde:

- T: Esfuerzo transversal (daN)
- d: Diámetro del conductor (m)
- v: presión del viento sobre conductores y cables de tierra según ITC-LAT 07 del apartado 3.1.2.1. (daN/m^2)
- a_1: Longitud proyectada del vano anterior al apoyo (m)
- a_2: Longitud proyectada del vano posterior al apoyo (m)
- E_{VCAD}: Esfuerzo del viento sobre la cadena de aisladores (daN)
- N_{CAD}: Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase

El esfuerzo longitudinal para esta hipótesis no aplica.

✓ ***EJEMPLO:***

El apoyo de alineación-amarre a utilizar será el nº 50, que se encuentra en zona B y necesitaremos para el cálculo:

Peso del conductor (daN/m)	Diámetro del conductor (mm)	Presión del viento (daN/m²)	Vano anterior (m)	Vano posterior (m)	Desnivel anterior (m)	Desnivel posterior (m)
0,662	17,5	68,06	607	553	-44,20	25,37

Sobrecarga del viento [140 km/h] (daN/m)	Tensión máxima del viento anterior (daN)	Tensión máxima del viento posterior (daN)	Peso de la cadena (daN/m)	Esfuerzo viento en la cadena (daN/m)	Número de cadenas
1,363	2381,17	2402,91	40,543	41,789	2

Calculamos el esfuerzo vertical:

$$V = 0{,}662 \cdot \left[\frac{607 + 553}{2} + \frac{2381{,}17}{1{,}363} \cdot \frac{-44{,}20}{607} - \frac{2402{,}91}{1{,}363} \cdot \frac{25{,}37}{553}\right] + 40{,}543 \cdot 2 = 327{,}32\ daN$$

El esfuerzo transversal:

$$T = 0{,}0175 \cdot 68{,}06 \cdot \frac{607 + 553}{2} + 41{,}789 \cdot 2 = 774{,}34\ daN$$

Y el esfuerzo longitudinal es 0.

3.3.2.2. *2ª Hipótesis de hielo*

Esta hipótesis solo se calculará para la zona B, ya que en la zona A no está presente el hielo. Para los apoyos de alineación solo será necesario calcular el valor del esfuerzo vertical, ya que tanto el esfuerzo transversal como el longitudinal no se aplican en esta hipótesis, como se indica en la tabla de la ITC-LAT 07 en el apartado 3.5.3, por tanto en este caso se utilizará la ecuación correspondiente a la hipótesis de hielo y que es la siguiente:

$$V = \left[S_H \cdot \frac{a_1 + a_2}{2} + T_{H1} \cdot \tan(n_1) - T_{H2} \cdot \tan(n_2)\right] + P_{CAD} \cdot N_{CAD}$$

En donde:

- V: Esfuerzos verticales por conductor y fase (daN)
- S_H: Peso por metro lineal del conductor más la sobrecarga de hielo según la zona B (daN/m)
- a_1: Longitud proyectada del vano anterior al apoyo (m)
- a_2: Longitud proyectada del vano posterior al apoyo (m)

- T_{H1}: Componente horizontal de la tensión en las condiciones de hielo en el vano de regulación anterior (daN)
- T_{H2}: Componente horizontal de la tensión en las condiciones de hielo en el vano de regulación posterior (daN)
- n_1: Pendiente del vano anterior
- n_2: Pendiente del vano posterior
- P_{CAD}: Peso de la cadena de aisladores dispuesta en el apoyo (daN)
- N_{CAD}: Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase

En esta hipótesis no se aplica el esfuerzo transversal ni longitudinal.

✓ ***EJEMPLO:***

El apoyo de alineación-amarre a utilizar será el nº 50, que se encuentra en zona B y necesitaremos para el cálculo:

Vano anterior (m)	Vano posterior (m)	Desnivel anterior (m)	Desnivel posterior (m)	Sobrecarga del hielo (daN/m)	Tensión máxima del hielo anterior (daN)	Tensión máxima del hielo posterior (daN)	Peso de la cadena (daN/m)	Número de cadenas
607	553	-44,20	25,37	1,415	2479,66	2503,60	40,543	2

Calculamos el esfuerzo vertical:

$$V = \left[1{,}415 \cdot \frac{607 + 553}{2} + 2479{,}66 \cdot \frac{-44{,}20}{607} - 2503{,}60 \cdot \frac{25{,}37}{553}\right] + 40{,}543 \cdot 2 = 606{,}46\ daN$$

Y el esfuerzo transversal y longitudinal es 0.

3.3.2.3. 3ª Hipótesis desequilibrio de tracciones

La hipótesis de desequilibrio de tracciones se deberá calcular en las tres zonas de cálculo, pero con valores de temperatura y sobrecarga diferente en cada una de ellas.

En primer lugar el Reglamento obliga a calcular el esfuerzo vertical, para la zona A de cálculo se procederá como para la 1ª hipótesis de cálculo, por el contrario para la zona B se procederá como para la 2º hipótesis de cálculo correspondiente a las condiciones de hielo, en líneas de categoría no especial, y como la 2ª hipótesis de viento más hielo en las líneas de categoría especial.

El esfuerzo transversal no se aplica en ésta hipótesis.

En cuanto al esfuerzo longitudinal, se calculara mediante la siguiente expresión:

$$L = \%P \cdot T_0$$

En donde:

- L: Esfuerzo longitudinal producido por el desequilibrio de tracciones (daN)
- T_0: Componente horizontal máxima de la tensión (daN)
- %P: Porcentaje de cálculo, según la ITC-LAT 07 en el apartado 3.1.4 este porcentaje será:

%P	
U ≤ 66 kV	**U > 66 kV**
15%	25%

Fuente: Tabla realizada con los datos del Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión

✓ ***EJEMPLO:***

El apoyo de alineación-amarre a utilizar será el nº 50, que se encuentra en zona B y necesitaremos para el cálculo:

Vano anterior (m)	Vano posterior (m)	Desnivel anterior (m)	Desnivel posterior (m)	Sobrecarga del hielo (daN/m)	Tensión máxima del hielo anterior (daN)	Tensión máxima del hielo posterior (daN)	Peso de la cadena (daN/m)	Número de cadenas
607	553	-44,20	25,37	1,415	2479,66	2503,60	40,543	2

Calculamos el esfuerzo vertical, que coincidirá con la 2ª Hipótesis de hielo, al encontrase el apoyo en zona B:

$$V = \left[1{,}415 \cdot \frac{607 + 553}{2} + 2479{,}66 \cdot \frac{-44{,}20}{607} - 2503{,}60 \cdot \frac{25{,}37}{553}\right] + 40{,}543 \cdot 2 = 606{,}46\ daN$$

El esfuerzo transversal será 0.

Y el esfuerzo longitudinal, como la línea es de tensión superior a 66 kV, se aplicara el 25% a la tensión máxima:

$$L = 0{,}25 \cdot 2503{,}60 = 625{,}90\ daN$$

3.3.2.4. 4ª Hipótesis rotura de conductores

Se puede prescindir de la 4ª hipótesis en las líneas de tensión nominal hasta 66 kV según la ITC-LAT 07 del apartado 3.5.3, cumpliendo las siguientes condiciones:

- Carga de rotura del conductor inferior a 6600 daN
- Que los conductores tengan un coeficiente de seguridad de tres como mínimo
- Que el coeficiente de seguridad de los apoyos y cimentaciones en la hipótesis tercera sea el correspondiente a las hipótesis normales
- Que se instalen apoyos de anclaje cada tres kilómetros como máximo.

De no cumplirse alguna de estas premisas, o bien cumpliéndose todas y optar por el cálculo de la 4ª hipótesis, el esfuerzo será correspondiente al longitudinal y se deberá realizar su cálculo de acuerdo a la siguiente expresión, con un porcentaje de cálculo del 100%:

$$L = T_0$$

En donde:

- L: Esfuerzo longitudinal producido por el desequilibrio de tracciones (daN)
- T_0: Componente horizontal máxima de la tensión (daN)

El esfuerzo vertical será el mismo que para la 3ª Hipótesis y el esfuerzo transversal no aplica.

✓ ***EJEMPLO:***

El apoyo de alineación-amarre a utilizar será el nº 50, que se encuentra en zona B y necesitaremos para el cálculo:

Vano anterior (m)	Vano posterior (m)	Desnivel anterior (m)	Desnivel posterior (m)	Sobrecarga del hielo (daN/m)	Tensión máxima del hielo anterior (daN)	Tensión máxima del hielo posterior (daN)	Peso de la cadena (daN/m)	Número de cadenas
607	553	-44,20	25,37	1,415	2479,66	2503,60	40,543	2

Calculamos el esfuerzo vertical, que coincidirá con la 2ª Hipótesis de viento y la 3ª Hipótesis de desequilibrio de tracciones, al encontrase el apoyo en zona B:

$$V = \left[1{,}415 \cdot \frac{607 + 553}{2} + 2479{,}66 \cdot \frac{-44{,}20}{607} - 2503{,}60 \cdot \frac{25{,}37}{553}\right] + 40{,}543 \cdot 2 = 606{,}46\ daN$$

El esfuerzo transversal será 0.

Y el esfuerzo longitudinal no se verá reducida, por lo que:

$$L = 1 \cdot 2503{,}60 = 2503{,}60\ daN$$

3.3.3. Apoyo Ángulo-Anclaje

3.3.3.1. 1ª Hipótesis de viento

La 1ª hipótesis de cálculo es común a las tres zonas de cálculo. En primer lugar las tablas de la ITC-LAT 07 en el apartado 3.5.3, obliga al cálculo de los verticales, deberemos utilizar la ecuación de que permite el cálculo de estas cargas en las condiciones de viento y temperatura de -5ºC en la zona A, dicha ecuación es la siguiente:

$$V = p \cdot \left[\frac{a_1 + a_2}{2} + C_{V1} \cdot \tan(n_1) - C_{V2} \cdot \tan(n_2)\right] + P_{CAD} \cdot N_{CAD}$$

En donde:

- V: Esfuerzos verticales por conductor y fase (daN)
- p: Peso por metro lineal del conductor (daN/m)
- a_1: Longitud proyectada del vano anterior al apoyo (m)
- a_2: Longitud proyectada del vano posterior al apoyo (m)
- C_{V1}: Constante de catenaria en las condiciones de temperatura -5°C en zonas A como mínimo, y sobrecarga de viento según el apartado 3.1.5 de la ITC-LAT 07, en el vano de regulación anterior (m)
- C_{V2}: Constante de catenaria en las condiciones de temperatura -5°C en zonas A como mínimo, y sobrecarga de viento según el apartado 3.1.5 de la ITC-LAT 07, en el vano de regulación posterior (m)
- n_1: Pendiente del vano anterior
- n_2: Pendiente del vano posterior
- P_{CAD}: Peso de la cadena de aisladores dispuesta en el apoyo (daN)
- N_{CAD}: Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase

En cuanto a esfuerzos transversales, la primera hipótesis indica que se debe calcular el esfuerzo correspondiente a la acción del viento sobre conductores y cadena de aisladores, para ello se utilizará la ecuación que se expone seguidamente:

$$T = d \cdot v \cdot \frac{a_1 + a_2}{2} \cdot \cos\left(\frac{\beta - \alpha}{2}\right) + E_{VCAD} \cdot N_{CAD} + \sqrt{\left[(T_{V1} + T_{V2}) \cdot \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)\right]^2 + \left[(T_{V1} - T_{V2}) \cdot \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)\right]^2}$$

En donde:

- T: Esfuerzo transversal (daN)
- d: Diámetro del conductor (m)
- v: presión del viento sobre conductores y cables de tierra según la ITC-LAT 07 en el apartado 3.1.2.1. (daN/m^2)
- a_1: Longitud proyectada del vano anterior al apoyo (m)
- a_2: Longitud proyectada del vano posterior al apoyo (m)
- β: Valor del ángulo llano, si se utilizan grados sexagesimales le corresponderá un valor de 180º y si se utilizan grados centesimales le corresponderá un valor de 200^g
- α: Ángulo interno formado por las dos alineaciones (unidades iguales que el ángulo β)
- E_{VCAD}: Esfuerzo del viento sobre la cadena de aisladores (daN)
- N_{CAD}: Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase
- T_{V1}: Componente horizontal en las condiciones de viento en el vano de regulación anterior al apoyo (daN)
- T_{V2}: Componente horizontal en las condiciones de viento en el vano de regulación posterior al apoyo (daN)

El esfuerzo longitudinal para esta hipótesis no aplica.

✓ ***EJEMPLO:***

El apoyo de ángulo-anclaje a utilizar será el nº 3, que se encuentra en zona A y necesitaremos para el cálculo:

Peso del conductor (daN/m)	Diámetro del conductor (mm)	Presión del viento (daN/m^2)	Vano anterior (m)	Vano posterior (m)	Desnivel anterior (m)	Desnivel posterior (m)	β (º)	α (º)
0,662	17,5	68,06	324	233	-5,93	8,75	180	143,49

Sobrecarga del viento [140 km/h] (daN/m)	Tensión máxima del viento anterior (daN)	Tensión máxima del viento posterior (daN)	Peso de la cadena (daN/m)	Esfuerzo viento en la cadena (daN/m)	Número de cadenas
1,363	2295,94	2111,31	40,543	41,789	2

Calculamos el esfuerzo vertical:

$$V = 0{,}662 \cdot \left[\frac{324+233}{2} + \frac{2295{,}94}{1{,}363} \cdot \frac{-5{,}93}{324} - \frac{2111{,}31}{1{,}363} \cdot \frac{8{,}75}{233}\right] + 40{,}543 \cdot 2 = 206{,}55\ daN$$

El esfuerzo transversal:

$$T = \\ = 0{,}0175 \cdot 68{,}06 \cdot \frac{324+233}{2} \cdot \cos\left(\frac{180-143{,}49}{2}\right) + 41{,}789 \cdot 2 \\ + \sqrt{\left[(2295{,}94+2111{,}31) \cdot \cos\left(\frac{143{,}49}{2}\right)\right]^2 + \left[(2295{,}94-2111{,}31) \cdot \sin\left(\frac{143{,}49}{2}\right)\right]^2} \\ = 1790{,}39\ daN$$

Y el esfuerzo longitudinal es 0.

3.3.3.2. *3ª Hipótesis desequilibrio de tracciones*

La hipótesis de desequilibrio de tracciones se deberá calcular en las tres zonas de cálculo, pero con valores de temperatura y sobrecarga diferente en cada una de ellas.

En primer lugar el Reglamento obliga a calcular el esfuerzo vertical, para la zona A de cálculo se procederá como para la 1ª hipótesis de cálculo.

En cuanto al esfuerzo transversal será en correspondiente a la resultante de ángulo en las condiciones de esta tercera hipótesis, según sigue:

$$T = \sqrt{\left[(T_{01}+T_{02}) \cdot \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)\right]^2 + \left[(T_{01}-T_{02}) \cdot \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)\right]^2}$$

En donde:

- T: Esfuerzo transversal (daN)
- T_{01}: Componente horizontal de la tensión en condiciones de la 3ª Hipótesis en el vano de regulación anterior al apoyo (daN)
- T_{02}: Componente horizontal de la tensión en condiciones de la 3ª Hipótesis en el vano de regulación posterior al apoyo (daN)
- α: Ángulo interno formado por las dos alineaciones (unidades iguales que el ángulo β)

Para calcular el esfuerzo longitudinal, en el desequilibrio de tracciones, utilizaremos la expresión propuesta a continuación y que según ITC-LAT 07 en el apartado 3.1.4.3 tiene un porcentaje del 50%:

$$L = 0{,}5 \cdot T_0$$

En donde:

- L: Esfuerzo longitudinal producido por el desequilibrio de tracciones (daN)
- T_0: Componente horizontal máxima de la tensión (daN)

✓ ***EJEMPLO:***

El apoyo de ángulo-anclaje a utilizar será el nº 3, que se encuentra en zona A y necesitaremos para el cálculo:

Peso del conductor (daN/m)	Diámetro del conductor (mm)	Presión del viento (daN/m²)	Vano anterior (m)	Vano posterior (m)	Desnivel anterior (m)	Desnivel posterior (m)	β (º)	α (º)
0,662	17,5	68,06	324	233	-5,93	8,75	180	143,49

Sobrecarga del viento [140 km/h] (daN/m)	Tensión máxima del viento anterior (daN)	Tensión máxima del viento posterior (daN)	Peso de la cadena (daN/m)	Esfuerzo viento en la cadena (daN/m)	Número de cadenas
1,363	2295,94	2111,31	40,543	41,789	2

Calculamos el esfuerzo vertical, que coincidirá con la 1ª Hipótesis de viento, al encontrarse el apoyo en zona A:

$$V = 0{,}662 \cdot \left[\frac{324 + 233}{2} + \frac{2295{,}94}{1{,}363} \cdot \frac{-5{,}93}{324} - \frac{2111{,}31}{1{,}363} \cdot \frac{8{,}75}{233}\right] + 40{,}543 \cdot 2 = 206{,}55\ daN$$

El esfuerzo transversal:

$$T = \sqrt{\left[(2295{,}94 + 2111{,}31) \cdot \cos\left(\frac{143{,}49}{2}\right)\right]^2 + \left[(2295{,}94 - 2111{,}31) \cdot \sin\left(\frac{143{,}49}{2}\right)\right]^2} = 1391{,}82\ daN$$

Y el esfuerzo longitudinal con la tensión máxima del apoyo es:

$$L = 0{,}5 \cdot 2295{,}94 = 1147{,}97\ daN$$

3.3.3.3. *4ª Hipótesis rotura de conductores*

Al contrario de lo que sucedía con los dos tipos de apoyos anteriores para los de amarre o suspensión si será necesario calcular la hipótesis de rotura de conductores en cualquiera de las tres zonas de cálculo reglamentarias. En primer lugar se tendrán que calcular los esfuerzos verticales que como en la hipótesis anterior si la línea transcurre por la zona A se calcularan igual que las correspondientes a la primera hipótesis.

Según fija la ITC-LAT 07 en el apartado 3.1.5.4, será la correspondiente a la rotura de un conductor sin reducción de esfuerzo. Por tanto la expresión de cálculo quedará.

$$L = T_0$$

En donde:

- L: Esfuerzo longitudinal producido por el desequilibrio de tracciones (daN)
- T_0: Componente horizontal máxima de la tensión (daN)

El esfuerzo vertical será el mismo que para la 3ª Hipótesis y el transversal no aplica.

✓ ***EJEMPLO:***

El apoyo de ángulo-anclaje a utilizar será el nº 3, que se encuentra en zona A y necesitaremos para el cálculo:

Peso del conductor (daN/m)	Diámetro del conductor (mm)	Presión del viento (daN/m²)	Vano anterior (m)	Vano posterior (m)	Desnivel anterior (m)	Desnivel posterior (m)	β (º)	α (º)
0,662	17,5	68,06	324	233	-5,93	8,75	180	143,49

Sobrecarga del viento [140 km/h] (daN/m)	Tensión máxima del viento anterior (daN)	Tensión máxima del viento posterior (daN)	Peso de la cadena (daN/m)	Esfuerzo viento en la cadena (daN/m)	Número de cadenas
1,363	2295,94	2111,31	40,543	41,789	2

Calculamos el esfuerzo vertical, que coincidirá con la 1ª Hipótesis de viento y la 3ª Hipótesis de desequilibrio de tracciones, al encontrarse el apoyo en zona A:

$$V = 0{,}662 \cdot \left[\frac{324 + 233}{2} + \frac{2295{,}94}{1{,}363} \cdot \frac{-5{,}93}{324} - \frac{2111{,}31}{1{,}363} \cdot \frac{8{,}75}{233}\right] + 40{,}543 \cdot 2 = 206{,}55\ daN$$

El esfuerzo transversal, que coincidirá con la 3ª Hipótesis de desequilibrio de tracciones:

$$T = \sqrt{\left[(2295{,}94 + 2111{,}31) \cdot \cos\left(\frac{143{,}49}{2}\right)\right]^2 + \left[(2295{,}94 - 2111{,}31) \cdot \sin\left(\frac{143{,}49}{2}\right)\right]^2} = 1391{,}82\ daN$$

Y el esfuerzo longitudinal, con la tensión máxima del apoyo es:

$$L = 1 \cdot 2295{,}94 = 2295{,}94\ daN$$

3.3.4. Apoyo principio/final de línea

3.3.4.1. 1ª Hipótesis de viento

Como en los demás apoyos la primera hipótesis de cálculo será aplicable en las tres zonas de cálculo, pero en este caso como ocurría con el apoyo de ángulo actúan dos esfuerzos simultáneamente como se verá más adelante. En primer lugar se deberá calcular el esfuerzo vertical debido a la acción del viento sobre conductores y cadenas de aisladores, a la temperatura de –5ºC para la zona A, cuya expresión es la que sigue:

a) Principio de línea:

$$V = p \cdot \left[\frac{a_2}{2} - C_{V2} \cdot \tan(n_2)\right] + P_{CAD} \cdot N_{CAD}$$

En donde:

- V: Esfuerzos verticales por conductor y fase (daN)
- p: Peso por metro lineal del conductor (daN/m)
- a_2: Longitud proyectada del vano posterior al apoyo (m)
- C_{V2}: Constante de catenaria en las condiciones de temperatura -5°C en zonas A como mínimo, y sobrecarga de viento según el apartado 3.1.5 de la ITC-LAT 07, en el vano de regulación posterior (m)
- n_2: Pendiente del vano posterior
- P_{CAD}: Peso de la cadena de aisladores dispuesta en el apoyo (daN)
- N_{CAD}: Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase

b) Final de línea:

$$V = p \cdot \left[\frac{a_1}{2} + C_{V1} \cdot \tan(n_1)\right] + P_{CAD} \cdot N_{CAD}$$

En donde:

- V: Esfuerzos verticales por conductor y fase (daN)
- p: Peso por metro lineal del conductor (daN/m)
- a_1: Longitud proyectada del vano anterior al apoyo (m)
- C_{V1}: Constante de catenaria en las condiciones de temperatura -5°C en zona A como mínimo, y sobrecarga de viento según el apartado 3.1.5 de la ITC-LAT 07, en el vano de regulación anterior (m)
- n_1: Pendiente del vano anterior
- P_{CAD}: Peso de la cadena de aisladores dispuesta en el apoyo (daN)
- N_{CAD}: Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase

Como se dijo anteriormente en esta hipótesis se dan simultáneamente dos esfuerzos que son la presión del viento sobre conductores y cadena de aisladores y el desequilibrio de tracciones. En primer lugar calcularemos el esfuerzo transversal debido a la acción del viento, para los conductores utilizaremos la ecuación que sigue:

$$T = d \cdot v \cdot \frac{a}{2} + E_{VCAD} \cdot N_{CAD}$$

En donde:

- T: Esfuerzo transversal (daN)
- d: Diámetro del conductor (m)
- v: presión del viento sobre conductores y cables de tierra según la ITC-LAT 07 en el apartado 3.1.2.1. (daN/m^2)
- a: Longitud proyectada del vano (m)
- E_{VCAD}: Esfuerzo del viento sobre la cadena de aisladores (daN)
- N_{CAD}: Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase

Seguidamente tendremos que calcular el esfuerzo longitudinal por desequilibrio de tracciones, que en este caso de la primera hipótesis se tendrá que calcular bajo las condiciones de -5ºC para la zona A con la sobrecarga correspondiente a la presión del viento, por otra parte el porcentaje a aplicar en este tipo de apoyos según la ITC-LAT 07 en el apartado 3.1.4.4 será del 100% de las tracciones unilaterales de los conductores, así pues la ecuación quedará en la forma:

$$L = T_0$$

En donde:

- L: Esfuerzo longitudinal producido por el desequilibrio de tracciones (daN)
- T_0: Componente horizontal máxima de la tensión (daN)

✓ ***EJEMPLO:***

El apoyo de principio de línea a utilizar será el nº 1, que se encuentra en zona A y necesitaremos para el cálculo:

Peso del conductor (daN/m)	Diámetro del conductor (mm)	Presión del viento (daN/m²)	Vano posterior (m)	Desnivel posterior (m)
0,662	17,5	68,06	311	-10,93

Sobrecarga del viento [140 km/h] (daN/m)	Tensión máxima del viento posterior (daN)	Peso de la cadena (daN/m)	Esfuerzo viento en la cadena (daN/m)	Número de cadenas
1,363	2295,94	85,025	101,362	2

Calculamos el esfuerzo vertical:

$$V = 0{,}662 \cdot \left[\frac{311}{2} - \frac{2295{,}94}{1{,}363} \cdot \frac{-10{,}93}{311}\right] + 85{,}025 \cdot 2 = 312{,}23\ daN$$

El esfuerzo transversal:

$$T = 0{,}0175 \cdot 68{,}06 \cdot \frac{311}{2} + 101{,}362 \cdot 2 = 387{,}92\ daN$$

Y el esfuerzo longitudinal:

$$L = 2295{,}94\ daN$$

3.3.4.2. 3ª Hipótesis desequilibrio de tracciones

Esta hipótesis queda anulada en este tipo de apoyos ya que como se ha visto en anteriores apartados queda integrada dentro de la primera y segunda hipótesis por tanto ya está calculada y el Reglamento prescinde de ella.

3.3.4.3. 4ª Hipótesis rotura de conductores

Esta hipótesis es de obligado cálculo en las tres hipótesis reglamentarias, en primer lugar se tendrán que calcular los esfuerzos verticales, que para el caso de la zona A se procederá de la igual forma que en la primera hipótesis.

El porcentaje a aplicar en el cálculo de esta hipótesis según dicta la ITC-LAT 07 en el apartado 3.1.5.4, es del 100%, por tanto la ecuación a utilizar es la siguiente:

$$L = T_0$$

En donde:

- L: Esfuerzo longitudinal producido por el desequilibrio de tracciones (daN)
- T_0: Componente horizontal máxima de la tensión (daN)

El número de conductores que actúan sobre el apoyo será de uno, excepto en el caso del montaje tresbolillo que serán dos, ya que al romper el conductor que se encuentra solo en uno de los lados, son dos conductores los que no encuentran equilibrio, por tanto son los que producen momento de torsión sobre el apoyo, por tanto en este caso del montaje tresbolillo la rotura de conductores se obtendrá:

$$L = 2 \cdot T_0$$

En donde:

- L: Esfuerzo longitudinal producido por el desequilibrio de tracciones (daN)
- T_0: Componente horizontal máxima de la tensión (daN)

✓ ***EJEMPLO:***

El apoyo de principio de línea a utilizar será el nº 1, que se encuentra en zona A y necesitaremos para el cálculo:

Peso del conductor (daN/m)	Diámetro del conductor (mm)	Presión del viento (daN/m²)	Vano posterior (m)	Desnivel posterior (m)
0,662	17,5	68,06	311	-10,93

Sobrecarga del viento [140 km/h] (daN/m)	Tensión máxima del viento posterior (daN)	Peso de la cadena (daN/m)	Esfuerzo viento en la cadena (daN/m)	Número de cadenas
1,363	2295,94	85,025	101,362	2

Calculamos el esfuerzo vertical, que coincidirá con la 1ª Hipótesis de viento:

$$V = 0{,}662 \cdot \left[\frac{311}{2} - \frac{2295{,}94}{1{,}363} \cdot \frac{-10{,}93}{311}\right] + 85{,}025 \cdot 2 = 312{,}23\ daN$$

El esfuerzo transversal será 0.

Y el esfuerzo longitudinal:

$$L = 2295{,}94\ daN$$

3.4. Cálculos de los esfuerzos que actúan sobre los apoyos sin cambio de conductor y con cambio de zona

Encontrar uno o más cambios de zona en una línea es algo bastante habitual, tanto más cuanto más larga es la línea, se hace por tanto necesario proponer un sistema de cálculo para este tipo de problemas.

El Reglamento no dice nada en cuestión a este tipo de problemas, así pues el procedimiento de cálculo deberá establecer una barrera en el apoyo donde se cambie de zona, pero si se seguirá su aplicación ya que es físicamente imposible por ejemplo, en un cambio de zona de A a B, que en la parte de la zona A no exista la 2ª hipótesis de hielo según el Reglamento y al otro lado en la zona B exista un manguito de hielo.

El cambio de zona no podrá realizarse en otro tipo de apoyos que no sea del tipo anclaje, porque debe absorber grandes desequilibrio de tracciones y rotura de conductores y se va a desarrollar el proceso de cálculo para el conductor de fase, siendo análogo para los cables de tierra, simplemente aplicando los valores de este.

3.4.1. Cambio de zona A a zona B en un apoyo de Alineación-Anclaje

3.4.1.1. 1ª Hipótesis de viento

Dicha ecuación es la siguiente:

$$V = p \cdot \left[\frac{a_1 + a_2}{2} + C_{V1} \cdot \tan(n_1) - C_{V2} \cdot \tan(n_2)\right] + P_{CAD} \cdot N_{CAD}$$

En donde:

- V: Esfuerzos verticales por conductor y fase (daN)
- p: Peso por metro lineal del conductor (daN/m)
- a_1: Longitud proyectada del vano anterior al apoyo (m)
- a_2: Longitud proyectada del vano posterior al apoyo (m)
- C_{V1}: Constante de catenaria en las condiciones de temperatura -5°C en zona A como mínimo, y sobrecarga de viento según el apartado 3.1.5 de la ITC-LAT 07, en el vano de regulación anterior (m)
- C_{V2}: Constante de catenaria en las condiciones de temperatura -10°C en zona B como mínimo, y sobrecarga de viento según el apartado 3.1.5 de la ITC-LAT 07, en el vano de regulación posterior (m)
- n_1: Pendiente del vano anterior
- n_2: Pendiente del vano posterior
- P_{CAD}: Peso de la cadena de aisladores dispuesta en el apoyo (daN)
- N_{CAD}: Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase

En cuanto a esfuerzos transversales se utilizará:

$$T = d \cdot v \cdot \frac{a_1 + a_2}{2} + E_{VCAD} \cdot N_{CAD}$$

En donde:

- T: Esfuerzo transversal (daN)
- d: Diámetro del conductor (m)
- v: presión del viento sobre conductores y cables de tierra según la ITC-LAT 07 en el apartado 3.1.2.1. (daN/m^2)
- a_1: Longitud proyectada del vano anterior al apoyo (m)
- a_2: Longitud proyectada del vano posterior al apoyo (m)
- E_{VCAD}: Esfuerzo del viento sobre la cadena de aisladores (daN)
- N_{CAD}: Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase

El esfuerzo longitudinal para esta hipótesis no aplica.

✓ ***EJEMPLO:***

El apoyo de alineación-anclaje a utilizar será el nº 43, que pasa de zona A a zona B y necesitaremos para el cálculo:

Peso del conductor (daN/m)	Diámetro del conductor (mm)	Presión del viento (daN/m²)	Vano anterior (m)	Vano posterior (m)	Desnivel anterior (m)	Desnivel posterior (m)
0,662	17,5	68,06	601	500	33,92	73,16

Sobrecarga del viento [140 km/h] (daN/m)	Tensión máxima del viento anterior (daN)	Tensión máxima del viento posterior (daN)	Peso de la cadena (daN/m)	Esfuerzo viento en la cadena (daN/m)	Número de cadenas
1,363	2460,89	2352,54	40,543	41,789	2

Calculamos el esfuerzo vertical:

$$V = 0{,}662 \cdot \left[\frac{601+500}{2} + \frac{2460{,}89}{1{,}363} \cdot \frac{33{,}92}{601} - \frac{2352{,}54}{1{,}363} \cdot \frac{73{,}16}{500}\right] + 40{,}543 \cdot 2 = 345{,}83\ daN$$

El esfuerzo transversal:

$$T = 0{,}0175 \cdot 68{,}06 \cdot \frac{601+500}{2} + 41{,}789 \cdot 2 = 739{,}21\ daN$$

Y el esfuerzo longitudinal es 0.

3.4.1.2. 2ª Hipótesis de hielo

Dicha ecuación es la siguiente:

$$V = p \cdot \frac{a_1}{2} + T_{-5°C\ 1} \cdot \tan(n_1) + S_H \cdot \frac{a_2}{2} - T_{H2} \cdot \tan(n_2) + P_{CAD} \cdot N_{CAD}$$

En donde:

- V: Esfuerzos verticales por conductor y fase (daN)
- p: Peso por metro lineal del conductor (daN/m)
- S_H: Peso por metro lineal del conductor más la sobrecarga de hielo de la zona B (daN/m)
- a_1: Longitud proyectada del vano anterior al apoyo (m)
- a_2: Longitud proyectada del vano posterior al apoyo (m)
- $T_{-5°C\ 1}$: Componente horizontal de la tensión a -5ºC de la zona A en el vano de regulación anterior (daN)
- T_{H2}: Componente horizontal de la tensión en las condiciones de hielo de la zona B en el vano de regulación posterior (daN)
- n_1: Pendiente del vano anterior

- n_2: Pendiente del vano posterior
- P_{CAD}: Peso de la cadena de aisladores dispuesta en el apoyo (daN)
- N_{CAD}: Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase

En esta hipótesis no se aplica el esfuerzo transversal ni longitudinal.

✓ ***EJEMPLO:***

El apoyo de alineación-anclaje a utilizar será el nº 43, que pasa de zona A a zona B y necesitaremos para el cálculo:

Peso del conductor (daN/m)	Diámetro del conductor (mm)	Presión del viento (daN/m²)	Vano anterior (m)	Vano posterior (m)	Desnivel anterior (m)	Desnivel posterior (m)
0,662	17,5	68,06	601	500	33,92	73,16

Sobrecarga del hielo (daN/m)	Tensión -5ºC anterior (daN)	Tensión máxima del hielo posterior (daN)	Peso de la cadena (daN/m)	Número de cadenas
1,415	1343,80	2451,13	40,543	2

Calculamos el esfuerzo vertical:

$$V = 0{,}662 \cdot \frac{601}{2} + 1343{,}80 \cdot \frac{33{,}92}{601} + 1{,}415 \cdot \frac{500}{2} - 2451{,}13 \cdot \frac{73{,}16}{500} + 40{,}543 \cdot 2 = 351{,}06\ daN$$

Y el esfuerzo transversal y longitudinal es 0.

3.4.1.3. 3ª Hipótesis desequilibrio de tracciones

La hipótesis de desequilibrio de tracciones se procederá como para la 2ª hipótesis de cálculo.

En cuanto al esfuerzo transversal no se aplica en ésta hipótesis.

Para calcular el esfuerzo por desequilibrio de tracciones utilizaremos la expresión propuesta anteriormente, y que según la ITC-LAT 07 en el apartado 3.1.4.3 tiene un porcentaje del 50%:

$$L = 0{,}5 \cdot T_{V1\ o\ H2}$$

En donde:

- L: Esfuerzo longitudinal producido por el desequilibrio de tracciones (daN)
- $T_{V1\ o\ H2}$: Seleccionar la componente horizontal máxima entre la de viento anterior de la zona A y la de hielo posterior de la zona B (daN)

✓ ***EJEMPLO:***

El apoyo de alineación-anclaje a utilizar será el nº 43, que pasa de zona A a zona B y necesitaremos para el cálculo:

Peso del conductor (daN/m)	Diámetro del conductor (mm)	Presión del viento (daN/m²)	Vano anterior (m)	Vano posterior (m)	Desnivel anterior (m)	Desnivel posterior (m)
0,662	17,5	68,06	601	500	33,92	73,16

Sobrecarga del hielo (daN/m)	Tensión -5ºC anterior (daN)	Tensión máxima del hielo posterior (daN)	Peso de la cadena (daN/m)	Número de cadenas
1,415	1343,80	2451,13	40,543	2

Calculamos el esfuerzo vertical, que coincidirá con la 2ª Hipótesis de hielo, al pasar el apoyo de zona A a zona B:

$$V = 0{,}662 \cdot \frac{601}{2} + 1343{,}80 \cdot \frac{33{,}92}{601} + 1{,}415 \cdot \frac{500}{2} - 2451{,}13 \cdot \frac{73{,}16}{500} + 40{,}543 \cdot 2 = 351{,}06\ daN$$

El esfuerzo transversal será 0.

Y el esfuerzo longitudinal, al encontrase el apoyo entre la zona A, con tensión de viento de 2460,89 daN y la zona B, con tensión de hielo de 2451,13 daN, se tomará la tensión máxima, que en este caso es la de la zona A:

$$L = 0{,}5 \cdot 2460{,}86 = 1230{,}44\ daN$$

3.4.1.4. 4ª Hipótesis rotura de conductores

El esfuerzo vertical será el mismo que para la 3ª Hipótesis y el esfuerzo transversal no aplica.

Según fija la ITC-LAT 07 en el apartado 3.1.5.4 será la correspondiente a la rotura de un conductor sin reducción de esfuerzo. Por tanto la expresión de cálculo quedará:

$$L = T_{V1\ o\ H2}$$

En donde:

- L: Esfuerzo longitudinal producido por el desequilibrio de tracciones (daN)
- $T_{V1\ o\ H2}$: Seleccionar la componente horizontal máxima entre la de viento anterior de la zona A y la de hielo posterior de la zona B (daN)

✓ ***EJEMPLO:***

El apoyo de alineación-anclaje a utilizar será el nº 43, que pasa de zona A a zona B y necesitaremos para el cálculo:

Peso del conductor (daN/m)	Diámetro del conductor (mm)	Presión del viento (daN/m²)	Vano anterior (m)	Vano posterior (m)	Desnivel anterior (m)	Desnivel posterior (m)
0,662	17,5	68,06	601	500	33,92	73,16

Sobrecarga del hielo (daN/m)	Tensión -5ºC anterior (daN)	Tensión máxima del hielo posterior (daN)	Peso de la cadena (daN/m)	Número de cadenas
1,415	1343,80	2451,13	40,543	2

Calculamos el esfuerzo vertical, que coincidirá con la 2ª Hipótesis de hielo y la 3ª Hipótesis de desequilibrio de tracciones, al pasar el apoyo de zona A a zona B:

$$V = 0{,}662 \cdot \frac{601}{2} + 1343{,}80 \cdot \frac{33{,}92}{601} + 1{,}415 \cdot \frac{500}{2} - 2451{,}13 \cdot \frac{73{,}16}{500} + 40{,}543 \cdot 2 = 351{,}06\ daN$$

El esfuerzo transversal será 0.

Y el esfuerzo longitudinal, al encontrase el apoyo entre la zona A, con tensión de viento de 2460,89 daN y la zona B, con tensión de hielo de 2451,13 daN, se tomará la tensión máxima, que en este caso es la de la zona A:

$$L = 1 \cdot 2460{,}86 = 2460{,}86\ daN$$

3.4.2. Cambio de zona B a zona A en un apoyo de Alineación-Anclaje

3.4.2.1. 1ª Hipótesis de viento

Dicha ecuación es la siguiente:

$$V = p \cdot \left[\frac{a_1 + a_2}{2} + C_{V1} \cdot \tan(n_1) - C_{V2} \cdot \tan(n_2)\right] + P_{CAD} \cdot N_{CAD}$$

En donde:

- V: Esfuerzos verticales por conductor y fase (daN)
- p: Peso por metro lineal del conductor (daN/m)
- a_1: Longitud proyectada del vano anterior al apoyo (m)
- a_2: Longitud proyectada del vano posterior al apoyo (m)
- C_{V1}: Constante de catenaria en las condiciones de temperatura -10°C en zona B como mínimo, y sobrecarga de viento según el apartado 3.1.5 de la ITC-LAT 07, en el vano de regulación anterior (m)
- C_{V2}: Constante de catenaria en las condiciones de temperatura -5°C en zona A como mínimo, y sobrecarga de viento según el apartado 3.1.5 de la ITC-LAT 07, en el vano de regulación posterior (m)
- n_1: Pendiente del vano anterior
- n_2: Pendiente del vano posterior
- P_{CAD}: Peso de la cadena de aisladores dispuesta en el apoyo (daN)
- N_{CAD}: Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase

En cuanto a esfuerzos transversales se utilizará:

$$T = d \cdot v \cdot \frac{a_1 + a_2}{2} + E_{VCAD} \cdot N_{CAD}$$

En donde:

- T: Esfuerzo transversal (daN)
- d: Diámetro del conductor (m)
- v: presión del viento sobre conductores y cables de tierra según la ITC-LAT 07 en el apartado 3.1.2.1. (daN/m^2)
- a_1: Longitud proyectada del vano anterior al apoyo (m)
- a_2: Longitud proyectada del vano posterior al apoyo (m)
- E_{VCAD}: Esfuerzo del viento sobre la cadena de aisladores (daN)
- N_{CAD}: Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase

El esfuerzo longitudinal para esta hipótesis no aplica.

✓ ***EJEMPLO:***

El apoyo de alineación-anclaje a utilizar será el nº 45, que pasa de zona B a zona A y necesitaremos para el cálculo:

Peso del conductor (daN/m)	Diámetro del conductor (mm)	Presión del viento (daN/m²)	Vano anterior (m)	Vano posterior (m)	Desnivel anterior (m)	Desnivel posterior (m)
0,662	17,5	68,06	472	616	-26,58	-15,84

Sobrecarga del viento [140 km/h] (daN/m)	Tensión máxima del viento anterior (daN)	Tensión máxima del viento posterior (daN)	Peso de la cadena (daN/m)	Esfuerzo viento en la cadena (daN/m)	Número de cadenas
1,363	2352,54	2459,78	40,543	41,789	2

Calculamos el esfuerzo vertical:

$$V = 0{,}662 \cdot \left[\frac{472+616}{2} + \frac{2352{,}54}{1{,}363} \cdot \frac{-26{,}58}{472} - \frac{2459{,}78}{1{,}363} \cdot \frac{-15{,}84}{616}\right] + 40{,}543 \cdot 2 = 407{,}67\ daN$$

El esfuerzo transversal:

$$T = 0{,}0175 \cdot 68{,}06 \cdot \frac{472+616}{2} + 41{,}789 \cdot 2 = 731{,}47\ daN$$

Y el esfuerzo longitudinal es 0.

3.4.2.2. 2ª Hipótesis de hielo

Dicha ecuación es la siguiente:

$$V = S_H \cdot \frac{a_1}{2} + T_{H1} \cdot \tan(n_1) + p \cdot \frac{a_2}{2} - T_{-5°C\ 2} \cdot \tan(n_2) + P_{CAD} \cdot N_{CAD}$$

En donde:

- V: Esfuerzos verticales por conductor y fase (daN)
- S_H: Peso por metro lineal del conductor más la sobrecarga de hielo de la zona B (daN/m)
- p: Peso por metro lineal del conductor (daN/m)
- a_1: Longitud proyectada del vano anterior al apoyo (m)
- a_2: Longitud proyectada del vano posterior al apoyo (m)

- T_{H1}: Componente horizontal de la tensión en las condiciones de hielo de la zona B en el vano de regulación anterior (daN)
- $T_{-5ºC\ 2}$: Componente horizontal de la tensión a -5ºC de la zona A en el vano de regulación posterior (daN)
- n_1: Pendiente del vano anterior
- n_2: Pendiente del vano posterior
- P_{CAD}: Peso de la cadena de aisladores dispuesta en el apoyo (daN)
- N_{CAD}: Número de cadenas de aisladores instaladas en el apoyo por fase

En esta hipótesis no se aplica el esfuerzo transversal ni longitudinal.

✓ ***EJEMPLO:***

El apoyo de alineación-anclaje a utilizar será el nº 45, que pasa de zona B a zona A y necesitaremos para el cálculo:

Peso del conductor (daN/m)	Diámetro del conductor (mm)	Presión del viento (daN/m²)	Vano anterior (m)	Vano posterior (m)	Desnivel anterior (m)	Desnivel posterior (m)
0,662	17,5	68,06	472	616	-26,58	-15,84

Sobrecarga del hielo (daN/m)	Tensión -5ºC anterior (daN)	Tensión máxima del hielo posterior (daN)	Peso de la cadena (daN/m)	Número de cadenas
1,415	1344,35	2451,13	40,543	2

Calculamos el esfuerzo vertical:

$$V = 1{,}415 \cdot \frac{472}{2} + 2451{,}13 \cdot \frac{-26{,}58}{472} + 0.662 \cdot \frac{616}{2} - 1344{,}35 \cdot \frac{-15{,}84}{616} + 40{,}543 \cdot 2 = 515{,}55\ daN$$

Y el esfuerzo transversal y longitudinal es 0.

3.4.2.3. 3ª Hipótesis desequilibrio de tracciones

La hipótesis de desequilibrio de tracciones se procederá como para la 2ª hipótesis de cálculo.

En cuanto al esfuerzo transversal no se aplica en ésta hipótesis.

Para calcular el esfuerzo por desequilibrio de tracciones utilizaremos la expresión propuesta anteriormente, y que según la ITC-LAT 07 en el apartado 3.1.4.3 tiene un porcentaje del 50%:

$$L = 0{,}5 \cdot T_{H1/V2}$$

En donde:

- L: Esfuerzo longitudinal producido por el desequilibrio de tracciones (daN)
- $T_{H1/V2}$: Seleccionar la componente horizontal máxima entre la de hielo anterior de la zona B y la de viento posterior de la zona A (daN)

✓ ***EJEMPLO:***

El apoyo de alineación-anclaje a utilizar será el nº 45, que pasa de zona B a zona A y necesitaremos para el cálculo:

Peso del conductor (daN/m)	Diámetro del conductor (mm)	Presión del viento (daN/m²)	Vano anterior (m)	Vano posterior (m)	Desnivel anterior (m)	Desnivel posterior (m)
0,662	17,5	68,06	472	616	-26,58	-15,84

Sobrecarga del hielo (daN/m)	Tensión -5ºC anterior (daN)	Tensión máxima del hielo posterior (daN)	Peso de la cadena (daN/m)	Número de cadenas
1,415	1344,35	2451,13	40,543	2

Calculamos el esfuerzo vertical, que coincidirá con la 2ª Hipótesis de hielo, al pasar el apoyo de zona B a zona A:

$$V = 1{,}415 \cdot \frac{472}{2} + 2451{,}13 \cdot \frac{-26{,}58}{472} + 0.662 \cdot \frac{616}{2} - 1344{,}35 \cdot \frac{-15{,}84}{616} + 40{,}543 \cdot 2 = 515{,}55\ daN$$

El esfuerzo transversal será 0.

Y el esfuerzo longitudinal, al encontrase el apoyo entre la zona B, con tensión de hielo de 2451,13 daN y la zona A, con tensión de viento de 2459,78 daN, se tomará la tensión máxima, que en este caso es la de la zona A:

$$L = 0{,}5 \cdot 2459{,}78 = 1229{,}89\ daN$$

3.4.2.4. *4ª Hipótesis rotura de conductores*

El esfuerzo vertical será el mismo que para la 3ª Hipótesis y el esfuerzo transversal no aplica.

Según fija la ITC-LAT 07 en el apartado 3.1.5.4 será la correspondiente a la rotura de un conductor sin reducción de esfuerzo. Por tanto la expresión de cálculo quedará:

$$L = T_{H1\ o\ V2}$$

En donde:

- L: Esfuerzo longitudinal producido por el desequilibrio de tracciones (daN)
- $T_{H1/V2}$: Seleccionar la componente horizontal máxima entre la de hielo anterior de la zona B y la de viento posterior de la zona A (daN)

✓ ***EJEMPLO:***

El apoyo de alineación-anclaje a utilizar será el nº 45, que pasa de zona B a zona A y necesitaremos para el cálculo:

Peso del conductor (daN/m)	Diámetro del conductor (mm)	Presión del viento (daN/m²)	Vano anterior (m)	Vano posterior (m)	Desnivel anterior (m)	Desnivel posterior (m)
0,662	17,5	68,06	472	616	-26,58	-15,84

Sobrecarga del hielo (daN/m)	Tensión -5ºC anterior (daN)	Tensión máxima del hielo posterior (daN)	Peso de la cadena (daN/m)	Número de cadenas
1,415	1344,35	2451,13	40,543	2

Calculamos el esfuerzo vertical, que coincidirá con la 2ª Hipótesis de hielo y la 3ª Hipótesis de desequilibrio de tracciones, al pasar el apoyo de zona B a zona A:

$$V = 1{,}415 \cdot \frac{472}{2} + 2451{,}13 \cdot \frac{-26{,}58}{472} + 0.662 \cdot \frac{616}{2} - 1344{,}35 \cdot \frac{-15{,}84}{616} + 40{,}543 \cdot 2 = 515{,}55\ daN$$

El esfuerzo transversal será 0.

Y el esfuerzo longitudinal, al encontrase el apoyo entre la zona B, con tensión de hielo de 2451,13 daN y la zona A, con tensión de viento de 2459,78 daN, se tomará la tensión máxima, que en este caso es la de la zona A:

$$L = 1 \cdot 2459{,}78 = 2459{,}78\ daN$$

En el anexo de cálculos, se ilustran los resultados de cálculo para la presente línea, que definen el árbol de cargas específicas, resultantes de las condiciones de trabajo de cada uno de los apoyos utilizados en este proyecto, de los cuales la empresa fabricante suministradora, ha de certificar y garantizar que sus productos elegidos a tal efecto han de cumplir con dichas especificaciones.

3.5. Cálculos de las cimentaciones de los apoyos

3.5.1. Cimentaciones monobloque

Se adopta como forma para el cimiento del apoyo un prisma de sección cuadrada, situado sobre una solera de grava, con un espesor de 20 cm por encima del nivel del terreno, de forma que sirva de protección para el apoyo, con el fin de evitar el contacto del metal de apoyo con el terreno y así evitar su oxidación. Por otra parte se establece un ángulo de giro máximo para el cimiento definido por su tangente de 0,01.

Sobre el apoyo se producen dos momentos flectores que debe soportar el macizo de cimentación que sustenta al apoyo. En primer lugar se produce el momento flector debido a la acción del tiro de conductores y que se calculará mediante la siguiente expresión:

$$M_{VC} = E_{cond} \cdot \left(H_{RC} + \frac{2}{3} \cdot h\right)$$

En donde:

- M_{VC}: Momento de vuelco debido a la acción del tiro de conductores (daNm)
- E_{cond}: Esfuerzo transversal más longitudinal producido por los conductores (daN)
- H_{RC}: Altura del punto de aplicación del esfuerzo del conductor (m)
- h: Altura del macizo de cimentación (m)

Pero antes debemos de hallar el esfuerzo de los conductores en el apoyo, con la siguiente expresión:

$$E_{cond} = n_{fase} \cdot E_{fase} + n_{tierra} \cdot E_{tierra}$$

En donde:

- E_{cond}: Esfuerzo transversal más longitudinal producido por los conductores (daN)

- n_{fase}: Número de conductores de fase
- E_{fase}: Esfuerzo máximo al que se someten los conductores de fase (daN)
- n_{tierra}: Número de conductores de tierra
- E_{tierra}: Esfuerzo máximo al que se someten los conductores de tierra (daN)

El segundo momento de vuelco que actúa sobre el apoyo es el debido a la acción del viento sobre la superficie del apoyo, que se calculará con la ecuación:

$$M_{VV} = E_{Vapoyo} \cdot \left(\frac{H_T}{2} + \frac{2}{3} \cdot h\right)$$

En donde:

- M_{VV}: Momento de vuelco debido a la acción del viento sobre la superficie del apoyo (daNm)
- E_{Vapoyo}: Esfuerzo producido por el viento sobre la superficie expuesta del apoyo (daN)
- H_T: Altura de la silueta del apoyo expuesta al viento (m)
- h: Altura del macizo de cimentación (m)

El esfuerzo de viento sobre el apoyo se puede obtener de dos formas:

- Valor obtenido de la geometría de la superficie expuesta al viento del apoyo
- Valor obtenido por el fabricante del apoyo

Para el cálculo de la cimentación se utiliza el método utilizado por la asociación de ingenieros suizos, el método se basa en la ecuación de Sulzberger. Según la ITC-LAT 07 apartado 3.6.1 del Reglamento, se fija un coeficiente de seguridad para las hipótesis normales de 1,5.

$$M_{VC} + M_{VV} \leq \frac{M_{ABS}}{1{,}5}$$

En donde:

- M_{VC}: Momento de vuelco debido a la acción del tiro de conductores (daNm)
- M_{VV}: Momento del vuelco debido a la acción del viento sobre la superficie del apoyo (daNm)
- M_{ABS}: Momento estabilizador absorbido por la cimentación (daNm)

El momento estabilizador del cimiento está formado por dos componentes, el primero es el debido al empotramiento lateral del macizo en el terreno y el segundo es el que ofrece la reacción del terreno debido al peso del macizo de cimentación, apoyos, cables y cadenas de aisladores con sus herrajes correspondientes. Estos dos momentos dan lugar al momento estabilizador de la cimentación según la ecuación de Sulzberger.

$$M_{ABS} = 139 \cdot C_2 \cdot a \cdot h^4 + a^3 \cdot (h + s) \cdot R_H \cdot \left(0{,}5 - \frac{2}{3} \cdot \sqrt{\frac{1{,}1 \cdot h}{10 \cdot a \cdot C_2}} \right)$$

En donde:

- M_{ABS}: Momento estabilizador absorbido por la cimentación (daNm)
- C_2: Coeficiente de compresibilidad del terreno (daN/m^3)
- a: Anchura del cimiento (m)
- h: Profundidad del cimiento (m)
- s: Altura de la solera de la base del apoyo (m)
- R_H: Densidad del hormigón (daN/m^3)

Como ya hemos explicado anteriormente, el momento estabilizador al dividirse por el coeficiente de seguridad deberá de ser mayor o igual a la suma de los momentos de vuelco de conductores y del momento de vuelco del viento. Ésta desigualdad se puede ajustar modificando el volumen de la cimentación, con el fin de reducir el coste en la cimentación, pero a su vez sin dejar a un lado la seguridad de la cimentación, para no poner en peligro el vuelco del apoyo y causar accidentes en un futuro.

✓ ***EJEMPLO:***

Se tomará como ejemplo el apoyo nº 2. Una vez elegido el apoyo mediante el catálogo, se calculará la cimentación con los datos obtenidos por el fabricante.

Datos de partida:

Altura sobre el perfil (m)	Longitud cadena (m)
17	1,972

Tomaremos la altura del perfil del apoyo como dato de partida para hallar la cimentación, siendo la altura del perfil de 17 m tomaremos el apoyo siguiente normalizado en catálogo, que será de 18 m.

A continuación comprobaremos si cumple la altura de perfil establecida. Según el fabricante, el apoyo elegido tiene una altura de fuste de 20,67 m, con una cimentación cuadrada de 1,89 m de lado y 3,03 m de profundidad. Siendo la solera de la base del apoyo de 20 cm y al tener el apoyo una cadena de suspensión de longitud 1,972 m, tendremos una altura libre del perfil de:

$$H_{P\ calulada} = 20{,}67 - 3{,}03 + 0{,}2 - 1{,}972 = 15{,}87\ m$$

Como se puede comprobar la altura libre del perfil obtenida de 15,87 m es menor que los 17 m establecidos, por lo tanto debemos de irnos al siguiente apoyo normalizado, que será de 21 m.

Éste nuevo apoyo tiene una altura de fuste de 23,73 m y una cimentación de 2 m de lado y 3,10 m de profundidad, por lo que la altura del perfil libre calculada es:

$$H_{P\ calculada} = 23{,}73 - 3{,}10 + 0{,}2 - 1{,}972 = 18{,}86\ m$$

La altura de perfil obtenida de 18,86 m es superior a los 17 m establecidos, por lo que nos quedaremos con los datos de la cimentación del apoyo de 21 m.

Una vez visto que el apoyo cumple con la altura del perfil, debemos de comprobar si cumple la cimentación con las medidas dadas por el fabricante, en caso contrario se ampliara la cimentación.

Necesitaremos para el cálculo:

Número conductores de fase	Número conductores de tierra	Esfuerzo conductor de fase (daN)	Esfuerzo conductor de tierra (daN)
6	1	580	448

Al ser un apoyo de alineación-suspensión solo el esfuerzo de los conductores será transversal, ya que el esfuerzo longitudinal no existe. Empezaremos a obtener el esfuerzo total de los conductores en el apoyo:

$$E_{cond} = 6 \cdot 580 + 1 \cdot 448 = 3928\ daN$$

La altura de la resultante de conductores en los apoyos de doble circuito es:

$$H_{RC} = 17 + 4 = 21\ m$$

Entonces el momento de vuelco de conductores será:

$$M_{VC} = 3928 \cdot \left(21 + \frac{2}{3} \cdot 3{,}10\right) = 90606\ daNm$$

Para el momento de vuelco por viento debemos obtener el esfuerzo del viento en el apoyo, como se ha comentado anteriormente se puede obtener mediante la geometría del apoyo o como dato proporcionado por el fabricante. En nuestro caso el dato lo obtenemos por el fabricante, siendo de 1553 daNm.

Por lo que tenemos un momento de vuelco por viento en el apoyo de:

$$M_{VV} = 1553 \cdot \left(\frac{23{,}73}{2} + \frac{2}{3} \cdot 3{,}10\right) = 21636\ daNm$$

A continuación se debe obtener el momento de absorción del terreno, que al dividirlo por un coeficiente de seguridad de 1,5, deberá ser igual o mayor que las suma de los momentos de vuelco de los conductores y del viento, verificando que el terreno pueda mantener el apoyo en pie, evitando que vuelque.

Necesitaremos para el cálculo:

Coeficiente de compresibilidad del terreno (daN/m²)	Lado (m)	Profundidad (m)	Solera (m)	Densidad del hormigón (daN/m³)
8	2,00	3,10	0,20	2158,2

Tendremos un momento de absorción del terreno de:

$$M_{ABS} = 139 \cdot 8 \cdot 2 \cdot 3{,}1^4 + 2^3 \cdot (3{,}1 + 0{,}2) \cdot 2158{,}2 \cdot \left(0{,}5 - \frac{2}{3} \cdot \sqrt{\frac{1{,}1 \cdot 3{,}1}{10 \cdot 2 \cdot 8}}\right) = 228334\ daNm$$

Por último nos quedará comprobar la cimentación:

$$90606 + 21636 = 112242\ daNm \leq \frac{228334}{1{,}5} = 152223\ daNm$$

Viendo el resultados concluimos que la cimentación CUMPLE.

3.5.2. Cimentaciones fraccionadas

Las cimentaciones de estos apoyos serán de tipo cuadrada sin cueva, fraccionadas en cuatro bloques independientes.

En las cimentaciones de patas separadas se confía la estabilidad de las mismas y las reacciones verticales del terreno. Por dicho motivo las cimentaciones están diseñadas para absorber las cargas de compresión y arranque que el apoyo transmite al terreno. El cálculo de dichas cargas está basado en el método del talud natural o ángulo de arrastre de tierras.

Recordar que las fórmulas que se utilizarán a continuación son para cimentaciones cuadradas sin cueva.

3.5.2.1. *Comprobación al arranque*

En este caso, los esfuerzos que actúan sobre las dos patas que están trabajando a flexión, intentan arrancar el macizo del terreno, pero existen unos elementos que se oponen al arranque, que son los siguientes:

- *Peso del propio macizo de cimentación:* Al tratarse de una cimentación cuadrada sin cueva la expresión a utilizar es:

$$P_M = (a^2 \cdot (h + s) + V_{VA}) \cdot P_H$$

En donde:

- P_M: Peso del macizo (daN)
- a: Anchura del cimiento (m)
- h: Profundidad del cimiento (m)
- s: Altura de la solera de la base de la pata (m)
- P_H: Peso del hormigón (daN/m^3)
- V_{VA}: Volumen del vierte aguas (m^3), se calculará:

$$V_{VA} = \frac{a^3 \cdot H_{VA}}{3}$$

En donde:

- V_{VA}: Volumen del vierte aguas (m^3)
- a: Anchura del cimiento (m)
- H_{VA}: Altura del vierte aguas (m)

- *Volumen de arrastre de las tierras:* Al tratarse de una cimentación cuadrada sin cueva la expresión a utilizar es:

$$V_T = \left[\frac{(C^2 + a^2 + C + a) \cdot h}{3} - a^2 \cdot h - V_{INTER}\right] \cdot \frac{\delta_T}{3}$$

En donde:

- V_T: Volumen de tierras (daN)
- C: Longitud de arrastre de las tierras (m)
- a: Anchura del cimiento (m)
- h: Profundidad del cimiento (m)
- s: Altura de la solera de la base de la pata (m)
- δ_T: Densidad de la tierra (daN/m^3)
- V_{INTER}: Volumen de interferencia (daN)

La longitud de arrastre de las tierras será:

$$C = a + 2 \cdot h \cdot \tan \sigma$$

En donde:

- C: Longitud de arrastre de las tierras (m)
- a: Anchura del cimiento (m)
- h: Profundidad del cimiento (m)
- σ: Ángulo de arrastre o talud natural de las tierras (º)

El volumen de interferencia es el volumen de solaparse las excavaciones de las zapatas del apoyo. Hay que tenerlo en cuenta ya que si existiera, las cimentaciones de las patas se unirían en un solo bloque de cimentación. Para averiguar si existe interferencia se deberá cumplir:

$$R > \frac{D_{base}}{2}$$

En donde:

- R: Longitud de arrastre de las tierras para el volumen de interferencia (m)
- D_{base}: Separación entre montantes en la base del apoyo (m)

El valor de R será:

$$R = \frac{a}{2} + h \cdot \tan \sigma$$

En donde:

- R: Longitud de arrastre de las tierras para el volumen de interferencia (m)
- a: Anchura del cimiento (m)
- h: Profundidad del cimiento (m)
- σ: Ángulo de arrastre o talud natural de las tierras (º)

En el caso de existir interferencia, el volumen de ésta se obtendrá a partir de:

$$V_{INTER} = \frac{\frac{D_{base}}{2} \cdot \left(R - \frac{D_{base}}{2}\right)^2 + \frac{2}{3} \cdot \left(R - \frac{D_{base}}{2}\right)^2}{\tan \sigma}$$

En donde:

- V_{INTER}: Volumen de interferencia (daN)

- D_{base}: Separación entre montantes en la base del apoyo (m)
- R: Longitud de arrastre de las tierras para el volumen de interferencia (m)
- σ: Ángulo de arrastre o talud natural de las tierras (º)

- *Rozamiento de las tierras:* Al tratarse de una cimentación cuadrada sin cueva la expresión a utilizar es:

$$R_T = \delta_T \cdot a \cdot h^2 \cdot 4 \cdot \tan\left(\frac{\gamma}{2}\right)$$

En donde:

- R_T: Rozamiento de las tierras (daN)
- δ_T: Densidad de las tierras (daN/m^3)
- a: Anchura del cimiento (m)
- h: Profundidad del cimiento (m)
- γ: Ángulo de rozamientos de las tierras (º)

Una vez obtenido todos estos parámetros, se calculará el coeficiente de seguridad a flexión, con el cual verificaremos que la elección de la cimentación ha sido correcta que tendrá que ser de valor igual o superior a 1,5:

$$C_{sf} = \frac{P_M + V_T + R_T + \frac{P_A}{4}}{\frac{\frac{E_{cond}}{2} + H_{RC}}{D_{base}}} \geq 1{,}5$$

En donde:

- C_{sf}: Coeficiente de seguridad a flexión
- P_M: Peso del macizo de hormigón (daN)
- V_T: Volumen de las tierras (daN)
- R_T: Rozamiento de las tierras (daN)
- P_A: Peso del apoyo (daN)
- H_{RC}: Altura de la resultante de conductores (m)
- D_{base}: Separación entre montantes en la base del apoyo (m)
- E_{cond}: Esfuerzo de los conductores (daN)

Se recuerda que el esfuerzo de los conductores de calculará como se ha explicado anteriormente:

$$E_{cond} = n_{fase} \cdot E_{fase} + n_{tierra} \cdot E_{tierra}$$

En donde:

- E_{cond}: Esfuerzo transversal más longitudinal producido por los conductores (daN)
- n_{fase}: Número de conductores de fase
- E_{fase}: Esfuerzo máximo al que se someten los conductores de fase (daN)
- n_{tierra}: Número de conductores de tierra
- E_{tierra}: Esfuerzo máximo al que se someten los conductores de tierra (daN)

En el caso de obtener un coeficiente de seguridad a flexión menor, significa que la cimentación escogida no aguantará el momento de arranque y por lo tanto habrá que seleccionar una cimentación mayor.

✓ ***EJEMPLO:***

Se tomará como ejemplo el apoyo nº 5, de alineación-suspensión. Una vez elegido el apoyo mediante el catálogo, se calculará la cimentación con los datos obtenidos por el fabricante.

Al igual que en la cimentación monobloque, se partirá de la altura del perfil para elegir el apoyo y la cimentación, en nuestro caso la altura del apoyo obtenido es de 35 m, el cual cumple con la altura del perfil de 30 m.

Necesitaremos para el cálculo:

Peso del apoyo (daN)	Altura del perfil (m)	Separación de conductores (m)	Resultante de conductores (m)	Lado (m)	Profundidad (m)	Solera (m)
5302	30	5	35	1,35	2,35	0,20

Distancia entre montantes (m)	Altura del vierteaguas (m)	Densidad del hormigón (daN/m³)	Densidad de las tierras (daN/m³)	Ángulo de arrastre de las tierras (º)	Ángulo de rozamiento de las tierras (º)
5,83	0,25	2158,2	1569,6	20	45

Obtenemos el volumen del vierte aguas:

$$V_{VA} = \frac{1{,}35^3 \cdot 0{,}25}{3} = 0{,}21\ m^3$$

Siendo el peso del macizo:

$$P_M = (1{,}35^2 \cdot (2{,}35 + 0{,}2) + 0{,}21) \cdot 2158{,}2 = 10472{,}46\ daN$$

El siguiente paso es comprobar si existe interferencia entre las patas de la cimentación, para ello calculamos la longitud de arrastre de las tierras de interferencia:

$$R = \frac{1{,}35}{2} + 2{,}35 \cdot \tan(20) = 3{,}025\ m$$

Comprobando que:

$$3{,}025\ m > \frac{5{,}83}{2} = 2{,}915\ m$$

Podemos concluir por tanto que no existe interferencia entre las patas.

A continuación se hallará la dimensión de arrastre de las tierras:

$$C = 1{,}35 + 2 \cdot 2{,}35 \cdot \tan(20) = 3{,}06\ m$$

Siendo el volumen de las tierras:

$$V_T = \left[\frac{(3{,}06^2 + 1{,}35^2 + 3{,}06 + 1{,}35) \cdot 2{,}35}{3} - 1{,}35^2 \cdot 2{,}35\right] \cdot \frac{1569{,}6}{3} = 4038{,}78\ daN$$

Ahora obtenemos el rozamiento de las tierras:

$$R_T = 1569{,}6 \cdot 1{,}35 \cdot 2{,}35^2 \cdot 4 \cdot \tan\left(\frac{45}{2}\right) = 19388{,}44\ daN$$

El esfuerzo de los conductores se calculará igual que en el caso de la cimentación monobloque, obteniendo el valor de 7460 daN.

Utilizando todos los datos anteriores, obtenemos el coeficiente de seguridad a flexión:

$$C_{sf} = \frac{10472{,}46 + 4038{,}78 + 19388{,}44 + \frac{5302}{4}}{\frac{\frac{7460}{2} + 35}{5{,}83}} = 1{,}57 \geq 1{,}5$$

Viendo el resultado obtenido, la cimentación fraccionada CUMPLE a flexión.

3.5.2.2. Comprobación a compresión

Habrá que comprobar que el coeficiente de comprensibilidad del terreno es superior al coeficiente de compresión de la cimentación. En este caso intentan comprimir el terreno los siguientes factores:

- *Peso del apoyo*

- *Peso del propio macizo de cimentación:* Al tratarse de una cimentación cuadrada sin cueva la expresión a utilizar es, se calculará igual que se ha explicado anteriormente en la comprobación al arranque:

$$P_M = (a^2 \cdot (h + s) + V_{VA}) \cdot P_H$$

En donde:

- P_M: Peso del macizo (daN)
- a: Anchura del cimiento (m)
- h: Profundidad del cimiento (m)
- s: Altura de la solera de la base de la pata (m)
- P_H: Peso del hormigón (daN/m^3)
- V_{VA}: Volumen del vierte aguas (m^3), se calculará:

$$V_{VA} = \frac{a^3 \cdot H_{VA}}{3}$$

En donde:

- V_{VA}: Volumen del vierte aguas (m^3)
- a: Anchura del cimiento (m)
- H_{VA}: Altura del vierte aguas (m)

Por tanto, el coeficiente de seguridad a compresión de la cimentación valdrá:

$$C_{sc} = \left[\frac{P_M + \frac{P_A}{4} + \frac{\frac{E_{cond}}{2} + H_{RC}}{D_{base}}}{S_{base}} \right] \cdot 10^{-4} \leq C_2$$

En donde:

- C_{sc}: Coeficiente de seguridad a compresión (daN/cm^2)
- P_M: Peso del macizo de hormigón (daN)
- P_A: Peso del apoyo (daN)
- H_{RC}: Altura de la resultante de conductores (m)
- D_{base}: Separación entre montantes en la base del apoyo (m)

- C_2: Coeficiente de comprensibilidad del terreno (daN/cm^2)
- S_{base}: Superficie de la base del hormigón (m^2)
- E_{cond}: Esfuerzo de los conductores (daN)

Se recuerda que el esfuerzo de los conductores de calculará como se ha explicado anteriormente:

$$E_{cond} = n_{fase} \cdot E_{fase} + n_{tierra} \cdot E_{tierra}$$

En donde:

- E_{cond}: Esfuerzo transversal más longitudinal producido por los conductores (daN)
- n_{fase}: Número de conductores de fase
- E_{fase}: Esfuerzo máximo al que se someten los conductores de fase (daN)
- n_{tierra}: Número de conductores de tierra
- E_{tierra}: Esfuerzo máximo al que se someten los conductores de tierra (daN)

✓ ***EJEMPLO:***

Seguiremos con el apoyo nº 5, de alineación-suspensión, para comprobar que la cimentación cumple a compresión.

Necesitaremos para el cálculo:

Peso del apoyo (daN)	Lado (m)	Profundidad (m)	Solera (m)	Distancia entre montantes (m)	Coeficiente de compresibilidad del terreno (daN/cm^2)
5302	1,35	2,35	0,20	5,83	2

El peso del macizo es el mismo que el calculado anteriormente, 10472,76 daN, al igual que el esfuerzo de los conductores, 7460 daN.

Por lo tanto el coeficiente de seguridad a compresión es:

$$C_{sc} = \left[\frac{10472{,}76 + \frac{5302}{4} + \frac{\frac{7460}{2} + 35}{5{,}83}}{(1{,}35 \cdot 1{,}35)} \right] \cdot 10^{-4} = 1{,}88\ daN/cm^2 \leq 2\ daN/cm^2$$

Viendo el resultado obtenido, la cimentación fraccionada CUMPLE a compresión.

3.6. Cálculos de las tierras en los apoyos

3.6.1. Descripción

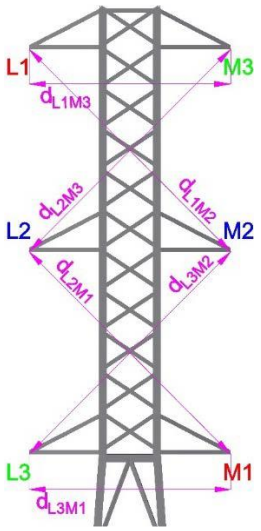
Para el cálculo de las tierras en los apoyos se ha optado por una configuración de cadena infinita entre dos subestaciones y por tanto es necesario, además de conocer las impedancias de la línea, conocer las impedancias de cada subestación.

Nuestros apoyos son de doble circuito con un hilo de tierra y tendrán derivación a tierra todos los apoyos frecuentados.

3.6.2. Cálculo de las distancias entre los conductores

3.6.2.1. Distancias entre los conductores de fase

En primer lugar, calcularemos las diferentes distancias entre los conductores de fase que necesitaremos para el cálculo de impedancias. En la siguiente imagen se muestran dichas distancias:



Fuente: Tema de cálculo de la puesta a tierra en apoyos

Por trigonometría obtendremos las siguientes expresiones:

$$d_{L1M1} = d_{L3M3} = \sqrt{(2 \cdot s_c)^2 + (2 \cdot l_c)^2}$$

$$d_{L1M2} = d_{L2M1} = d_{L2M3} = d_{L3M2} = \sqrt{{s_c}^2 + (2 \cdot l_c)^2}$$

$$d_{L1M3} = d_{L2M2} = d_{L3M1} = 2 \cdot l_c$$

En donde:

- d_{L1M1}: Distancia entre el conductor 1 del circuito 1 y el conductor 1 del circuito 2 (m)
- d_{L1M2}: Distancia entre el conductor 1 del circuito 1 y el conductor 2 del circuito 2 (m)
- d_{L1M3}: Distancia entre el conductor 1 del circuito 1 y el conductor 3 del circuito 2 (m)
- d_{L2M1}: Distancia entre el conductor 2 del circuito 1 y el conductor 1 del circuito 2 (m)
- d_{L2M2}: Distancia entre el conductor 2 del circuito 1 y el conductor 2 del circuito 2 (m)
- d_{L2M3}: Distancia entre el conductor 2 del circuito 1 y el conductor 3 del circuito 2 (m)
- d_{L3M1}: Distancia entre el conductor 3 del circuito 1 y el conductor 1 del circuito 2 (m)
- d_{L3M2}: Distancia entre el conductor 3 del circuito 1 y el conductor 2 del circuito 2 (m)
- d_{L3M3}: Distancia entre el conductor 3 del circuito 1 y el conductor 3 del circuito 2 (m)
- s_c: Separación de conductores de fase (m)
- l_c: Longitud de la cruceta (m)

3.6.2.2. Distancia media geométrica entre los conductores de fase

La distancia media geométrica coincidirá con la calculada en la elección del conductor, adaptado a las diferentes longitudes de separación de fases y cruceta. Al tratarse de do circuitos simétricos con respecto a un eje utilizaremos:

$$d_{mL1M1} = \sqrt[3]{d_{L1M1} \cdot d_{L2M2} \cdot d_{L3M3}}$$

$$d_{mL1M2} = \sqrt[3]{d_{L1M2} \cdot d_{L1M3} \cdot d_{L2M3}}$$

En donde:

- d_{mL1M1}: Distancia media geométrica entre los conductores de fase del circuito 1 y 2 (m)
- d_{mL1M2}: Distancia media geométrica entre los conductores de fase del circuito 1 y 2 (m)
- d_{L1M1}: Distancia entre el conductor 1 del circuito 1 y el conductor 1 del circuito 2 (m)
- d_{L2M2}: Distancia entre el conductor 2 del circuito 1 y el conductor 2 del circuito 2 (m)
- d_{L3M3}: Distancia entre el conductor 3 del circuito 1 y el conductor 3 del circuito 2 (m)
- d_{L1M2}: Distancia entre el conductor 1 del circuito 1 y el conductor 2 del circuito 2 (m)
- d_{L1M3}: Distancia entre el conductor 1 del circuito 1 y el conductor 3 del circuito 2 (m)
- d_{L2M3}: Distancia entre el conductor 2 del circuito 1 y el conductor 3 del circuito 2 (m)

✓ ***EJEMPLO:***

Utilizaremos el apoyo nº 1, principio de línea, para hallar las distancias entre las fases.

Necesitaremos para el cálculo:

Separación de fases (m)	Longitud de la cruceta (m)
3,30	3,20

Hallamos las distancias entre los conductores:

$$d_{L1M1} = d_{L3M3} = \sqrt{(2 \cdot 3{,}3)^2 + (2 \cdot 3{,}2)^2} = 9{,}19\ m$$

$$d_{L1M2} = d_{L2M1} = d_{L2M3} = d_{L3M2} = \sqrt{3{,}3^2 + (2 \cdot 3{,}2)^2} = 7{,}20\ m$$

$$d_{L1M3} = d_{L2M2} = d_{L3M1} = 2 \cdot 3{,}2 = 6{,}40\ m$$

Y las distancias medias geométricas:

$$d_{mL1M1} = \sqrt[3]{9{,}19 \cdot 6{,}40 \cdot 9{,}19} = 8{,}15\ m$$

$$d_{mL1M2} = \sqrt[3]{7{,}20 \cdot 6{,}40 \cdot 7{,}20} = 6{,}92\ m$$

3.6.3. Cálculo de la resistencia y reactancia de la línea

3.6.3.1. Resistencia

Las resistencias de los conductores se pueden obtener a partir de la norma UNE EN 50182, de publicaciones como libros de texto o de catálogos de fabricantes.

También lo podemos obtener utilizando la siguiente expresión:

$$R'_L = \frac{\rho}{q_n}$$

En donde:

- R'_L: Resistencia kilométrica del conductor de fase (Ω/km)
- ρ: Resistividad del material ($\Omega m^2/m$)
- q_n: Sección nominal transversal del conductor de fase (m^2)

La resistencia obtenida es para una temperatura de referencia de 20ºC, en el caso de tener distinta temperatura, aplicaremos:

$$R'_L = [1 + \alpha(\theta_c - 20)] \cdot R'_{L20}$$

En donde:

- R'_L: Resistencia kilométrica del conductor de fase (Ω/km)
- α: Coeficiente de variación de la resistencia con la temperatura ($ºC^{-1}$)
- θ_c: Temperatura final del conductor de fase (ºC)
- R'_{L20}: Resistencia kilométrica del conductor de fase a 20ºC (Ω/km)

3.6.3.2. Reactancia

Al igual que la resistencia, la reactancia puede obtenerse a partir de lo expuesto en el apartado 3.4 de la norma UNE EN 60909-0, según:

$$X'_L = \omega \cdot \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \left[\frac{1}{4 \cdot n_{cond}} + \ln\left(\frac{DMG}{r_{eq}}\right)\right]$$

En donde:

- X'_L: Reactancia kilométrica del conductor de fase (Ω/km)
- ω: Pulsación de la corriente eléctrica (rad/s)
- μ_0: Permeabilidad absoluta del vacío, con valor $4\pi*10^{-4}$ H/km
- n_{cond}: Número de conductores por fase
- DMG: Distancia media geométrica entre los conductores de fase (m)
- r_{eq}: Radio equivalente del conductor de fase (m)

✓ ***EJEMPLO:***

Utilizaremos el apoyo nº 1, principio de línea y necesitaremos para el cálculo:

Pulsación de la corriente eléctrica (rad/s)	Permeabilidad absoluta del vacío (H/km)	Número de conductores por fase	Distancia media geométrica (m)	Radio equivalente (m)
314,16	4πE-04	1	4,16	0,0088

Por lo que la reactancia es:

$$X'_L = 314{,}16 \cdot \frac{4\pi \cdot 10^{-4}}{2\pi} \cdot \left[\frac{1}{4 \cdot 1} + \ln\left(\frac{4{,}16}{0{,}0088}\right)\right] = 0{,}3927\ \Omega/km$$

3.6.4. Cálculo de la impedancia de cortocircuito de la línea

El apartado 3.4 de la norma UNE EN 60909-0 determina el valor de la impedancia de secuencia directa e inversa a partir de la ecuación:

$$Z_L = R_L + jX_L$$

En donde:

- Z_L: Impedancia del conductor de fase (Ω)
- R_L: Resistencia del conductor de fase (Ω)
- X_L: Reactancia del conductor de fase (Ω)

3.6.4.1. Impedancia de cortocircuito de secuencia directa

Al tratarse de una línea de doble circuito, utilizaremos la siguiente expresión:

$$Z'_{(1)} = \frac{R'_L}{n_{cond}} + j\omega \cdot \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \left[\frac{1}{4 \cdot n_{cond}} + \ln\left(\frac{DMG \cdot d_{mL1M2}}{r_{eq} \cdot d_{mL1M1}}\right)\right]$$

En donde:

- $Z'_{(1)}$: Impedancia kilométrica de cortocircuito de secuencia directa (Ω/km)
- R'_L: Resistencia kilométrica del conductor de fase (Ω/km)
- n_{cond}: Número de conductores por fase
- ω: Pulsación de la corriente eléctrica (rad/s)
- μ_0: Permeabilidad absoluta del vacío, con valor $4\pi*10^{-4}$ (H/km)
- DMG: Distancia media geométrica entre conductores de fase (m)
- r_{eq}: Radio equivalente del conductor de fase (m)
- d_{mL1M1}: Distancia media geométrica entre los conductores de fase del circuito 1 y 2 (m)
- d_{mL1M2}: Distancia media geométrica entre los conductores de fase del circuito 1 y 2 (m)

3.6.4.2. Impedancia de cortocircuito de secuencia inversa

Es de igual valor que la impedancia de cortocircuito de secuencia directa:

$$Z'_{(2)} = Z'_{(1)}$$

3.6.4.3. Impedancia de cortocircuito de secuencia homopolar

Como la línea es de doble circuito con un conductor de tierra, aplicaremos:

$$Z'_{(0)Q} = Z'_{(0)} + 3 \cdot Z'_{LME} - 6 \cdot \frac{Z'^{2}_{QLE}}{Z'_{QQE}}$$

En donde:

- $Z'_{(0)Q}$: Impedancia kilométrica de cortocircuito de secuencia homopolar para doble circuito con un conductor de tierra (Ω/km)
- $Z'_{(0)Q}$: Impedancia kilométrica de cortocircuito de secuencia homopolar de un circuito sin conductor de tierra (Ω/km)
- Z'_{LME}: Impedancia mutua entre los conductores de fase de ambos circuitos (Ω/km)
- Z'_{QLE}: Impedancia mutua entre el conductor de tierra y los conductores de fase (Ω/km)
- Z'_{QQE}: Impedancia propia del conductor de tierra (Ω/km)

Como podemos observar debemos calcular antes la impedancia kilométrica de cortocircuito de secuencia homopolar de un circuito sin conductor de tierra, para ello utilizamos:

$$Z'_{(0)} = \frac{R'_L}{n_{cond}} + 3\omega \cdot \frac{\mu_0}{8} + j\omega \cdot \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \left[\frac{1}{4 \cdot n_{cond}} + 3 \cdot \ln\left(\frac{\delta}{\sqrt[3]{r_{eq} \cdot DMG}}\right)\right]$$

En donde:

- $Z'_{(0)Q}$: Impedancia kilométrica de cortocircuito de secuencia homopolar de un circuito sin conductor de tierra (Ω/km)
- R'_L: Resistencia kilométrica del conductor de fase (Ω/km)
- n_{cond}: Número de conductores por fase
- ω: Pulsación de la corriente eléctrica (rad/s)
- μ_0: Permeabilidad absoluta del vacío, con valor $4\pi*10^{-4}$ (H/km)
- DMG: Distancia media geométrica entre conductores de fase (m)
- r_{eq}: Radio equivalente del conductor de fase (m)
- δ: Profundidad equivalente de penetración en tierra (m). Depende del tipo de suelo y se utilizará:

$$\delta = \frac{1{,}851}{\sqrt{\omega \cdot \frac{\mu_0}{\rho_T}}}$$

En donde:

- δ: Profundidad equivalente de penetración en tierra (m)
- ω: Pulsación de la corriente eléctrica (rad/s)
- μ_0: Permeabilidad absoluta del vacío, con valor $4\pi*10^{-7}$ (H/m)
- ρ_T: Resistividad del terreno ($\Omega m^2/m$)

Para el valor de Z'_{LME}, aplicaremos:

$$Z'_{LME} = \omega \cdot \frac{\mu_0}{8} + j\omega \cdot \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \ln\left(\frac{DMG}{d_{LM}}\right)$$

En donde:

- Z'_{LME}: Impedancia mutua entre los conductores de fase de ambos circuitos (Ω/km)
- ω: Pulsación de la corriente eléctrica (rad/s)
- μ_0: Permeabilidad absoluta del vacío, con valor $4\pi*10^{-4}$ (H/km)
- DMG: Distancia media geométrica entre conductores de fase (m)
- d_{LM}: Distancia media geométrica entre los conductores de fase de ambos circuitos (m) y se obtendrá de la siguiente expresión:

$$d_{LM} = \sqrt[3]{d_{mL1M1} \cdot {d_{mL1M2}}^2}$$

En donde:

- Distancia media geométrica entre los conductores de fase de ambos circuitos (m)
- d_{mL1M1}: Distancia media geométrica entre los conductores de fase del circuito 1 y 2 (m)
- d_{mL1M2}: Distancia media geométrica entre los conductores de fase del circuito 1 y 2 (m)

Para Z'_{QLE}, la expresión será:

$$Z'_{QLE} = \omega \cdot \frac{\mu_0}{8} + j\omega \cdot \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \ln\left(\frac{\delta}{d_{QL}}\right)$$

En donde:

- Z'_{QLE}: Impedancia mutua entre el conductor de tierra y los conductores de fase (Ω/km)
- ω: Pulsación de la corriente eléctrica (rad/s)
- μ_0: Permeabilidad absoluta del vacío, con valor $4\pi*10^{-4}$ (H/km)
- δ: Profundidad equivalente de penetración en tierra (m)
- d_{QL}: Distancia media geométrica entre el conductor de tierra y los conductores de fase (m) y se obtendrá de la siguiente expresión:

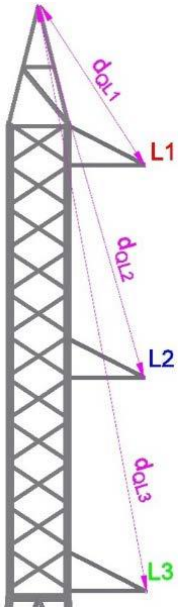
$$d_{QL} = \sqrt[3]{d_{QL1} \cdot d_{QL2} \cdot d_{QL3}}$$

En donde:

- d_{QL}: Distancia media geométrica entre el conductor de tierra y los conductores de fase (m)

- d_{QL1}: Distancia media geométrica entre el conductor de tierra y el conductor de fase 1 (m)
- d_{QL2}: Distancia media geométrica entre el conductor de tierra y el conductor de fase 2 (m)
- d_{QL3}: Distancia media geométrica entre el conductor de tierra y el conductor de fase 3 (m)

Dichas distancias se obtienen como se ilustra en la siguiente figura:



Fuente: Tema de cálculo de la puesta a tierra en apoyos

$$d_{QL1} = \sqrt{{l_c}^2 + {h_{cup}}^2}$$

$$d_{QL2} = \sqrt{{l_c}^2 + (s_c + h_{cup})^2}$$

$$d_{QL3} = \sqrt{{l_c}^2 + (2 \cdot s_c + h_{cup})^2}$$

En donde:

- d_{QL1}: Distancia media geométrica entre el conductor de tierra y el conductor de fase 1 (m)
- d_{QL2}: Distancia media geométrica entre el conductor de tierra y el conductor de fase 2 (m)
- d_{QL3}: Distancia media geométrica entre el conductor de tierra y el conductor de fase 3 (m)

- s_c: Separación de conductores de fase (m)
- l_c: Longitud de la cruceta (m)
- h_{cup}: Altura de la cúpula (m)

Y por último para Z'_{QQE} aplicaremos:

$$Z'_{QQE} = R'_Q + \omega \cdot \frac{\mu_0}{8} + j\omega \cdot \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \left[\frac{\mu_{rQ}}{4} + \ln\left(\frac{\delta}{r_q}\right)\right]$$

En donde:

- Z'_{QQE}: Impedancia propia del conductor de tierra (Ω/km)
- R'_Q: Resistencia kilométrica del conductor de tierra (Ω/km)
- ω: Pulsación de la corriente eléctrica (rad/s)
- μ_0: Permeabilidad absoluta del vacío, con valor $4\pi*10^{-4}$ (H/km)
- μ_{rQ}: Permeabilidad absoluta del material del conductor de tierra, con valor de 1 para conductores de aluminio-acero y 75 para conductores de acero (H/km)
- δ: Profundidad equivalente de penetración en tierra (m)
- r_q: Radio del conductor de tierra (m)

✓ ***EJEMPLO:***

Seguiremos con el apoyo nº1, principio de línea y necesitaremos para el cálculo:

Pulsación de la corriente eléctrica (rad/s)	Permeabilidad absoluta del vacío (H/km)	Número de conductores por fase	Distancia media geométrica (m)	d_{mL1M1} (m)	d_{mL1M2} (m)	Resistividad del terreno (Ωm²/m)
314,16	4πE-04	1	4,16	8,15	6,92	300

Separación fases (m)	Longitud cruceta (m)	Altura cúpula (m)	Radio equivalente conductor (m)		Resistencia kilométrica (Ω/km)	
			Fase	Tierra	Fase	Tierra
3,3	3,2	4,3	0,0088	0,0088	0,1962	0,0010

La impedancia de cortocircuito de secuencia directa es:

$$Z'_{(1)} = \frac{0{,}1962}{1} + j\ 314{,}16 \cdot \frac{4\pi \cdot 10^{-4}}{2\pi} \cdot \left[\frac{1}{4 \cdot 1} + \ln\left(\frac{4{,}16 \cdot 6{,}92}{0{,}0088 \cdot 8{,}15}\right)\right] = 0{,}1962 + j0{,}3927\ \Omega/km$$

La impedancia de cortocircuito de secuencia inversa es:

$$Z'_{(2)} = Z'_{(1)} = 0{,}1962 + j0{,}3927\ \Omega/km$$

Para la impedancia de cortocircuito de secuencia homopolar para una línea con un conductor de tierra, antes se deberá de calcular la de configuración de una línea sin conductor de tierra:

$$\delta = \frac{1{,}851}{\sqrt{314{,}16 \cdot \frac{4\pi \cdot 10^{-7}}{300}}} = 1613{,}57\ m$$

$$Z'_{(0)} = \frac{0{,}1962}{1} + 3 \cdot 314{,}16 \cdot \frac{4\pi \cdot 10^{-4}}{8} + j\ 314{,}16 \cdot \frac{4\pi \cdot 10^{-4}}{2\pi} \cdot \left[\frac{1}{4 \cdot 1} + 3 \cdot \ln\left(\frac{1613{,}57}{\sqrt[3]{0{,}0088 \cdot 4{,}16}}\right)\right] = 0{,}3442 + j\ 0{,}0051\ \Omega/km$$

A continuación se hallará todos los parámetros necesarios para calcular la impedancia homopolar:

$$d_{LM} = \sqrt[3]{8{,}15 \cdot 6{,}92^2} = 7{,}31\ m$$

$$Z'_{LME} = 314{,}16 \cdot \frac{4\pi \cdot 10^{-4}}{8} + j\ 314{,}16 \cdot \frac{4\pi \cdot 10^{-4}}{2\pi} \cdot \ln\left(\frac{4{,}16}{7{,}31}\right) = 0{,}0493 - j\ 0{,}0355\ \Omega/km$$

$$d_{QL1} = \sqrt{3{,}2^2 + 4{,}3^2} = 5{,}36\ m$$

$$d_{QL2} = \sqrt{3{,}2^2 + (3{,}3 + 4{,}3)^2} = 8{,}25\ m$$

$$d_{QL3} = \sqrt{3{,}2^2 + (2 \cdot 3{,}3 + 4{,}3)^2} = 11{,}36\ m$$

$$d_{QL} = \sqrt[3]{5{,}36 \cdot 8{,}25 \cdot 11{,}36} = 7{,}95\ m$$

$$Z'_{QLE} = 314{,}16 \cdot \frac{4\pi \cdot 10^{-4}}{8} + j\ 314{,}16 \cdot \frac{4\pi \cdot 10^{-4}}{2\pi} \cdot \ln\left(\frac{1613{,}57}{7{,}95}\right)$$
$$= 0{,}0493 + j\ 0{,}3338\ \Omega/km$$

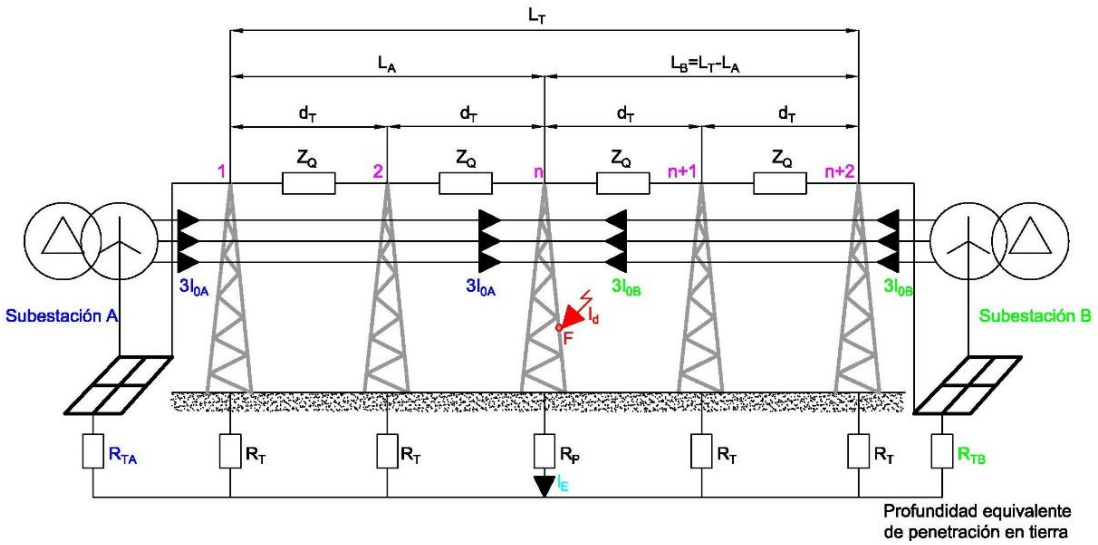
$$Z'_{QQE} = 0{,}001 + 314{,}16 \cdot \frac{4\pi \cdot 10^{-4}}{8} + j\ 314{,}16 \cdot \frac{4\pi \cdot 10^{-4}}{2\pi} \cdot \left[\frac{1}{4} + \ln\left(\frac{1613{,}57}{0{,}0088}\right)\right]$$
$$= 0{,}0503 + j\ 0{,}3435\ \Omega/km$$

Por tanto la impedancia de cortocircuito de secuencia homopolar para una línea de doble circuito con un solo conductor de tierra es:

$$Z'_{(0)Q} = (0{,}3442 + j\ 0{,}0051\ ) + 3 \cdot (0{,}0493 - j\ 0{,}0355) - 6 \cdot \frac{(0{,}0493 + j\ 0{,}3338)^2}{0{,}0503 + j\ 0{,}3435}$$
$$= 0{,}2021 - j\ 2{,}0479\ \Omega/km$$

3.6.5. Cálculo de la intensidad de defecto

El defecto fase-tierra en un punto de fallo F en un apoyo n de la línea entre dos subestaciones se muestra en la siguiente figura:



Fuente: Tema de cálculo de la puesta a tierra en apoyos

De acuerdo a la norma UNE EN 60909-0, la corriente de cortocircuito será:

$$I_d = \frac{3 \cdot \frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3}}}{\left|Z_{(1)} + Z_{(2)} + Z_{(0)}\right|}$$

En donde:

- I_d: Intensidad de defecto (kA)
- c: Coeficiente multiplicador de la tensión. El valor del coeficiente multiplicador de la tensión se obtendrá a partir de la tabla 1 de la norma UNE-EN 60909-0.
- U_n: Tensión nominal (kV)
- $Z_{(1)}$: Impedancia de cortocircuito de secuencia directa (Ω)
- $Z_{(2)}$: Impedancia de cortocircuito de secuencia inversa (Ω)
- $Z_{(0)}$: Impedancia de cortocircuito de secuencia homopolar (Ω)

Cabe recordar que las impedancias calculadas en el punto anterior están dadas por unidad de longitud, por lo tanto será necesario multiplicar por la distancia desde el principio de la línea al punto de fallo y desde el punto de fallo hasta el final de la línea para obtener la impedancia para poder realizar el equivalente con las de las subestaciones:

$$Z_{(1)} = \frac{\left(Z_{(1)A} + Z'_{(1)AF} \cdot L_{AF}\right) \cdot \left(Z_{(1)B} + Z'_{(1)BF} \cdot L_{BF}\right)}{\left(Z_{(1)A} + Z'_{(1)AF} \cdot L_{AF}\right) + \left(Z_{(1)B} + Z'_{(1)BF} \cdot L_{BF}\right)}$$

$$Z_{(2)} = \frac{\left(Z_{(2)A} + Z'_{(2)AF} \cdot L_{AF}\right) \cdot \left(Z_{(2)B} + Z'_{(2)BF} \cdot L_{BF}\right)}{\left(Z_{(2)A} + Z'_{(2)AF} \cdot L_{AF}\right) + \left(Z_{(2)B} + Z'_{(2)BF} \cdot L_{BF}\right)}$$

$$Z_{(0)} = \frac{\left(Z_{(0)A} + Z'_{(0)AF} \cdot L_{AF}\right) \cdot \left(Z_{(0)B} + Z'_{(0)BF} \cdot L_{BF}\right)}{\left(Z_{(0)A} + Z'_{(0)AF} \cdot L_{AF}\right) + \left(Z_{(0)B} + Z'_{(0)BF} \cdot L_{BF}\right)}$$

En donde:

- $Z_{(1)}$: Impedancia de cortocircuito de secuencia directa (Ω)
- $Z_{(1)A}$: Impedancia de secuencia directa de la subestación A (Ω)
- $Z'_{(1)AF}$: Impedancia kilométrica de cortocircuito de secuencia directa de la línea desde la subestación A al punto de fallo F(Ω/km)
- $Z_{(1)B}$: Impedancia de secuencia directa de la subestación B (Ω)
- $Z'_{(1)BF}$: Impedancia kilométrica de cortocircuito de secuencia directa de la línea desde la subestación B al punto de fallo F(Ω/km)
- $Z_{(2)}$: Impedancia de cortocircuito de secuencia inversa (Ω)
- $Z_{(2)A}$: Impedancia de secuencia inversa de la subestación A (Ω)
- $Z'_{(2)AF}$: Impedancia kilométrica de cortocircuito de secuencia inversa de la línea desde la subestación A al punto de fallo F(Ω/km)
- $Z_{(2)B}$: Impedancia de secuencia inversa de la subestación B (Ω)
- $Z'_{(2)BF}$: Impedancia kilométrica de cortocircuito de secuencia inversa de la línea desde la subestación B al punto de fallo F(Ω/km)

- $Z_{(0)}$: Impedancia de cortocircuito de secuencia homopolar (Ω)
- $Z_{(0)A}$: Impedancia de secuencia homopolar de la subestación A (Ω)
- $Z'_{(0)AF}$: Impedancia kilométrica de cortocircuito de secuencia homopolar de la línea desde la subestación A al punto de fallo F(Ω/km)
- $Z_{(0)B}$: Impedancia de secuencia homopolar de la subestación B (Ω)
- $Z'_{(0)BF}$: Impedancia kilométrica de cortocircuito de secuencia homopolar de la línea desde la subestación B al punto de fallo F(Ω/km)
- L_{AF}: Longitud de la línea desde la subestación A al punto de fallo F (km)
- L_{BF}: Longitud de la línea desde la subestación B al punto de fallo F (km)

✓ ***EJEMPLO:***

Seguiremos con el apoyo nº1, principio de línea y necesitaremos para el cálculo:

Subestación A			**Subestación B**		
$Z_{(1)A}$ (Ω)	**$Z_{(2)A}$ (Ω)**	**$Z_{(0)A}$ (Ω)**	**$Z_{(1)B}$ (Ω)**	**$Z_{(2)B}$ (Ω)**	**$Z_{(0)B}$ (Ω)**
0,174 + j 3,444	0,174 + j 3,444	2,008 + j 4,224	0,079 + j 7,298	0,079 + j 7,298	2,706 + j 3,254

$Z'_{(1)AF}$ (Ω/km)	**$Z'_{(2)AF}$ (Ω/km)**	**$Z'_{(0)AF}$ (Ω/km)**	**$Z'_{(1)BF}$ (Ω/km)**	**$Z'_{(2)BF}$ (Ω/km)**	**$Z'_{(0)BF}$ (Ω/km)**
0,1962 + j 0,3927	0,1962 + j 0,3927	0,3442 + j 0,0051	0,1962 + j 0,3927	0,1962 + j 0,3927	0,3442 + j 0,0051

L_{AF} (km)	**L_{BF} (km)**
0,0200	27,2452

Calcularemos las impedancias en parámetro de ohmios, obteniendo los resultados:

$$Z_{(1)} = \frac{[(0{,}174 + j\ 3{,}444) + (0{,}1962 + j\ 0{,}3927) \cdot 0{,}02] \cdot [(0{,}079 + j\ 7{,}298) + (0{,}1962 + j\ 0{,}3927) \cdot 27{,}2452]}{[(0{,}174 + j\ 3{,}444) + (0{,}1962 + j\ 0{,}3927) \cdot 0{,}02] + [(0{,}079 + j\ 7{,}298) + (0{,}1962 + j\ 0{,}3927) \cdot 27{,}2452]}$$

$$= 0{,}2598 + j\ 2{,}9192\ \Omega$$

$$Z_{(2)} = \\ = \frac{[(0{,}174 + j\ 3{,}444) + (0{,}1962 + j\ 0{,}3927) \cdot 0{,}02] \cdot [(0{,}079 + j\ 7{,}298) + (0{,}1962 + j\ 0{,}3927) \cdot 27{,}2452]}{[(0{,}174 + j\ 3{,}444) + (0{,}1962 + j\ 0{,}3927) \cdot 0{,}02] + [(0{,}079 + j\ 7{,}298) + (0{,}1962 + j\ 0{,}3927) \cdot 27{,}2452]}$$

$$= 0{,}2598 + j\ 2{,}9192\ \Omega$$

$$Z_{(0)} = \\ = \frac{[(2{,}008 + j\ 4{,}224) + (0{,}3442 + j\ 0{,}0051) \cdot 0{,}02] \cdot [(2{,}706 + j\ 3{,}254) + (0{,}3442 + j\ 0{,}0051) \cdot 27{,}2452]}{[(2{,}008 + j\ 4{,}224) + (0{,}3442 + j\ 0{,}0051) \cdot 0{,}02] + [(2{,}706 + j\ 3{,}254) + (0{,}3442 + j\ 0{,}0051) \cdot 27{,}2452]}$$

$$= 2{,}2666 + j\ 2{,}8808\ \Omega$$

Entonces la intensidad de defecto será:

$$I_d = \frac{3 \cdot \frac{1{,}1 \cdot 132}{\sqrt{3}}}{|(0{,}2598 + j\ 2{,}9192)\ + (0{,}2598 + j\ 2{,}9192) + (2{,}2666 + j\ 2{,}8808)|} = 27{,}475\ kA$$

3.6.6. Cálculo de las tensiones de contacto, de paso y de paso al acceso

Para el cálculo de las tensiones de contacto, de paso y de paso al acceso al apoyo utilizaremos las expresiones del Reglamento de alta tensión de la ITC-RAT 13 y para la configuración de la puesta a tierra el Método UNESA, en donde una vez calculadas las tensiones se escogerá la configuración de la puesta a tierra más idónea, con el fin de cumplir con los valores establecidos para mantener la seguridad de las personas.

3.6.6.1. Tensión de contacto

Calcularemos la tensión de contacto, la cual nos establece el valor que no podremos sobrepasar. Para ello aplicaremos la fórmula de la ITC-RAT 13:

$$U_c = U_{ca} \cdot \left(1 + \frac{\frac{R_{a1}}{2} + 1{,}5 \cdot \rho_s}{1000}\right)$$

En donde:

- U_c: Tensión de contacto máximo a cumplir por el reglamento (V)
- U_{ca}: Tensión de contacto aplicada (V). Será en función de la duración de la corriente de falta y se obtendrá de la tabla 1 de la ITC-RAT 13:

Duración de la corriente de falta, t_F (s)	Tensión de contacto aplicada admisible, Uca (V)
0.05	735
0.10	633
0.20	528
0.30	420
0.40	310
0.50	204
1.00	107
2.00	90
5.00	81
10.00	80
> 10.00	50

Fuente: ITC-RAT 13

- R_{a1}: Resistencia del calzado (Ω). Se suele utilizar 2000 Ω
- ρ_s: Resistividad del terreno (Ωm²/m)

A continuación calculamos la tensión de contacto por el método UNESA:

$$U'_c = K_c \cdot \rho_s \cdot I_d$$

En donde:

- U'_c: Tensión de contacto calculado por el método (V)
- K_c: Tensión de contacto máxima (V/(Ωm)*A)
- ρ_s: Resistividad del terreno (Ωm²/m)
- I_d: Intensidad de defecto (A)

Una vez obtenidas las tensiones, tanto las calculadas con el Reglamento de alta tensión como por el método UNESA, se compararán y deberá cumplir que:

$$U_c \geq U'_c$$

En donde:

- U_c: Tensión de contacto máximo a cumplir por el reglamento (V)
- U'_c: Tensión de contacto calculado por el método (V)

En el caso de no cumplir con la desigualdad anterior, se deberá tomar medidas correctoras (colocar alambradas, mejorar la puesta a tierra, etc), para mantener la seguridad de las personas en el caso de defecto a tierra.

✓ ***EJEMPLO:***

Seguiremos con el apoyo nº1, principio de línea y necesitaremos para el cálculo:

Duración de la corriente de falta (s)	Resistencia equivalente del calzado (Ω)	Resistividad del terreno (Ωm²/m)	Intensidad de defecto (kA)
0,5	2000	300	27,475

Establecemos la tensión de contacto que nos indica el reglamento, para ello debemos saber el valor de la tensión de contacto aplicada admisible. Como la duración de la corriente de falta es de 0,5 s, según la tabla 1 de la ITC-RAT 13 tendremos un valor de tensión de contacto admisible de 204 V, por lo que:

$$U_c = 204 \cdot \left(1 + \frac{\frac{2000}{2} + 1{,}5 \cdot 300}{1000}\right) = 499{,}8\ V$$

Una vez establecida la tensión de contacto mediante la expresión del reglamento, hallaremos la tensión de contacto por el método UNESA. Teniendo en cuenta la cimentación del apoyo, que es fraccionada, la configuración optada del anillo de la puesta a tierra para comprobar con el resultado del reglamento será 60-60/5/42.

Los valores de la configuración nos indican que el tamaño del anillo es de 60x60 m, que se encuentra situado a una profundidad de 0,5 m y estará compuesto por 4 picas de 2 m cada una situada en cada esquina del anillo. Dicha configuración nos aporta los siguientes datos:

Tensión de paso (V/(Ω*m)*A)	Tensión de contacto (V/(Ω*m)*A)
0,0154	0,0337

Según el método UNESA tendremos una tensión de contacto de:

$$U'_c = 0{,}0337 \cdot 300 \cdot 27475 = 277770{,}462\ V$$

Ya solo quedará comprobar los resultados:

$$499{,}8\ V \ngeq 277770{,}462\ V$$

Como observamos NO SE CUMPLE la condición anterior, por lo que se deberá tomar medidas. En éste caso se optará por la colocación de un mallazo electro soldado con el fin de mejorar la puesta a tierra.

3.6.6.2. Tensión de paso

Calcularemos la tensión de paso, la cual nos establece el valor que no podremos sobrepasar. Para ello aplicaremos la fórmula de la ITC-RAT 13:

$$U_p = 10 \cdot U_{ca} \cdot \left(1 + \frac{2 \cdot R_{a1} + 6 \cdot \rho_s}{1000}\right)$$

En donde:

- U_p: Tensión de paso máximo a cumplir por el reglamento (V)
- U_{ca}: Tensión de contacto aplicada (V). Será en función de la duración de la corriente de falta y se obtenida de la tabla 1 de la ITC-RAT 13
- R_{a1}: Resistencia del calzado (Ω). Se suele utilizar 2000 Ω
- ρ_s: Resistividad del terreno (Ωm²/m)

A continuación calculamos la tensión de contacto por el método UNESA:

$$U'_p = K_p \cdot \rho_s \cdot I_d$$

En donde:

- U'_p: Tensión de paso calculado por el método (V)
- K_p: Tensión de paso máxima (V/(Ωm)*A)
- ρ_s: Resistividad del terreno (Ωm²/m)
- I_d: Intensidad de defecto (A)

Una vez obtenidas las tensiones, tanto las calculadas con el Reglamento de alta tensión como por el método UNESA, se compararán y deberá cumplir que:

$$U_p \geq U'_p$$

En donde:

- U_p: Tensión de paso máximo a cumplir por el reglamento(V)
- U'_p: Tensión de paso calculado por el método (V)

En el caso de no cumplir con la desigualdad anterior, se deberá tomar medidas correctoras (colocar alambradas, mejorar la puesta a tierra, etc), para mantener la seguridad de las personas en el caso de defecto a tierra.

- ✓ ***EJEMPLO:***

Seguiremos con el apoyo nº1, principio de línea y necesitaremos para el cálculo:

Tensión de contacto admisible (V)	Resistencia equivalente del calzado (Ω)	Resistividad del terreno (Ωm²/m)	Intensidad de defecto (kA)
204	2000	300	27,475

Establecemos la tensión de paso que nos indica el reglamento:

$$U_p = 10 \cdot 204 \cdot \left(1 + \frac{2 \cdot 2000 + 6 \cdot 300}{1000}\right) = 13872\ V$$

Recordad que la configuración del anillo de la puesta a tierra será 60-60/5/42:

Tensión de paso (V/(Ω*m)*A)	Tensión de contacto (V/(Ω*m)*A)
0,0154	0,0337

Según el método UNESA tendremos una tensión de paso de:

$$U'_p = 0{,}0154 \cdot 300 \cdot 27475 = 126933{,}68\ V$$

Ya solo quedará comprobar los resultados:

$$13872\ V \not\geq 126933{,}68\ V$$

Como observamos NO SE CUMPLE la condición anterior, por lo que se deberá tomar medidas. En éste caso se optará por la colocación de un mallazo electro soldado con el fin de mejorar la puesta a tierra.

3.6.6.3. Tensión de paso al acceso

Calcularemos la tensión de paso al acceso, la cual nos establece el valor que no podremos sobrepasar. Para ello aplicaremos la fórmula de la ITC-RAT 13:

$$U_{pacc} = 10 \cdot U_{ca} \cdot \left(1 + \frac{3 \cdot R_{a1} + 4{,}5 \cdot \rho_s}{1000}\right)$$

En donde:

- U_{pacc}: Tensión de paso al acceso máximo a cumplir por el reglamento (V)
- U_{ca}: Tensión de contacto aplicada (V). Será en función de la duración de la corriente de falta y se obtenida de la tabla 1 de la ITC-RAT 13.
- R_{a1}: Resistencia del calzado (Ω). Se suele utilizar 2000 Ω
- ρ_s: Resistividad del terreno (Ωm²/m)

A continuación calculamos la tensión de contacto por el método UNESA:

$$U'_{pacc} = K_c \cdot \rho_s \cdot I_d$$

En donde:

- U'_{pacc}: Tensión de paso al acceso calculado por el método (V)
- K_c: Tensión de contacto máxima (V/(Ωm)*A)
- ρ_s: Resistividad del terreno (Ωm²/m)
- I_d: Intensidad de defecto (A)

Una vez obtenidas las tensiones, tanto las calculadas con el Reglamento de alta tensión como por el método UNESA, se compararán y deberá cumplir que:

$$U_{pacc} \geq U'_{pacc}$$

En donde:

- U_{pacc}: Tensión de paso al acceso máximo a cumplir por el reglamento (V)
- U'_{pacc}: Tensión de paso al acceso calculado por el método (V)

En el caso de no cumplir con la desigualdad anterior, se deberá tomar medidas correctoras (colocar alambradas, mejorar la puesta a tierra, etc), para mantener la seguridad de las personas en el caso de defecto a tierra

✓ ***EJEMPLO:***

Seguiremos con el apoyo nº1, principio de línea y necesitaremos para el cálculo:

Tensión de contacto admisible (V)	Resistencia equivalente del calzado (Ω)	Resistividad del terreno (Ωm²/m)	Intensidad de defecto (kA)
204	2000	300	27,475

Establecemos la tensión de paso al acceso que nos indica el reglamento

$$U_{pacc} = 10 \cdot 204 \cdot \left(1 + \frac{3 \cdot 2000 + 4{,}5 \cdot 300}{1000}\right) = 17034\ V$$

Recordad que la configuración del anillo de la puesta a tierra será 60-60/5/42:

Tensión de paso (V/(Ω*m)*A)	Tensión de contacto (V/(Ω*m)*A)
0,0154	0,0337

Según el método UNESA tendremos una tensión de paso al acceso de:

$$U'_{pacc} = 0{,}0337 \cdot 300 \cdot 27475 = 277770{,}462\ V$$

Ya solo quedará comprobar los resultados:

$$17034\ V \not\geq 277770{,}462\ V$$

Como observamos NO SE CUMPLE la condición anterior, por lo que se deberá tomar medidas. En éste caso se optará por la colocación de un mallazo electro soldado con el fin de mejorar la puesta a tierra.

3.7. Cálculos de las distancias de seguridad

3.7.1. Distancias de los conductores al terreno

Según la ITC-LAT 07 apartado 5.5 del Reglamento los apoyos deben tener una altura suficiente para que los conductores cuando se produzca su flecha máxima vertical, queden siempre por encima de cualquier punto del terreno o superficies de agua no navegable, dicha altura mínima viene fijada por la siguiente ecuación:

$$D_t = 5{,}3 + D_{el}$$

En donde:

- D_t: Distancia mínima de los conductores al terreno (m)
- D_{el}: Distancia de aislamiento en el aire mínima especificada, para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase y objetos a potencial de tierra en sobretensiones de frente lento o rápido (m). El valor de la distancia de aislamiento dependerá de la tensión más elevada de la red y se obtendrá de la tabla 15 del apartado 5.2 de la ITC-LAT 07:

Tensión más elevada de la red U_S (kV)	D_{el} (m)	D_{pp} (m)
3,6	0,08	0,10
7,2	0,09	0,10
12	0,12	0,15
17,5	0,16	0,20
24	0,22	0,25
30	0,27	0,33
36	0,35	0,40
52	0,60	0,70
72,5	0,70	0,80
123	1,00	1,15
145	1,20	1,40
170	1,30	1,50
245	1,70	2,00
420	2,80	3,20

Fuente: Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión

Con un mínimo de 6 m, pero en el caso de lugares de difícil acceso, la anterior distancia podrá ser reducida en 1 m.

✓ ***EJEMPLO:***

Como la tensión más elevada de la red es de 145 kV, según la tabla 15 del apartado 5.2 de la ITC-LAT 07 tendremos una distancia de aislamiento eléctrico de 1,20 m, por lo que la distancia mínima de los conductores al terreno será:

$$D_t = 5{,}3 + 1{,}2 = 6{,}5\ m$$

3.7.2. Distancia entre conductores

Viene definida por la longitud del vano, para cada caso se define, según el programa, la separación de crucetas más adecuada.

El Reglamento de líneas en la ITC-LAT 07 en el apartado 5.4, obliga a que los conductores, sus accesorios en tensión y los apoyos tengan una distancia lo suficiente para que no exista riesgo de cortocircuito entre fases ni a tierra, teniendo siempre presentes los efectos de oscilación de los conductores debidos a la acción del viento y al desprendimiento de la nieve que se pueda acumular en la superficie de estos.

La expresión que calcula, según el Reglamento esta distancia mínima entre conductores, es la que sigue:

$$D = K \cdot \sqrt{F + L} + K' \cdot D_{PP}$$

En donde:

- D: Separación entre conductores (m)
- K: Coeficiente que depende de la oscilación de los conductores con el viento
- F: Flecha máxima según ITC-LAT 07 en el apartado 3.2.3 del Reglamento de líneas (m)
- L: Longitud de la cadena de suspensión. En el caso de conductores fijados al apoyo por cadenas de amarre o aisladores fijos esta longitud de cadena será de 0 m (m)
- K': Coeficiente que depende de la tensión nominal de la línea, K'=0,85 para líneas de categoría especial y K'=0,75 para el resto de líneas
- D_{pp}: Distancia mínima aérea especificada, para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase durante sobretensiones de frente lento o rápido (m). El valor de la distancia mínima aérea especificada dependerá de la tensión más elevada de la red y se obtendrá de la tabla 15 del apartado 5.2 de la ITC LAT 07:

Tensión más elevada de la red U_S (kV)	D_{el} (m)	D_{PP} (m)
3,6	0,08	0,10
7,2	0,09	0,10
12	0,12	0,15
17,5	0,16	0,20
24	0,22	0,25
30	0,27	0,33
36	0,35	0,40
52	0,60	0,70
72,5	0,70	0,80
123	1,00	1,15
145	1,20	1,40
170	1,30	1,50
245	1,70	2,00
420	2,80	3,20

Fuente: Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión

Como se ha mencionado anteriormente, el coeficiente K dependerá de la oscilación de los conductores.

Para el cálculo de la oscilación en zona A será:

$$\gamma = arctg\left(\frac{v \cdot d}{S_V}\right)$$

En donde:

- γ: Ángulo de oscilación de los conductores (º)
- v: Presión del viento sobre conductores de fase y conductores de tierra según ITC-LAT 07 apartado 3.1.2.1.
- d = Diámetro del conductor (m)
- S_v= Peso por metro lineal del conductor más la sobrecarga de viento según la zona A (daN/m)

Y para la zona B es:

$$\gamma = arctg\left(\frac{v \cdot d}{S_H}\right)$$

En donde:

- γ: Ángulo de oscilación de los conductores (º)
- v: Presión del viento sobre conductores de fase y conductores de tierra según ITC-LAT 07 apartado 3.1.2.1.
- d = Diámetro del conductor (m)
- S_H= Peso por metro lineal del conductor más la sobrecarga de hielo según la zona B (daN/m)

Con el valor obtenido del ángulo de oscilación y utilizando la tabla 16 de la ITC-LAT 07 apartado 5.4.1 del Reglamento se obtendrá el valor correspondiente para el coeficiente K a aplicar en la ecuación del cálculo de la distancia entre conductores:

Angulo de oscilación	Valores de K	
	Líneas de tensión nominal superior a 30 kV	Líneas de tensión nominal igual o inferior a 30 kV
Superior a 65°	0,7	0,65
Comprendido entre 40° y 65°	0,65	0,6
Inferior a 40°	0,6	0,55

Fuente: Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión

✓ ***EJEMPLO:***

Utilizaremos el apoyo nº1, principio de línea y necesitaremos para el cálculo:

Flecha máxima (m)	Sobrecarga del viento (daN/m)	Presión del viento (daN)	Diámetro del conductor (m)	K'
8,329	1,363	68,06	0,0175	0,75

Primero hallamos el ángulo de oscilación de los conductores. Como el apoyo se encuentra en zona A, tendremos que:

$$\gamma = arctg\left(\frac{68{,}06 \cdot 0{,}0175}{1{,}363}\right) = 41{,}15°$$

Según la tabla 16 del apartado 5.4.1 de la ITC-LAT 07, como la tensión nominal de la línea es superior a 30 kV y el ángulo se encuentra entre 40º y 65º, tendremos un valor de K de 0,65.

Al ser la tensión más elevada de la red de 145 kV, de la tabla 15 del apartado 5.2 de la ITC-LAT 07 obtenemos un valor de distancia mínima aérea de 1,40 m.

Pues con todos los datos anteriores, la distancia mínima entre conductores será:

$$D = 0{,}65 \cdot \sqrt{8{,}329 + 0} + 0{,}75 \cdot 1{,}4 = 2{,}93\ m$$

3.7.3. Distancia de los conductores a partes puestas a tierra

Según determina la ITC-LAT 07 en el apartado 5.4.2 del Reglamento de líneas establece que la separación mínima entre los conductores, junto con sus accesorios en tensión y los apoyos no será inferior a la distancia de aislamiento en el aire mínima especificada (D_{el}), con un mínimo de 0,2 m.

3.7.4. Cruzamientos

3.7.4.1. Cruzamiento nº 4 "Carreteras y caminos asfaltados"

La mínima distancia vertical entre el cruzamiento y el cable inferior, en las condiciones más desfavorables ha de ser superior a:

$$D_c = 6{,}3 + D_{el}$$

En donde:

- D_c: Distancia mínima del conductor en carreteras o caminos asfaltados (m)
- D_{el}: Distancia de aislamiento en el aire mínima especificada, para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase y objetos a potencial de tierra en sobretensiones de frente lento o rápido (m). El valor de la distancia de aislamiento dependerá de la tensión más elevada de la red y se obtendrá de la tabla 15 del apartado 5.2 de la ITC LAT 07.

Con un mínimo de 7 m.

✓ ***EJEMPLO:***

Como la tensión más elevada de la red es de 145 kV, según la tabla 15 del apartado 5.2 de la ITC-LAT 07 tendremos una distancia de aislamiento eléctrico de 1,20 m, por lo que la distancia mínima del conductor en carreteras o caminos asfaltados será:

$$D_c = 6{,}3 + 1{,}2 = 7{,}5\ m$$

3.7.4.2. Cruzamiento nº 5 "Vías de ferrocarril, AVE"

La mínima distancia vertical entre el cruzamiento y el cable inferior, en las condiciones más desfavorables ha de ser superior a:

$$D_v = 3{,}5 + D_{el}$$

En donde:

- D_v: Distancia mínima del conductor en vías de ferrocarril (m)
- D_{el}: Distancia de aislamiento en el aire mínima especificada, para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase y objetos a potencial de tierra en sobretensiones de frente lento o rápido (m). El valor de la distancia de aislamiento dependerá de la tensión más elevada de la red y se obtendrá de la tabla 15 del apartado 5.2 de la ITC LAT 07.

Con un mínimo de 4 m

✓ ***EJEMPLO:***

Como la tensión más elevada de la red es de 145 kV, según la tabla 15 del apartado 5.2 de la ITC-LAT 07 tendremos una distancia de aislamiento eléctrico de 1,20 m, por lo que la distancia mínima del conductor a la vía del ferrocarril será:

$$D_v = 3{,}5 + 1{,}2 = 4{,}7\ m$$

3.7.4.3. Cruzamiento nº 7 "Ríos, arroyos, embalses, ramblas"

La mínima distancia vertical entre el cruzamiento y el cable inferior, en las condiciones más desfavorables ha de ser superior a:

$$D_r = 6{,}3 + D_{el} + G$$

En donde:

- D_r: Distancia mínima del conductor en ríos, arroyos, embalses o ramblas (m)
- D_{el}: Distancia de aislamiento en el aire mínima especificada, para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase y objetos a potencial de tierra en sobretensiones de frente lento o rápido (m). El valor de la distancia de aislamiento dependerá de la tensión más elevada de la red y se obtendrá de la tabla 15 del apartado 5.2 de la ITC LAT 07.
- G: Gálibo. En el caso de que no exista gálibo definido, se considerará este igual a 4,7 m.

Con un mínimo de 7 m.

✓ ***EJEMPLO:***

Como la tensión más elevada de la red es de 145 kV, según la tabla 15 del apartado 5.2 de la ITC-LAT 07 tendremos una distancia de aislamiento eléctrico de 1,20 m, por lo que la distancia mínima del conductor al río será:

$$D_r = 6{,}3 + 1{,}2 = 7{,}5\ m$$

3.7.4.4. Cruzamiento nº 13 "Árboles protegidos"

La mínima distancia vertical entre el cruzamiento y el cable inferior, en las condiciones más desfavorables ha de ser superior a:

$$D_{ap} = 1{,}5 + D_{el}$$

En donde:

- D_{ap}: Distancia mínima del conductor en árboles protegidos (m)
- D_{el}: Distancia de aislamiento en el aire mínima especificada, para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase y objetos a potencial de tierra en sobretensiones de frente lento o rápido (m). El valor de la distancia de aislamiento dependerá de la tensión más elevada de la red y se obtendrá de la tabla 15 del apartado 5.2 de la ITC LAT 07.

Con un mínimo de 2 m.

✓ ***EJEMPLO:***

Como la tensión más elevada de la red es de 145 kV, según la tabla 15 del apartado 5.2 de la ITC-LAT 07 tendremos una distancia de aislamiento eléctrico de 1,20 m, por lo que la distancia mínima del conductor a los arboles protegidos será:

$$D_{ap} = 1{,}5 + 1{,}2 = 2{,}7\ m$$

3.7.4.5. Cruzamiento nº99 "Autovías, autopistas"

La mínima distancia vertical entre el cruzamiento y el cable inferior, en las condiciones más desfavorables ha de ser superior a:

$$D_a = 6{,}3 + D_{el}$$

En donde:

- D_a: Distancia mínima del conductor en autopistas o autovías (m)
- D_{el}: Distancia de aislamiento en el aire mínima especificada, para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase y objetos a potencial de tierra en sobretensiones de frente lento o rápido (m). El valor de la distancia de aislamiento dependerá de la tensión más elevada de la red y se obtendrá de la tabla 15 del apartado 5.2 de la ITC LAT 07.

Con un mínimo de 7 m.

✓ ***EJEMPLO:***

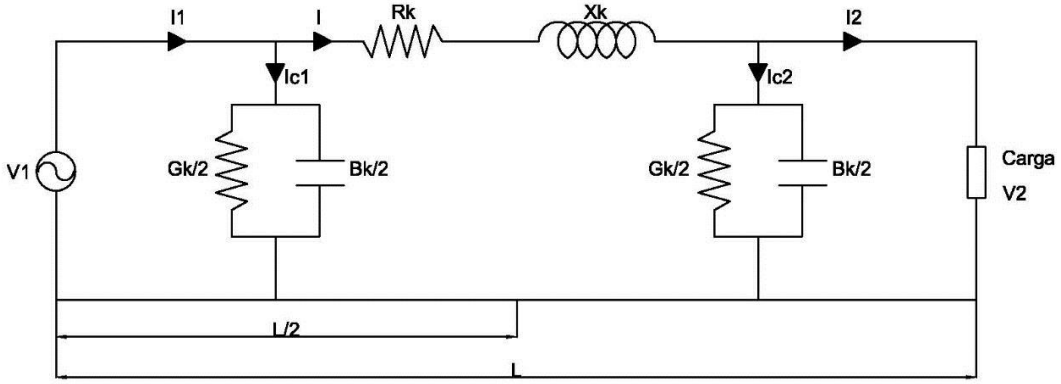
Como la tensión más elevada de la red es de 145 kV, según la tabla 15 del apartado 5.2 de la ITC-LAT 07 tendremos una distancia de aislamiento eléctrico de 1,20 m, por lo que la distancia mínima del conductor a la autovía será:

$$D_a = 6{,}3 + 1{,}2 = 7{,}5\ m$$

3.8. Cálculos eléctricos

Aunque nuestra línea por longitud está clasificada de "línea corta" (longitud menor de 80 km), la consideramos línea de longitud media (entre 80 y 250 km), ya que es más recomendable estudiar esta configuración en líneas de más de 66 kV, por lo que se utilizará el "Método en PI".

Su nombre lo recibe por la forma del esquema que representa dicha letra griega. Este tipo de circuito concentra la impedancia en el centro de la línea y divide la admitancia en dos partes:



Fuente: Tema 13 "Líneas medias"

El objetivo es obtener la tensión e intensidad necesarias al principio de la línea, con el fin de obtener los datos nominales. Estos datos se expresarán con la siguiente expresión matricial:

$$\begin{bmatrix} V_1 \\ I_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 + \frac{Z \cdot Y}{2} & Z \\ Y \cdot \left(1 + \frac{Z \cdot Y}{4}\right) & 1 + \frac{Z \cdot Y}{2} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} V_2 \\ I_2 \end{bmatrix}$$

De donde aparecerán las constantes a, b, c y d de una línea, que simplemente simplifican la escritura, que en el caso de líneas medias, tienen el valor de:

$$a = d = 1 + \frac{Z \cdot Y}{2}$$

$$b = Z$$

$$c = Y \cdot \left(1 + \frac{Z \cdot Y}{4}\right)$$

Quedando la ecuación matricial:

$$\begin{bmatrix} V_1 \\ I_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} V_2 \\ I_2 \end{bmatrix}$$

En donde:

- V_1: Tensión en el extremo suministrador (kV)
- I_1: Intensidad en el extremo suministrador (A)
- V_2: Tensión en el extremo receptor (kV)
- I_2: Intensidad en el extremo receptor (A)
- Z: Impedancia de la línea (Ω)
- Y: Admitancia de la línea (Ω)

✓ ***EJEMPLO:***

Necesitaremos para el cálculo:

Tensión (kV)	Potencia (MVA)	Cos φ	Frecuencia (Hz)	Longitud (km)	Número de circuitos	Número de conductores por fase
132	75	0,9	50	27,2652	2	1

Diámetro conductor (mm)	Distancia media geométrica (m)	Permeabilidad magnética (H/m)	Resistencia kilométrica (Ω/km)	Reactancia kilométrica (Ω/km)
17,5	4,22	4,22	0,194	0,2019

Primero debemos de calcular la autoinducción kilométrica de la línea, para utilizaremos la expresión ya mencionada en el apartado 1.2.3 de éste anexo:

$$L_k = \frac{1}{n_{cir}} \cdot \left[\frac{\mu}{2 * n} + 4{,}605 \cdot \log_{10}\left(\frac{DMG}{r_{eq}}\right)\right] \cdot 10^{-4} =$$

$$= \frac{1}{2} \cdot \left[\frac{1}{2} + 4{,}605 \cdot \log_{10}\left(\frac{4220}{\frac{17{,}5}{2}}\right)\right] \cdot 10^{-4} = 6{,}4277 \cdot 10^{-4}\ H/km$$

Obteniendo por tanto una reactancia kilométrica:

$$X_k = 2\pi \cdot f \cdot L_k = 2\pi \cdot 50 \cdot 6{,}4277 = 0{,}202\ \Omega/km$$

Y la resistencia y reactancia de la línea en valor de ohmios es:

$$R = 0{,}194 \cdot 27{,}2652 = 5{,}2894\ \Omega$$

$$X = 0{,}202 \cdot 27{,}2652 = 5{,}5057\ \Omega$$

Siendo la impedancia de línea:

$$Z = 5{,}2894 + j\ 5{,}5057\ \Omega$$

A continuación obtendremos la susceptancia, pero antes debemos de obtener la capacidad kilométrica de la línea, para ello utilizamos la expresión siguiente:

$$C' = n_{cir} \cdot \left(\frac{24{,}2}{\log_{10}\left(\frac{DMG}{r_{eq}}\right)}\right) \cdot 10^9 = 2 \cdot \left(\frac{24{,}2}{\log_{10}\left(\frac{4{,}2173}{0{,}0088}\right)}\right) \cdot 10^9 = 1{,}8039 \cdot 10^9\ F/km$$

La susceptancia en valor de siemens será:

$$B = 2\pi \cdot f \cdot C' \cdot L = 2\pi \cdot 50\ \cdot 1{,}8039 \cdot 10^9 \cdot 27{,}2652 = 1{,}5452 \cdot 10^4\ S$$

Siendo la perditancia 0, la admitancia de la línea será:

$$Y = G + j\ B = j\ 1{,}5452 \cdot 10^4\ S$$

En el siguiente paso obtendremos los valores de a, b, c y d de la ecuación matricial:

$$a = d = 1 + \frac{(5{,}2894 + j\ 5{,}5057) \cdot (j\ 1{,}5452 \cdot 10^4)}{2} = 0{,}9996 + j\ 0{,}0004$$

$$b = 5{,}2894 + j\ 5{,}5057$$

$$c = (j\ 1{,}5452 \cdot 10^4) \cdot \left(1 + \frac{(5{,}2894 + j\ 5{,}5057) \cdot (j\ 1{,}5452 \cdot 10^4)}{4}\right) = -3{,}1572 \cdot 10^8 + j\ 0{,}0002$$

Sustituyendo los valores en la matriz:

$$\begin{bmatrix} V_1 \\ I_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0{,}9996 + j\ 0{,}0004 & 5{,}2894 + j\ 5{,}5057 \\ -3{,}1572 \cdot 10^8 + j\ 0{,}0002 & d0{,}9996 + j\ 0{,}0004 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \frac{132000}{\sqrt{3}} \angle 0° \\ 328{,}04 \angle -25{,}84° \end{bmatrix}$$

Obtenemos los valores:

$$V_1 = 136{,}02 \angle 0{,}66°\ kV$$

$$I_1 = 322{,}94 \angle -23{,}94°\ A$$

Analizando los resultados, es lógico que la tensión de salida sea superior la tensión de llegada, ya que existen perdidas en la línea y lo contario ocurre con la intensidad, será reducida a la salida y superior a la llegada.

Si analizamos la potencia, a la salida tendremos 76083 kVA, como a la recepción de ésta necesitamos 75000 kVA, tendremos una potencia de perdida en la línea, tanto por caída de tensión como por efecto Joule, de 1083 kVA.

---

4. Resultados de la línea aérea

4.1. Datos de partida de la línea aérea

Tensión (kV)	Potencia (kVA)	Número de circuitos	Número de conductores por fase	Caída de tensión (%)	Frecuencia (Hz)	Cosφ	Longitud de la línea (km)	Intesidad de la línea (A)	Potencia de la línea (kW)
132	75000	1	1	5	50	0,90	27,2652	328,040	67500

4.2. Elección del conductor de fase

4.2.1. Por intensidad máxima

Conductor	D. corriente máxima (Amm2)	Intensidad máxima (A)	Potencia máxima (kW)
LA-30	4,428	137,704	28335,104
LA-56	3,651	199,338	41017,354
LA-78	3,214	252,580	51972,687
LA-110	2,737	318,035	65441,374
LA-145	2,541	373,740	76903,647
LA-180	2,374	431,168	88720,378

4.2.2. Por caída de tensión

4.2.2.1. Tresbolillo

Sc 1-3	Lc	D1 (m)	D2 (m)	D3 (m)	DMG (m)
4,00	2,80	4,00	5,95	5,95	5,21

Conductor	Lk (H/km)	Xk (Ω/km)	Potencia máxima (kW)
LA-30	0,001507	0,473499	24460,067
LA-56	0,001451	0,455868	38276,622
LA-78	0,001415	0,444406	46025,902
LA-110	0,001372	0,431166	61115,892
LA-145	0,001349	0,423766	72089,318
LA-180	0,001328	0,417146	80682,171

En tresbolillo obtenemos el mismo conductor tanto por intensidad máxima como por caída de tensión, teniendo como resultado el conductor LA-145, pero la Compañía Suministradora tiene impuesto para líneas de distribución el LA-180, por lo que seleccionaremos dicho conductor para la línea aérea.

4.2.2.2. Doble circuito

Sc	4,00
Lc	2,80
D1-2	4,00
D1-2'	6,88
D1-3	8,00
D1-3'	5,60
D2-1	4,00
D2-1'	6,88
D2-3	4,00
D2-3'	6,88
D3-1	8,00
D3-1'	5,60
D3-2	4,00
D3-2'	6,88
D1-1'	9,77
D2-2'	5,60
D3-3'	9,77

D1 (m)	D2 (m)	D3 (m)	DMG (m)
3,5962	4,9156	3,5962	3,9910

Conductor	Lk (H/km)	Xk (Ω/km)	Potencia máxima (kW)
LA-30	0,000727	0,228375	26905,212
LA-56	0,000699	0,219559	44358,123
LA-78	0,000681	0,213829	54848,798
LA-110	0,000660	0,207209	77114,450
LA-145	0,000648	0,203509	94938,388
LA-180	0,000637	0,200199	109818,335

En doble circuito obtenemos distintos conductores por intensidad máxima (LA-145) y por caída de tensión (LA-110), como debe cumplir que se pueda transportar una potencia igual o superior a la potencia de la línea, podemos comprobar que el conductor LA-110 solamente cumple por caída de tensión y no por intensidad máxima, por lo que se tomaremos el LA-145.

Como ya se ha mencionado anteriormente la Compañía Suministradora tiene impuesto para líneas de distribución el LA-180, por lo que seleccionaremos dicho conductor para la línea aérea.

4.3. Conductores de fase

4.3.1. Tensiones reglamentarias

Zona A						Zona B						
Sobrecarga viento			Condiciones iniciales de la zona			Sobrecarga viento			Sobrecarga hielo	Condiciones iniciales de la zona		
Viento (140km/h)	Viento (120km/h)	Viento 1/2 (120km/h)	t_0 (ºC)	p_0 (daN/m)	T_0 (daN)	Viento (140km/h)	Viento (120km/h)	Viento 1/2 (120km/h)	Hielo	t_0 (ºC)	p_0 (daN/m)	T_0 (daN)
1,363	1,097	0,794	-5	1,363	2554,8	1,363	1,097	0,794	1,415	-15	1,415	2554,8

Conductor	Sección (mm^2)	Diámetro (mm)	Carga rotura (daN)	Peso (daN/m)	Módulo elasticidad (daN/mm^2)	Coef. Dilatación ($ºC^{-1}$)
LA-180	181,600	17,500	6387	0,662	8036	1,781E-05

Diámetro (mm)	Presión del viento		Manguito de hielo
	140 km/h	120 km/h	B
d > 16mm	68,06	50	0,18

Tramo	Zona	Vano (m)	Desnivel (m)	Vano real (m)	b^3 / a^2	b^2 / a	a^3	Vano regulación (m)
1 - 2	A	311	-10,93	311,192	311,576	311,384	30080231	317,70
2 - 3		324	-5,93	324,054	324,163	324,109	34012224	
3 - 4	A	233	8,75	233,164				233,00
4 - 5	A	439	8,76	439,087	439,262	439,175	84604519	435,08
5 - 6		498	-0,12	498,000	498,000	498,000	123505992	
6 - 7		286	-19,7	286,678	288,038	287,357	23393656	
7 - 8	A	123	-3,57	123,052				123,00
8 - 9	A	335	1,34	335,003	335,008	335,005	37595375	443,75
9 - 10		405	8,42	405,088	405,263	405,175	66430125	
10 - 11		476	0,41	476,000	476,001	476,000	107850176	
11 - 12		456	-2,07	456,005	456,014	456,009	94818816	
12 - 13		451	1,43	451,002	451,007	451,005	91733851	
13 - 14		470	0,52	470,000	470,001	470,001	103823000	
14 - 15		379	29,51	380,147	382,452	381,298	54439939	
15 - 16		551	26,78	551,650	552,954	552,302	167284151	
16 - 17		320	-17,8	320,495	321,486	320,990	32768000	
17 - 18	A	601	32,66	601,887				601,00
18 - 19	A	288	29,62	289,519	292,582	291,046	23887872	588,34
19 - 20		480	-12,68	480,167	480,503	480,335	110592000	
20 - 21		726	-4,53	726,014	726,042	726,028	382657176	

Tramo	Zona	Vano (m)	Desnivel (m)	Vano real (m)	b^3 / a^2	b^2 / a	a^3	Vano regulación (m)
21 - 22	A	413	35,54	414,526	417,596	416,058	70444997	563,42
22 - 23		579	-21,18	579,387	580,163	579,775	194104539	
23 - 24		632	-17,64	632,246	632,739	632,492	252435968	
24 - 25		645	0,19	645,000	645,000	645,000	268336125	
25 - 26		428	15,26	428,272	428,816	428,544	78402752	
26 - 27		637	40,24	638,270	640,817	639,542	258474853	
27 - 28		509	45,7	511,047	515,167	513,103	131872229	
28 - 29		443	-38,18	444,642	447,945	446,291	86938307	
29 - 30		592	-43,01	593,560	596,693	595,125	207474688	
30 - 31	A	565	-14,32	565,181				565,00
31 - 32	A	563	11,67	563,121	563,363	563,242	178453547	625,93
32 - 33		674	-13,4	674,133	674,400	674,266	306182024	
33 - 34	A	296	44,9	299,386	306,275	302,811	25934336	288,80
34 - 35		281	-14,91	281,395	282,188	281,791	22188041	
35 - 36	A	711	5,69	711,023				711,00
36 - 37	A	647	103,29	655,193	671,891	663,490	270840023	587,77
37 - 38		501	-61,47	504,757	512,356	508,542	125751501	

Tramo	Zona	Vano (m)	Desnivel (m)	Vano real (m)	b^3 / a^2	b^2 / a	a^3	Vano regulación (m)
38 - 39	A	492	-3,93	492,016	492,047	492,031	119095488	485,12
39 - 40		486	-14,13	486,205	486,616	486,411	114791256	
40 - 41		477	-6,87	477,049	477,148	477,099	108531333	
41 - 42	A	431	20,37	431,481	432,445	431,963	80062991	536,59
42 - 43		601	33,92	601,956	603,874	602,914	217081801	
43 - 44	B	500	73,16	505,324	516,143	510,705	125000000	486,62
44 - 45		472	-26,58	472,748	474,247	473,497	105154048	
45 - 46	A	616	-15,84	616,204	616,611	616,407	233744896	534,21
46 - 47		336	-3,71	336,020	336,061	336,041	37933056	
47 - 48	A	489	15,68	489,251				489,00
48 - 49	B	420	36,99	421,626	424,896	423,258	74088000	538,43
49 - 50		607	-44,2	608,607	611,834	610,219	223648543	
50 - 51	B	553	25,37	553,582	554,747	554,164	169112377	480,46
51 - 52		315	6,54	315,068	315,204	315,136	31255875	
52 - 53	B	334	17,59	334,463	335,391	334,926	37259704	567,29
53 - 54		655	-58,59	657,615	662,877	660,241	281011375	
54 - 55	A	597	6,15	597,032	597,095	597,063	212776173	599,52
55 - 56		602	-25,22	602,528	603,586	603,057	218167208	
56 - 57	A	508	4,27	508,018	508,054	508,036	131096512	496,44
57 - 58		484	27,29	484,769	486,310	485,539	113379904	

Tramo	Zona	T_{CD} (daN)			EDS			EDS corregida			
		A	B	T_{CD} (daN)	Temperatura (ºC)	Valor máximo (%)	Valor calculado (%)	T_{CD}' (daN)	B	A'	T_0' (daN)
1 - 2	A	-246,40994	2691059738	1478,12	15	20	23,143	1277,40	2691059738	371,78553	2300,82
2 - 3											
3 - 4	A	-1073,7154	1447444542	1623,13	15	20	25,413	1277,40	1447444542	-390,34998	2189,19
4 - 5	A	1336,66734	5046887979	1366,41	15	20	21,394	1277,40	5046887979	1815,52822	2403,64
5 - 6											
6 - 7											
7 - 8	A	-1767,3823	403366952	1881,35	15	20	29,456	1277,40	403366952	-1030,20112	1983,99
8 - 9	A	1556,33812	5250124065	1345,16	15	20	21,061	1277,40	5250124065	1940,07916	2409,47
9 - 10											
10 - 11											
11 - 12											
12 - 13											
13 - 14											
14 - 15											
15 - 16											
16 - 17											
17 - 18	A	4574,93206	9630282674	1282,26	15	20	20,076	1277,40	9630282674	4624,40983	2487,33

Tramo	Zona	T_{CD} (daN)			EDS			EDS corregida			
		A	B	T_{CD} (daN)	Temperatura (ºC)	Valor máximo (%)	Valor calculado (%)	T_{CD}' (daN)	B	A'	T_0' (daN)
18 - 19	A	4256,46727	9228911798	1289,94	15	20	20,196	1277,40	9228911798	4378,43423	2482,61
19 - 20											
20 - 21											
21 - 22	A	3842,20800	8463655861	1284,83	15	20	20,116	1277,40	8463655861	3909,45578	2472,66
22 - 23											
23 - 24											
24 - 25											
25 - 26											
26 - 27											
27 - 28											
28 - 29											
29 - 30											
30 - 31	A	3704,51802	8511125347	1303,63	15	20	20,411	1277,40	8511125347	3938,54692	2473,32
31 - 32	A	5077,35501	10445655016	1281,66	15	20	20,067	1277,40	10445655016	5124,10155	2496,03
32 - 33											
33 - 34	A	-445,66971	2223789520	1471,99	15	20	23,047	1277,40	2223789520	85,42426	2266,94
34 - 35											
35 - 36	A	7119,32419	13478119184	1267,68	15	20	19,848	————	————	————	————

Tramo	Zona	T_{CD} (daN)			EDS			EDS corregida			
		A	B	T_{CD} (daN)	Temperatura (ºC)	Valor máximo (%)	Valor calculado (%)	T_{CD}' (daN)	B	A'	T_0' (daN)
36 - 37	A	4805,45990	9210856114	1234,87	15	20	19,334	———	———	———	———
37 - 38											
38 - 39	A	2182,97502	6274567841	1335,42	15	20	20,908	1277,40	6274567841	2567,89794	2434,67
39 - 40											
40 - 41											
41 - 42	A	3252,23840	7676771039	1298,78	15	20	20,335	1277,40	7676771039	3427,22232	2460,89
42 - 43											
43 - 44	B	2998,27147	6313480495	1222,97	10	22	19,148	———	———	———	———
44 - 45											
45 - 46	A	3134,19691	7608649160	1308,65	15	20	20,489	1277,40	7608649160	3385,47459	2459,78
46 - 47											
47 - 48	A	2247,90589	6375405448	1334,11	15	20	20,888	1277,40	6375405448	2629,69513	2436,83
48 - 49	B	3911,77023	7729515228	1226,50	10	22	19,203	———	———	———	———
49 - 50											
50 - 51	B	2630,92228	6154595083	1258,01	10	22	19,696	———	———	———	———
51 - 52											
52 - 53	B	4667,56307	8580111722	1208,39	10	22	18,920	———	———	———	———
53 - 54											

Tramo	Zona	T_{CD} (daN)			EDS			EDS corregida			
		A	B	T_{CD} (daN)	Temperatura (ºC)	Valor máximo (%)	Valor calculado (%)	T_{CD}' (daN)	B	A'	T_0' (daN)
54 - 55	A	4501,96587	9582776154	1286,64	15	20	20,145	1277,40	9582776154	4595,29600	2486,79
55 - 56											
56 - 57	A	2424,25668	6570768598	1324,01	15	20	20,730	1277,40	6570768598	2749,42123	2440,88
57 - 58											

Tramo	Zona	T_{FM} (daN)			THF			THF corregida			
		A	B	T_{FM} (daN)	Temperatura (ºC)	Valor máximo (%)	Valor calculado (%)	T_{FM}' (daN)	B	A'	T_0'' (daN)
1 - 2	A	-148,03053	2691059738	1442,07	-5	22,5	22,578	1437,08	2691059738	-134,01483	2295,94
2 - 3											
3 - 4	A	-910,16604	1447444542	1529,17	-5	22,5	23,942	1437,08	1447444542	-736,19597	2111,31
4 - 5	A	1295,71217	5046887979	1374,74	-5	22,5	21,524	———	———	———	———
5 - 6											
6 - 7											
7 - 8	A	-1550,0171	403366952	1691,07	-5	22,5	26,477	1437,08	403366952	-1241,75737	1780,56

Tramo	Zona	T_{FM} (daN)			THF			THF corregida			
		A	B	T_{FM} (daN)	Temperatura (ºC)	Valor máximo (%)	Valor calculado (%)	T_{FM}' (daN)	B	A'	T_0'' (daN)
8 - 9	A	1420,26311	5250124065	1371,37	-5	22,5	21,471	———	———	———	———
9 - 10											
10 - 11											
11 - 12											
12 - 13											
13 - 14											
14 - 15											
15 - 16											
16 - 17											
17 - 18	A	4104,59378	9630282674	1331,05	-5	22,5	20,840	———	———	———	———
18 - 19	A	3858,61817	9228911798	1333,25	-5	22,5	20,875	———	———	———	———
19 - 20											
20 - 21											

Tramo	Zona	T_{FM} (daN)			THF			THF corregida			
		A	B	T_{FM} (daN)	Temperatura (ºC)	Valor máximo (%)	Valor calculado (%)	T_{FM}' (daN)	B	A'	T_0'' (daN)
21 - 22	A	3389,63973	8463655861	1338,00	-5	22,5	20,949	———	———	———	———
22 - 23											
23 - 24											
24 - 25											
25 - 26											
26 - 27											
27 - 28											
28 - 29											
29 - 30											
30 - 31	A	3418,73086	8511125347	1337,68	-5	22,5	20,944	———	———	———	———
31 - 32	A	4604,28549	10445655016	1327,06	-5	22,5	20,778	———	———	———	———
32 - 33											
33 - 34	A	-434,39180	2223789520	1467,29	-5	22,5	22,973	1437,08	2223789520	-360,27559	2238,94
34 - 35											
35 - 36	A	6599,50814	13478119184	1305,74	-5	22,5	20,444	———	———	———	———
36 - 37	A	4285,64385	9210856114	1285,78	-5	22,5	20,131	———	———	———	———
37 - 38											
38 - 39	A	2048,08189	6274567841	1357,39	-5	22,5	21,252	———	———	———	———
39 - 40											
40 - 41											

Tramo	Zona	T_{FM} (daN)			THF			THF corregida			
		A	B	T_{FM} (daN)	Temperatura (ºC)	Valor máximo (%)	Valor calculado (%)	T_{FM}' (daN)	B	A'	T_0'' (daN)
41 - 42	A	2907,40626	7676771039	1343,80	-5	22,5	21,040	———	———	———	———
42 - 43											
43 - 44	B	2348,50140	6313480495	1313,10	-15	22,5	20,559	———	———	———	———
44 - 45											
45 - 46	A	2865,65854	7608649160	1344,35	-5	22,5	21,048	———	———	———	———
46 - 47											
47 - 48	A	2109,87908	6375405448	1356,23	-5	22,5	21,234	———	———	———	———
48 - 49	B	3262,00016	7729515228	1301,46	-15	22,5	20,377	———	———	———	———
49 - 50											
50 - 51	B	1981,15221	6154595083	1357,69	-15	22,5	21,257	———	———	———	———
51 - 52											
52 - 53	B	4017,79300	8580111722	1273,41	-15	22,5	19,938	———	———	———	———
53 - 54											
54 - 55	A	4075,47994	9582776154	1331,30	-5	22,5	20,844	———	———	———	———
55 - 56											
56 - 57	A	2229,60517	6570768598	1354,08	-5	22,5	21,201	———	———	———	———
57 - 58											

Tramo	Zona	Resultados finales del EDS y del THF							
		A	B	T_{CD} (daN)	EDS (%)	A	B	T_{FM} (daN)	THF (%)
1 - 2	A	385,80122	2691059738	1273,50	19,939	-134,01483	2691059738	1437,08	22,500
2 - 3									
3 - 4	A	-216,37992	1447444542	1208,11	18,915	-736,19597	1447444542	1437,08	22,500
4 - 5	A	1815,52822	5046887979	1277,40	20,000	———	———	———	21,524
5 - 6									
6 - 7									
7 - 8	A	-721,94132	403366952	1072,57	16,793	-1241,75737	403366952	1437,08	22,500
8 - 9	A	1940,07916	5250124065	1277,40	20,000	———	———	———	21,471
9 - 10									
10 - 11									
11 - 12									
12 - 13									
13 - 14									
14 - 15									
15 - 16									
16 - 17									
17 - 18	A	4624,40983	9630282674	1277,40	20,000	———	———	———	20,840

Tramo	Zona	Resultados finales del EDS y del THF							
		A	B	T_{CD} (daN)	EDS (%)	A	B	T_{FM} (daN)	THF (%)
18 - 19	A	4378,43423	9228911798	1277,40	20,000	———	———	———	20,875
19 - 20									
20 - 21									
21 - 22	A	3909,45578	8463655861	1277,40	20,000	———	———	———	20,949
22 - 23									
23 - 24									
24 - 25									
25 - 26									
26 - 27									
27 - 28									
28 - 29									
29 - 30									
30 - 31	A	3938,54692	8511125347	1277,40	20,000	———	———	———	20,944
31 - 32	A	5124,10155	1044565501	1277,40	20,000	———	———	———	20,778
32 - 33									
33 - 34	A	159,54047	2223789520	1254,19	19,637	-360,27559	2223789520	1437,08	22,500
34 - 35									
35 - 36	A	7119,32419	1347811918	1267,68	19,848	———	———	———	20,444

Tramo	Zona	Resultados finales del EDS y del THF							
		A	B	T_{CD} (daN)	EDS (%)	A	B	T_{FM} (daN)	THF (%)
36 - 37	A	4805,45990	9210856114	1234,87	19,334	———	———	———	20,131
37 - 38									
38 - 39	A	2567,89794	6274567841	1277,40	20,000	———	———	———	21,252
39 - 40									
40 - 41									
41 - 42	A	3427,22232	7676771039	1277,40	20,000	———	———	———	21,040
42 - 43									
43 - 44	B	2998,27147	6313480495	1222,97	19,148	———	———	———	20,559
44 - 45									
45 - 46	A	3385,47459	7608649160	1277,40	20,000	———	———	———	21,048
46 - 47									
47 - 48	A	2629,69513	6375405448	1277,40	20,000	———	———	———	21,234
48 - 49	B	3911,77023	7729515228	1226,50	19,203	———	———	———	20,377
49 - 50									
50 - 51	B	2630,92228	6154595083	1258,01	19,696	———	———	———	21,257
51 - 52									
52 - 53	B	4667,56307	8580111722	1208,39	18,920	———	———	———	19,938
53 - 54									

Tramo	Zona	Resultados finales del EDS y del THF							
		A	B	T_{CD} (daN)	EDS (%)	A	B	T_{FM} (daN)	THF (%)
54 - 55	A	4595,29600	9582776154	1277,40	20,000	————	————	————	20,844
55 - 56									
56 - 57	A	2749,42123	6570768598	1277,40	20,000	————	————	————	21,201
57 - 58									

Tramo	Zona	A	B	T.máxima viento (daN)	T.máxima hielo (daN)	A	B	T.Viento 1/2 (120Km/h) (daN)
1 - 2	A	-134,01483	11396305629	2295,94	————	-134,01483	3865778467	1615,41
2 - 3								
3 - 4	A	-736,19597	6129748868	2111,31	————	-736,19597	2079292356	1574,71
4 - 5	A	1295,71217	21372947271	2403,64	————	1295,71217	7249988025	1586,12
5 - 6								
6 - 7								
7 - 8	A	-1241,75737	1708209225	1780,56	————	-1241,75737	579447292	1499,47

Tramo	Zona	A	B	T.máxima viento (daN)	T.máxima hielo (daN)	A	B	T.Viento 1/2 (120Km/h) (daN)
8 - 9	A	1420,26311	22233626991	2409,47	————	1420,26311	7541942036	1584,34
9 - 10								
10 - 11								
11 - 12								
12 - 13								
13 - 14								
14 - 15								
15 - 16								
16 - 17								
17 - 18	A	4104,59378	40783057724	2487,33	————	4104,59378	13834155692	1562,42
18 - 19	A	3858,61817	39083301636	2482,61	————	3858,61817	13257575816	1563,66
19 - 20								
20 - 21								
21 - 22	A	3389,63973	35842537257	2472,66	————	3389,63973	12158265429	1566,29
22 - 23								
23 - 24								
24 - 25								
25 - 26								
26 - 27								
27 - 28								
28 - 29								
29 - 30								

Tramo	Zona	A	B	T.máxima viento (daN)	T.máxima hielo (daN)	A	B	T.Viento 1/2 (120Km/h) (daN)
30 - 31	A	3418,73086	36043564668	2473,32	————	3418,73086	12226456601	1566,12
31 - 32	A	4604,28549	44236058891	2496,03	————	4604,28549	15005459621	1560,19
32 - 33								
33 - 34	A	-360,27559	9417473964	2238,94	————	-360,27559	3194532443	1603,19
34 - 35								
35 - 36	A	6599,50814	57078170114	2503,98	————	6599,50814	19361674578	1542,11
36 - 37	A	4285,64385	39006838045	2413,09	————	4285,64385	13231638349	1510,86
37 - 38								
38 - 39	A	2048,08189	26572019861	2434,67	————	2048,08189	9013582608	1576,88
39 - 40								
40 - 41								
41 - 42	A	2907,40626	32510177222	2460,89	————	2907,40626	11027884576	1569,49
42 - 43								
43 - 44	B	2478,45541	26736810144	2352,54	2451,13	2478,45541	9069481664	1508,28
44 - 45								
45 - 46	A	2865,65854	32221689475	2459,78	————	2865,65854	10930025695	1569,79
46 - 47								
47 - 48	A	2109,87908	26999054670	2436,83	————	2109,87908	9158438496	1576,25
48 - 49	B	3391,95417	32733542348	2381,17	2479,66	3391,95417	11103652998	1505,70
49 - 50								

Tramo	Zona	A	B	T.máxima viento (daN)	T.máxima hielo (daN)	A	B	T.Viento 1/2 (120Km/h) (daN)
50 - 51	B	2111,10622	26063950048	2402,91	2503,60	2111,10622	8841238569	1553,30
51 - 52								
52 - 53	B	4147,74701	36335713444	2362,48	2459,68	4147,74701	12325557352	1479,92
53 - 54								
54 - 55	A	4075,47994	40581873480	2486,79	———	4075,47994	13765911320	1562,57
55 - 56								
56 - 57	A	2229,60517	27826393481	2440,88	———	2229,60517	9439082826	1575,09
57 - 58								

Tramo	Zona	Tensiones y Flechas											
		A	B	15ºC+V (120Km/h)		A	B	0ºC+H		A	B	75ºC	
				T (daN)	F (m)			T (daN)	F (m)			T (daN)	F (m)
1 - 2	A	385,80122	7389934655	1827,33	7,265	———	———	———	———	1945,24938	2691059738	962,09	8,329
2 - 3					7,886				———				9,041
3 - 4	A	-216,37992	3974835798	1659,58	4,489	———	———	———	———	1343,06824	1447444542	818,34	5,495
4 - 5	A	1815,52822	13859288163	1924,91	13,751	———	———	———	———	3374,97638	5046887979	1066,03	14,987
5 - 6					17,702				———				19,295
6 - 7					5,832				———				6,355

Tramo	Zona	Tensiones y Flechas											
		A	B	15ºC+V (120Km/h)		A	B	0ºC+H		A	B	75ºC	
				T (daN)	F (m)			T (daN)	F (m)			T (daN)	F (m)
7 - 8	A	-721,94132	1107688312	1339,39	1,550	———	———	———	———	837,50684	403366952	540,95	2,316
8 - 9					7,981				———				8,675
9 - 10					11,670				———				12,685
10 - 11					16,126				———				17,531
11 - 12					14,798				———				16,086
12 - 13	A	1940,07916	14417395948	1930,09	14,475	———	———	———	———	3499,52732	5250124065	1071,69	15,735
13 - 14					15,722				———				17,091
14 - 15					10,218				———				11,107
15 - 16					21,620				———				23,505
16 - 17					7,282				———				7,915
17 - 18	A	4624,40983	26445774746	1998,30	24,849	———	———	———	———	6183,85799	9630282674	1146,21	26,149
18 - 19					5,708				———				6,017
19 - 20	A	4378,43423	25343567870	1994,22	15,870	———	———	———	———	5937,88239	9228911798	1141,75	16,730
20 - 21					36,373				———				38,352

Tramo	Zona	Tensiones y Flechas											
		A	B	15ºC+V (120Km/h)		A	B	0ºC+H		A	B	75ºC	
				T (daN)	F (m)			T (daN)	F (m)			T (daN)	F (m)
21 - 22	A	3909,45578	23242094132	1985,61	11,796	———	———	———	———	5468,90394	8463655861	1132,31	12,484
22 - 23					23,208				———				24,565
23 - 24					27,662				———				29,281
24 - 25					28,815				———				30,501
25 - 26					12,669				———				13,408
26 - 27					28,103				———				29,747
27 - 28					17,927				———				18,974
28 - 29					13,574				———				14,366
29 - 30					24,264				———				25,683
30 - 31	A	3938,54692	23372450362	1986,18	22,090	———	———	———	———	5497,99508	8511125347	1132,94	23,375
31 - 32	A	5124,10155	28684873435	2005,79	21,719	———	———	———	———	6683,54971	1044565501	1154,43	22,776
32 - 33					31,153				———				32,673
33 - 34	A	159,54047	6106761215	1776,17	6,771	———	———	———	———	1718,98863	2223789520	918,27	7,905
34 - 35					6,102				———				7,124
35 - 36	A	7119,32419	37012340761	2013,16	34,551	———	———	———	———	8678,77235	1347811918	1169,84	35,889
36 - 37	A	4805,45990	25293985053	1936,88	29,728	———	———	———	———	6364,90806	9210856114	1110,06	31,311
37 - 38					17,805				———				18,751
38 - 39	A	2567,89794	17230626907	1952,39	17,033	———	———	———	———	4127,34610	6274567841	1096,02	18,314
39 - 40					16,620				———				17,870
40 - 41					16,009				———				17,213

Tramo	Zona	Tensiones y Flechas											
		A	B	15ºC+V (120Km/h)		A	B	0ºC+H		A	B	75ºC	
				T (daN)	F (m)			T (daN)	F (m)			T (daN)	F (m)
41 - 42	A	3427,22231	21081225188	1975,36	12,914	———	———	———	———	4986,67047	7676771039	1121,11	13,733
42 - 43					25,139				———				26,738
43 - 44	B	2518,86606	17337485171	1966,13	17,469	2738,36344	28836324926	2374,79	18,657	4687,67364	6313480495	1049,06	19,766
44 - 45					15,565				16,622				17,610
45 - 46	A	3385,47459	20894155302	1974,40	26,426	———	———	———	———	4944,92275	7608649160	1120,05	28,119
46 - 47					7,849				———				8,350
47 - 48	A	2629,69513	17507537640	1954,30	16,809	———	———	———	———	4189,14329	6375405448	1098,09	18,057
48 - 49	B	3363,77722	21226066310	1990,97	12,166	3651,86220	35303952043	2412,74	12,950	5601,17240	7729515228	1075,93	13,589
49 - 50					25,443				27,085				28,428
50 - 51	B	2174,44212	16901169025	2009,79	20,911	2371,01425	28110628320	2421,81	22,386	4320,32445	6154595083	1068,68	23,744
51 - 52					6,776				7,253				7,691
52 - 53	B	4065,99708	23561894243	1974,94	7,753	4407,65504	39188984536	2399,40	8,231	6356,96524	8580111722	1074,51	8,601
53 - 54					29,879				31,728				33,161
54 - 55	A	4595,29599	26315316818	1997,83	24,525	———	———	———	———	6154,74415	9582776154	1145,70	25,813
55 - 56					24,938				———				26,248
56 - 57	A	2749,42123	18044025511	1957,86	18,110	———	———	———	———	4308,86939	6570768598	1101,98	19,421
57 - 58					16,437				———				17,626

Tramo	Zona	Constante de catenaria	T_0 (daN)	T_0 mínima (daN)
1 - 2	A	1452,92	2536,93	2536,93
2 - 3			2540,74	
3 - 4	A	1235,83	2542,09	2542,09
4 - 5	A	1609,90	2530,65	2527,86
5 - 6			2531,98	
6 - 7			2527,86	
7 - 8	A	816,92	2549,92	2549,92
8 - 9	A	1618,44	2543,63	2505,44
9 - 10			2533,48	
10 - 11			2533,76	
11 - 12			2534,32	
12 - 13			2535,19	
13 - 14			2534,21	
14 - 15			2513,78	
15 - 16			2505,44	
16 - 17			2529,35	
17 - 18	A	1730,98	2495,22	2495,22
18 - 19	A	1724,24	2513,66	2502,78
19 - 20			2524,09	
20 - 21			2502,78	

Tramo	Zona	Constante de catenaria	T_0 (daN)	T_0 mínima (daN)
21 - 22	A	1709,99	2505,47	2484,45
22 - 23			2507,64	
23 - 24			2504,78	
24 - 25			2516,29	
25 - 26			2525,95	
26 - 27			2484,45	
27 - 28			2489,40	
28 - 29			2501,24	
29 - 30			2486,14	
30 - 31	A	1710,93	2514,76	2514,76
31 - 32	A	1743,38	2517,07	2503,04
32 - 33			2503,04	
33 - 34	A	1386,75	2487,48	2487,48
34 - 35			2533,83	
35 - 36	A	1766,67	2503,98	2503,98
36 - 37	A	1676,38	2413,09	2413,09
37 - 38			2470,63	

Tramo	Zona	Constante de catenaria	T_0 (daN)	T_0 mínima (daN)
38 - 39	A	1655,18	2529,83	2520,27
39 - 40			2520,27	
40 - 41			2527,14	
41 - 42	A	1693,07	2520,98	2494,05
42 - 43			2494,05	
43 - 44	B	1584,27	2451,13	2451,13
44 - 45			2509,76	
45 - 46	A	1691,48	2508,05	2508,05
46 - 47			2541,81	
47 - 48	A	1658,31	2520,79	2520,79
48 - 49	B	1624,84	2501,22	2479,66
49 - 50			2479,66	
50 - 51	B	1613,89	2503,60	2503,60
51 - 52			2539,84	
52 - 53	B	1622,69	2527,79	2459,68
53 - 54			2459,68	
54 - 55	A	1730,21	2517,62	2501,77
55 - 56			2501,77	
56 - 57	A	1664,19	2528,11	2510,53
57 - 58			2510,53	

4.3.2. Tablas de tendido

Tramo	T -5ºC				T 0ºC				T 5ºC			
	A	B	T (daN)	F (m)	A	B	T (daN)	F (m)	A	B	T (daN)	F (m)
1 - 2	-134,01485	2691059738	1437,08	5,573	-4,06084	2691059738	1392,29	5,753	125,89318	2691059738	1350,21	5,932
2 - 3				6,049				6,244				6,439
3 - 4	-736,19600	1447444542	1437,08	3,128	-606,24198	1447444542	1373,50	3,272	-476,28797	1447444542	1314,27	3,420
4 - 5	1295,71215	5046887979	1374,74	11,614	1425,66617	5046887979	1348,74	11,839	1555,62018	5046887979	1323,89	12,061
5 - 6				14,950				15,239				15,526
6 - 7				4,927				5,022				5,116
7 - 8	-1241,75740	403366952	1437,08	0,871	-1111,80339	403366952	1337,34	0,936	-981,84938	403366952	1242,94	1,008
8 - 9	1420,26309	5250124065	1371,37	6,777	1550,21710	5250124065	1346,31	6,904	1680,17112	5250124065	1322,34	7,029
9 - 10				9,908				10,093				10,276
10 - 11				13,690				13,946				14,199
11 - 12				12,563				12,797				13,030
12 - 13				12,289				12,518				12,745
13 - 14				13,347				13,596				13,843
14 - 15				8,676				8,838				8,998
15 - 16				18,351				18,694				19,034
16 - 17				6,184				6,299				6,413

Tramo	T -5ºC				T 0ºC				T 5ºC			
	A	B	T (daN)	F (m)	A	B	T (daN)	F (m)	A	B	T (daN)	F (m)
17 - 18	4104,59376	9630282674	1331,05	22,503	4234,54777	9630282674	1317,07	22,743	4364,50179	9630282674	1303,48	22,981
18 - 19				5,152				5,209				5,265
19 - 20	3858,61816	9228911798	1333,25	14,321	3988,57217	9228911798	1318,68	14,479	4118,52618	9228911798	1304,53	14,637
20 - 21				32,811				33,175				33,537
21 - 22				10,561				10,688				10,814
22 - 23				20,774				21,024				21,273
23 - 24				24,760				25,058				25,354
24 - 25				25,791				26,102				26,410
25 - 26	3389,63971	8463655861	1338,00	11,343	3519,59372	8463655861	1322,14	11,479	3649,54774	8463655861	1306,77	11,614
26 - 27				25,154				25,457				25,758
27 - 28				16,049				16,242				16,433
28 - 29				12,153				12,299				12,444
29 - 30				21,719				21,981				22,240
30 - 31	3418,73085	8511125347	1337,68	19,785	3548,68486	8511125347	1321,91	20,022	3678,63887	8511125347	1306,62	20,257
31 - 32	4604,28548	10445655016	1327,06	19,803	4734,23949	10445655016	1314,16	19,998	4864,19350	10445655016	1301,59	20,191
32 - 33				28,401				28,681				28,960
33 - 34	-360,27561	2223789520	1437,08	5,048	-230,32159	2223789520	1386,73	5,232	-100,36758	2223789520	1339,59	5,416
34 - 35				4,550				4,715				4,881

Tramo	T -5ºC				T 0ºC				T 5ºC			
	A	B	T (daN)	F (m)	A	B	T (daN)	F (m)	A	B	T (daN)	F (m)
35 - 36	6599,50812	13478119184	1305,74	32,132	6729,46214	13478119184	1295,93	32,377	6859,41615	13478119184	1286,32	32,620
36 - 37	4285,64383	9210856114	1285,78	27,010	4415,59784	9210856114	1272,52	27,293	4545,55185	9210856114	1259,63	27,574
37 - 38				16,181				16,350				16,517
38 - 39	2048,08187	6274567841	1357,39	14,779	2178,03589	6274567841	1336,21	15,013	2307,98990	6274567841	1315,85	15,246
39 - 40				14,420				14,649				14,876
40 - 41				13,890				14,111				14,330
41 - 42	2907,40625	7676771039	1343,80	11,453	3037,36026	7676771039	1326,36	11,604	3167,31427	7676771039	1309,50	11,753
42 - 43				22,289				22,583				22,875
43 - 44	2608,40943	6313480495	1275,04	16,252	2738,36344	6313480495	1257,05	16,485	2868,31745	6313480495	1239,70	16,717
44 - 45				14,481				14,688				14,894
45 - 46	2865,65852	7608649160	1344,35	23,408	2995,61254	7608649160	1326,76	23,720	3125,56655	7608649160	1309,76	24,029
46 - 47				6,955				7,047				7,139
47 - 48	2109,87906	6375405448	1356,23	14,611	2239,83307	6375405448	1335,38	14,840	2369,78709	6375405448	1315,31	15,067
48 - 49	3521,90819	7729515228	1270,05	11,508	3651,86220	7729515228	1255,08	11,645	3781,81621	7729515228	1240,57	11,782
49 - 50				24,063				24,351				24,637
50 - 51	2241,06024	6154595083	1315,48	19,273	2371,01425	6154595083	1295,59	19,570	2500,96826	6154595083	1276,45	19,864
51 - 52				6,247				6,343				6,438

Tramo	T -5ºC				T 0ºC				T 5ºC			
	A	B	T (daN)	F (m)	A	B	T (daN)	F (m)	A	B	T (daN)	F (m)
52 - 53	4277,70103	8580111722	1246,29	7,414	4407,65504	8580111722	1233,30	7,492	4537,60905	8580111722	1220,67	7,570
53 - 54				28,565				28,868				29,168
54 - 55	4075,47993	9582776154	1331,30	22,200	4205,43394	9582776154	1317,26	22,438	4335,38795	9582776154	1303,60	22,673
55 - 56				22,574				22,816				23,056
56 - 57	2229,60516	6570768598	1354,08	15,795	2359,55917	6570768598	1333,82	16,036	2489,51318	6570768598	1314,31	16,274
57 - 58				14,336				14,555				14,771

Tramo	T 10ºC				T 15ºC				T 20ºC			
	A	B	T (daN)	F (m)	A	B	T (daN)	F (m)	A	B	T (daN)	F (m)
1 - 2	255,84719	2691059738	1310,67	6,111	385,80120	2691059738	1273,50	6,290	515,75522	2691059738	1238,54	6,468
2 - 3				6,633				6,827				7,020
3 - 4	-346,33396	1447444542	1259,20	3,570	-216,37994	1447444542	1208,11	3,721	-86,42593	1447444542	1160,74	3,873
4 - 5	1685,57419	5046887979	1300,13	12,282	1815,52821	5046887979	1277,40	12,501	1945,48222	5046887979	1255,63	12,718
5 - 6				15,810				16,092				16,372
6 - 7				5,210				5,303				5,395
7 - 8	-851,89536	403366952	1154,52	1,085	-721,94135	403366952	1072,57	1,168	-591,98734	403366952	997,43	1,256

Tramo	T 10ºC				T 15ºC				T 20ºC			
	A	B	T (daN)	F (m)	A	B	T (daN)	F (m)	A	B	T (daN)	F (m)
8 - 9				7,153				7,276				7,399
9 - 10				10,458				10,638				10,817
10 - 11				14,451				14,700				14,947
11 - 12				13,261				13,489				13,716
12 - 13	1810,12513	5250124065	1299,39	12,971	1940,07914	5250124065	1277,40	13,195	2070,03316	5250124065	1256,32	13,417
13 - 14				14,088				14,331				14,572
14 - 15				9,157				9,315				9,472
15 - 16				19,371				19,706				20,038
16 - 17				6,527				6,639				6,751
17 - 18	4494,45580	9630282674	1290,26	23,217	4624,40981	9630282674	1277,40	23,452	4754,36383	9630282674	1264,88	23,685
18 - 19				5,321				5,377				5,432
19 - 20	4248,48020	9228911798	1290,77	14,793	4378,43421	9228911798	1277,40	14,949	4508,38822	9228911798	1264,39	15,103
20 - 21				33,897				34,254				34,608

Tramo	T 10ºC				T 15ºC				T 20ºC			
	A	B	T (daN)	F (m)	A	B	T (daN)	F (m)	A	B	T (daN)	F (m)
21 - 22				10,939				11,063				11,186
22 - 23				21,519				21,763				22,006
23 - 24				25,648				25,939				26,229
24 - 25				26,716				27,020				27,322
25 - 26	3779,50175	8463655861	1291,86	11,749	3909,45576	8463655861	1277,40	11,882	4039,40978	8463655861	1263,36	12,014
26 - 27				26,056				26,352				26,647
27 - 28				16,623				16,812				16,999
28 - 29				12,588				12,730				12,872
29 - 30				22,498				22,754				23,007
30 - 31	3808,59289	8511125347	1291,79	20,490	3938,54690	8511125347	1277,40	20,722	4068,50091	8511125347	1263,43	20,952
31 - 32	4994,14752	10445655016	1289,34	20,384	5124,10153	10445655016	1277,40	20,575	5254,05554	10445655016	1265,76	20,765
32 - 33				29,236				29,511				29,783
33 - 34	29,58643	2223789520	1295,47	5,601	159,54045	2223789520	1254,19	5,785	289,49446	2223789520	1215,55	5,969
34 - 35				5,047				5,214				5,379
35 - 36	6989,37016	13478119184	1276,91	32,862	7119,32418	13478119184	1267,68	33,102	7249,27819	13478119184	1258,64	33,341
36 - 37	4675,50587	9210856114	1247,08	27,852	4805,45988	9210856114	1234,87	28,129	4935,41389	9210856114	1222,97	28,404
37 - 38				16,684				16,850				17,014
38 - 39				15,477				15,706				15,934
39 - 40	2437,94391	6274567841	1296,26	15,101	2567,89793	6274567841	1277,40	15,325	2697,85194	6274567841	1259,23	15,547
40 - 41				14,547				14,762				14,976

Tramo	T 10ºC				T 15ºC				T 20ºC			
	A	B	T (daN)	F (m)	A	B	T (daN)	F (m)	A	B	T (daN)	F (m)
41 - 42	3297,26829	7676771039	1293,19	11,902	3427,22230	7676771039	1277,40	12,049	3557,17631	7676771039	1262,11	12,196
42 - 43				23,165				23,452				23,737
43 - 44	2998,27147	6313480495	1222,97	16,946	3128,22548	6313480495	1206,81	17,174	3258,17949	6313480495	1191,20	17,399
44 - 45				15,099				15,302				15,503
45 - 46	3255,52056	7608649160	1293,31	24,335	3385,47457	7608649160	1277,40	24,640	3515,42859	7608649160	1261,99	24,942
46 - 47				7,230				7,320				7,409
47 - 48	2499,74110	6375405448	1296,00	15,292	2629,69511	6375405448	1277,40	15,515	2759,64913	6375405448	1259,47	15,737
48 - 49	3911,77023	7729515228	1226,50	11,917	4041,72424	7729515228	1212,85	12,052	4171,67825	7729515228	1199,60	12,185
49 - 50				24,921				25,203				25,482
50 - 51	2630,92228	6154595083	1258,01	20,156	2760,87629	6154595083	1240,25	20,446	2890,83030	6154595083	1223,12	20,734
51 - 52				6,532				6,626				6,719
52 - 53	4667,56307	8580111722	1208,39	7,647	4797,51708	8580111722	1196,44	7,723	4927,47109	8580111722	1184,80	7,799
53 - 54				29,466				29,762				30,056
54 - 55	4465,34197	9582776154	1290,32	22,908	4595,29598	9582776154	1277,40	23,140	4725,24999	9582776154	1264,82	23,371
55 - 56				23,294				23,530				23,765
56 - 57	2619,46720	6570768598	1295,52	16,511	2749,42121	6570768598	1277,40	16,746	2879,37522	6570768598	1259,92	16,979
57 - 58				14,986				15,199				15,410

Tramo	T 25ºC				T 30ºC				T 35ºC			
	A	B	T (daN)	F (m)	A	B	T (daN)	F (m)	A	B	T (daN)	F (m)
1 - 2	645,70923	2691059738	1205,64	6,644	775,66324	2691059738	1174,65	6,820	905,61726	2691059738	1145,44	6,994
2 - 3				7,212				7,402				7,591
3 - 4	43,52808	1447444542	1116,86	4,025	173,48210	1447444542	1076,21	4,177	303,43611	1447444542	1038,55	4,329
4 - 5	2075,43623	5046887979	1234,77	12,934	2205,39025	5046887979	1214,76	13,147	2335,34426	5046887979	1195,55	13,359
5 - 6				16,650				16,925				17,197
6 - 7				5,486				5,576				5,666
7 - 8	-462,03332	403366952	929,21	1,348	-332,07931	403366952	867,76	1,443	-202,12530	403366952	812,76	1,541
8 - 9	2199,98717	5250124065	1236,10	7,520	2329,94118	5250124065	1216,68	7,640	2459,89520	5250124065	1198,03	7,759
9 - 10				10,994				11,170				11,344
10 - 11				15,193				15,436				15,677
11 - 12				13,941				14,164				14,385
12 - 13				13,637				13,855				14,071
13 - 14				14,811				15,048				15,283
14 - 15				9,627				9,781				9,933
15 - 16				20,367				20,693				21,016
16 - 17				6,861				6,971				7,079
17 - 18	4884,31784	9630282674	1252,68	23,917	5014,27185	9630282674	1240,80	24,147	5144,22587	9630282674	1229,23	24,375

Tramo	T 25ºC				T 30ºC				T 35ºC			
	A	B	T (daN)	F (m)	A	B	T (daN)	F (m)	A	B	T (daN)	F (m)
18 - 19	4638,34224	9228911798	1251,74	5,487	4768,29625	9228911798	1239,43	5,542	4898,25026	9228911798	1227,43	5,596
19 - 20				15,256				15,408				15,559
20 - 21				34,960				35,310				35,657
21 - 22	4169,36379	8463655861	1249,73	11,308	4299,31780	8463655861	1236,48	11,430	4429,27182	8463655861	1223,61	11,550
22 - 23				22,247				22,486				22,724
23 - 24				26,516				26,802				27,085
24 - 25				27,621				27,918				28,214
25 - 26				12,146				12,276				12,405
26 - 27				26,939				27,229				27,516
27 - 28				17,185				17,370				17,553
28 - 29				13,013				13,153				13,291
29 - 30				23,259				23,510				23,758
30 - 31	4198,45493	8511125347	1249,86	21,180	4328,40894	8511125347	1236,68	21,407	4458,36295	8511125347	1223,87	21,632
31 - 32	5384,00956	1044565501	1254,40	20,954	5513,96357	10445655016	1243,32	21,141	5643,91758	10445655016	1232,50	21,327
32 - 33				30,055				30,324				30,591
33 - 34	419,44847	2223789520	1179,36	6,153	549,40249	2223789520	1145,46	6,335	679,35650	2223789520	1113,66	6,516
34 - 35				5,545				5,709				5,872
35 - 36	7379,23220	1347811918	1249,78	33,579	7509,18622	13478119184	1241,09	33,816	7639,14023	13478119184	1232,57	34,051
36 - 37	5065,36791	9210856114	1211,39	28,677	5195,32192	9210856114	1200,09	28,949	5325,27593	9210856114	1189,09	29,218
37 - 38				17,177				17,339				17,500

Tramo	T 25ºC				T 30ºC				T 35ºC			
	A	B	T (daN)	F (m)	A	B	T (daN)	F (m)	A	B	T (daN)	F (m)
38 - 39	2827,80595	6274567841	1241,71	16,159	2957,75997	6274567841	1224,81	16,383	3087,71398	6274567841	1208,51	16,604
39 - 40				15,767				15,985				16,201
40 - 41				15,187				15,398				15,606
41 - 42	3687,13033	7676771039	1247,30	12,341	3817,08434	7676771039	1232,94	12,485	3947,03835	7676771039	1219,02	12,628
42 - 43				24,020				24,301				24,580
43 - 44	3388,13351	6313480495	1176,11	17,623	3518,08752	6313480495	1161,53	17,845	3648,04153	6313480495	1147,41	18,066
44 - 45				15,702				15,900				16,096
45 - 46	3645,38260	7608649160	1247,07	25,242	3775,33661	7608649160	1232,61	25,539	3905,29063	7608649160	1218,58	25,835
46 - 47				7,498				7,586				7,674
47 - 48	2889,60314	6375405448	1242,18	15,956	3019,55715	6375405448	1225,50	16,174	3149,51117	6375405448	1209,39	16,390
48 - 49	4301,63227	7729515228	1186,74	12,318	4431,58628	7729515228	1174,24	12,449	4561,54029	7729515228	1162,09	12,579
49 - 50				25,760				26,035				26,309
50 - 51	3020,78432	6154595083	1206,60	21,019	3150,73833	6154595083	1190,65	21,301	3280,69234	6154595083	1175,25	21,581
51 - 52				6,811				6,902				6,993
52 - 53	5057,42511	8580111722	1173,47	7,875	5187,37912	8580111722	1162,43	7,949	5317,33313	8580111722	1151,67	8,024
53 - 54				30,348				30,638				30,926
54 - 55	4855,20401	9582776154	1252,58	23,601	4985,15802	9582776154	1240,65	23,829	5115,11203	9582776154	1229,02	24,055
55 - 56				23,999				24,230				24,461

Tramo	T 25ºC				T 30ºC				T 35ºC			
	A	B	T (daN)	F (m)	A	B	T (daN)	F (m)	A	B	T (daN)	F (m)
56 - 57	3009,32924	6570768598	1243,06	17,210	3139,28325	6570768598	1226,77	17,439	3269,23726	6570768598	1211,03	17,667
57 - 58				15,620				15,828				16,034

Tramo	T 40ºC				T 45ºC				T 50ºC			
	A	B	T (daN)	F (m)	A	B	T (daN)	F (m)	A	B	T (daN)	F (m)
1 - 2	1035,57127	2691059738	1117,88	7,167	1165,52528	2691059738	1091,84	7,338	1295,47930	2691059738	1067,23	7,507
2 - 3				7,779				7,965				8,149
3 - 4	433,39012	1447444542	1003,62	4,480	563,34414	1447444542	971,20	4,629	693,29815	1447444542	941,08	4,778
4 - 5	2465,29827	5046887979	1177,11	13,569	2595,25229	5046887979	1159,39	13,777	2725,20630	5046887979	1142,34	13,983
5 - 6				17,468				17,736				18,001
6 - 7				5,755				5,843				5,930
7 - 8	-72,17128	403366952	763,73	1,640	57,78273	403366952	720,10	1,739	187,73674	403366952	681,29	1,839

Tramo	T 40ºC				T 45ºC				T 50ºC			
	A	B	T (daN)	F (m)	A	B	T (daN)	F (m)	A	B	T (daN)	F (m)
8 - 9				7,877				7,994				8,110
9 - 10				11,517				11,688				11,858
10 - 11				15,916				16,153				16,387
11 - 12				14,605				14,822				15,037
12 - 13	2589,84921	5250124065	1180,10	14,286	2719,80322	5250124065	1162,84	14,498	2849,75724	5250124065	1146,23	14,709
13 - 14				15,516				15,747				15,976
14 - 15				10,084				10,234				10,383
15 - 16				21,337				21,655				21,970
16 - 17				7,187				7,294				7,400
17 - 18	5274,17988	9630282674	1217,94	24,602	5404,13389	9630282674	1206,93	24,827	5534,08791	9630282674	1196,20	25,051
18 - 19				5,650				5,703				5,756
19 - 20	5028,20428	9228911798	1215,75	15,709	5158,15829	9228911798	1204,37	15,857	5288,11230	9228911798	1193,28	16,005
20 - 21				36,002				36,344				36,684

Tramo	T 40ºC				T 45ºC				T 50ºC			
	A	B	T (daN)	F (m)	A	B	T (daN)	F (m)	A	B	T (daN)	F (m)
21 - 22				11,670				11,789				11,906
22 - 23				22,960				23,194				23,426
23 - 24				27,366				27,646				27,923
24 - 25				28,507				28,798				29,087
25 - 26	4559,22583	8463655861	1211,10	12,534	4689,17984	8463655861	1198,92	12,661	4819,13386	8463655861	1187,08	12,788
26 - 27				27,802				28,086				28,368
27 - 28				17,735				17,916				18,095
28 - 29				13,429				13,566				13,701
29 - 30				24,005				24,249				24,492
30 - 31	4588,31697	8511125347	1211,41	21,855	4718,27098	8511125347	1199,28	22,077	4848,22499	8511125347	1187,49	22,297
31 - 32	5773,87160	10445655016	1221,94	21,513	5903,82561	10445655016	1211,62	21,696	6033,77962	10445655016	1201,54	21,879
32 - 33				30,857				31,122				31,384
33 - 34	809,31051	2223789520	1083,82	6,696	939,26453	2223789520	1055,77	6,874	1069,21854	2223789520	1029,39	7,050
34 - 35				6,034				6,194				6,353
35 - 36	7769,09424	13478119184	1224,21	34,285	7899,04826	13478119184	1216,00	34,518	8029,00227	13478119184	1207,95	34,749
36 - 37	5455,22995	9210856114	1178,35	29,486	5585,18396	9210856114	1167,88	29,751	5715,13797	9210856114	1157,67	30,016
37 - 38				17,660				17,819				17,977
38 - 39				16,824				17,042				17,259
39 - 40	3217,66799	6274567841	1192,76	16,416	3347,62201	6274567841	1177,54	16,629	3477,57602	6274567841	1162,82	16,840
40 - 41				15,813				16,018				16,221

Tramo	T 40ºC				T 45ºC				T 50ºC			
	A	B	T (daN)	F (m)	A	B	T (daN)	F (m)	A	B	T (daN)	F (m)
41 - 42	4076,99236	7676771039	1205,51	12,770	4206,94638	7676771039	1192,39	12,910	4336,90039	7676771039	1179,66	13,050
42 - 43				24,857				25,132				25,404
43 - 44	3777,99555	6313480495	1133,75	18,284	3907,94956	6313480495	1120,51	18,501	4037,90357	6313480495	1107,69	18,716
44 - 45				16,291				16,484				16,675
45- 46	4035,24464	7608649160	1204,98	26,128	4165,19865	7608649160	1191,77	26,419	4295,15267	7608649160	1178,95	26,707
46 - 47				7,761				7,847				7,932
47 - 48	3279,46518	6375405448	1193,82	16,604	3409,41919	6375405448	1178,78	16,817	3539,37321	6375405448	1164,23	17,028
48 - 49	4691,49431	7729515228	1150,28	12,709	4821,44832	7729515228	1138,79	12,837	4951,40233	7729515228	1127,61	12,965
49 - 50				26,580				26,850				27,117
50 - 51	3410,64636	6154595083	1160,36	21,859	3540,60037	6154595083	1145,97	22,135	3670,55438	6154595083	1132,04	22,409
51 - 52				7,083				7,172				7,260
52 - 53	5447,28715	8580111722	1141,18	8,098	5577,24116	8580111722	1130,95	8,171	5707,19517	8580111722	1120,97	8,244
53 - 54				31,212				31,496				31,778
54 - 55	5245,06605	9582776154	1217,69	24,280	5375,02006	9582776154	1206,64	24,503	5504,97407	9582776154	1195,86	24,725
55 - 56				24,689				24,916				25,142
56 - 57	3399,19128	6570768598	1195,82	17,892	3529,14529	6570768598	1181,10	18,116	3659,09930	6570768598	1166,85	18,338
57 - 58				16,239				16,442				16,643

Tramo	T 55ºC				T 60ºC				T 65ºC			
	A	B	T (daN)	F (m)	A	B	T (daN)	F (m)	A	B	T (daN)	F (m)
1 - 2	1425,43331	2691059738	1043,93	7,675	1555,38732	2691059738	1021,84	7,841	1685,34134	2691059738	1000,90	8,006
2 - 3				8,331				8,511				8,690
3 - 4	823,25216	1447444542	913,04	4,925	953,20618	1447444542	886,91	5,070	1083,16019	1447444542	862,51	5,213
4 - 5	2855,16031	5046887979	1125,93	14,187	2985,11432	5046887979	1110,13	14,390	3115,06834	5046887979	1094,90	14,591
5 - 6				18,264				18,525				18,784
6 - 7				6,017				6,102				6,187
7 - 8	317,69076	403366952	646,72	1,937	447,64477	403366952	615,86	2,034	577,59878	403366952	588,21	2,130
8 - 9	2979,71125	5250124065	1130,23	8,225	3109,66526	5250124065	1114,80	8,339	3239,61927	5250124065	1099,92	8,452
9 - 10				12,026				12,193				12,359
10 - 11				16,620				16,851				17,080
11 - 12				15,251				15,462				15,672
12 - 13				14,918				15,125				15,330
13 - 14				16,203				16,428				16,651
14 - 15				10,530				10,676				10,821
15 - 16				22,282				22,592				22,899
16 - 17				7,505				7,609				7,712
17 - 18	5664,04192	9630282674	1185,72	25,274	5793,99593	9630282674	1175,49	25,495	5923,94994	9630282674	1165,50	25,714
18 - 19	5418,06632	9228911798	1182,46	5,809	5548,02033	9228911798	1171,91	5,862	5677,97434	9228911798	1161,61	5,914
19 - 20				16,152				16,298				16,443
20 - 21				37,022				37,358				37,691

Tramo	T 55ºC				T 60ºC				T 65ºC			
	A	B	T (daN)	F (m)	A	B	T (daN)	F (m)	A	B	T (daN)	F (m)
21 - 22	4949,08787	8463655861	1175,54	12,024	5079,04188	8463655861	1164,31	12,140	5208,99590	8463655861	1153,37	12,255
22 - 23				23,657				23,886				24,114
23 - 24				28,198				28,472				28,743
24 - 25				29,374				29,658				29,941
25 - 26				12,914				13,039				13,163
26 - 27				28,647				28,925				29,201
27 - 28				18,274				18,450				18,626
28 - 29				13,836				13,970				14,103
29 - 30				24,734				24,974				25,212
30 - 31	4978,17901	8511125347	1176,00	22,516	5108,13302	8511125347	1164,82	22,733	5238,08703	8511125347	1153,92	22,949
31 - 32	6163,73364	10445655016	1191,69	22,061	6293,68765	10445655016	1182,06	22,241	6423,64166	10445655016	1172,65	22,421
32 - 33				31,645				31,904				32,162
33 - 34	1199,17255	2223789520	1004,54	7,225	1329,12657	2223789520	981,11	7,398	1459,08058	2223789520	958,99	7,569
34 - 35				6,511				6,667				6,821
35 - 36	8158,95628	13478119184	1200,05	34,979	8288,91030	13478119184	1192,29	35,209	8418,86431	13478119184	1184,67	35,436
36 - 37	5845,09199	9210856114	1147,69	30,278	5975,04600	9210856114	1137,95	30,539	6105,00001	9210856114	1128,44	30,798
37 - 38				18,134				18,290				18,444

Tramo	T 55ºC				T 60ºC				T 65ºC			
	A	B	T (daN)	F (m)	A	B	T (daN)	F (m)	A	B	T (daN)	F (m)
38 - 39	3607,53003	6274567841	1148,59	17,473	3737,48405	6274567841	1134,81	17,686	3867,43806	6274567841	1121,47	17,897
39 - 40				17,049				17,257				17,463
40 - 41				16,422				16,622				16,821
41 - 42	4466,85440	7676771039	1167,28	13,189	4596,80842	7676771039	1155,25	13,326	4726,76243	7676771039	1143,56	13,463
42 - 43				25,675				25,943				26,210
43 - 44	4167,85759	6313480495	1095,25	18,929	4297,81160	6313480495	1083,19	19,141	4427,76561	6313480495	1071,48	19,351
44 - 45				16,865				17,054				17,241
45- 46	4425,10668	7608649160	1166,50	26,994	4555,06069	7608649160	1154,40	27,278	4685,01471	7608649160	1142,63	27,561
46 - 47				8,017				8,101				8,185
47 - 48	3669,32722	6375405448	1150,15	17,237	3799,28123	6375405448	1136,52	17,445	3929,23525	6375405448	1123,31	17,650
48 - 49	5081,35635	7729515228	1116,73	13,092	5211,31036	7729515228	1106,13	13,217	5341,26437	7729515228	1095,80	13,342
49 - 50				27,383				27,647				27,909
50 - 51	3800,50840	6154595083	1118,56	22,680	3930,46241	6154595083	1105,50	22,949	4060,41642	6154595083	1092,85	23,216
51 - 52				7,348				7,435				7,521
52 - 53	5837,14919	8580111722	1111,23	8,316	5967,10320	8580111722	1101,72	8,388	6097,05721	8580111722	1092,44	8,460
53 - 54				32,058				32,336				32,613
54 - 55	5634,92809	9582776154	1185,35	24,945	5764,88210	9582776154	1175,08	25,164	5894,83611	9582776154	1165,06	25,382
55 - 56				25,366				25,589				25,810
56 - 57	3789,05332	6570768598	1153,06	18,558	3919,00733	6570768598	1139,69	18,776	4048,96134	6570768598	1126,74	18,993
57 - 58				16,843				17,041				17,238

Tramo	T 70ºC				T 75ºC			
	A	B	T (daN)	F (m)	A	B	T (daN)	F (m)
1 - 2	1815,29535	2691059738	981,00	8,168	1945,24936	2691059738	962,09	8,329
2 - 3				8,866				9,041
3 - 4	1213,11420	1447444542	839,70	5,355	1343,06822	1447444542	818,34	5,495
4 - 5	3245,02235	5046887979	1080,21	14,790	3374,97636	5046887979	1066,03	14,987
5 - 6				19,040				19,295
6 - 7				6,272				6,355
7 - 8	707,55280	403366952	563,37	2,224	837,50681	403366952	540,95	2,316
8 - 9	3369,57329	5250124065	1085,56	8,564	3499,52730	5250124065	1071,69	8,675
9 - 10				12,522				12,685
10 - 11				17,306				17,531
11 - 12				15,880				16,086
12 - 13				15,533				15,735
13 - 14				16,872				17,091
14 - 15				10,965				11,107
15 - 16				23,203				23,505
16 - 17				7,814				7,915
17 - 18	6053,90396	9630282674	1155,75	25,932	6183,85797	9630282674	1146,21	26,149

Tramo	T 70ºC				T 75ºC			
	A	B	T (daN)	F (m)	A	B	T (daN)	F (m)
18 - 19	5807,92836	9228911798	1151,56	5,965	5937,88237	9228911798	1141,75	6,017
19 - 20				16,587				16,730
20 - 21				38,023				38,352
21 - 22	5338,94991	8463655861	1142,71	12,370	5468,90392	8463655861	1132,31	12,484
22 - 23				24,340				24,565
23 - 24				29,013				29,281
24 - 25				30,222				30,501
25 - 26				13,286				13,408
26 - 27				29,475				29,747
27 - 28				18,800				18,974
28 - 29				14,235				14,366
29 - 30				25,448				25,683
30 - 31	5368,04105	8511125347	1143,30	23,163	5497,99506	8511125347	1132,94	23,375
31 - 32	6553,59568	10445655016	1163,44	22,599	6683,54969	10445655016	1154,43	22,776
32 - 33				32,418				32,673
33 - 34	1589,03459	2223789520	938,07	7,738	1718,98861	2223789520	918,27	7,905
34 - 35				6,973				7,124
35 - 36	8548,81832	13478119184	1177,19	35,663	8678,77234	13478119184	1169,84	35,889
36 - 37	6234,95403	9210856114	1119,14	31,055	6364,90804	9210856114	1110,06	31,311
37 - 38				18,598				18,751

Tramo	T 70ºC				T 75ºC			
	A	B	T (daN)	F (m)	A	B	T (daN)	F (m)
38 - 39	3997,39207	6274567841	1108,55	18,107	4127,34609	6274567841	1096,02	18,314
39 - 40				17,667				17,870
40 - 41				17,018				17,213
41 - 42	4856,71644	7676771039	1132,18	13,599	4986,67046	7676771039	1121,11	13,733
42 - 43				26,475				26,738
43 - 44	4557,71963	6313480495	1060,11	19,559	4687,67364	6313480495	1049,06	19,766
44 - 45				17,426				17,610
45- 46	4814,96872	7608649160	1131,19	27,841	4944,92273	7608649160	1120,05	28,119
46 - 47				8,268				8,350
47 - 48	4059,18926	6375405448	1110,51	17,854	4189,14327	6375405448	1098,09	18,057
48 - 49	5471,21839	7729515228	1085,74	13,466	5601,17240	7729515228	1075,93	13,589
49 - 50				28,169				28,428
50 - 51	4190,37044	6154595083	1080,58	23,481	4320,32445	6154595083	1068,68	23,744
51 - 52				7,607				7,691
52 - 53	6227,01122	8580111722	1083,37	8,531	6356,96524	8580111722	1074,51	8,601
53 - 54				32,888				33,161
54 - 55	6024,79012	9582776154	1155,27	25,598	6154,74414	9582776154	1145,70	25,813
55 - 56				26,030				26,248

Tramo	T 70ºC				T 75ºC			
	A	B	T (daN)	F (m)	A	B	T (daN)	F (m)
56 - 57	4178,91536	6570768598	1114,18	19,208	4308,86937	6570768598	1101,98	19,421
57 - 58				17,433				17,626

4.4. Conductor de tierra

4.4.1. Tensiones reglamentarias

Zona A						Zona B						
Sobrecarga viento			Condiciones iniciales de la zona			Sobrecarga viento			Sobrecarga hielo	Condiciones iniciales de la zona		
Viento (140km/h)	Viento (120km/h)	Viento 1/2 (120km/h)	t_0 (ºC)	p_0 (daN/m)	T_0 (daN)	Viento (140km/h)	Viento (120km/h)	Viento 1/2 (120km/h)	Hielo	t_0 (ºC)	p_0 (daN/m)	T_0 (daN)
1,339	1,068	0,752	-5	1,339	3136	1,339	1,068	0,752	1,365	-15	1,365	3136

Conductor	Sección (mm^2)	Diámetro (mm)	Carga rotura (daN)	Peso (daN/m)	Módulo elasticidad (daN/mm^2)	Coef. Dilatación ($ºC^{-1}$)
F.Ópti OPGW48	180,000	17,500	7840	0,612	11760	1,154E-05

Diámetro (mm)	Presión del viento		Manguito de hielo
	140 km/h	120 km/h	B
d > 16mm	68,06	50	0,18

Tramo	Zona	Vano (m)	Desnivel (m)	Vano real (m)	b^3 / a^2	b^2 / a	a^3	Vano regulación (m)
1 - 2	A	311	-10,93	311,192	311,576	311,384	30080231	317,70
2 - 3		324	-5,93	324,054	324,163	324,109	34012224	
3 - 4	A	233	8,75	233,164				233,00

Tramo	Zona	Vano (m)	Desnivel (m)	Vano real (m)	b^3 / a^2	b^2 / a	a^3	Vano regulación (m)
4 - 5	A	439	8,76	439,087	439,262	439,175	84604519	435,08
5 - 6		498	-0,12	498,000	498,000	498,000	123505992	
6 - 7		286	-19,7	286,678	288,038	287,357	23393656	
7 - 8	A	123	-3,57	123,052				123,00
8 - 9	A	335	1,34	335,003	335,008	335,005	37595375	443,75
9 - 10		405	8,42	405,088	405,263	405,175	66430125	
10 - 11		476	0,41	476,000	476,001	476,000	107850176	
11 - 12		456	-2,07	456,005	456,014	456,009	94818816	
12 - 13		451	1,43	451,002	451,007	451,005	91733851	
13 - 14		470	0,52	470,000	470,001	470,001	103823000	
14 - 15		379	29,51	380,147	382,452	381,298	54439939	
15 - 16		551	26,78	551,650	552,954	552,302	167284151	
16 - 17		320	-17,8	320,495	321,486	320,990	32768000	
17 - 18	A	601	32,66	601,887				601,00
18 - 19	A	288	29,62	289,519	292,582	291,046	23887872	588,34
19 - 20		480	-12,68	480,167	480,503	480,335	110592000	
20 - 21		726	-4,53	726,014	726,042	726,028	382657176	

Tramo	Zona	Vano (m)	Desnivel (m)	Vano real (m)	b^3 / a^2	b^2 / a	a^3	Vano regulación (m)
21 - 22	A	413	35,54	414,526	417,596	416,058	70444997	563,42
22 - 23		579	-21,18	579,387	580,163	579,775	194104539	
23 - 24		632	-17,64	632,246	632,739	632,492	252435968	
24 - 25		645	0,19	645,000	645,000	645,000	268336125	
25 - 26		428	15,26	428,272	428,816	428,544	78402752	
26 - 27		637	40,24	638,270	640,817	639,542	258474853	
27 - 28		509	45,7	511,047	515,167	513,103	131872229	
28 - 29		443	-38,18	444,642	447,945	446,291	86938307	
29 - 30		592	-43,01	593,560	596,693	595,125	207474688	
30 - 31	A	565	-14,32	565,181				565,00
31 - 32	A	563	11,67	563,121	563,363	563,242	178453547	625,93
32 - 33		674	-13,4	674,133	674,400	674,266	306182024	
33 - 34	A	296	44,9	299,386	306,275	302,811	25934336	288,80
34 - 35		281	-14,91	281,395	282,188	281,791	22188041	
35 - 36	A	711	5,69	711,023				711,00

Tramo	Zona	Vano (m)	Desnivel (m)	Vano real (m)	b^3 / a^2	b^2 / a	a^3	Vano regulación (m)
36 - 37	A	647	103,29	655,193	671,891	663,490	270840023	587,77
37 - 38		501	-61,47	504,757	512,356	508,542	125751501	
38 - 39	A	492	-3,93	492,016	492,047	492,031	119095488	485,12
39 - 40		486	-14,13	486,205	486,616	486,411	114791256	
40 - 41		477	-6,87	477,049	477,148	477,099	108531333	
41 - 42	A	431	20,37	431,481	432,445	431,963	80062991	536,59
42 - 43		601	33,92	601,956	603,874	602,914	217081801	
43 - 44	B	500	73,16	505,324	516,143	510,705	125000000	486,62
44 - 45		472	-26,58	472,748	474,247	473,497	105154048	
45 - 46	A	616	-15,84	616,204	616,611	616,407	233744896	534,21
46 - 47		336	-3,71	336,020	336,061	336,041	37933056	
47 - 48	A	489	15,68	489,251				489,00
48 - 49	B	420	36,99	421,626	424,896	423,258	74088000	538,43
49 - 50		607	-44,2	608,607	611,834	610,219	223648543	
50 - 51	B	553	25,37	553,582	554,747	554,164	169112377	480,46
51 - 52		315	6,54	315,068	315,204	315,136	31255875	

Tramo	Zona	Vano (m)	Desnivel (m)	Vano real (m)	b^3 / a^2	b^2 / a	a^3	Vano regulación (m)
52 - 53	B	334	17,59	334,463	335,391	334,926	37259704	567,29
53 - 54		655	-58,59	657,615	662,877	660,241	281011375	
54 - 55	A	597	6,15	597,032	597,095	597,063	212776173	599,52
55 - 56		602	-25,22	602,528	603,586	603,057	218167208	
56 - 57	A	508	4,27	508,018	508,054	508,036	131096512	496,44
57 - 58		484	27,29	484,769	486,310	485,539	113379904	

Tramo	Zona	T_{CD} (daN)			EDS			EDS corregida			
		A	B	T_{CD} (daN)	Temperatura (ºC)	Valor máximo (%)	Valor calculado (%)	T_{CD}' (daN)	B	A'	T_0' (daN)
1 - 2	A	-991,18186	3335869303	1907,75	15	20	24,334	1568,00	3335869303	-211,19664	2774,08
2 - 3											
3 - 4	A	-1755,7330	1794269279	2145,52	15	20	27,366	1568,00	1794269279	-838,21404	2598,43

Tramo	Zona	T_{CD} (daN)			EDS			EDS corregida			
		A	B	T_{CD} (daN)	Temperatura (ºC)	Valor máximo (%)	Valor calculado (%)	T_{CD}' (daN)	B	A'	T_0' (daN)
4 - 5	A	475,19759	6256181699	1697,07	15	20	21,646	1568,00	6256181699	976,58661	2950,62
5 - 6											
6 - 7											
7 - 8	A	-2398,6062	500018418	2479,91	15	20	31,632	1568,00	500018418	-1364,62672	2303,95
8 - 9	A	652,83492	6508115541	1672,84	15	20	21,337	1568,00	6508115541	1079,05605	2961,17
9 - 10											
10 - 11											
11 - 12											
12 - 13											
13 - 14											
14 - 15											
15 - 16											
16 - 17											
17 - 18	A	3414,27660	11937811671	1550,63	15	20	19,778	————	————	————	————
18 - 19	A	3114,21315	11440267613	1563,82	15	20	19,947	————	————	————	————
19 - 20											
20 - 21											

Tramo	Zona	T_{CD} (daN)			EDS			EDS corregida			
		A	B	T_{CD} (daN)	Temperatura (ºC)	Valor máximo (%)	Valor calculado (%)	T_{CD}' (daN)	B	A'	T_0' (daN)
21 - 22	A	2730,79571	10491647353	1563,13	15	20	19,938	———	———	———	———
22 - 23											
23 - 24											
24 - 25											
25 - 26											
26 - 27											
27 - 28											
28 - 29											
29 - 30											
30 - 31	A	2631,85142	10550491086	1582,28	15	20	20,182	1568,00	10550491086	2723,21781	3081,65
31 - 32	A	3869,89016	12948556818	1546,21	15	20	19,722	———	———	———	———
32 - 33											
33 - 34	A	-1171,1097	2756635644	1919,38	15	20	24,482	1568,00	2756635644	-446,78926	2719,28
34 - 35											
35 - 36	A	5736,85909	16707635067	1517,59	15	20	19,357	———	———	———	———
36 - 37	A	3573,60872	11417885575	1500,13	15	20	19,134	———	———	———	———
37 - 38											

Tramo	Zona	T_{CD} (daN)			EDS			EDS corregida			
		A	B	T_{CD} (daN)	Temperatura (ºC)	Valor máximo (%)	Valor calculado (%)	T_{CD}' (daN)	B	A'	T_0' (daN)
38 - 39	A	1236,02434	7778028096	1643,51	15	20	20,963	1568,00	7778028096	1595,56958	3007,62
39 - 40											
40 - 41											
41 - 42	A	2200,32669	9516215672	1585,46	15	20	20,223	1568,00	9516215672	2302,54534	3057,43
42 - 43											
43 - 44	B	1803,68259	7826264680	1531,79	10	22	19,538	———	———	———	———
44 - 45											
45 - 46	A	2097,58688	9431770989	1597,63	15	20	20,378	1568,00	9431770989	2268,19902	3055,30
46 - 47											
47 - 48	A	1300,38299	7903027579	1639,56	15	20	20,913	1568,00	7903027579	1646,41082	3011,67
48 - 49	B	2598,12236	9581597989	1524,51	10	22	19,445	———	———	———	———
49 - 50											
50 - 51	B	1486,11370	7629308454	1577,95	10	22	20,127	———	———	———	———
51 - 52											
52 - 53	B	3242,49734	10636007407	1497,90	10	22	19,106	———	———	———	———
53 - 54											
54 - 55	A	3351,51531	11878922031	1555,84	15	20	19,845	———	———	———	———
55 - 56											

Tramo	Zona	T_{CD} (daN)			EDS			EDS corregida			
		A	B	T_{CD} (daN)	Temperatura (ºC)	Valor máximo (%)	Valor calculado (%)	T_{CD}' (daN)	B	A'	T_0' (daN)
56 - 57	A	1459,55660	8145202038	1625,00	15	20	20,727	1568,00	8145202038	1744,91081	3019,28
57 - 58											

Tramo	Zona	T_{FM} (daN)			THF			THF corregida			
		A	B	T_{FM} (daN)	Temperatura (ºC)	Valor máximo (%)	Valor calculado (%)	T_{FM}' (daN)	B	A'	T_0'' (daN)
1 - 2	A	-699,75408	3335869303	1767,52	-5	22,5	22,545	1764,00	3335869303	-691,95784	2770,96
2 - 3											
3 - 4	A	-1326,77148	1794269279	1850,66	-5	22,5	23,605	1764,00	1794269279	-1187,37899	2529,40
4 - 5	A	488,02917	6256181699	1693,47	-5	22,5	21,600	———	———	———	———
5 - 6											
6 - 7											
7 - 8	A	-1853,18416	500018418	1980,64	-5	22,5	25,263	1764,00	500018418	-1603,31000	2130,47

Tramo	Zona	T_{FM} (daN)			THF			THF corregida			
		A	B	T_{FM} (daN)	Temperatura (ºC)	Valor máximo (%)	Valor calculado (%)	T_{FM}' (daN)	B	A'	T_0'' (daN)
8 - 9	A	590,49861	6508115541	1689,51	-5	22,5	21,550	———	———	———	———
9 - 10											
10 - 11											
11 - 12											
12 - 13											
13 - 14											
14 - 15											
15 - 16											
16 - 17											
17 - 18	A	2925,71916	1193781167	1620,46	-5	22,5	20,669	———	———	———	———
18 - 19	A	2625,65571	1144026761	1638,04	-5	22,5	20,893	———	———	———	———
19 - 20											
20 - 21											

Tramo	Zona	T_{FM} (daN)			THF			THF corregida			
		A	B	T_{FM} (daN)	Temperatura (ºC)	Valor máximo (%)	Valor calculado (%)	T_{FM}' (daN)	B	A'	T_0'' (daN)
21 - 22	A	2242,23827	1049164735	1643,24	-5	22,5	20,960	———	———	———	———
22 - 23											
23 - 24											
24 - 25											
25 - 26											
26 - 27											
27 - 28											
28 - 29											
29 - 30											
30 - 31	A	2234,66037	1055049108	1648,36	-5	22,5	21,025	———	———	———	———
31 - 32	A	3381,33272	1294855681	1610,56	-5	22,5	20,543	———	———	———	———
32 - 33											
33 - 34	A	-935,34670	2756635644	1792,91	-5	22,5	22,869	1764,00	2756635644	-878,10509	2694,71
34 - 35											
35 - 36	A	5248,30165	1670763506	1565,85	-5	22,5	19,973	———	———	———	———
36 - 37	A	3085,05128	1141788557	1566,70	-5	22,5	19,983	———	———	———	———
37 - 38											

Tramo	Zona	T_{FM} (daN)			THF			THF corregida			
		A	B	T_{FM} (daN)	Temperatura (ºC)	Valor máximo (%)	Valor calculado (%)	T_{FM}' (daN)	B	A'	T_0'' (daN)
38 - 39	A	1107,01214	7778028096	1672,75	-5	22,5	21,336	———	———	———	———
39 - 40											
40 - 41											
41 - 42	A	1813,98790	9516215672	1656,02	-5	22,5	21,123	———	———	———	———
42 - 43											
43 - 44	B	1192,98579	7826264680	1657,10	-15	22,5	21,136	———	———	———	———
44 - 45											
45 - 46	A	1779,64158	9431770989	1656,71	-5	22,5	21,132	———	———	———	———
46 - 47											
47 - 48	A	1157,85338	7903027579	1671,34	-5	22,5	21,318	———	———	———	———
48 - 49	B	1987,42556	9581597989	1627,95	-15	22,5	20,765	———	———	———	———
49 - 50											
50 - 51	B	875,41690	7629308454	1715,87	-15	22,5	21,886	———	———	———	———
51 - 52											
52 - 53	B	2631,80054	1063600740	1587,67031	-15	22,5	20,251	———	———	———	———
53 - 54											

Tramo	Zona	T_{FM} (daN)			THF			THF corregida			
		A	B	T_{FM} (daN)	Temperatura (ºC)	Valor máximo (%)	Valor calculado (%)	T_{FM}' (daN)	B	A'	T_0'' (daN)
54 - 55	A	2862,95787	1187892203	1626,61891	-5	22,5	20,748	———	———	———	———
55 - 56											
56 - 57	A	1256,35337	8145202038	1668,71725	-5	22,5	21,285	———	———	———	———
57 - 58											

Tramo	Zona	Resultados finales del EDS y del THF							
		A	B	T_{CD} (daN)	EDS (%)	A	B	T_{FM} (daN)	THF (%)
1 - 2	A	-203,40040	3335869303	1565,15	19,964	-691,95784	3335869303	1764,00	22,500
2 - 3									
3 - 4	A	-698,82155	1794269279	1498,20	19,110	-1187,37899	1794269279	1764,00	22,500
4 - 5	A	976,58661	6256181699	1568,00	20,000	———	———	———	21,600
5 - 6									
6 - 7									
7 - 8	A	-1114,75256	500018418	1378,05	17,577	-1603,31000	500018418	1764,00	22,500

Tramo	Zona	Resultados finales del EDS y del THF							
		A	B	T_{CD} (daN)	EDS (%)	A	B	T_{FM} (daN)	THF (%)
8 - 9	A	1079,05605	6508115541	1568,00	20,000	———	———	———	21,550
9 - 10									
10 - 11									
11 - 12									
12 - 13									
13 - 14									
14 - 15									
15 - 16									
16 - 17									
17 - 18	A	3414,27660	1193781167	1550,63	19,778	———	———	———	20,669
18 - 19	A	3114,21315	1144026761	1563,82	19,947	———	———	———	20,893
19 - 20									
20 - 21									

Tramo	Zona	Resultados finales del EDS y del THF							
		A	B	T_{CD} (daN)	EDS (%)	A	B	T_{FM} (daN)	THF (%)
21 - 22	A	2730,79571	1049164735	1563,13	19,938	———	———	———	20,960
22 - 23									
23 - 24									
24 - 25									
25 - 26									
26 - 27									
27 - 28									
28 - 29									
29 - 30									
30 - 31	A	2723,21781	1055049108	1568,00	20,000	———	———	———	21,025
31 - 32	A	3869,89016	1294855681	1546,21	19,722	———	———	———	20,543
32 - 33									
33 - 34	A	-389,54765	2756635644	1544,76	19,704	-878,10509	2756635644	1764,00	22,500
34 - 35									
35 - 36	A	5736,85909	1670763506	1517,59	19,357	———	———	———	19,973
36 - 37	A	3573,60872	1141788557	1500,13	19,134	———	———	———	19,983
37 - 38									

Tramo	Zona	Resultados finales del EDS y del THF							
		A	B	T_{CD} (daN)	EDS (%)	A	B	T_{FM} (daN)	THF (%)
38 - 39	A	1595,56958	7778028096	1568,00	20,000	———	———	———	21,336
39 - 40									
40 - 41									
41 - 42	A	2302,54534	9516215672	1568,00	20,000	———	———	———	21,123
42 - 43									
43 - 44	B	1803,68259	7826264680	1531,79	19,538	———	———	———	21,136
44 - 45									
45 - 46	A	2268,19902	9431770989	1568,00	20,000	———	———	———	21,132
46 - 47									
47 - 48	A	1646,41082	7903027579	1568,00	20,000	———	———	———	21,318
48 - 49	B	2598,12236	9581597989	1524,51	19,445	———	———	———	20,765
49 - 50									
50 - 51	B	1486,11370	7629308454	1577,95	20,127	———	———	———	21,886
51 - 52									
52 - 53	B	3242,49734	1063600740	1497,90	19,106	———	———	———	20,251
53 - 54									

Tramo	Zona	Resultados finales del EDS y del THF							
		A	B	T_{CD} (daN)	EDS (%)	A	B	T_{FM} (daN)	THF (%)
54 - 55	A	3351,51531	1187892203	1555,84	19,845	————	————	————	20,748
55 - 56									
56 - 57	A	1744,91081	8145202038	1568,00	20,000	————	————	————	21,285
57 - 58									

Tramo	Zona	A	B	T.máxima viento (daN)	T.máxima hielo (daN)	A	B	T.Viento 1/2 (120Km/h) (daN)
1 - 2	A	-691,95784	15963012262	2770,96	————	-691,95784	5039823622	1978,91
2 - 3								
3 - 4	A	-1187,37899	8586050561	2529,40	————	-1187,37899	2710777873	1921,54
4 - 5	A	488,02917	29937475396	2950,62	————	488,02917	9451824830	1963,53
5 - 6								
6 - 7								
7 - 8	A	-1603,31000	2392719684	2130,47	————	-1603,31000	755426669	1829,11

Tramo	Zona	A	B	T.máxima viento (daN)	T.máxima hielo (daN)	A	B	T.Viento 1/2 (120Km/h) (daN)
8 - 9	A	590,49861	31143045111	2961,17	————	590,49861	9832445896	1962,49
9 - 10								
10 - 11								
11 - 12								
12 - 13								
13 - 14								
14 - 15								
15 - 16								
16 - 17								
17 - 18	A	2925,71916	57125569614	3083,29	————	2925,71916	18035618241	1927,71
18 - 19	A	2625,65571	54744690393	3093,81	————	2625,65571	17283929829	1944,68
19 - 20								
20 - 21								

Tramo	Zona	A	B	T.máxima viento (daN)	T.máxima hielo (daN)	A	B	T.Viento 1/2 (120Km/h) (daN)
21 - 22	A	2242,23827	50205292872	3073,28	————	2242,23827	15850756536	1945,51
22 - 23								
23 - 24								
24 - 25								
25 - 26								
26 - 27								
27 - 28								
28 - 29								
29 - 30								
30 - 31	A	2234,66037	50486875618	3081,65	————	2234,66037	15939657512	1951,37
31 - 32	A	3381,33272	61962251060	3093,50	————	3381,33272	19562649668	1920,82
32 - 33								
33 - 34	A	-878,10509	13191226812	2694,71	————	-878,10509	4164718750	1961,05
34 - 35								
35 - 36	A	5248,30165	79950429475	3095,49	————	5248,30165	25241856387	1881,57
36 - 37	A	3085,05128	54637586453	2997,19	————	3085,05128	17250115098	1866,49
37 - 38								
38 - 39	A	1107,01214	37219910793	3007,62	————	1107,01214	11751026844	1958,03
39 - 40								
40 - 41								

Tramo	Zona	A	B	T.máxima viento (daN)	T.máxima hielo (daN)	A	B	T.Viento 1/2 (120Km/h) (daN)
41 - 42	A	1813,98790	45537595652	3057,43	————	1813,98790	14377076611	1953,49
42 - 43								
43 - 44	B	1315,12515	37450735536	2959,82	3034,36	1315,12515	11823902563	1913,65
44 - 45								
45 - 46	A	1779,64158	45133505626	3055,30	————	1779,64158	14249497779	1953,68
46 - 47								
47 - 48	A	1157,85338	37818066206	3011,67	————	1157,85338	11939875774	1957,65
48 - 49	B	2109,56492	45850467240	2996,58	3069,67	2109,56492	14475856064	1900,07
49 - 50								
50 - 51	B	997,55626	36508248179	3016,00	3092,37	997,55626	11526341553	1970,61
51 - 52								
52 - 53	B	2753,93990	50896093714	2979,45	3050,94	2753,93990	16068855372	1865,15
53 - 54								
54 - 55	A	2862,95787	56843767191	3090,09	————	2862,95787	17946647908	1934,19
55 - 56								
56 - 57	A	1256,35337	38976934704	3019,28	————	1256,35337	12305752385	1956,94
57 - 58								

Tramo	Zona	Tensiones y Flechas											
		A	B	15ºC+V (120Km/h)		A	B	0ºC+H		A	B	75ºC	
				T (daN)	F (m)			T (daN)	F (m)			T (daN)	F (m)
1 - 2	A	-203,40040	10151686577	2235,24	5,779	———	———	———	———	1262,27192	3335869303	1170,90	6,324
2 - 3					6,272				———				6,864
3 - 4	A	-698,82155	5460303657	2027,33	3,576	———	———	———	———	766,85077	1794269279	1006,02	4,131
4 - 5	A	976,58661	19038754224	2381,19	10,812	———	———	———	———	2442,25893	6256181699	1294,00	11,406
5 - 6					13,917				———				14,682
6 - 7					4,587				———				4,839
7 - 8	A	-1114,75256	1521651422	1664,18	1,214	———	———	———	———	350,91976	500018418	692,31	1,673
8 - 9	A	1079,05605	19805436959	2389,54	6,272	———	———	———	———	2544,72837	6508115541	1300,90	6,604
9 - 10					9,169				———				9,655
10 - 11					12,669				———				13,341
11 - 12					11,626				———				12,242
12 - 13					11,372				———				11,975
13 - 14					12,351				———				13,006
14 - 15					8,029				———				8,454
15 - 16					16,981				———				17,883
16 - 17					5,723				———				6,026
17 - 18	A	3414,27660	36329037949	2482,17	19,451	———	———	———	———	4879,94892	1193781167	1380,85	20,045

Tramo	Zona	Tensiones y Flechas											
		A	B	15ºC+V (120Km/h)		A	B	0ºC+H		A	B	75ºC	
				T (daN)	F (m)			T (daN)	F (m)			T (daN)	F (m)
18 - 19	A	3114,21315	34814916477	2492,00	4,444	———	———	———	———	4579,88547	11440267613	1384,91	4,584
19 - 20					12,352				———				12,742
20 - 21					28,290				———				29,184
21 - 22	A	2730,79571	31928084085	2476,23	9,201	———	———	———	———	4196,46803	10491647353	1372,56	9,516
22 - 23					18,095				———				18,715
23 - 24					21,565				———				22,304
24 - 25					22,462				———				23,233
25 - 26					9,882				———				10,220
26 - 27					21,908				———				22,659
27 - 28					13,980				———				14,459
28 - 29					10,587				———				10,949
29 - 30					18,918				———				19,566
30 - 31	A	2723,21781	32107156789	2483,29	17,180	———	———	———	———	4188,89013	1055049108	1376,82	17,765
31 - 32	A	3869,89016	39404928220	2489,29	17,018	———	———	———	———	5335,56248	12948556818	1387,77	17,499
32 - 33					24,402				———				25,094
33 - 34	A	-389,54765	8388968069	2170,40	5,391	———	———	———	———	1076,12467	2756635644	1120,29	5,988
34 - 35					4,858				———				5,396
35 - 36	A	5736,85909	50844520345	2486,54	27,190	———	———	———	———	7202,53141	1670763506	1394,10	27,803

Tramo	Zona	Tensiones y Flechas											
		A	B	15ºC+V (120Km/h)		A	B	0ºC+H		A	B	75ºC	
				T (daN)	F (m)			T (daN)	F (m)			T (daN)	F (m)
36 - 37	A	3573,60872	34746803667	2409,81	23,227	———	———	———	———	5039,28104	11417885575	1338,05	23,982
37 - 38					13,918				———				14,369
38 - 39	A	1595,56958	23670023088	2426,05	13,332	———	———	———	———	3061,24190	7778028096	1330,77	13,933
39 - 40					13,008				———				13,595
40 - 41					12,530				———				13,096
41 - 42	A	2302,54534	28959659426	2464,70	10,068	———	———	———	———	3768,21766	9516215672	1361,96	10,445
42 - 43					19,590				———				20,324
43 - 44	B	1521,69852	23816816212	2449,08	13,639	1559,40387	38922476417	2940,90	14,522	3391,49427	7826264680	1292,60	14,817
44 - 45					12,153				12,940				13,202
45 - 46	A	2268,19902	28702678148	2463,05	20,595	———	———	———	———	3733,87134	9431770989	1360,65	21,373
46 - 47					6,121				———				6,352
47 - 48	A	1646,41082	24050420357	2429,21	13,152	———	———	———	———	3112,08314	7903027579	1333,34	13,737
48 - 49	B	2284,76362	29158630288	2475,07	9,520	2353,84364	47652301198	2987,01	10,085	4185,93404	9581597989	1319,27	10,239
49 - 50					19,899				21,083				21,406
50 - 51	B	1213,94396	23217440851	2500,21	16,346	1241,83498	37942951145	2993,21	17,457	3073,92538	7629308454	1318,00	17,779
51 - 52					5,300				5,659				5,763
52 - 53	B	2905,48164	32367399266	2456,84	6,064	2998,21862	52896210954	2975,66	6,400	4830,30902	1063600740	1315,52	6,492
53 - 54					23,349				24,649				25,003

Tramo	Zona	Tensiones y Flechas											
		A	B	15ºC+V (120Km/h)		A	B	0ºC+H		A	B	75ºC	
				T (daN)	F (m)			T (daN)	F (m)			T (daN)	F (m)
54 - 55	A	3351,51531	36149825541	2488,07	19,147	———	———	———	———	4817,18763	1187892203	1384,04	19,733
55 - 56					19,470				———				20,065
56 - 57	A	1744,91081	24787403427	2435,14	14,161	———	———	———	———	3210,58313	8145202038	1338,15	14,773
57 - 58					12,853				———				13,409

Tramo	Zona	Constante de catenaria	T_0 (daN)	T_0 mínima (daN)
1 - 2	A	1912,78	3119,80	3119,80
2 - 3			3123,97	
3 - 4	A	1643,43	3124,04	3124,04
4 - 5	A	2113,89	3115,65	3109,53
5 - 6			3118,09	
6 - 7			3109,53	

Tramo	Zona	Constante de catenaria	T_0 (daN)	T_0 mínima (daN)
7 - 8	A	1130,96	3131,21	3131,21
8 - 9	A	2125,15	3127,03	3092,39
9 - 10			3117,89	
10 - 11			3119,44	
11 - 12			3119,64	
12 - 13			3120,42	
13 - 14			3119,78	
14 - 15			3096,44	
15 - 16			3092,39	
16 - 17			3111,88	
17 - 18	A	2255,76	3083,29	3083,29
18 - 19	A	2262,39	3093,81	3093,81
19 - 20			3109,81	
20 - 21			3094,73	

Tramo	Zona	Constante de catenaria	T_0 (daN)	T_0 mínima (daN)
21 - 22	A	2242,22	3088,37	3073,28
22 - 23			3095,46	
23 - 24			3094,04	
24 - 25			3105,85	
25 - 26			3110,60	
26 - 27			3073,28	
27 - 28			3074,07	
28 - 29			3084,69	
29 - 30			3073,48	
30 - 31	A	2249,17	3102,34	3102,34
31 - 32	A	2267,07	3104,63	3093,50
32 - 33			3093,50	
33 - 34	A	1830,12	3064,40	3064,40
34 - 35			3115,95	
35 - 36	A	2277,40	3095,49	3095,49
36 - 37	A	2185,85	2997,19	2997,19
37 - 38			3053,38	

Tramo	Zona	Constante de catenaria	T_0 (daN)	T_0 mínima (daN)
38 - 39	A	2173,95	3115,86	3107,33
39 - 40			3107,33	
40 - 41			3113,96	
41 - 42	A	2224,91	3105,47	3082,07
42 - 43			3082,07	
43 - 44	B	2111,60	3034,36	3034,36
44 - 45			3096,16	
45 - 46	A	2222,75	3096,90	3096,90
46 - 47			3125,23	
47 - 48	A	2178,14	3106,64	3106,64
48 - 49	B	2155,16	3085,44	3069,67
49 - 50			3069,67	
50 - 51	B	2153,09	3092,37	3092,37
51 - 52			3123,46	
52 - 53	B	2149,04	3111,32	3050,94
53 - 54			3050,94	
54 - 55	A	2260,98	3106,00	3090,09
55 - 56			3090,09	

Tramo	Zona	Constante de catenaria	T_0 (daN)	T_0 mínima (daN)
56 - 57	A	2186,01	3114,46	3095,82
57 - 58			3095,82	

4.4.2. Tablas de tendido

Tramo	T -5ºC				T 0ºC				T 5ºC			
	A	B	T (daN)	F (m)	A	B	T (daN)	F (m)	A	B	T (daN)	F (m)
1 - 2	-691,95785	3335869303	1764,00	4,540	-569,81849	3335869303	1710,27	4,682	-447,67913	3335869303	1659,29	4,826
2 - 3				4,927				5,082				5,238
3 - 4	-1187,3790	1794269279	1764,00	2,548	-1065,2396	1794269279	1691,99	2,656	-943,10029	1794269279	1623,69	2,768
4 - 5	488,02915	6256181699	1693,47	9,425	610,16851	6256181699	1660,05	9,615	732,30787	6256181699	1628,04	9,805
5 - 6				12,131				12,376				12,620
6 - 7				3,999				4,080				4,160
7 - 8	-1603,3100	500018418	1764,00	0,710	-1481,1706	500018418	1662,16	0,753	-1359,0313	500018418	1563,56	0,801

Tramo	T -5ºC				T 0ºC				T 5ºC			
	A	B	T (daN)	F (m)	A	B	T (daN)	F (m)	A	B	T (daN)	F (m)
8 - 9				5,500				5,607				5,714
9 - 10				8,040				8,197				8,353
10 - 11				11,108				11,325				11,542
11 - 12				10,194				10,393				10,591
12 - 13	590,49860	6508115541	1689,51	9,971	712,63796	6508115541	1657,18	10,166	834,77732	6508115541	1626,20	10,360
13 - 14				10,830				11,041				11,252
14 - 15				7,040				7,178				7,315
15 - 16				14,888				15,179				15,469
16 - 17				5,018				5,116				5,214
17 - 18	2925,71915	11937811671	1620,46	18,473	3047,85851	11937811671	1602,25	18,684	3169,99787	11937811671	1584,56	18,893
18 - 19				4,192				4,243				4,293
19 - 20	2625,65570	11440267613	1638,04	11,651	2747,79506	11440267613	1618,65	11,791	2869,93442	11440267613	1599,84	11,930
20 - 21				26,681				27,002				27,321

Tramo	T -5ºC				T 0ºC				T 5ºC			
	A	B	T (daN)	F (m)	A	B	T (daN)	F (m)	A	B	T (daN)	F (m)
21 - 22				8,597				8,708				8,819
22 - 23				16,906				17,125				17,343
23 - 24				20,147				20,408				20,668
24 - 25				20,985				21,257				21,528
25 - 26	2242,23825	10491647353	1643,24	9,233	2364,37761	10491647353	1622,25	9,352	2486,51697	10491647353	1601,93	9,471
26 - 27				20,467				20,733				20,996
27 - 28				13,062				13,231				13,399
28 - 29				9,892				10,020				10,147
29 - 30				17,674				17,903				18,131
30 - 31	2234,66035	10550491086	1648,36	16,047	2356,79971	10550491086	1627,31	16,255	2478,93907	10550491086	1606,92	16,462
31 - 32	3381,33271	12948556818	1610,56	16,308	3503,47207	12948556818	1593,83	16,480	3625,61143	12948556818	1577,53	16,650
32 - 33				23,384				23,630				23,875
33 - 34	-878,10511	2756635644	1764,00	4,112	-755,96575	2756635644	1704,64	4,256	-633,82639	2756635644	1648,37	4,401
34 - 35				3,706				3,835				3,966
35 - 36	5248,30164	16707635067	1565,85	26,772	5370,44100	16707635067	1553,40	26,988	5492,58036	16707635067	1541,21	27,202
36 - 37	3085,05127	11417885575	1566,70	22,150	3207,19063	11417885575	1549,34	22,399	3329,32999	11417885575	1532,48	22,647
37 - 38				13,273				13,422				13,570
38 - 39				11,987				12,190				12,391
39 - 40	1107,01213	7778028096	1672,75	11,697	1229,15149	7778028096	1645,04	11,894	1351,29085	7778028096	1618,38	12,090
40 - 41				11,267				11,457				11,646

Tramo	T -5ºC				T 0ºC				T 5ºC			
	A	B	T (daN)	F (m)	A	B	T (daN)	F (m)	A	B	T (daN)	F (m)
41 - 42	1813,98789	9516215672	1656,02	9,291	1936,12725	9516215672	1632,89	9,422	2058,26661	9516215672	1610,53	9,553
42 - 43				18,075				18,332				18,587
43 - 44	1437,26451	7826264680	1604,13	12,911	1559,40387	7826264680	1579,12	13,116	1681,54323	7826264680	1555,02	13,320
44 - 45				11,505				11,687				11,869
45 - 46	1779,64157	9431770989	1656,71	18,982	1901,78093	9431770989	1633,39	19,254	2023,92029	9431770989	1610,86	19,524
46 - 47				5,643				5,723				5,803
47 - 48	1157,85337	7903027579	1671,34	11,852	1279,99273	7903027579	1644,02	12,049	1402,13209	7903027579	1617,72	12,245
48 - 49	2231,70428	9581597989	1584,53	9,221	2353,84364	9581597989	1563,88	9,343	2475,98300	9581597989	1543,88	9,464
49 - 50				19,273				19,528				19,782
50 - 51	1119,69562	7629308454	1657,46	15,287	1241,83498	7629308454	1629,93	15,546	1363,97434	7629308454	1603,44	15,803
51 - 52				4,957				5,041				5,124
52 - 53	2876,07926	10636007407	1550,15	5,959	2998,21862	10636007407	1532,21	6,029	3120,35798	10636007407	1514,81	6,098
53 - 54				22,946				23,215				23,483
54 - 55	2862,95786	11878922031	1626,62	18,158	2985,09722	11878922031	1608,16	18,367	3107,23658	11878922031	1590,22	18,575
55 - 56				18,464				18,677				18,888
56 - 57	1256,35336	8145202038	1668,72	12,811	1378,49272	8145202038	1642,12	13,019	1500,63208	8145202038	1616,49	13,226
57 - 58				11,629				11,817				12,005

Tramo	T 10ºC				T 15ºC				T 20ºC			
	A	B	T (daN)	F (m)	A	B	T (daN)	F (m)	A	B	T (daN)	F (m)
1 - 2	-325,53977	3335869303	1610,95	4,971	-203,40041	3335869303	1565,15	5,117	-81,26105	3335869303	1521,76	5,263
2 - 3				5,396				5,554				5,712
3 - 4	-820,96093	1794269279	1559,10	2,883	-698,82157	1794269279	1498,20	3,000	-576,68221	1794269279	1440,90	3,119
4 - 5	854,44723	6256181699	1597,38	9,993	976,58659	6256181699	1568,00	10,181	1098,72595	6256181699	1539,83	10,367
5 - 6				12,862				13,104				13,344
6 - 7				4,240				4,319				4,398
7 - 8	-1236,8919	500018418	1468,70	0,853	-1114,7525	500018418	1378,05	0,909	-992,61323	500018418	1292,11	0,969
8 - 9	956,91668	6508115541	1596,49	5,821	1079,05604	6508115541	1568,00	5,927	1201,19540	6508115541	1540,66	6,032
9 - 10				8,509				8,664				8,818
10 - 11				11,757				11,971				12,183
11 - 12				10,789				10,985				11,180
12 - 13				10,553				10,745				10,936
13 - 14				11,462				11,670				11,878
14 - 15				7,451				7,587				7,721
15 - 16				15,758				16,045				16,330
16 - 17				5,311				5,408				5,504
17 - 18	3292,13723	11937811671	1567,35	19,101	3414,27659	11937811671	1550,63	19,307	3536,41595	11937811671	1534,35	19,513
18 - 19	2992,07378	11440267613	1581,57	4,342	3114,21314	11440267613	1563,82	4,392	3236,35250	11440267613	1546,58	4,441
19 - 20				12,068				12,205				12,342
20 - 21				27,638				27,953				28,266

Tramo	T 10ºC				T 15ºC				T 20ºC			
	A	B	T (daN)	F (m)	A	B	T (daN)	F (m)	A	B	T (daN)	F (m)
21 - 22				8,929				9,038				9,146
22 - 23				17,559				17,774				17,988
23 - 24				20,926				21,182				21,437
24 - 25				21,797				22,064				22,329
25 - 26	2608,65633	10491647353	1582,23	9,589	2730,79569	10491647353	1563,13	9,707	2852,93505	10491647353	1544,60	9,823
26 - 27				21,259				21,519				21,778
27 - 28				13,566				13,732				13,897
28 - 29				10,274				10,400				10,524
29 - 30				18,357				18,582				18,806
30 - 31	2601,07843	10550491086	1587,16	16,667	2723,21779	10550491086	1568,00	16,871	2845,35715	10550491086	1549,42	17,074
31 - 32	3747,75079	12948556818	1561,66	16,820	3869,89015	12948556818	1546,21	16,989	3992,02951	12948556818	1531,14	17,156
32 - 33				24,119				24,361				24,601
33 - 34	-511,68703	2756635644	1595,11	4,548	-389,54767	2756635644	1544,76	4,696	-267,40831	2756635644	1497,19	4,846
34 - 35				4,099				4,232				4,367
35 - 36	5614,71972	16707635067	1529,28	27,415	5736,85908	16707635067	1517,59	27,627	5858,99844	16707635067	1506,15	27,838
36 - 37	3451,46935	11417885575	1516,08	22,892	3573,60871	11417885575	1500,13	23,137	3695,74807	11417885575	1484,61	23,379
37 - 38				13,717				13,863				14,009

Tramo	T 10ºC				T 15ºC				T 20ºC			
	A	B	T (daN)	F (m)	A	B	T (daN)	F (m)	A	B	T (daN)	F (m)
38 - 39	1473,43021	7778028096	1592,72	12,591	1595,56957	7778028096	1568,00	12,790	1717,70893	7778028096	1544,19	12,987
39 - 40				12,285				12,479				12,672
40 - 41				11,834				12,021				12,207
41 - 42	2180,40597	9516215672	1588,91	9,683	2302,54533	9516215672	1568,00	9,813	2424,68469	9516215672	1547,76	9,941
42 - 43				18,841				19,093				19,343
43 - 44	1803,68259	7826264680	1531,79	13,522	1925,82195	7826264680	1509,39	13,723	2047,96131	7826264680	1487,78	13,923
44 - 45				12,049				12,228				12,406
45 - 46	2146,05965	9431770989	1589,07	19,792	2268,19901	9431770989	1568,00	20,059	2390,33837	9431770989	1547,61	20,324
46 - 47				5,883				5,962				6,041
47 - 48	1524,27145	7903027579	1592,40	12,440	1646,41081	7903027579	1568,00	12,634	1768,55017	7903027579	1544,49	12,827
48 - 49	2598,12236	9581597989	1524,51	9,584	2720,26172	9581597989	1505,75	9,704	2842,40108	9581597989	1487,57	9,822
49 - 50				20,034				20,284				20,533
50 - 51	1486,11370	7629308454	1577,95	16,059	1608,25306	7629308454	1553,41	16,314	1730,39242	7629308454	1529,76	16,566
51 - 52				5,207				5,289				5,371
52 - 53	3242,49734	10636007407	1497,90	6,167	3364,63670	10636007407	1481,47	6,236	3486,77606	10636007407	1465,50	6,304
53 - 54				23,749				24,013				24,276
54 - 55	3229,37594	11878922031	1572,79	18,782	3351,51530	11878922031	1555,84	18,987	3473,65466	11878922031	1539,36	19,191
55 - 56				19,098				19,307				19,514
56 - 57	1622,77144	8145202038	1591,80	13,432	1744,91080	8145202038	1568,00	13,636	1867,05016	8145202038	1545,04	13,839
57 - 58				12,191				12,377				12,561

Tramo	T 25ºC				T 30ºC				T 35ºC			
	A	B	T (daN)	F (m)	A	B	T (daN)	F (m)	A	B	T (daN)	F (m)
1 - 2	40,87831	3335869303	1480,68	5,409	163,01767	3335869303	1441,77	5,555	285,15703	3335869303	1404,92	5,701
2 - 3				5,871				6,029				6,188
3 - 4	-454,54285	1794269279	1387,10	3,240	-332,40349	1794269279	1336,66	3,363	-210,26413	1794269279	1289,43	3,486
4 - 5	1220,86531	6256181699	1512,80	10,553	1343,00467	6256181699	1486,86	10,737	1465,14403	6256181699	1461,96	10,920
5 - 6				13,583				13,820				14,056
6 - 7				4,477				4,555				4,633
7 - 8	-870,47387	500018418	1211,27	1,034	-748,33451	500018418	1135,88	1,103	-626,19515	500018418	1066,12	1,175
8 - 9	1323,33476	6508115541	1514,40	6,137	1445,47412	6508115541	1489,19	6,241	1567,61348	6508115541	1464,95	6,344
9 - 10				8,971				9,123				9,274
10 - 11				12,395				12,605				12,814
11 - 12				11,374				11,567				11,759
12 - 13				11,126				11,315				11,502
13 - 14				12,084				12,289				12,493
14 - 15				7,855				7,989				8,121
15 - 16				16,614				16,896				17,176
16 - 17				5,599				5,694				5,788
17 - 18	3658,55531	11937811671	1518,52	19,717	3780,69467	11937811671	1503,10	19,919	3902,83403	11937811671	1488,09	20,121

Tramo	T 25ºC				T 30ºC				T 35ºC			
	A	B	T (daN)	F (m)	A	B	T (daN)	F (m)	A	B	T (daN)	F (m)
18 - 19				4,489				4,538				4,586
19 - 20	3358,49186	11440267613	1529,81	12,477	3480,63122	11440267613	1513,52	12,612	3602,77058	11440267613	1497,66	12,746
20 - 21				28,577				28,886				29,193
21 - 22				9,254				9,361				9,468
22 - 23				18,200				18,411				18,621
23 - 24				21,690				21,942				22,192
24 - 25				22,593				22,855				23,116
25 - 26	2975,07441	10491647353	1526,63	9,939	3097,21377	10491647353	1509,18	10,054	3219,35313	10491647353	1492,24	10,169
26 - 27				22,035				22,291				22,545
27 - 28				14,061				14,224				14,386
28 - 29				10,649				10,772				10,894
29 - 30				19,028				19,248				19,468
30 - 31	2967,49651	10550491086	1531,38	17,276	3089,63587	10550491086	1513,88	17,476	3211,77523	10550491086	1496,88	17,675
31 - 32	4114,16887	12948556818	1516,46	17,323	4236,30823	12948556818	1502,15	17,488	4358,44759	12948556818	1488,19	17,653
32 - 33				24,840				25,078				25,314
33 - 34	-145,26895	2756635644	1452,28	4,996	-23,12959	2756635644	1409,90	5,146	99,00977	2756635644	1369,91	5,296
34 - 35				4,502				4,637				4,773
35 - 36	5981,13780	16707635067	1494,93	28,048	6103,27716	16707635067	1483,94	28,256	6225,41652	16707635067	1473,17	28,464
36 - 37	3817,88743	11417885575	1469,51	23,620	3940,02679	11417885575	1454,80	23,860	4062,16615	11417885575	1440,48	24,098
37 - 38				14,153				14,296				14,439

Tramo	T 25ºC				T 30ºC				T 35ºC			
	A	B	T (daN)	F (m)	A	B	T (daN)	F (m)	A	B	T (daN)	F (m)
38 - 39	1839,84829	7778028096	1521,23	13,184	1961,98765	7778028096	1499,09	13,379	2084,12701	7778028096	1477,73	13,572
39 - 40				12,864				13,054				13,243
40 - 41				12,391				12,575				12,757
41 - 42	2546,82405	9516215672	1528,16	10,069	2668,96341	9516215672	1509,18	10,196	2791,10277	9516215672	1490,78	10,322
42 - 43				19,592				19,839				20,085
43 - 44	2170,10067	7826264680	1466,91	14,121	2292,24003	7826264680	1446,77	14,318	2414,37939	7826264680	1427,30	14,514
44 - 45				12,583				12,758				12,933
45 - 46	2512,47773	9431770989	1527,87	20,587	2634,61709	9431770989	1508,76	20,849	2756,75645	9431770989	1490,24	21,109
46 - 47				6,119				6,196				6,273
47 - 48	1890,68953	7903027579	1521,81	13,018	2012,82889	7903027579	1499,93	13,208	2134,96825	7903027579	1478,82	13,397
48 - 49	2964,54044	9581597989	1469,93	9,940	3086,67980	9581597989	1452,83	10,058	3208,81916	9581597989	1436,23	10,174
49 - 50				20,780				21,025				21,269
50 - 51	1852,53178	7629308454	1506,97	16,818	1974,67114	7629308454	1485,00	17,067	2096,81050	7629308454	1463,80	17,315
51 - 52				5,452				5,533				5,613
52 - 53	3608,91542	10636007407	1449,98	6,371	3731,05478	10636007407	1434,88	6,438	3853,19414	10636007407	1420,18	6,505
53 - 54				24,537				24,796				25,053
54 - 55	3595,79402	11878922031	1523,32	19,393	3717,93338	11878922031	1507,71	19,595	3840,07274	11878922031	1492,52	19,795
55 - 56				19,720				19,925				20,128

Tramo	T 25ºC				T 30ºC				T 35ºC			
	A	B	T (daN)	F (m)	A	B	T (daN)	F (m)	A	B	T (daN)	F (m)
56 - 57	1989,18952	8145202038	1522,89	14,041	2111,32888	8145202038	1501,51	14,241	2233,46824	8145202038	1480,85	14,440
57 - 58				12,744				12,926				13,106

Tramo	T 40ºC				T 45ºC				T 50ºC			
	A	B	T (daN)	F (m)	A	B	T (daN)	F (m)	A	B	T (daN)	F (m)
1 - 2	407,29639	3335869303	1370,01	5,846	529,43575	3335869303	1336,92	5,991	651,57511	3335869303	1305,55	6,135
2 - 3				6,346				6,503				6,659
3 - 4	-88,12477	1794269279	1245,24	3,610	34,01459	1794269279	1203,92	3,734	156,15395	1794269279	1165,26	3,858
4 - 5	1587,28339	6256181699	1438,03	11,102	1709,42275	6256181699	1415,04	11,283	1831,56211	6256181699	1392,92	11,463
5 - 6				14,291				14,523				14,754
6 - 7				4,710				4,786				4,862
7 - 8	-504,05579	500018418	1002,04	1,250	-381,91643	500018418	943,55	1,327	-259,77707	500018418	890,43	1,407

Tramo	T 40ºC				T 45ºC				T 50ºC			
	A	B	T (daN)	F (m)	A	B	T (daN)	F (m)	A	B	T (daN)	F (m)
8 - 9				6,447				6,549				6,650
9 - 10				9,424				9,573				9,721
10 - 11				13,022				13,228				13,433
11 - 12				11,950				12,139				12,326
12 - 13	1689,75284	6508115541	1441,65	11,689	1811,89220	6508115541	1419,23	11,874	1934,03156	6508115541	1397,64	12,057
13 - 14				12,695				12,896				13,096
14 - 15				8,252				8,383				8,512
15 - 16				17,454				17,731				18,006
16 - 17				5,882				5,975				6,067
17 - 18	4024,97339	11937811671	1473,47	20,321	4147,11275	11937811671	1459,23	20,520	4269,25211	11937811671	1445,34	20,718
18 - 19				4,633				4,681				4,728
19 - 20	3724,90994	11440267613	1482,24	12,878	3847,04930	11440267613	1467,22	13,010	3969,18866	11440267613	1452,60	13,142
20 - 21				29,498				29,801				30,102

Tramo	T 40ºC				T 45ºC				T 50ºC			
	A	B	T (daN)	F (m)	A	B	T (daN)	F (m)	A	B	T (daN)	F (m)
21 - 22				9,574				9,679				9,783
22 - 23				18,829				19,036				19,242
23 - 24				22,440				22,687				22,932
24 - 25				23,374				23,631				23,887
25 - 26	3341,49249	10491647353	1475,78	10,282	3463,63185	10491647353	1459,78	10,395	3585,77121	10491647353	1444,23	10,507
26 - 27				22,797				23,048				23,297
27 - 28				14,547				14,707				14,865
28 - 29				11,016				11,137				11,257
29 - 30				19,685				19,902				20,117
30 - 31	3333,91459	10550491086	1480,37	17,873	3456,05395	10550491086	1464,32	18,069	3578,19331	10550491086	1448,72	18,264
31 - 32	4480,58695	12948556818	1474,57	17,816	4602,72631	12948556818	1461,27	17,979	4724,86567	12948556818	1448,29	18,140
32 - 33				25,549				25,782				26,014
33 - 34	221,14913	2756635644	1332,17	5,446	343,28849	2756635644	1296,55	5,596	465,42785	2756635644	1262,92	5,745
34 - 35				4,908				5,043				5,177
35 - 36	6347,55588	16707635067	1462,61	28,670	6469,69524	16707635067	1452,25	28,876	6591,83460	16707635067	1442,09	29,080
36 - 37	4184,30551	11417885575	1426,52	24,335	4306,44487	11417885575	1412,92	24,570	4428,58423	11417885575	1399,66	24,804
37 - 38				14,580				14,721				14,861
38 - 39				13,765				13,956				14,146
39 - 40	2206,26637	7778028096	1457,11	13,431	2328,40573	7778028096	1437,20	13,617	2450,54509	7778028096	1417,96	13,803
40 - 41				12,938				13,117				13,296

Tramo	T 40ºC				T 45ºC				T 50ºC			
	A	B	T (daN)	F (m)	A	B	T (daN)	F (m)	A	B	T (daN)	F (m)
41 - 42	2913,24213	9516215672	1472,95	10,447	3035,38149	9516215672	1455,66	10,571	3157,52085	9516215672	1438,88	10,695
42 - 43				20,328				20,571				20,811
43 - 44	2536,51875	7826264680	1408,49	14,709	2658,65811	7826264680	1390,29	14,901	2780,79747	7826264680	1372,69	15,093
44 - 45				13,106				13,278				13,448
45 - 46	2878,89581	9431770989	1472,29	21,367	3001,03517	9431770989	1454,88	21,624	3123,17453	9431770989	1438,00	21,878
46 - 47				6,350				6,426				6,502
47 - 48	2257,10761	7903027579	1458,43	13,585	2379,24697	7903027579	1438,73	13,771	2501,38633	7903027579	1419,69	13,957
48 - 49	3330,95852	9581597989	1420,11	10,290	3453,09788	9581597989	1404,46	10,405	3575,23724	9581597989	1389,25	10,519
49 - 50				21,511				21,752				21,991
50 - 51	2218,94986	7629308454	1443,33	17,561	2341,08922	7629308454	1423,57	17,805	2463,22858	7629308454	1404,48	18,048
51 - 52				5,693				5,772				5,850
52 - 53	3975,33350	10636007407	1405,88	6,571	4097,47286	10636007407	1391,96	6,637	4219,61222	10636007407	1378,39	6,702
53 - 54				25,309				25,563				25,816
54 - 55	3962,21210	11878922031	1477,72	19,993	4084,35146	11878922031	1463,30	20,191	4206,49082	11878922031	1449,25	20,387
55 - 56				20,330				20,531				20,731
56 - 57	2355,60760	8145202038	1460,89	14,638	2477,74696	8145202038	1441,60	14,834	2599,88632	8145202038	1422,94	15,029
57 - 58				13,286				13,464				13,641

Tramo	T 55ºC				T 60ºC				T 65ºC			
	A	B	T (daN)	F (m)	A	B	T (daN)	F (m)	A	B	T (daN)	F (m)
1 - 2	773,71447	3335869303	1275,79	6,279	895,85383	3335869303	1247,54	6,421	1017,99319	3335869303	1220,70	6,562
2 - 3				6,815				6,969				7,123
3 - 4	278,29331	1794269279	1129,11	3,981	400,43267	1794269279	1095,27	4,104	522,57203	1794269279	1063,58	4,227
4 - 5	1953,70147	6256181699	1371,63	11,641	2075,84083	6256181699	1351,14	11,818	2197,98019	6256181699	1331,39	11,993
5 - 6				14,984				15,212				15,438
6 - 7				4,938				5,013				5,087
7 - 8	-137,63771	500018418	842,34	1,487	-15,49835	500018418	798,91	1,568	106,64101	500018418	759,71	1,649
8 - 9	2056,17092	6508115541	1376,86	6,750	2178,31028	6508115541	1356,83	6,850	2300,44964	6508115541	1337,51	6,949
9 - 10				9,868				10,014				10,159
10 - 11				13,636				13,838				14,038
11 - 12				12,513				12,698				12,882
12 - 13				12,240				12,421				12,601
13 - 14				13,294				13,491				13,686
14 - 15				8,641				8,769				8,896
15 - 16				18,278				18,549				18,817
16 - 17				6,159				6,250				6,340
17 - 18	4391,39147	11937811671	1431,80	20,915	4513,53083	11937811671	1418,59	21,110	4635,67019	11937811671	1405,71	21,304
18 - 19	4091,32802	11440267613	1438,36	4,775	4213,46738	11440267613	1424,48	4,821	4335,60674	11440267613	1410,96	4,868
19 - 20				13,272				13,402				13,530
20 - 21				30,402				30,699				30,995

Tramo	T 55ºC				T 60ºC				T 65ºC			
	A	B	T (daN)	F (m)	A	B	T (daN)	F (m)	A	B	T (daN)	F (m)
21 - 22				9,887				9,990				10,092
22 - 23				19,446				19,649				19,850
23 - 24				23,175				23,417				23,658
24 - 25				24,140				24,392				24,643
25 - 26	3707,91057	10491647353	1429,11	10,618	3830,04993	10491647353	1414,40	10,729	3952,18929	10491647353	1400,08	10,839
26 - 27				23,544				23,790				24,034
27 - 28				15,023				15,180				15,335
28 - 29				11,376				11,495				11,613
29 - 30				20,330				20,542				20,753
30 - 31	3700,33267	10550491086	1433,55	18,458	3822,47203	10550491086	1418,79	18,650	3944,61139	10550491086	1404,43	18,842
31 - 32	4847,00503	12948556818	1435,62	18,301	4969,14439	12948556818	1423,24	18,460	5091,28375	12948556818	1411,15	18,619
32 - 33				26,244				26,474				26,701
33 - 34	587,56721	2756635644	1231,14	5,894	709,70657	2756635644	1201,10	6,041	831,84593	2756635644	1172,69	6,188
34 - 35				5,311				5,444				5,576
35 - 36	6713,97396	16707635067	1432,13	29,283	6836,11332	16707635067	1422,35	29,485	6958,25268	16707635067	1412,76	29,686
36 - 37	4550,72359	11417885575	1386,73	25,036	4672,86295	11417885575	1374,12	25,267	4795,00231	11417885575	1361,81	25,496
37 - 38				15,000				15,138				15,275

Tramo	T 55ºC				T 60ºC				T 65ºC			
	A	B	T (daN)	F (m)	A	B	T (daN)	F (m)	A	B	T (daN)	F (m)
38 - 39	2572,68445	7778028096	1399,36	14,334	2694,82381	7778028096	1381,36	14,521	2816,96317	7778028096	1363,95	14,707
39 - 40				13,986				14,169				14,350
40 - 41				13,473				13,648				13,823
41 - 42	3279,66021	9516215672	1422,59	10,817	3401,79957	9516215672	1406,77	10,939	3523,93893	9516215672	1391,41	11,060
42 - 43				21,050				21,288				21,524
43 - 44	2902,93683	7826264680	1355,64	15,283	3025,07619	7826264680	1339,14	15,472	3147,21555	7826264680	1323,14	15,660
44 - 45				13,618				13,786				13,953
45 - 46	3245,31389	9431770989	1421,61	22,131	3367,45325	9431770989	1405,70	22,383	3489,59261	9431770989	1390,25	22,632
46 - 47				6,577				6,651				6,725
47 - 48	2623,52569	7903027579	1401,28	14,140	2745,66505	7903027579	1383,46	14,323	2867,80441	7903027579	1366,22	14,504
48 - 49	3697,37660	9581597989	1374,47	10,632	3819,51596	9581597989	1360,10	10,745	3941,65532	9581597989	1346,12	10,856
49 - 50				22,228				22,464				22,698
50 - 51	2585,36794	7629308454	1386,03	18,289	2707,50730	7629308454	1368,18	18,528	2829,64666	7629308454	1350,91	18,766
51 - 52				5,928				6,006				6,083
52 - 53	4341,75158	10636007407	1365,17	6,767	4463,89094	10636007407	1352,29	6,832	4586,03030	10636007407	1339,73	6,896
53 - 54				26,067				26,316				26,564
54 - 55	4328,63018	11878922031	1435,55	20,582	4450,76954	11878922031	1422,20	20,776	4572,90890	11878922031	1409,17	20,969
55 - 56				20,929				21,126				21,322
56 - 57	2722,02568	8145202038	1404,88	15,223	2844,16504	8145202038	1387,40	15,415	2966,30440	8145202038	1370,46	15,606
57 - 58				13,817				13,991				14,164

Tramo	T 70ºC				T 75ºC			
	A	B	T (daN)	F (m)	A	B	T (daN)	F (m)
1 - 2	1140,13255	3335869303	1195,18	6,703	1262,27191	3335869303	1170,90	6,842
2 - 3				7,275				7,426
3 - 4	644,71139	1794269279	1033,88	4,348	766,85075	1794269279	1006,02	4,469
4 - 5	2320,11955	6256181699	1312,36	12,168	2442,25891	6256181699	1294,00	12,340
5 - 6				15,662				15,885
6 - 7				5,161				5,234
7 - 8	228,78037	500018418	724,31	1,729	350,91973	500018418	692,31	1,809
8 - 9	2422,58900	6508115541	1318,88	7,047	2544,72836	6508115541	1300,90	7,145
9 - 10				10,303				10,446
10 - 11				14,237				14,434
11 - 12				13,064				13,245
12 - 13				12,779				12,956
13 - 14				13,880				14,072
14 - 15				9,022				9,146
15 - 16				19,084				19,349
16 - 17				6,430				6,519
17 - 18	4757,80955	11937811671	1393,13	21,497	4879,94891	11937811671	1380,85	21,689

Tramo	T 70ºC				T 75ºC			
	A	B	T (daN)	F (m)	A	B	T (daN)	F (m)
18 - 19	4457,74610	11440267613	1397,77	4,914	4579,88546	11440267613	1384,91	4,959
19 - 20				13,658				13,785
20 - 21				31,289				31,581
21 - 22	4074,32865	10491647353	1386,14	10,194	4196,46801	10491647353	1372,56	10,295
22 - 23				20,050				20,249
23 - 24				23,896				24,134
24 - 25				24,892				25,139
25 - 26				10,948				11,057
26 - 27				24,277				24,518
27 - 28				15,490				15,643
28 - 29				11,730				11,846
29 - 30				20,962				21,171
30 - 31	4066,75075	10550491086	1390,44	19,032	4188,89011	10550491086	1376,82	19,221
31 - 32	5213,42311	12948556818	1399,33	18,777	5335,56247	12948556818	1387,77	18,934
32 - 33				26,928				27,153
33 - 34	953,98529	2756635644	1145,79	6,333	1076,12465	2756635644	1120,29	6,478
34 - 35				5,707				5,837
35 - 36	7080,39204	16707635067	1403,34	29,887	7202,53140	16707635067	1394,10	30,086
36 - 37	4917,14167	11417885575	1349,79	25,724	5039,28103	11417885575	1338,05	25,950
37 - 38				15,411				15,547

Tramo	T 70ºC				T 75ºC			
	A	B	T (daN)	F (m)	A	B	T (daN)	F (m)
56 - 57	3088,44376	8145202038	1354,06	15,795	3210,58312	8145202038	1338,15	15,984
57 - 58				14,336				14,507

4.5. Apoyos

4.5.1. Hipótesis reglamentarias de los conductores de fase

Apoyo nº	Tipo	Valor del ángulo (º)	Coeficiente de seguridad	1ª Hipótesis			2ª Hipótesis		
				Viento			Hielo		
				V (daN)	T (daN)	L (daN)	V (daN)	T (daN)	L (daN)
1	P.Línea	———	R	312,23	387,92	2295,94	——	——	——
2	Ali-Sus	———	R	360,13	569,78	——	——	——	——
3	Áng-Anc	143,49	N	206,55	1790,39	——	——	——	——
4	Áng-Anc	155,35	N	318,80	1479,52	——	——	——	——
5	Ali-Sus	———	N	373,14	595,34	——	——	——	——
6	Ali-Sus	———	N	379,06	504,23	——	——	——	——

Apoyo nº	Tipo	Valor del ángulo (º)	Coeficiente de seguridad	1ª Hipótesis			2ª Hipótesis		
				Viento			Hielo		
				V (daN)	T (daN)	L (daN)	V (daN)	T (daN)	L (daN)
7	Áng-Anc	143,93	R	420,17	2061,56	——	——	——	——
8	Áng-Anc	142,67	R	461,94	2131,34	——	——	——	——
9	Ali-Sus	———	R	394,02	632,31	——	——	——	——
10	Ali-Sus	———	R	483,70	716,27	——	——	——	——
11	Ali-Sus	———	R	483,58	746,64	——	——	——	——
12	Ali-Sus	———	R	459,95	731,75	——	——	——	——
13	Ali-Sus	———	N	346,67	585,81	——	——	——	——
14	Ali-Sus	———	R	359,90	697,21	——	——	——	——
15	Ali-Sus	———	R	510,85	745,45	——	——	——	——
16	Ali-Sus	———	N	449,73	556,04	——	——	——	——
17	Ali-Ama	———	R	514,22	953,89	——	——	——	——
18	Ali-Ama	———	R	576,05	934,84	——	——	——	——
19	Ali-Sus	———	N	449,54	494,70	——	——	——	——
20	Ali-Sus	———	N	414,27	755,52	——	——	——	——
21	Ali-Ama	———	N	347,27	761,84	——	——	——	——
22	Ali-Sus	———	N	515,11	628,09	——	——	——	——
23	Ali-Sus	———	R	559,21	912,78	——	——	——	——

Apoyo nº	Tipo	Valor del ángulo (º)	Coeficiente de seguridad	1ª Hipótesis			2ª Hipótesis		
				Viento			Hielo		
				V (daN)	T (daN)	L (daN)	V (daN)	T (daN)	L (daN)
24	Ali-Sus	———	R	557,59	952,08	——	——	——	——
25	Ali-Sus	———	N	352,09	676,32	——	——	——	——
25	Ali-Sus	———	N	352,09	676,32	——	——	——	——
26	Ali-Sus	———	N	358,86	671,56	——	——	——	——
27	Ali-Sus	———	N	386,77	719,79	——	——	——	——
28	Ali-Sus	———	N	565,95	604,27	——	——	——	——
29	Ali-Sus	———	N	365,73	653,70	——	——	——	——
30	Ali-Ama	———	N	407,32	772,56	——	——	——	——
31	Ali-Ama	———	N	398,95	755,29	——	——	——	——
32	Ali-Sus	———	N	498,13	773,98	——	——	——	——
33	Ali-Ama	———	N	213,09	661,20	——	——	——	——
34	Ali-Sus	———	N	453,12	380,96	——	——	——	——
35	Ali-Ama	———	N	342,06	674,30	——	——	——	——
36	Ali-Ama	———	N	353,24	892,25	——	——	——	——
37	Ali-Sus	———	N	750,48	720,99	——	——	——	——
38	Ali-Ama	———	N	275,43	674,90	——	——	——	——
39	Ali-Sus	———	N	388,07	619,75	——	——	——	——

Apoyo nº	Tipo	Valor del ángulo (º)	Coeficiente de seguridad	1ª Hipótesis			2ª Hipótesis		
				Viento			Hielo		
				V (daN)	T (daN)	L (daN)	V (daN)	T (daN)	L (daN)
40	Ali-Sus	———	N	340,80	610,82	——	——	——	——
41	Ali-Ama	———	N	308,16	624,28	——	——	——	——
42	Ali-Sus	———	N	370,03	651,91	——	——	——	——
43	Ali-Anc	———	N	345,83	739,21	——	351,06	——	——
44	Ali-Sus	———	N	592,78	616,18	——	1223,77	——	——
45	Ali-Anc	———	N	407,67	731,47	——	515,55	——	——
46	Ali-Sus	———	N	336,98	604,27	——	——	——	——
47	Ali-Ama	———	N	303,06	574,85	——	——	——	——
48	Ali-Anc	———	N	318,11	624,87	——	365,27	——	——
49	Ali-Sus	———	N	565,51	648,93	——	1164,96	——	——
50	Ali-Ama	———	N	327,32	774,34	——	606,46	——	——
51	Ali-Sus	———	N	356,03	554,25	——	716,38	——	——
52	Ali-Ama	———	N	259,74	470,05	——	462,75	——	——
53	Ali-Sus	———	N	529,91	626,30	——	1088,68	——	——
54	Ali-Anc	———	N	380,47	829,13	——	509,35	——	——
55	Ali-Sus	———	N	499,37	751,35	——	——	——	——

Apoyo nº	Tipo	Valor del ángulo (º)	Coeficiente de seguridad	1ª Hipótesis			2ª Hipótesis		
				Viento			Hielo		
				V (daN)	T (daN)	L (daN)	V (daN)	T (daN)	L (daN)
56	Ali-Ama	———	N	388,00	744,57	——	——	——	——
57	Ali-Sus	———	R	440,21	782,37	——	——	——	——
58	F.Línea	———	R	397,17	490,94	2440,88	——	——	——

Apoyo nº	Tipo	Valor del ángulo (º)	Coeficiente de seguridad	3ª Hipótesis			4ª Hipótesis						
				Desequilibrio de tracciones			Rotura de conductores						
							Fases no afectadas			Fases afectadas			Esfuerzo de torsión (daN)
				V (daN)	T (daN)	L (daN)	V (daN)	T (daN)	L (daN)	V (daN)	T (daN)	L (daN)	
1	P.Línea	———	R	——	——	——	312,23	——	2295,94	——	——	——	2295,94
2	Ali-Sus	———	R	360,13	——	344,39	360,13	——	——	180,06	——	1147,97	1147,97
3	Áng-Anc	143,49	N	206,55	1391,82	1147,97	206,55	1391,82	——	103,28	695,91	2180,36	2180,36
4	Áng-Anc	155,35	N	318,80	1005,00	1201,82	318,80	1005,00	——	159,40	502,50	2348,26	2348,26
5	Ali-Sus	———	N	373,14	——	360,55	373,14	——	——	186,57	——	1201,82	1201,82

Apoyo nº	Tipo	Valor del ángulo (º)	Coeficiente de seguridad	3ª Hipótesis			4ª Hipótesis						
				Desequilibrio de tracciones			Rotura de conductores						
							Fases no afectadas			Fases afectadas			Esfuerzo de torsión (daN)
				V (daN)	T (daN)	L (daN)	V (daN)	T (daN)	L (daN)	V (daN)	T (daN)	L (daN)	
6	Ali-Sus	———	N	379,06	——	360,55	379,06	——	——	189,53	——	1201,82	1201,82
7	Áng-Anc	143,93	R	420,17	1424,53	1201,82	420,17	1424,53	——	210,09	712,26	2285,53	2285,53
8	Áng-Anc	142,67	R	461,94	1467,50	1204,73	461,94	1467,50	——	230,97	733,75	2282,71	2282,71
9	Ali-Sus	———	R	394,02	——	361,42	394,02	——	——	197,01	——	1204,73	1204,73
10	Ali-Sus	———	R	483,70	——	361,42	483,70	——	——	241,85	——	1204,73	1204,73
11	Ali-Sus	———	R	483,58	——	361,42	483,58	——	——	241,79	——	1204,73	1204,73
12	Ali-Sus	———	R	459,95	——	361,42	459,95	——	——	229,97	——	1204,73	1204,73
13	Ali-Sus	———	N	346,67	——	361,42	346,67	——	——	173,33	——	1204,73	1204,73
14	Ali-Sus	———	R	359,90	——	361,42	359,90	——	——	179,95	——	1204,73	1204,73
15	Ali-Sus	———	R	510,85	——	361,42	510,85	——	——	255,42	——	1204,73	1204,73
16	Ali-Sus	———	N	449,73	——	361,42	449,73	——	——	224,86	——	1204,73	1204,73
17	Ali-Ama	———	R	514,22	——	621,83	514,22	——	——	257,11	——	2487,33	2487,33
18	Ali-Ama	———	R	576,05	——	621,83	576,05	——	——	288,02	——	2487,33	2487,33
19	Ali-Sus	———	N	449,54	——	372,39	449,54	——	——	224,77	——	1241,31	1241,31
20	Ali-Sus	———	N	414,27	——	372,39	414,27	——	——	207,13	——	1241,31	1241,31
21	Ali-Ama	———	N	347,27	——	620,65	347,27	——	——	173,63	——	2482,61	2482,61
22	Ali-Sus	———	N	515,11	——	370,90	515,11	——	——	257,55	——	1236,33	1236,33

Apoyo nº	Tipo	Valor del ángulo (º)	Coeficiente de seguridad	3ª Hipótesis			4ª Hipótesis						
							Rotura de conductores						
				Desequilibrio de tracciones			Fases no afectadas			Fases afectadas			Esfuerzo de torsión (daN)
				V (daN)	T (daN)	L (daN)	V (daN)	T (daN)	L (daN)	V (daN)	T (daN)	L (daN)	
23	Ali-Sus	———	R	559,21	——	370,90	559,21	——	——	279,60	——	1236,33	1236,33
24	Ali-Sus	———	R	557,59	——	370,90	557,59	——	——	278,79	——	1236,33	1236,33
25	Ali-Sus	———	N	352,09	——	370,90	352,09	——	——	176,04	——	1236,33	1236,33
26	Ali-Sus	———	N	358,86	——	370,90	358,86	——	——	179,43	——	1236,33	1236,33
27	Ali-Sus	———	N	386,77	——	370,90	386,77	——	——	193,38	——	1236,33	1236,33
28	Ali-Sus	———	N	565,95	——	370,90	565,95	——	——	282,98	——	1236,33	1236,33
29	Ali-Sus	———	N	365,73	——	370,90	365,73	——	——	182,87	——	1236,33	1236,33
30	Ali-Ama	———	N	407,32	——	618,33	407,32	——	——	203,66	——	2473,32	2473,32
31	Ali-Ama	———	N	398,95	——	624,01	398,95	——	——	199,47	——	2496,03	2496,03
32	Ali-Sus	———	N	498,13	——	374,40	498,13	——	——	249,06	——	1248,01	1248,01
33	Ali-Ama	———	N	213,09	——	624,01	213,09	——	——	106,55	——	2496,03	2496,03
34	Ali-Sus	———	N	453,12	——	335,84	453,12	——	——	226,56	——	1119,47	1119,47
35	Ali-Ama	———	N	342,06	——	626,00	342,06	——	——	171,03	——	2503,98	2503,98
36	Ali-Ama	———	N	353,24	——	626,00	353,24	——	——	176,62	——	2503,98	2503,98
37	Ali-Sus	———	N	750,48	——	361,96	750,48	——	——	375,24	——	1206,55	1206,55
38	Ali-Ama	———	N	275,43	——	608,67	275,43	——	——	137,72	——	2434,67	2434,67
39	Ali-Sus	———	N	388,07	——	365,20	388,07	——	——	194,03	——	1217,33	1217,33

Apoyo nº	Tipo	Valor del ángulo (º)	Coeficiente de seguridad	3ª Hipótesis			4ª Hipótesis						
				Desequilibrio de tracciones			Rotura de conductores						
							Fases no afectadas			Fases afectadas			Esfuerzo de torsión (daN)
				V (daN)	T (daN)	L (daN)	V (daN)	T (daN)	L (daN)	V (daN)	T (daN)	L (daN)	
40	Ali-Sus	———	N	340,80	——	365,20	340,80	——	——	170,40	——	1217,33	1217,33
41	Ali-Ama	———	N	308,16	——	615,22	308,16	——	——	154,08	——	2460,89	2460,89
42	Ali-Sus	———	N	370,03	——	369,13	370,03	——	——	185,01	——	1230,44	1230,44
43	Ali-Anc	———	N	351,06	——	1230,44	351,06	——	——	175,53	——	2460,89	2460,89
44	Ali-Sus	———	N	1223,77	——	367,67	1223,77	——	——	611,89	——	1225,56	1225,56
45	Ali-Anc	———	N	515,55	——	1229,89	407,67	——	——	257,78	——	2459,78	2459,78
46	Ali-Sus	———	N	336,98	——	368,97	336,98	——	——	168,49	——	1229,89	1229,89
47	Ali-Ama	———	N	303,06	——	614,95	303,06	——	——	151,53	——	2459,78	2459,78
48	Ali-Anc	———	N	365,27	——	1239,83	365,27	——	——	181,26	——	2479,66	2479,66
49	Ali-Sus	———	N	1164,96	——	371,95	1164,96	——	——	582,48	——	1239,83	1239,83
50	Ali-Ama	———	N	606,46	——	625,90	606,46	——	——	303,23	——	2503,60	2503,60
51	Ali-Sus	———	N	716,38	——	375,54	716,38	——	——	358,19	——	1251,80	1251,80
52	Ali-Ama	———	N	462,75	——	625,90	462,75	——	——	231,37	——	2503,60	2503,60
53	Ali-Sus	———	N	1088,68	——	368,95	1088,68	——	——	544,34	——	1229,84	1229,84
54	Ali-Anc	———	N	509,35	——	1243,39	509,35	——	——	254,68	——	2486,79	2486,79
55	Ali-Sus	———	N	499,37	——	373,02	499,37	——	——	249,68	——	1243,39	1243,39

Apoyo nº	Tipo	Valor del ángulo (º)	Coeficiente de seguridad	3ª Hipótesis			4ª Hipótesis						
				Desequilibrio de tracciones			Rotura de conductores						
							Fases no afectadas			Fases afectadas			Esfuerzo de torsión (daN)
				V (daN)	T (daN)	L (daN)	V (daN)	T (daN)	L (daN)	V (daN)	T (daN)	L (daN)	
56	Ali-Ama	———	N	388,00	——	621,70	388,00	——	——	194,00	——	2486,79	2486,79
57	Ali-Sus	———	R	440,21	——	366,13	440,21	——	——	220,10	——	1220,44	1220,44
58	F.Línea	———	R	——	——	——	397,17	——	2440,88	——	——	——	2440,88

4.5.2. Hipótesis reglamentarias del conductor de tierra

Apoyo nº	Tipo	Valor del ángulo (º)	Coeficiente de seguridad	1ª Hipótesis			2ª Hipótesis		
				Viento			Hielo		
				V (daN)	T (daN)	L (daN)	V (daN)	T (daN)	L (daN)
1	P.Línea	———	R	139,71	185,20	2771	——	——	——
2	Ali-Sus	———	R	173,02	378,13	——	——	——	——
3	Áng-Anc	143,49	N	103,88	1991,29	——	——	——	——

Apoyo nº	Tipo	Valor del ángulo (º)	Coeficiente de seguridad	1ª Hipótesis			2ª Hipótesis		
				Viento			Hielo		
				V (daN)	T (daN)	L (daN)	V (daN)	T (daN)	L (daN)
4	Áng-Anc	155,35	N	222,19	1630,76	——	——	——	——
5	Ali-Sus	———	N	314,03	557,97	——	——	——	——
6	Ali-Sus	———	N	332,55	466,86	——	——	——	——
7	Áng-Anc	143,93	R	60,54	1987,44	——	——	——	——
8	Áng-Anc	142,67	R	106,50	2068,15	——	——	——	——
9	Ali-Sus	———	R	203,77	440,66	——	——	——	——
10	Ali-Sus	———	R	296,63	524,62	——	——	——	——
11	Ali-Sus	———	R	292,57	554,99	——	——	——	——
12	Ali-Sus	———	R	267,17	540,11	——	——	——	——
13	Ali-Sus	———	N	284,69	548,44	——	——	——	——
14	Ali-Sus	———	R	155,95	505,57	——	——	——	——
15	Ali-Sus	———	R	324,26	553,80	——	——	——	——
16	Ali-Sus	———	N	407,68	518,67	——	——	——	——
17	Ali-Ama	———	R	130,00	548,44	——	——	——	——
18	Ali-Ama	———	R	203,24	529,39	——	——	——	——
19	Ali-Sus	———	N	417,88	457,33	——	——	——	——
20	Ali-Sus	———	N	340,59	718,16	——	——	——	——

Apoyo nº	Tipo	Valor del ángulo (º)	Coeficiente de seguridad	1ª Hipótesis			2ª Hipótesis		
				Viento			Hielo		
				V (daN)	T (daN)	L (daN)	V (daN)	T (daN)	L (daN)
21	Ali-Ama	———	N	218,89	678,26	——	——	——	——
22	Ali-Sus	———	N	475,91	590,72	——	——	——	——
23	Ali-Sus	———	R	358,47	721,13	——	——	——	——
24	Ali-Sus	———	R	351,23	760,44	——	——	——	——
25	Ali-Sus	———	N	278,74	638,96	——	——	——	——
26	Ali-Sus	———	N	287,31	634,19	——	——	——	——
27	Ali-Sus	———	N	313,37	682,43	——	——	——	——
28	Ali-Sus	———	N	538,60	566,90	——	——	——	——
29	Ali-Sus	———	N	297,77	616,33	——	——	——	——
30	Ali-Ama	———	N	287,76	688,98	——	——	——	——
31	Ali-Ama	———	N	280,23	671,71	——	——	——	——
32	Ali-Sus	———	N	436,04	736,62	——	——	——	——
33	Ali-Ama	———	N	81,92	577,62	——	——	——	——
34	Ali-Sus	———	N	428,83	343,60	——	——	——	——
35	Ali-Ama	———	N	226,94	590,72	——	——	——	——
36	Ali-Ama	———	N	208,24	808,67	——	——	——	——
37	Ali-Sus	———	N	738,21	683,62	——	——	——	——

Apoyo nº	Tipo	Valor del ángulo (º)	Coeficiente de seguridad	1ª Hipótesis			2ª Hipótesis		
				Viento			Hielo		
				V (daN)	T (daN)	L (daN)	V (daN)	T (daN)	L (daN)
38	Ali-Ama	———	N	146,80	591,32	——	——	——	——
39	Ali-Sus	———	N	328,33	582,39	——	——	——	——
40	Ali-Sus	———	N	274,58	573,45	——	——	——	——
41	Ali-Ama	———	N	192,05	540,70	——	——	——	——
42	Ali-Sus	———	N	303,04	614,54	——	——	——	——
43	Ali-Anc	———	N	217,89	655,63	——	174,71	——	——
44	Ali-Sus	———	N	571,67	578,81	——	1278,32	——	——
45	Ali-Anc	———	N	292,73	647,89	——	382,44	——	——
46	Ali-Sus	———	N	270,89	566,90	——	——	——	——
47	Ali-Ama	———	N	192,94	491,28	——	——	——	——
48	Ali-Anc	———	N	201,72	541,30	——	219,59	——	——
49	Ali-Sus	———	N	534,73	611,56	——	1194,87	——	——
50	Ali-Ama	———	N	192,04	690,76	——	427,43	——	——
51	Ali-Sus	———	N	300,30	516,88	——	670,14	——	——
52	Ali-Ama	———	N	155,54	386,47	——	344,33	——	——
53	Ali-Sus	———	N	496,27	588,94	——	1108,65	——	——

Apoyo nº	Tipo	Valor del ángulo (º)	Coeficiente de seguridad	1ª Hipótesis			2ª Hipótesis		
				Viento			Hielo		
				V (daN)	T (daN)	L (daN)	V (daN)	T (daN)	L (daN)
54	Ali-Anc	———	N	246,82	745,55	——	340,14	——	——
55	Ali-Sus	———	N	440,71	713,99	——	——	——	——
56	Ali-Ama	———	N	268,96	660,99	——	——	——	——
57	Ali-Sus	———	R	237,40	590,72	——	——	——	——
58	F.Línea	———	R	225,96	288,22	3019	——	——	——

Apoyo nº	Tipo	Valor del ángulo (º)	Coeficiente de seguridad	3ª Hipótesis			4ª Hipótesis						
				Desequilibrio de tracciones			Rotura de conductores						
							Tierra no afectada			Tierra afectada			Esfuerzo de torsión (daN)
				V (daN)	T (daN)	L (daN)	V (daN)	T (daN)	L (daN)	V (daN)	T (daN)	L (daN)	
1	P.Línea	———	R	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——
2	Ali-Sus	———	R	173,02	——	415,64	——	——	——	86,51	——	1385,48	——
3	Áng-Anc	143,49	N	103,88	1676,30	1385,48	103,88	1676,30	——	51,94	838,15	2631,47	——

Apoyo nº	Tipo	Valor del ángulo (º)	Coeficiente de seguridad	3ª Hipótesis			4ª Hipótesis						
							Rotura de conductores						
				Desequilibrio de tracciones			Tierra no afectada			Tierra afectada			Esfuerzo de torsión (daN)
				V (daN)	T (daN)	L (daN)	V (daN)	T (daN)	L (daN)	V (daN)	T (daN)	L (daN)	
4	Áng-Anc	155,35	N	222,19	1239,82	1475,31	222,19	1239,82	——	111,09	619,91	2882,64	——
5	Ali-Sus	———	N	314,03	——	442,59	——	——	——	157,01	——	1475,31	——
6	Ali-Sus	———	N	332,55	——	442,59	——	——	——	166,27	——	1475,31	——
7	Áng-Anc	143,93	R	60,54	1755,85	1475,31	60,54	1755,85	——	30,27	877,93	2805,64	——
8	Áng-Anc	142,67	R	106,50	1809,77	1480,59	106,50	1809,77	——	53,25	904,88	2805,40	——
9	Ali-Sus	———	R	203,77	——	444,18	——	——	——	101,88	——	1480,59	——
10	Ali-Sus	———	R	296,63	——	444,18	——	——	——	148,31	——	1480,59	——
11	Ali-Sus	———	R	292,57	——	444,18	——	——	——	146,29	——	1480,59	——
12	Ali-Sus	———	R	267,17	——	444,18	——	——	——	133,59	——	1480,59	——
13	Ali-Sus	———	N	284,69	——	444,18	——	——	——	142,34	——	1480,59	——
14	Ali-Sus	———	R	155,95	——	444,18	——	——	——	77,98	——	1480,59	——
15	Ali-Sus	———	R	324,26	——	444,18	——	——	——	162,13	——	1480,59	——
16	Ali-Sus	———	N	407,68	——	444,18	——	——	——	203,84	——	1480,59	——
17	Ali-Ama	———	R	130,00	——	770,82	——	——	——	65,00	——	3083,29	——
18	Ali-Ama	———	R	203,24	——	773,45	——	——	——	101,62	——	3093,81	——
19	Ali-Sus	———	N	417,88	——	464,07	——	——	——	208,94	——	1546,90	——
20	Ali-Sus	———	N	340,59	——	464,07	——	——	——	170,29	——	1546,90	——

Apoyo nº	Tipo	Valor del ángulo (º)	Coeficiente de seguridad	3ª Hipótesis			4ª Hipótesis						
							Rotura de conductores						
				Desequilibrio de tracciones			Tierra no afectada			Tierra afectada			Esfuerzo de torsión (daN)
				V (daN)	T (daN)	L (daN)	V (daN)	T (daN)	L (daN)	V (daN)	T (daN)	L (daN)	
21	Ali-Ama	———	N	218,89	——	773,45	——	——	——	109,45	——	3093,81	——
22	Ali-Sus	———	N	475,91	——	460,99	——	——	——	237,96	——	1536,64	——
23	Ali-Sus	———	R	358,47	——	460,99	——	——	——	179,24	——	1536,64	——
24	Ali-Sus	———	R	351,23	——	460,99	——	——	——	175,61	——	1536,64	——
25	Ali-Sus	———	N	278,74	——	460,99	——	——	——	139,37	——	1536,64	——
26	Ali-Sus	———	N	287,31	——	460,99	——	——	——	143,65	——	1536,64	——
27	Ali-Sus	———	N	313,37	——	460,99	——	——	——	156,68	——	1536,64	——
28	Ali-Sus	———	N	538,60	——	460,99	——	——	——	269,30	——	1536,64	——
29	Ali-Sus	———	N	297,77	——	460,99	——	——	——	148,89	——	1536,64	——
30	Ali-Ama	———	N	287,76	——	770,41	——	——	——	143,88	——	3081,65	——
31	Ali-Ama	———	N	280,23	——	773,37	——	——	——	140,12	——	3093,50	——
32	Ali-Sus	———	N	436,04	——	464,02	——	——	——	218,02	——	1546,90	——
33	Ali-Ama	———	N	81,92	——	773,37	——	——	——	40,96	——	3093,50	——
34	Ali-Sus	———	N	428,83	——	404,21	——	——	——	214,41	——	1347,36	——
35	Ali-Ama	———	N	226,94	——	773,87	——	——	——	113,47	——	3095,49	——
36	Ali-Ama	———	N	208,24	——	773,87	——	——	——	104,12	——	3095,49	——
37	Ali-Sus	———	N	738,21	——	449,58	——	——	——	369,11	——	1498,59	——

Apoyo nº	Tipo	Valor del ángulo (º)	Coeficiente de seguridad	3ª Hipótesis			4ª Hipótesis						
							Rotura de conductores						
				Desequilibrio de tracciones			Tierra no afectada			Tierra afectada			Esfuerzo de torsión (daN)
				V (daN)	T (daN)	L (daN)	V (daN)	T (daN)	L (daN)	V (daN)	T (daN)	L (daN)	
38	Ali-Ama	———	N	146,80	——	751,90	——	——	——	73,40	——	3007,62	——
39	Ali-Sus	———	N	328,33	——	451,14	——	——	——	164,16	——	1503,81	——
40	Ali-Sus	———	N	274,58	——	451,14	——	——	——	137,29	——	1503,81	——
41	Ali-Ama	———	N	192,05	——	764,36	——	——	——	96,03	——	3057,43	——
42	Ali-Sus	———	N	303,04	——	458,62	——	——	——	151,52	——	1528,72	——
43	Ali-Anc	———	N	217,89	——	1528,72	——	——	——	87,36	——	3034,36	——
44	Ali-Sus	———	N	571,67	——	455,15	——	——	——	639,16	——	1517,18	——
45	Ali-Anc	———	N	292,73	——	1527,65	——	——	——	191,22	——	1527,65	——
46	Ali-Sus	———	N	270,89	——	458,30	——	——	——	135,44	——	1527,65	——
47	Ali-Ama	———	N	192,94	——	763,83	——	——	——	96,47	——	3055,30	——
48	Ali-Anc	———	N	201,72	——	1534,83	——	——	——	109,80	——	3069,67	——
49	Ali-Sus	———	N	534,73	——	460,45	——	——	——	597,44	——	1534,83	——
50	Ali-Ama	———	N	192,04	——	773,09	——	——	——	213,71	——	3092,37	——
51	Ali-Sus	———	N	300,30	——	463,86	——	——	——	335,07	——	1546,18	——
52	Ali-Ama	———	N	155,54	——	773,09	——	——	——	172,17	——	3092,37	——
53	Ali-Sus	———	N	496,27	——	457,64	——	——	——	554,32	——	1525,47	——
54	Ali-Anc	———	N	246,82	——	1545,05	——	——	——	170,07	——	1525,47	——

Apoyo nº	Tipo	Valor del ángulo (º)	Coeficiente de seguridad	3ª Hipótesis			4ª Hipótesis						
				Desequilibrio de tracciones			Rotura de conductores						
							Tierra no afectada			Tierra afectada			Esfuerzo de torsión (daN)
				V (daN)	T (daN)	L (daN)	V (daN)	T (daN)	L (daN)	V (daN)	T (daN)	L (daN)	
55	Ali-Sus	———	N	440,71	——	463,51	——	——	——	220,36	——	1545,05	——
56	Ali-Ama	———	N	268,96	——	772,52	——	——	——	134,48	——	3090,09	——
57	Ali-Sus	———	R	237,40	——	452,89	——	——	——	118,70	——	1509,64	——
58	F.Línea	———	R	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——

4.5.3. Altura y separación de conductores de fase

Apoyo nº	Tipo	Valor del ángulo (º)	Coeficiente de seguridad	Altura de conductores en perfil necesaria (m)	Altura del conductor real (m)	Desviación de la cadena (º)	Desviación máxima para la cadena (º)	Comprobación de la desviación de la cadena	Flecha máxima (m)	Separación de conductores (m)	Coeficientes L, N, S		
											Semi suma de vanos L	Diferencia tangentes N	Coeficiente de ángulo S
1	P.Línea	———	R	27	27,00	——	——	——	8,329	2,926	155,50	-0,0351	——
2	Ali-Sus	———	R	17	19,03	37,708	52,517	CUMPLE	9,041	3,207	317,50	-0,0168	——

Apoyo nº	Tipo	Valor del ángulo (º)	Coeficiente de seguridad	Altura de conductores en perfil necesaria (m)	Altura del conductor real (m)	Desviación de la cadena (º)	Desviación máxima para la cadena (º)	Comprobación de la desviación de la cadena	Flecha máxima (m)	Separación de conductores (m)	Coeficientes L, N, S		
											Semi suma de vanos L	Diferencia tangentes N	Coeficiente de ángulo S
3	Áng-Anc	143,49	N	18	18,00	——	——	——	9,041	3,004	278,50	-0,0559	0,6266
4	Áng-Anc	155,35	N	23	24,00	——	——	——	14,987	3,566	336,00	0,0176	0,4268
5	Ali-Sus	———	N	30	33,46	31,143	38,718	CUMPLE	19,295	4,017	468,50	0,0202	——
6	Ali-Sus	———	N	30	33,46	25,513	38,718	CUMPLE	19,295	4,017	392,00	0,0686	——
7	Áng-Anc	143,93	R	20	21,00	——	——	——	6,355	2,689	204,50	-0,0399	0,6192
8	Áng-Anc	142,67	R	17	18,00	——	——	——	8,675	2,965	229,00	-0,0330	0,6401
9	Ali-Sus	———	R	19	19,03	37,101	52,517	CUMPLE	12,685	3,538	370,00	-0,0168	——
10	Ali-Sus	———	R	29	29,03	31,952	52,517	CUMPLE	17,531	3,921	440,50	0,0199	——
11	Ali-Sus	———	R	29	29,03	33,639	52,517	CUMPLE	17,531	3,921	466,00	0,0054	——
12	Ali-Sus	———	R	27	29,03	35,274	52,517	CUMPLE	16,086	3,812	453,50	-0,0077	——
13	Ali-Sus	———	N	27	29,46	33,279	38,718	CUMPLE	17,091	3,855	460,50	0,0021	——
14	Ali-Sus	———	R	28	29,03	47,610	52,517	CUMPLE	17,091	3,888	424,50	-0,0768	——
15	Ali-Sus	———	R	30	33,03	31,046	52,517	CUMPLE	23,505	4,331	465,00	0,0293	——
16	Ali-Sus	———	N	30	33,46	23,349	38,718	CUMPLE	23,505	4,303	435,50	0,1042	——
17	Ali-Ama	———	R	30	31,00	——	——	——	26,149	4,374	460,50	-0,1100	——
18	Ali-Ama	———	R	30	31,00	——	——	——	26,149	4,374	444,50	-0,0485	——
19	Ali-Sus	———	N	29	29,46	20,893	38,718	CUMPLE	16,730	3,828	384,00	0,1293	——

Apoyo nº	Tipo	Valor del ángulo (º)	Coeficiente de seguridad	Altura de conductores en perfil necesaria (m)	Altura del conductor real (m)	Desviación de la cadena (º)	Desviación máxima para la cadena (º)	Comprobación de la desviación de la cadena	Flecha máxima (m)	Separación de conductores (m)	Coeficientes L, N, S		
											Semi suma de vanos L	Diferencia tangentes N	Coeficiente de ángulo S
20	Ali-Sus	———	N	27	29,46	35,618	38,718	CUMPLE	38,352	5,155	603,00	-0,0202	——
21	Ali-Ama	———	N	25	27,00	——	——	——	38,352	5,075	569,50	-0,0923	——
22	Ali-Sus	———	N	30	33,46	23,129	38,718	CUMPLE	24,565	4,371	496,00	0,1226	——
23	Ali-Sus	———	R	30	33,03	34,941	52,517	CUMPLE	29,281	4,684	605,50	-0,0087	——
24	Ali-Sus	———	R	30	33,03	36,778	52,517	CUMPLE	30,501	4,754	638,50	-0,0282	——
25	Ali-Sus	———	N	30	33,46	37,866	38,718	CUMPLE	30,501	4,729	536,50	-0,0354	——
26	Ali-Sus	———	N	30	33,46	36,850	38,718	CUMPLE	29,747	4,686	532,50	-0,0275	——
27	Ali-Sus	———	N	30	33,46	36,495	38,718	CUMPLE	29,747	4,686	573,00	-0,0266	——
28	Ali-Sus	———	N	30	33,46	19,982	38,718	CUMPLE	18,974	3,994	476,00	0,1760	——
29	Ali-Sus	———	N	30	33,46	35,142	38,718	CUMPLE	25,683	4,441	517,50	-0,0135	——
30	Ali-Ama	———	N	30	31,00	——	——	——	25,683	4,344	578,50	-0,0473	——
31	Ali-Ama	———	N	30	31,00	——	——	——	23,375	4,193	564,00	-0,0461	——
32	Ali-Sus	———	N	30	33,46	29,994	38,718	CUMPLE	32,673	4,852	618,50	0,0406	——
33	Ali-Ama	———	N	30	31,00	——	——	——	32,673	4,765	485,00	-0,1716	——
34	Ali-Sus	———	N	30	33,46	14,556	38,718	CUMPLE	7,905	3,047	288,50	0,2047	——
35	Ali-Ama	———	N	30	31,00	——	——	——	35,889	4,944	496,00	-0,0611	——
36	Ali-Ama	———	N	27	27,00	——	——	——	35,889	4,944	679,00	-0,1516	——

Apoyo nº	Tipo	Valor del ángulo (º)	Coeficiente de seguridad	Altura de conductores en perfil necesaria (m)	Altura del conductor real (m)	Desviación de la cadena (º)	Desviación máxima para la cadena (º)	Comprobación de la desviación de la cadena	Flecha máxima (m)	Separación de conductores (m)	Coeficientes L, N, S		
											Semi suma de vanos L	Diferencia tangentes N	Coeficiente de ángulo S
37	Ali-Sus	———	N	30	33,46	17,772	38,718	CUMPLE	31,311	4,775	574,00	0,2823	——
38	Ali-Ama	———	N	30	31,00	——	——	——	18,751	3,865	496,50	-0,1147	——
39	Ali-Sus	———	N	30	33,46	31,146	38,718	CUMPLE	18,314	3,946	489,00	0,0211	——
40	Ali-Sus	———	N	30	33,46	35,432	38,718	CUMPLE	17,870	3,914	481,50	-0,0147	——
41	Ali-Ama	———	N	30	31,00	——	——	——	17,213	3,747	454,00	-0,0617	——
42	Ali-Sus	———	N	30	33,46	34,616	38,718	CUMPLE	26,738	4,411	516,00	-0,0092	——
43	Ali-Anc	———	N	30	31,00	——	——	——	26,738	4,517	550,50	-0,0899	——
44	Ali-Sus	———	N	30	33,46	19,279	38,718	CUMPLE	19,766	3,940	486,00	0,2026	——
45	Ali-Anc	———	N	30	31,00	——	——	——	28,119	4,497	544,00	-0,0306	——
46	Ali-Sus	———	N	30	33,46	35,446	38,718	CUMPLE	28,119	4,590	476,00	-0,0147	——
47	Ali-Ama	———	N	30	31,00	——	——	——	18,057	3,812	412,50	-0,0431	——
48	Ali-Anc	———	N	30	31,00	——	——	——	18,057	3,812	454,50	-0,0560	——
49	Ali-Sus	———	N	30	33,46	21,605	38,718	CUMPLE	28,428	4,608	513,50	0,1609	——
50	Ali-Ama	———	N	30	31,00	——	——	——	28,428	4,516	580,00	-0,1187	——
51	Ali-Sus	———	N	30	33,46	30,470	38,718	CUMPLE	23,744	4,318	434,00	0,0251	——

Apoyo nº	Tipo	Valor del ángulo (º)	Coeficiente de seguridad	Altura de conductores en perfil necesaria (m)	Altura del conductor real (m)	Desviación de la cadena (º)	Desviación máxima para la cadena (º)	Comprobación de la desviación de la cadena	Flecha máxima (m)	Separación de conductores (m)	Coeficientes L, N, S		
											Semi suma de vanos L	Diferencia tangentes N	Coeficiente de ángulo S
52	Ali-Ama	———	N	30	31,00	——	——	——	8,601	2,956	324,50	-0,0319	——
53	Ali-Sus	———	N	30	33,46	22,428	38,718	CUMPLE	33,161	4,879	494,50	0,1421	——
54	Ali-Anc	———	N	30	31,00	——	——	——	33,161	4,793	626,00	-0,0998	——
55	Ali-Sus	———	N	30	33,46	28,987	38,718	CUMPLE	26,248	4,476	599,50	0,0522	——
56	Ali-Ama	———	N	30	31,00	——	——	——	26,248	4,380	555,00	-0,0503	——
57	Ali-Sus	———	R	30	33,03	40,524	52,517	CUMPLE	19,421	4,056	496,00	-0,0480	——
58	F.Línea	———	R	30	31,00	——	——	——	17,626	3,779	242,00	0,0564	——

4.5.4. Elección de apoyos

Apoyo nº	Tipo	Valor ángulo (º)	Coeficiente seguridad	Zona	Altura libre (m)	Separación conductores (m)	Montaje	Esfuerzo por fase y tierra				
								Hipótesis	Conductor	Esfuerzo		
										V (daN)	T (daN)	L (daN)
1	P.Línea	——	R	A	27	2,93	Doble circuito	1ª	Fase	312,23	387,92	2295,94
									Tierra	139,71	185,20	2770,96
								2ª	Fase	——	——	——
									Tierra	——	——	——
								3ª	Fase	——	——	——
									Tierra	——	——	——

Apoyo nº	Tipo	(T_F+L_F) —— (T_P+L_P)	Referencia del apoyo	Separación fases normalizada (m)	Altura de cúpula (m)	Longitud de cruceta (m)	Valor de "e" (gráfica)	Esfuerzo equivalente (daN)	Árbol de cargas del apoyo					Utilización del apoyo (%)
									Hipótesis	Coeficiente seguridad apoyo	Coeficiente seguridad apoyo real	Esfuerzo		
												V (daN)	T+L (daN)	
1	P.Línea	0,91	CO-33000-27-N3C	3,3	4,3	3,2	0,858	22213,68	1ª	1,875	2,128	1507	25684	86,489
									2ª	1,875	——	——	——	——
									3ª	1,200	——	——	——	——

Apoyo nº	Tipo	Valor ángulo (º)	Coeficiente seguridad	Zona	Altura libre (m)	Separación conductores (m)	Montaje	Esfuerzo por fase y tierra				
								Hipótesis	Conductor	Esfuerzo		
										V (daN)	T (daN)	L (daN)
1	P.Línea	——	R	A	27	2,93	Doble circuito	4ª	Fases no afectadas	312,23	——	2295,94
									Fases afectadas	——	——	——
									Tierra no afectada	——	——	——
									Tierra afectada	——	——	——

Apoyo nº	Tipo	Referencia del apoyo	Separación fases normalizada (m)	Altura de cúpula (m)	Longitud de cruceta (m)	Valor de "e" (gráfica)	Par torsor (daNm)	Esfuerzo útil (daN)	Resultado en gráfico
1	P.Línea	CO-33000-27-N3C	3,3	4,3	3,2	0,858	7347,02	13379,63	CUMPLE

Apoyo nº	Tipo	Árbol de cargas del apoyo					Utilización del apoyo (%)	Altura de referencia (m)	Altura libre real (m)
		Hipótesis	Coeficiente seguridad apoyo	Coeficiente seguridad apoyo real	Esfuerzo				
					V (daN)	T+L (daN)			
1	P.Línea	4ª	1,200	2,076	1962	8510	26,979	27	27

Apoyo nº	Tipo	Valor ángulo (º)	Coeficiente seguridad	Zona	Altura libre (m)	Separación conductores (m)	Montaje	Esfuerzo por fase y tierra				
								Hipótesis	Conductor	Esfuerzo		
										V (daN)	T (daN)	L (daN)
2	Ali-Sus	——	R	A	17	3,207	Doble circuito	1ª	Fase	360,13	569,78	——
									Tierra	173,02	378,13	——
								2ª	Fase	——	——	——
									Tierra	——	——	——
								3ª	Fase	360,13	——	344,39
									Tierra	173,02	——	415,64
								4ª	Fases no afectadas	360,13	——	——
									Fases afectadas	180,06	——	1147,97
									Tierra no afectada	——	——	——
									Tierra afectada	86,51	——	1385,48

Apoyo nº	Referencia del apoyo	Árbol de cargas del apoyo							Utilización del apoyo (%)	Separación fases normalizada (m)	Altura de referencia (m)	Altura libre real (m)
		Hipótesis	Coeficiente seguridad apoyo	Coeficiente seguridad apoyo real	Esfuerzo							
					Conductor	V (daN)	T (daN)	L (daN)				
2	Andel 132kV S103 DC40	1ª	1,875	2,021	Fase	1000	580	——	92,209	4,0	21	19,03
					Tierra	880	448	——				
		2ª	1,875	——	Fase	——	——	——	——			
					Tierra	——	——	——				
		3ª	1,200	2,024	Fase	1250	——	1025	31,342			
					Tierra	1100	——	1400				
		4ª	1,200	1,791	Fases no afectadas	1250	——	——	50,720			
					Fases afectadas	1250	——	1785				
					Tierra no afectada	——	——	——				
					Tierra afectada	1100	——	3210				

Apoyo nº	Tipo	Valor ángulo (º)	Coeficiente seguridad	Zona	Altura libre (m)	Separación conductores (m)	Montaje	Esfuerzo por fase y tierra				
								Hipótesis	Conductor	Esfuerzo		
										V (daN)	T (daN)	L (daN)
3	Áng-Anc	143,49	N	A	18	3,004	Doble circuito	1ª	Fase	206,55	1790,39	——
									Tierra	103,88	1991,29	——
								2ª	Fase	——	——	——
									Tierra	——	——	——
								3ª	Fase	206,55	1391,82	1147,97
									Tierra	103,88	1676,30	1385,48
								4ª	Fases no afectadas	206,55	1391,82	——
									Fases afectadas	103,28	695,91	2180,36
									Tierra no afectada	103,88	1676,30	——
									Tierra afectada	51,94	838,15	2631,47

Apoyo nº	Referencia del apoyo	Árbol de cargas del apoyo							Utilización del apoyo (%)	Separación fases normalizada (m)	Altura de referencia (m)	Altura libre real (m)
		Hipótesis	Coeficiente seguridad apoyo	Coeficiente seguridad apoyo real	Esfuerzo							
					Conductor	V (daN)	T (daN)	L (daN)				
3	Andel 132kV S211 DC40	1ª	1,500	2,059	Fase	1300	2965	——	62,758	4,0	18	18,00
					Tierra	1200	2500	——				
		2ª	1,500	——	Fase	——	——	——	——			
					Tierra	——	——	——				
		3ª	1,200	1,554	Fase	1300	2100	1650	70,522			
					Tierra	1200	2000	1450				
		4ª	1,200	1,624	Fases no afectadas	1300	2100	——	64,696			
					Fases afectadas	1300	1050	4355				
					Tierra no afectada	1300	2100	——				
					Tierra afectada	1200	1000	3625				

Apoyo nº	Tipo	Valor ángulo (º)	Coeficiente seguridad	Zona	Altura libre (m)	Separación conductores (m)	Montaje	Esfuerzo por fase y tierra				
								Hipótesis	Conductor	Esfuerzo		
										V (daN)	T (daN)	L (daN)
4	Áng-Anc	155,35	N	A	23	3,566	Doble circuito	1ª	Fase	318,80	1479,52	——
									Tierra	222,19	1630,76	——
								2ª	Fase	——	——	——
									Tierra	——	——	——
								3ª	Fase	318,80	1005,00	1201,82
									Tierra	222,19	1239,82	1475,31
								4ª	Fases no afectadas	318,80	1005,00	——
									Fases afectadas	159,40	502,50	2348,26
									Tierra no afectada	222,19	1239,82	——
									Tierra afectada	111,09	619,91	2882,64

Apoyo nº	Referencia del apoyo	Árbol de cargas del apoyo							Utilización del apoyo (%)	Separación fases normalizada (m)	Altura de referencia (m)	Altura libre real (m)
		Hipótesis	Coeficiente seguridad apoyo	Coeficiente seguridad apoyo real	Esfuerzo							
					Conductor	V (daN)	T (daN)	L (daN)				
4	Andel 132kV S309 DC40	1ª	1,500	2,512	Fase	2800	4920	——	32,512	4,0	24	24,00
					Tierra	2100	2800	——				
		2ª	1,500	——	Fase	——	——	——	——			
					Tierra	——	——	——				
		3ª	1,200	1,949	Fase	2800	4060	2400	37,579			
					Tierra	2100	2200	1500				
		4ª	1,200	1,911	Fases no afectadas	2800	4060	——	40,751			
					Fases afectadas	2800	2030	7035				
					Tierra no afectada	2800	4060	——				
					Tierra afectada	2100	1100	3190				

Apoyo nº	Tipo	Valor ángulo (º)	Coeficiente seguridad	Zona	Altura libre (m)	Separación conductores (m)	Montaje	Esfuerzo por fase y tierra				
								Hipótesis	Conductor	Esfuerzo		
										V (daN)	T (daN)	L (daN)
5	Ali-Sus	——	N	A	30	4,017	Doble circuito	1ª	Fase	373,14	595,34	——
									Tierra	314,03	557,97	——
								2ª	Fase	——	——	——
									Tierra	——	——	——
								3ª	Fase	373,14	——	360,55
									Tierra	314,03	——	442,59
								4ª	Fases no afectadas	373,14	——	——
									Fases afectadas	186,57	——	1201,82
									Tierra no afectada	——	——	——
									Tierra afectada	157,01	——	1475,31

Apoyo nº	Referencia del apoyo	Árbol de cargas del apoyo							Utilización del apoyo (%)	Separación fases normalizada (m)	Altura de referencia (m)	Altura libre real (m)
		Hipótesis	Coeficiente seguridad apoyo	Coeficiente seguridad apoyo real	Esfuerzo							
					Conductor	V (daN)	T (daN)	L (daN)				
5	Andel 132kV S202 DC50	1ª	1,500	2,170	Fase	1150	1115	——	55,362	5,0	35	33,46
					Tierra	1050	770	——				
		2ª	1,500	——	Fase	——	——	——	——			
					Tierra	——	——	——				
		3ª	1,200	2,111	Fase	1150	——	1570	24,084			
					Tierra	1050	——	1400				
		4ª	1,200	1,920	Fases no afectadas	1150	——	——	40,035			
					Fases afectadas	1150	——	3583				
					Tierra no afectada	——	——	——				
					Tierra afectada	1050	——	3104				

Apoyo nº	Tipo	Valor ángulo (º)	Coeficiente seguridad	Zona	Altura libre (m)	Separación conductores (m)	Montaje	Esfuerzo por fase y tierra				
								Hipótesis	Conductor	Esfuerzo		
										V (daN)	T (daN)	L (daN)
6	Ali-Sus	——	N	A	30	4,017	Doble circuito	1ª	Fase	379,06	504,23	——
									Tierra	332,55	466,86	——
								2ª	Fase	——	——	——
									Tierra	——	——	——
								3ª	Fase	379,06	——	360,55
									Tierra	332,55	——	442,59
								4ª	Fases no afectadas	379,06	——	——
									Fases afectadas	189,53	——	1201,82
									Tierra no afectada	——	——	——
									Tierra afectada	166,27	——	1475,31

Apoyo nº	Referencia del apoyo	Árbol de cargas del apoyo							Utilización del apoyo (%)	Separación fases normalizada (m)	Altura de referencia (m)	Altura libre real (m)
		Hipótesis	Coeficiente seguridad apoyo	Coeficiente seguridad apoyo real	Esfuerzo							
					Conductor	V (daN)	T (daN)	L (daN)				
6	Andel 132kV S202 DC50	1ª	1,500	2,298	Fase	1150	1115	——	46,813	5,0	35	33,46
					Tierra	1050	770	——				
		2ª	1,500	——	Fase	——	——	——	——			
					Tierra	——	——	——				
		3ª	1,200	2,111	Fase	1150	——	1570	24,084			
					Tierra	1050	——	1400				
		4ª	1,200	1,920	Fases no afectadas	1150	——	——	40,035			
					Fases afectadas	1150	——	3583				
					Tierra no afectada	——	——	——				
					Tierra afectada	1050	——	3104				

Apoyo nº	Tipo	Valor ángulo (º)	Coeficiente seguridad	Zona	Altura libre (m)	Separación conductores (m)	Montaje	Esfuerzo por fase y tierra				
								Hipótesis	Conductor	Esfuerzo		
										V (daN)	T (daN)	L (daN)
7	Áng-Anc	143,93	R	A	20	2,689	Doble circuito	1ª	Fase	420,17	2061,56	——
									Tierra	60,54	1987,44	——
								2ª	Fase	——	——	——
									Tierra	——	——	——
								3ª	Fase	420,17	1424,53	1201,82
									Tierra	60,54	1755,85	1475,31
								4ª	Fases no afectadas	420,17	1424,53	——
									Fases afectadas	210,09	712,26	2285,53
									Tierra no afectada	60,54	1755,85	——
									Tierra afectada	30,27	877,93	2805,64

Apoyo nº	Referencia del apoyo	Árbol de cargas del apoyo							Utilización del apoyo (%)	Separación fases normalizada (m)	Altura de referencia (m)	Altura libre real (m)
		Hipótesis	Coeficiente seguridad apoyo	Coeficiente seguridad apoyo real	Esfuerzo							
					Conductor	V (daN)	T (daN)	L (daN)				
7	Andel 132kV S309 DC30	1ª	1,875	2,521	Fase	2240	3936	——	65,560	3,0	21	21,00
					Tierra	1680	2240	——				
		2ª	1,875	——	Fase	——	——	——	——			
					Tierra	——	——	——				
		3ª	1,200	1,708	Fase	2800	4060	2400	57,653			
					Tierra	2100	2200	1500				
		4ª	1,200	1,859	Fases no afectadas	2800	4060	——	45,089			
					Fases afectadas	2800	2030	7035				
					Tierra no afectada	2800	4060	——				
					Tierra afectada	2100	1100	3190				

Apoyo nº	Tipo	Valor ángulo (º)	Coeficiente seguridad	Zona	Altura libre (m)	Separación conductores (m)	Montaje	Esfuerzo por fase y tierra				
								Hipótesis	Conductor	Esfuerzo		
										V (daN)	T (daN)	L (daN)
8	Áng-Anc	142,67	R	A	17	2,965	Doble circuito	1ª	Fase	461,94	2131,34	——
									Tierra	106,50	2068,15	——
								2ª	Fase	——	——	——
									Tierra	——	——	——
								3ª	Fase	461,94	1467,50	1204,73
									Tierra	106,50	1809,77	1480,59
								4ª	Fases no afectadas	461,94	1467,50	——
									Fases afectadas	230,97	733,75	2282,71
									Tierra no afectada	106,50	1809,77	——
									Tierra afectada	53,25	904,88	2805,40

Apoyo nº	Tipo	Valor ángulo (º)	Coeficiente seguridad	Zona	Altura libre (m)	Separación conductores (m)	Montaje	Esfuerzo por fase y tierra				
								Hipótesis	Conductor	Esfuerzo		
										V (daN)	T (daN)	L (daN)
9	Ali-Sus	——	R	A	19	3,538	Doble circuito	1ª	Fase	394,02	632,31	——
									Tierra	203,77	440,66	——
								2ª	Fase	——	——	——
									Tierra	——	——	——
								3ª	Fase	394,02	——	361,42
									Tierra	203,77	——	444,18
								4ª	Fases no afectadas	394,02	——	——
									Fases afectadas	197,01	——	1204,73
									Tierra no afectada	——	——	——
									Tierra afectada	101,88	——	1480,59

Apoyo nº	Referencia del apoyo	Árbol de cargas del apoyo							Utilización del apoyo (%)	Separación fases normalizada (m)	Altura de referencia (m)	Altura libre real (m)
		Hipótesis	Coeficiente seguridad apoyo	Coeficiente seguridad apoyo real	Esfuerzo							
					Conductor	V (daN)	T (daN)	L (daN)				
9	Andel 132kV S202 DC40	1ª	1,875	2,523	Fase	920	1024	——	65,425	4,0	21	19,03
					Tierra	840	616	——				
		2ª	1,875	——	Fase	——	——	——	——			
					Tierra	——	——	——				
		3ª	1,200	2,101	Fase	1150	——	1830	24,941			
					Tierra	1050	——	1400				
		4ª	1,200	1,928	Fases no afectadas	1150	——	——	39,299			
					Fases afectadas	1150	——	3583				
					Tierra no afectada	——	——	——				
					Tierra afectada	1050	——	3250				

Apoyo nº	Tipo	Valor ángulo (º)	Coeficiente seguridad	Zona	Altura libre (m)	Separación conductores (m)	Montaje	Esfuerzo por fase y tierra				
								Hipótesis	Conductor	Esfuerzo		
										V (daN)	T (daN)	L (daN)
10	Ali-Sus	——	R	A	29	3,921	Doble circuito	1ª	Fase	483,70	716,27	——
									Tierra	296,63	524,62	——
								2ª	Fase	——	——	——
									Tierra	——	——	——
								3ª	Fase	483,70	——	361,42
									Tierra	296,63	——	444,18
								4ª	Fases no afectadas	483,70	——	——
									Fases afectadas	241,85	——	1204,73
									Tierra no afectada	——	——	——
									Tierra afectada	148,31	——	1480,59

Apoyo nº	Referencia del apoyo	Árbol de cargas del apoyo							Utilización del apoyo (%)	Separación fases normalizada (m)	Altura de referencia (m)	Altura libre real (m)
		Hipótesis	Coeficiente seguridad apoyo	Coeficiente seguridad apoyo real	Esfuerzo							
					Conductor	V (daN)	T (daN)	L (daN)				
10	Andel 132kV S202 DC50	1ª	1,875	2,331	Fase	920	1024	——	75,664	5,0	31	29,03
					Tierra	840	616	——				
		2ª	1,875	——	Fase	——	——	——	——			
					Tierra	——	——	——				
		3ª	1,200	2,101	Fase	1150	——	1830	24,941			
					Tierra	1050	——	1400				
		4ª	1,200	1,928	Fases no afectadas	1150	——	——	39,299			
					Fases afectadas	1150	——	3583				
					Tierra no afectada	——	——	——				
					Tierra afectada	1050	——	3250				

Apoyo nº	Tipo	Valor ángulo (º)	Coeficiente seguridad	Zona	Altura libre (m)	Separación conductores (m)	Montaje	Esfuerzo por fase y tierra				
								Hipótesis	Conductor	Esfuerzo		
										V (daN)	T (daN)	L (daN)
11	Ali-Sus	——	R	A	29	3,921	Doble circuito	1ª	Fase	483,58	746,64	——
									Tierra	292,57	554,99	——
								2ª	Fase	——	——	——
									Tierra	——	——	——
								3ª	Fase	483,58	——	361,42
									Tierra	292,57	——	444,18
								4ª	Fases no afectadas	483,58	——	——
									Fases afectadas	241,79	——	1204,73
									Tierra no afectada	——	——	——
									Tierra afectada	146,29	——	1480,59

Apoyo nº	Referencia del apoyo	Árbol de cargas del apoyo							Utilización del apoyo (%)	Separación fases normalizada (m)	Altura de referencia (m)	Altura libre real (m)
		Hipótesis	Coeficiente seguridad apoyo	Coeficiente seguridad apoyo real	Esfuerzo							
					Conductor	V (daN)	T (daN)	L (daN)				
11	Andel 132kV S202 DC50	1ª	1,875	2,262	Fase	920	1024	——	79,368	5,0	31	29,03
					Tierra	840	616	——				
		2ª	1,875	——	Fase	——	——	——	——			
					Tierra	——	——	——				
		3ª	1,200	2,101	Fase	1150	——	1830	24,941			
					Tierra	1050	——	1400				
		4ª	1,200	1,928	Fases no afectadas	1150	——	——	39,299			
					Fases afectadas	1150	——	3583				
					Tierra no afectada	——	——	——				
					Tierra afectada	1050	——	3250				

Apoyo nº	Tipo	Valor ángulo (º)	Coeficiente seguridad	Zona	Altura libre (m)	Separación conductores (m)	Montaje	Esfuerzo por fase y tierra				
								Hipótesis	Conductor	Esfuerzo		
										V (daN)	T (daN)	L (daN)
12	Ali-Sus	——	R	A	27	3,812	Doble circuito	1ª	Fase	459,95	731,75	——
									Tierra	267,17	540,11	——
								2ª	Fase	——	——	——
									Tierra	——	——	——
								3ª	Fase	459,95	——	361,42
									Tierra	267,17	——	444,18
								4ª	Fases no afectadas	459,95	——	——
									Fases afectadas	229,97	——	1204,73
									Tierra no afectada	——	——	——
									Tierra afectada	133,59	——	1480,59

Apoyo nº	Referencia del apoyo	Árbol de cargas del apoyo							Utilización del apoyo (%)	Separación fases normalizada (m)	Altura de referencia (m)	Altura libre real (m)
		Hipótesis	Coeficiente seguridad apoyo	Coeficiente seguridad apoyo real	Esfuerzo							
					Conductor	V (daN)	T (daN)	L (daN)				
12	Andel 132kV S202 DC40	1ª	1,875	2,296	Fase	920	1024	——	77,552	4,0	31	29,03
					Tierra	840	616	——				
		2ª	1,875	——	Fase	——	——	——	——			
					Tierra	——	——	——				
		3ª	1,200	2,101	Fase	1150	——	1830	24,941			
					Tierra	1050	——	1400				
		4ª	1,200	1,928	Fases no afectadas	1150	——	——	39,299			
					Fases afectadas	1150	——	3583				
					Tierra no afectada	——	——	——				
					Tierra afectada	1050	——	3250				

Apoyo nº	Tipo	Valor ángulo (º)	Coeficiente seguridad	Zona	Altura libre (m)	Separación conductores (m)	Montaje	Esfuerzo por fase y tierra				
								Hipótesis	Conductor	Esfuerzo		
										V (daN)	T (daN)	L (daN)
13	Ali-Sus	——	N	A	27	3,855	Doble circuito	1ª	Fase	346,67	585,81	——
									Tierra	284,69	548,44	——
								2ª	Fase	——	——	——
									Tierra	——	——	——
								3ª	Fase	346,67	——	361,42
									Tierra	284,69	——	444,18
								4ª	Fases no afectadas	346,67	——	——
									Fases afectadas	173,33	——	1204,73
									Tierra no afectada	——	——	——
									Tierra afectada	142,34	——	1480,59

Apoyo nº	Referencia del apoyo	Árbol de cargas del apoyo							Utilización del apoyo (%)	Separación fases normalizada (m)	Altura de referencia (m)	Altura libre real (m)
		Hipótesis	Coeficiente seguridad apoyo	Coeficiente seguridad apoyo real	Esfuerzo							
					Conductor	V (daN)	T (daN)	L (daN)				
13	Andel 132kV S103 DC40	1ª	1,500	1,676	Fase	1250	725	——	88,269	4,0	31	29,46
					Tierra	1100	560	——				
		2ª	1,500	——	Fase	——	——	——	——			
					Tierra	——	——	——				
		3ª	1,200	2,001	Fase	1250	——	1025	33,220			
					Tierra	1100	——	1400				
		4ª	1,200	1,755	Fases no afectadas	1250	——	——	53,760			
					Fases afectadas	1250	——	1785				
					Tierra no afectada	——	——	——				
					Tierra afectada	1100	——	3210				

Apoyo nº	Tipo	Valor ángulo (º)	Coeficiente seguridad	Zona	Altura libre (m)	Separación conductores (m)	Montaje	Esfuerzo por fase y tierra				
								Hipótesis	Conductor	Esfuerzo		
										V (daN)	T (daN)	L (daN)
14	Ali-Sus	——	R	A	28	3,888	Doble circuito	1ª	Fase	359,90	697,21	——
									Tierra	155,95	505,57	——
								2ª	Fase	——	——	——
									Tierra	——	——	——
								3ª	Fase	359,90	——	361,42
									Tierra	155,95	——	444,18
								4ª	Fases no afectadas	359,90	——	——
									Fases afectadas	179,95	——	1204,73
									Tierra no afectada	——	——	——
									Tierra afectada	77,98	——	1480,59

Apoyo nº	Referencia del apoyo	Árbol de cargas del apoyo							Utilización del apoyo (%)	Separación fases normalizada (m)	Altura de referencia (m)	Altura libre real (m)
		Hipótesis	Coeficiente seguridad apoyo	Coeficiente seguridad apoyo real	Esfuerzo							
					Conductor	V (daN)	T (daN)	L (daN)				
14	Andel 132kV S202 DC40	1ª	1,875	2,375	Fase	920	1024	——	73,340	4,0	31	29,03
					Tierra	840	616	——				
		2ª	1,875	——	Fase	——	——	——	——			
					Tierra	——	——	——				
		3ª	1,200	2,101	Fase	1150	——	1830	24,941			
					Tierra	1050	——	1400				
		4ª	1,200	1,928	Fases no afectadas	1150	——	——	39,299			
					Fases afectadas	1150	——	3583				
					Tierra no afectada	——	——	——				
					Tierra afectada	1050	——	3250				

Apoyo nº	Tipo	Valor ángulo (º)	Coeficiente seguridad	Zona	Altura libre (m)	Separación conductores (m)	Montaje	Esfuerzo por fase y tierra				
								Hipótesis	Conductor	Esfuerzo		
										V (daN)	T (daN)	L (daN)
15	Ali-Sus	——	R	A	30	4,331	Doble circuito	1ª	Fase	510,85	745,45	——
									Tierra	324,26	553,80	——
								2ª	Fase	——	——	——
									Tierra	——	——	——
								3ª	Fase	510,85	——	361,42
									Tierra	324,26	——	444,18
								4ª	Fases no afectadas	510,85	——	——
									Fases afectadas	255,42	——	1204,73
									Tierra no afectada	——	——	——
									Tierra afectada	162,13	——	1480,59

Apoyo nº	Referencia del apoyo	Árbol de cargas del apoyo							Utilización del apoyo (%)	Separación fases normalizada (m)	Altura de referencia (m)	Altura libre real (m)
		Hipótesis	Coeficiente seguridad apoyo	Coeficiente seguridad apoyo real	Esfuerzo							
					Conductor	V (daN)	T (daN)	L (daN)				
15	Andel 132kV S202 DC50	1ª	1,875	2,135	Fase	920	892	——	86,157	5,0	35	33,03
					Tierra	840	616	——				
		2ª	1,875	——	Fase	——	——	——	——			
					Tierra	——	——	——				
		3ª	1,200	2,075	Fase	1150	——	1570	27,124			
					Tierra	1050	——	1400				
		4ª	1,200	1,918	Fases no afectadas	1150	——	——	40,157			
					Fases afectadas	1150	——	3583				
					Tierra no afectada	——	——	——				
					Tierra afectada	1050	——	3104				

Apoyo nº	Tipo	Valor ángulo (º)	Coeficiente seguridad	Zona	Altura libre (m)	Separación conductores (m)	Montaje	Esfuerzo por fase y tierra				
								Hipótesis	Conductor	Esfuerzo		
										V (daN)	T (daN)	L (daN)
16	Ali-Sus	——	N	A	30	4,303	Doble circuito	1ª	Fase	449,73	556,04	——
									Tierra	407,68	518,67	——
								2ª	Fase	——	——	——
									Tierra	——	——	——
								3ª	Fase	449,73	——	361,42
									Tierra	407,68	——	444,18
								4ª	Fases no afectadas	449,73	——	——
									Fases afectadas	224,86	——	1204,73
									Tierra no afectada	——	——	——
									Tierra afectada	203,84	——	1480,59

Apoyo nº	Referencia del apoyo	Árbol de cargas del apoyo							Utilización del apoyo (%)	Separación fases normalizada (m)	Altura de referencia (m)	Altura libre real (m)
		Hipótesis	Coeficiente seguridad apoyo	Coeficiente seguridad apoyo real	Esfuerzo							
					Conductor	V (daN)	T (daN)	L (daN)				
16	Andel 132kV S202 DC50	1ª	1,500	2,145	Fase	1150	1115	——	57,013	5,0	35	33,46
					Tierra	1050	770	——				
		2ª	1,500	——	Fase	——	——	——	——			
					Tierra	——	——	——				
		3ª	1,200	2,075	Fase	1150	——	1570	27,124			
					Tierra	1050	——	1400				
		4ª	1,200	1,918	Fases no afectadas	1150	——	——	40,157			
					Fases afectadas	1150	——	3583				
					Tierra no afectada	——	——	——				
					Tierra afectada	1050	——	3104				

Apoyo nº	Tipo	Valor ángulo (º)	Coeficiente seguridad	Zona	Altura libre (m)	Separación conductores (m)	Montaje	Esfuerzo por fase y tierra				
								Hipótesis	Conductor	Esfuerzo		
										V (daN)	T (daN)	L (daN)
17	Ali-Ama	——	R	A	30	4,374	Doble circuito	1ª	Fase	514,22	953,89	——
									Tierra	130,00	548,44	——
								2ª	Fase	——	——	——
									Tierra	——	——	——
								3ª	Fase	514,22	——	621,83
									Tierra	130,00	——	770,82
								4ª	Fases no afectadas	514,22	——	——
									Fases afectadas	257,11	——	2487,33
									Tierra no afectada	——	——	——
									Tierra afectada	65,00	——	3083,29

Apoyo nº	Referencia del apoyo	Árbol de cargas del apoyo							Utilización del apoyo (%)	Separación fases normalizada (m)	Altura de referencia (m)	Altura libre real (m)
		Hipótesis	Coeficiente seguridad apoyo	Coeficiente seguridad apoyo real	Esfuerzo							
					Conductor	V (daN)	T (daN)	L (daN)				
17	Andel 132kV S205 DC50	1ª	1,875	2,495	Fase	2880	1364	——	66,949	5,0	31	31,00
					Tierra	1720	880	——				
		2ª	1,875	——	Fase	——	——	——	——			
					Tierra	——	——	——				
		3ª	1,200	1,984	Fase	3600	——	2615	34,686			
					Tierra	2150	——	1400				
		4ª	1,200	1,592	Fases no afectadas	2150	——	——	67,359			
					Fases afectadas	2150	——	3562				
					Tierra no afectada	——	——	——				
					Tierra afectada	2150	——	4708				

Apoyo nº	Tipo	Valor ángulo (º)	Coeficiente seguridad	Zona	Altura libre (m)	Separación conductores (m)	Montaje	Esfuerzo por fase y tierra				
								Hipótesis	Conductor	Esfuerzo		
										V (daN)	T (daN)	L (daN)
18	Ali-Ama	——	R	A	30	4,374	Doble circuito	1ª	Fase	576,05	934,84	——
									Tierra	203,24	529,39	——
								2ª	Fase	——	——	——
									Tierra	——	——	——
								3ª	Fase	576,05	——	621,83
									Tierra	203,24	——	773,45
								4ª	Fases no afectadas	576,05	——	——
									Fases afectadas	288,02	——	2487,33
									Tierra no afectada	——	——	——
									Tierra afectada	101,62	——	3093,81

Apoyo nº	Referencia del apoyo	Árbol de cargas del apoyo							Utilización del apoyo (%)	Separación fases normalizada (m)	Altura de referencia (m)	Altura libre real (m)
		Hipótesis	Coeficiente seguridad apoyo	Coeficiente seguridad apoyo real	Esfuerzo							
					Conductor	V (daN)	T (daN)	L (daN)				
18	Andel 132kV S205 DC50	1ª	1,875	2,527	Fase	2880	1364	——	65,251	5,0	31	31,00
					Tierra	1720	880	——				
		2ª	1,875	——	Fase	——	——	——	——			
					Tierra	——	——	——				
		3ª	1,200	1,983	Fase	3600	——	2615	34,752			
					Tierra	2150	——	1400				
		4ª	1,200	1,590	Fases no afectadas	2150	——	——	67,487			
					Fases afectadas	2150	——	3562				
					Tierra no afectada	——	——	——				
					Tierra afectada	2150	——	4708				

Apoyo nº	Tipo	Valor ángulo (º)	Coeficiente seguridad	Zona	Altura libre (m)	Separación conductores (m)	Montaje	Esfuerzo por fase y tierra				
								Hipótesis	Conductor	Esfuerzo		
										V (daN)	T (daN)	L (daN)
19	Ali-Sus	——	N	A	29	3,828	Doble circuito	1ª	Fase	449,54	494,70	——
									Tierra	417,88	457,33	——
								2ª	Fase	——	——	——
									Tierra	——	——	——
								3ª	Fase	449,54	——	372,39
									Tierra	417,88	——	464,07
								4ª	Fases no afectadas	449,54	——	——
									Fases afectadas	224,77	——	1241,31
									Tierra no afectada	——	——	——
									Tierra afectada	208,94	——	1546,90

Apoyo nº	Referencia del apoyo	Árbol de cargas del apoyo							Utilización del apoyo (%)	Separación fases normalizada (m)	Altura de referencia (m)	Altura libre real (m)
		Hipótesis	Coeficiente seguridad apoyo	Coeficiente seguridad apoyo real	Esfuerzo							
					Conductor	V (daN)	T (daN)	L (daN)				
19	Andel 132kV S103 DC40	1ª	1,500	1,889	Fase	1250	725	——	74,088	4,0	31	29,46
					Tierra	1100	560	——				
		2ª	1,500	——	Fase	——	——	——	——			
					Tierra	——	——	——				
		3ª	1,200	1,986	Fase	1250	——	1025	34,493			
					Tierra	1100	——	1400				
		4ª	1,200	1,730	Fases no afectadas	1250	——	——	55,820			
					Fases afectadas	1250	——	1785				
					Tierra no afectada	——	——	——				
					Tierra afectada	1100	——	3210				

Apoyo nº	Tipo	Valor ángulo (º)	Coeficiente seguridad	Zona	Altura libre (m)	Separación conductores (m)	Montaje	Esfuerzo por fase y tierra				
								Hipótesis	Conductor	Esfuerzo		
										V (daN)	T (daN)	L (daN)
20	Ali-Sus	——	N	A	27	5,155	Doble circuito	1ª	Fase	414,27	755,52	——
									Tierra	340,59	718,16	——
								2ª	Fase	——	——	——
									Tierra	——	——	——
								3ª	Fase	414,27	——	372,39
									Tierra	340,59	——	464,07
								4ª	Fases no afectadas	414,27	——	——
									Fases afectadas	207,13	——	1241,31
									Tierra no afectada	——	——	——
									Tierra afectada	170,29	——	1546,90

Apoyo nº	Referencia del apoyo	Árbol de cargas del apoyo							Utilización del apoyo (%)	Separación fases normalizada (m)	Altura de referencia (m)	Altura libre real (m)
		Hipótesis	Coeficiente seguridad apoyo	Coeficiente seguridad apoyo real	Esfuerzo							
					Conductor	V (daN)	T (daN)	L (daN)				
20	Andel 132kV S202 DC55	1ª	1,500	1,827	Fase	1150	1115	——	78,179	5,5	31	29,46
					Tierra	1050	770	——				
		2ª	1,500	——	Fase	——	——	——	——			
					Tierra	——	——	——				
		3ª	1,200	2,062	Fase	1150	——	1570	28,164			
					Tierra	1050	——	1400				
		4ª	1,200	1,900	Fases no afectadas	1150	——	——	41,696			
					Fases afectadas	1150	——	3583				
					Tierra no afectada	——	——	——				
					Tierra afectada	1050	——	3104				

Apoyo nº	Tipo	Valor ángulo (º)	Coeficiente seguridad	Zona	Altura libre (m)	Separación conductores (m)	Montaje	Esfuerzo por fase y tierra				
								Hipótesis	Conductor	Esfuerzo		
										V (daN)	T (daN)	L (daN)
21	Ali-Ama	——	N	A	25	5,075	Doble circuito	1ª	Fase	347,27	761,84	——
									Tierra	218,89	678,26	——
								2ª	Fase	——	——	——
									Tierra	——	——	——
								3ª	Fase	347,27	——	620,65
									Tierra	218,89	——	773,45
								4ª	Fases no afectadas	347,27	——	——
									Fases afectadas	173,63	——	2482,61
									Tierra no afectada	——	——	——
									Tierra afectada	109,45	——	3093,81

Apoyo nº	Referencia del apoyo	Árbol de cargas del apoyo							Utilización del apoyo (%)	Separación fases normalizada (m)	Altura de referencia (m)	Altura libre real (m)
		Hipótesis	Coeficiente seguridad apoyo	Coeficiente seguridad apoyo real	Esfuerzo							
					Conductor	V (daN)	T (daN)	L (daN)				
21	Andel 132kV S202 DC55	1ª	1,500	1,854	Fase	1150	1115	——	76,398	5,5	27	27,00
					Tierra	1050	770	——				
		2ª	1,500	——	Fase	——	——	——	——			
					Tierra	——	——	——				
		3ª	1,200	1,837	Fase	1150	——	1570	46,940			
					Tierra	1050	——	1400				
		4ª	1,200	1,399	Fases no afectadas	1150	——	——	83,392			
					Fases afectadas	1150	——	3583				
					Tierra no afectada	——	——	——				
					Tierra afectada	1050	——	3104				

Apoyo nº	Tipo	Valor ángulo (º)	Coeficiente seguridad	Zona	Altura libre (m)	Separación conductores (m)	Montaje	Esfuerzo por fase y tierra				
								Hipótesis	Conductor	Esfuerzo		
										V (daN)	T (daN)	L (daN)
22	Ali-Sus	——	N	A	30	4,371	Doble circuito	1ª	Fase	515,11	628,09	——
									Tierra	475,91	590,72	——
								2ª	Fase	——	——	——
									Tierra	——	——	——
								3ª	Fase	515,11	——	370,90
									Tierra	475,91	——	460,99
								4ª	Fases no afectadas	515,11	——	——
									Fases afectadas	257,55	——	1236,33
									Tierra no afectada	——	——	——
									Tierra afectada	237,96	——	1536,64

Apoyo nº	Referencia del apoyo	Árbol de cargas del apoyo							Utilización del apoyo (%)	Separación fases normalizada (m)	Altura de referencia (m)	Altura libre real (m)
		Hipótesis	Coeficiente seguridad apoyo	Coeficiente seguridad apoyo real	Esfuerzo							
					Conductor	V (daN)	T (daN)	L (daN)				
22	Andel 132kV S202 DC50	1ª	1,500	2,030	Fase	1150	1115	——	64,658	5,0	35	33,46
					Tierra	1050	770	——				
		2ª	1,500	——	Fase	——	——	——	——			
					Tierra	——	——	——				
		3ª	1,200	2,064	Fase	1150	——	1570	28,010			
					Tierra	1050	——	1400				
		4ª	1,200	1,902	Fases no afectadas	1150	——	——	41,468			
					Fases afectadas	1150	——	3583				
					Tierra no afectada	——	——	——				
					Tierra afectada	1050	——	3104				

Apoyo nº	Tipo	Valor ángulo (º)	Coeficiente seguridad	Zona	Altura libre (m)	Separación conductores (m)	Montaje	Esfuerzo por fase y tierra				
								Hipótesis	Conductor	Esfuerzo		
										V (daN)	T (daN)	L (daN)
23	Ali-Sus	——	R	A	30	4,684	Doble circuito	1ª	Fase	559,21	912,78	——
									Tierra	358,47	721,13	——
								2ª	Fase	——	——	——
									Tierra	——	——	——
								3ª	Fase	559,21	——	370,90
									Tierra	358,47	——	460,99
								4ª	Fases no afectadas	559,21	——	——
									Fases afectadas	279,60	——	1236,33
									Tierra no afectada	——	——	——
									Tierra afectada	179,24	——	1536,64

Apoyo nº	Referencia del apoyo	Árbol de cargas del apoyo							Utilización del apoyo (%)	Separación fases normalizada (m)	Altura de referencia (m)	Altura libre real (m)
		Hipótesis	Coeficiente seguridad apoyo	Coeficiente seguridad apoyo real	Esfuerzo							
					Conductor	V (daN)	T (daN)	L (daN)				
23	Andel 132kV S204 DC50	1ª	1,875	2,329	Fase	1560	1276	——	75,784	5,0	35	33,03
					Tierra	1440	880	——				
		2ª	1,875	——	Fase	——	——	——	——			
					Tierra	——	——	——				
		3ª	1,200	2,130	Fase	1950	——	2300	22,484			
					Tierra	1800	——	1400				
		4ª	1,200	2,012	Fases no afectadas	1950	——	——	32,308			
					Fases afectadas	1950	——	4750				
					Tierra no afectada	——	——	——				
					Tierra afectada	1800	——	3833				

Apoyo nº	Tipo	Valor ángulo (º)	Coeficiente seguridad	Zona	Altura libre (m)	Separación conductores (m)	Montaje	Esfuerzo por fase y tierra				
								Hipótesis	Conductor	Esfuerzo		
										V (daN)	T (daN)	L (daN)
24	Ali-Sus	——	R	A	30	4,754	Doble circuito	1ª	Fase	557,59	952,08	——
									Tierra	351,23	760,44	——
								2ª	Fase	——	——	——
									Tierra	——	——	——
								3ª	Fase	557,59	——	370,90
									Tierra	351,23	——	460,99
								4ª	Fases no afectadas	557,59	——	——
									Fases afectadas	278,79	——	1236,33
									Tierra no afectada	——	——	——
									Tierra afectada	175,61	——	1536,64

Apoyo nº	Referencia del apoyo	Árbol de cargas del apoyo							Utilización del apoyo (%)	Separación fases normalizada (m)	Altura de referencia (m)	Altura libre real (m)
		Hipótesis	Coeficiente seguridad apoyo	Coeficiente seguridad apoyo real	Esfuerzo							
					Conductor	V (daN)	T (daN)	L (daN)				
24	Andel 132kV S204 DC50	1ª	1,875	2,261	Fase	1560	1276	——	79,430	5,0	35	33,03
					Tierra	1440	880	——				
		2ª	1,875	——	Fase	——	——	——	——			
					Tierra	——	——	——				
		3ª	1,200	2,130	Fase	1950	——	2300	22,484			
					Tierra	1800	——	1400				
		4ª	1,200	2,012	Fases no afectadas	1950	——	——	32,308			
					Fases afectadas	1950	——	4750				
					Tierra no afectada	——	——	——				
					Tierra afectada	1800	——	3833				

Apoyo nº	Tipo	Valor ángulo (º)	Coeficiente seguridad	Zona	Altura libre (m)	Separación conductores (m)	Montaje	Esfuerzo por fase y tierra				
								Hipótesis	Conductor	Esfuerzo		
										V (daN)	T (daN)	L (daN)
25	Ali-Sus	——	N	A	30	4,729	Doble circuito	1ª	Fase	352,09	676,32	——
									Tierra	278,74	638,96	——
								2ª	Fase	——	——	——
									Tierra	——	——	——
								3ª	Fase	352,09	——	370,90
									Tierra	278,74	——	460,99
								4ª	Fases no afectadas	352,09	——	——
									Fases afectadas	176,04	——	1236,33
									Tierra no afectada	——	——	——
									Tierra afectada	139,37	——	1536,64

Apoyo nº	Referencia del apoyo	Árbol de cargas del apoyo							Utilización del apoyo (%)	Separación fases normalizada (m)	Altura de referencia (m)	Altura libre real (m)
		Hipótesis	Coeficiente seguridad apoyo	Coeficiente seguridad apoyo real	Esfuerzo							
					Conductor	V (daN)	T (daN)	L (daN)				
25	Andel 132kV S202 DC50	1ª	1,500	1,953	Fase	1150	1115	——	69,776	5,0	35	33,46
					Tierra	1050	770	——				
		2ª	1,500	——	Fase	——	——	——	——			
					Tierra	——	——	——				
		3ª	1,200	2,064	Fase	1150	——	1570	28,010			
					Tierra	1050	——	1400				
		4ª	1,200	1,902	Fases no afectadas	1150	——	——	41,468			
					Fases afectadas	1150	——	3583				
					Tierra no afectada	——	——	——				
					Tierra afectada	1050	——	3104				

Apoyo nº	Tipo	Valor ángulo (º)	Coeficiente seguridad	Zona	Altura libre (m)	Separación conductores (m)	Montaje	Esfuerzo por fase y tierra				
								Hipótesis	Conductor	Esfuerzo		
										V (daN)	T (daN)	L (daN)
26	Ali-Sus	——	N	A	30	4,686	Doble circuito	1ª	Fase	358,86	671,56	——
									Tierra	287,31	634,19	——
								2ª	Fase	——	——	——
									Tierra	——	——	——
								3ª	Fase	358,86	——	370,90
									Tierra	287,31	——	460,99
								4ª	Fases no afectadas	358,86	——	——
									Fases afectadas	179,43	——	1236,33
									Tierra no afectada	——	——	——
									Tierra afectada	143,65	——	1536,64

Apoyo nº	Referencia del apoyo	Árbol de cargas del apoyo							Utilización del apoyo (%)	Separación fases normalizada (m)	Altura de referencia (m)	Altura libre real (m)
		Hipótesis	Coeficiente seguridad apoyo	Coeficiente seguridad apoyo real	Esfuerzo							
					Conductor	V (daN)	T (daN)	L (daN)				
26	Andel 132kV S202 DC50	1ª	1,500	1,961	Fase	1150	1115	——	69,271	5,0	35	33,46
					Tierra	1050	770	——				
		2ª	1,500	——	Fase	——	——	——	——			
					Tierra	——	——	——				
		3ª	1,200	2,064	Fase	1150	——	1570	28,010			
					Tierra	1050	——	1400				
		4ª	1,200	1,902	Fases no afectadas	1150	——	——	41,468			
					Fases afectadas	1150	——	3583				
					Tierra no afectada	——	——	——				
					Tierra afectada	1050	——	3104				

Apoyo nº	Tipo	Valor ángulo (º)	Coeficiente seguridad	Zona	Altura libre (m)	Separación conductores (m)	Montaje	Esfuerzo por fase y tierra				
								Hipótesis	Conductor	Esfuerzo		
										V (daN)	T (daN)	L (daN)
27	Ali-Sus	——	N	A	30	4,686	Doble circuito	1ª	Fase	386,77	719,79	——
									Tierra	313,37	682,43	——
								2ª	Fase	——	——	——
									Tierra	——	——	——
								3ª	Fase	386,77	——	370,90
									Tierra	313,37	——	460,99
								4ª	Fases no afectadas	386,77	——	——
									Fases afectadas	193,38	——	1236,33
									Tierra no afectada	——	——	——
									Tierra afectada	156,68	——	1536,64

Apoyo nº	Referencia del apoyo	Árbol de cargas del apoyo							Utilización del apoyo (%)	Separación fases normalizada (m)	Altura de referencia (m)	Altura libre real (m)
		Hipótesis	Coeficiente seguridad apoyo	Coeficiente seguridad apoyo real	Esfuerzo							
					Conductor	V (daN)	T (daN)	L (daN)				
27	Andel 132kV S202 DC50	1ª	1,500	1,884	Fase	1150	1115	——	74,388	5,0	35	33,46
					Tierra	1050	770	——				
		2ª	1,500	——	Fase	——	——	——	——			
					Tierra	——	——	——				
		3ª	1,200	2,064	Fase	1150	——	1570	28,010			
					Tierra	1050	——	1400				
		4ª	1,200	1,902	Fases no afectadas	1150	——	——	41,468			
					Fases afectadas	1150	——	3583				
					Tierra no afectada	——	——	——				
					Tierra afectada	1050	——	3104				

Apoyo nº	Tipo	Valor ángulo (º)	Coeficiente seguridad	Zona	Altura libre (m)	Separación conductores (m)	Montaje	Esfuerzo por fase y tierra				
								Hipótesis	Conductor	Esfuerzo		
										V (daN)	T (daN)	L (daN)
28	Ali-Sus	——	N	A	30	3,994	Doble circuito	1ª	Fase	565,95	604,27	——
									Tierra	538,60	566,90	——
								2ª	Fase	——	——	——
									Tierra	——	——	——
								3ª	Fase	565,95	——	370,90
									Tierra	538,60	——	460,99
								4ª	Fases no afectadas	565,95	——	——
									Fases afectadas	282,98	——	1236,33
									Tierra no afectada	——	——	——
									Tierra afectada	269,30	——	1536,64

Apoyo nº	Referencia del apoyo	Árbol de cargas del apoyo							Utilización del apoyo (%)	Separación fases normalizada (m)	Altura de referencia (m)	Altura libre real (m)
		Hipótesis	Coeficiente seguridad apoyo	Coeficiente seguridad apoyo real	Esfuerzo							
					Conductor	V (daN)	T (daN)	L (daN)				
28	Andel 132kV S202 DC50	1ª	1,500	2,143	Fase	1150	1280	——	57,130	5,0	35	33,46
					Tierra	1050	770	——				
		2ª	1,500	——	Fase	——	——	——	——			
					Tierra	——	——	——				
		3ª	1,200	2,091	Fase	1150	——	1830	25,755			
					Tierra	1050	——	1400				
		4ª	1,200	1,913	Fases no afectadas	1150	——	——	40,582			
					Fases afectadas	1150	——	3583				
					Tierra no afectada	——	——	——				
					Tierra afectada	1050	——	3250				

Apoyo nº	Tipo	Valor ángulo (º)	Coeficiente seguridad	Zona	Altura libre (m)	Separación conductores (m)	Montaje	Esfuerzo por fase y tierra				
								Hipótesis	Conductor	Esfuerzo		
										V (daN)	T (daN)	L (daN)
29	Ali-Sus	——	N	A	30	4,441	Doble circuito	1ª	Fase	365,73	653,70	——
									Tierra	297,77	616,33	——
								2ª	Fase	——	——	——
									Tierra	——	——	——
								3ª	Fase	365,73	——	370,90
									Tierra	297,77	——	460,99
								4ª	Fases no afectadas	365,73	——	——
									Fases afectadas	182,87	——	1236,33
									Tierra no afectada	——	——	——
									Tierra afectada	148,89	——	1536,64

Apoyo nº	Referencia del apoyo	Árbol de cargas del apoyo							Utilización del apoyo (%)	Separación fases normalizada (m)	Altura de referencia (m)	Altura libre real (m)
		Hipótesis	Coeficiente seguridad apoyo	Coeficiente seguridad apoyo real	Esfuerzo							
					Conductor	V (daN)	T (daN)	L (daN)				
29	Andel 132kV S202 DC50	1ª	1,500	1,989	Fase	1150	1115	——	67,375	5,0	35	33,46
					Tierra	1050	770	——				
		2ª	1,500	——	Fase	——	——	——	——			
					Tierra	——	——	——				
		3ª	1,200	2,064	Fase	1150	——	1570	28,010			
					Tierra	1050	——	1400				
		4ª	1,200	1,902	Fases no afectadas	1150	——	——	41,468			
					Fases afectadas	1150	——	3583				
					Tierra no afectada	——	——	——				
					Tierra afectada	1050	——	3104				

Apoyo nº	Tipo	Valor ángulo (º)	Coeficiente seguridad	Zona	Altura libre (m)	Separación conductores (m)	Montaje	Esfuerzo por fase y tierra				
								Hipótesis	Conductor	Esfuerzo		
										V (daN)	T (daN)	L (daN)
30	Ali-Ama	——	N	A	30	4,344	Doble circuito	1ª	Fase	407,32	772,56	——
									Tierra	287,76	688,98	——
								2ª	Fase	——	——	——
									Tierra	——	——	——
								3ª	Fase	407,32	——	618,33
									Tierra	287,76	——	770,41
								4ª	Fases no afectadas	407,32	——	——
									Fases afectadas	203,66	——	2473,32
									Tierra no afectada	——	——	——
									Tierra afectada	143,88	——	3081,65

Apoyo nº	Referencia del apoyo	Árbol de cargas del apoyo							Utilización del apoyo (%)	Separación fases normalizada (m)	Altura de referencia (m)	Altura libre real (m)
		Hipótesis	Coeficiente seguridad apoyo	Coeficiente seguridad apoyo real	Esfuerzo							
					Conductor	V (daN)	T (daN)	L (daN)				
30	Andel 132kV S202 DC50	1ª	1,500	1,837	Fase	1150	1115	——	77,535	5,0	31	31,00
					Tierra	1050	770	——				
		2ª	1,500	——	Fase	——	——	——	——			
					Tierra	——	——	——				
		3ª	1,200	1,839	Fase	1150	——	1570	46,759			
					Tierra	1050	——	1400				
		4ª	1,200	1,403	Fases no afectadas	1150	——	——	83,071			
					Fases afectadas	1150	——	3583				
					Tierra no afectada	——	——	——				
					Tierra afectada	1050	——	3104				

Apoyo nº	Tipo	Valor ángulo (º)	Coeficiente seguridad	Zona	Altura libre (m)	Separación conductores (m)	Montaje	Esfuerzo por fase y tierra				
								Hipótesis	Conductor	Esfuerzo		
										V (daN)	T (daN)	L (daN)
31	Ali-Ama	——	N	A	30	4,193	Doble circuito	1ª	Fase	398,95	755,29	——
									Tierra	280,23	671,71	——
								2ª	Fase	——	——	——
									Tierra	——	——	——
								3ª	Fase	398,95	——	624,01
									Tierra	280,23	——	773,37
								4ª	Fases no afectadas	398,95	——	——
									Fases afectadas	199,47	——	2496,03
									Tierra no afectada	——	——	——
									Tierra afectada	140,12	——	3093,50

Apoyo nº	Referencia del apoyo	Árbol de cargas del apoyo							Utilización del apoyo (%)	Separación fases normalizada (m)	Altura de referencia (m)	Altura libre real (m)
		Hipótesis	Coeficiente seguridad apoyo	Coeficiente seguridad apoyo real	Esfuerzo							
					Conductor	V (daN)	T (daN)	L (daN)				
31	Andel 132kV S202 DC50	1ª	1,500	1,864	Fase	1150	1115	——	75,703	5,0	31	31,00
					Tierra	1050	770	——				
		2ª	1,500	——	Fase	——	——	——	——			
					Tierra	——	——	——				
		3ª	1,200	1,835	Fase	1150	——	1570	47,050			
					Tierra	1050	——	1400				
		4ª	1,200	1,397	Fases no afectadas	1150	——	——	83,588			
					Fases afectadas	1150	——	3583				
					Tierra no afectada	——	——	——				
					Tierra afectada	1050	——	3104				

Apoyo nº	Tipo	Valor ángulo (º)	Coeficiente seguridad	Zona	Altura libre (m)	Separación conductores (m)	Montaje	Esfuerzo por fase y tierra				
								Hipótesis	Conductor	Esfuerzo		
										V (daN)	T (daN)	L (daN)
32	Ali-Sus	——	N	A	30	4,852	Doble circuito	1ª	Fase	498,13	773,98	——
									Tierra	436,04	736,62	——
								2ª	Fase	——	——	——
									Tierra	——	——	——
								3ª	Fase	498,13	——	374,40
									Tierra	436,04	——	464,02
								4ª	Fases no afectadas	498,13	——	——
									Fases afectadas	249,06	——	1248,01
									Tierra no afectada	——	——	——
									Tierra afectada	218,02	——	1546,90

Apoyo nº	Referencia del apoyo	Árbol de cargas del apoyo							Utilización del apoyo (%)	Separación fases normalizada (m)	Altura de referencia (m)	Altura libre real (m)
		Hipótesis	Coeficiente seguridad apoyo	Coeficiente seguridad apoyo real	Esfuerzo							
					Conductor	V (daN)	T (daN)	L (daN)				
32	Andel 132kV S202 DC50	1ª	1,500	1,798	Fase	1150	1115	——	80,138	5,0	35	33,46
					Tierra	1050	770	——				
		2ª	1,500	——	Fase	——	——	——	——			
					Tierra	——	——	——				
		3ª	1,200	2,061	Fase	1150	——	1570	28,230			
					Tierra	1050	——	1400				
		4ª	1,200	1,898	Fases no afectadas	1150	——	——	41,796			
					Fases afectadas	1150	——	3583				
					Tierra no afectada	——	——	——				
					Tierra afectada	1050	——	3104				

Apoyo nº	Tipo	Valor ángulo (º)	Coeficiente seguridad	Zona	Altura libre (m)	Separación conductores (m)	Montaje	Esfuerzo por fase y tierra				
								Hipótesis	Conductor	Esfuerzo		
										V (daN)	T (daN)	L (daN)
33	Ali-Ama	——	N	A	30	4,765	Doble circuito	1ª	Fase	213,09	661,20	——
									Tierra	81,92	577,62	——
								2ª	Fase	——	——	——
									Tierra	——	——	——
								3ª	Fase	213,09	——	624,01
									Tierra	81,92	——	773,37
								4ª	Fases no afectadas	213,09	——	——
									Fases afectadas	106,55	——	2496,03
									Tierra no afectada	——	——	——
									Tierra afectada	40,96	——	3093,50

Apoyo nº	Referencia del apoyo	Árbol de cargas del apoyo							Utilización del apoyo (%)	Separación fases normalizada (m)	Altura de referencia (m)	Altura libre real (m)
		Hipótesis	Coeficiente seguridad apoyo	Coeficiente seguridad apoyo real	Esfuerzo							
					Conductor	V (daN)	T (daN)	L (daN)				
33	Andel 132kV S202 DC50	1ª	1,500	2,014	Fase	1150	1115	——	65,720	5,0	31	31,00
					Tierra	1050	770	——				
		2ª	1,500	——	Fase	——	——	——	——			
					Tierra	——	——	——				
		3ª	1,200	1,835	Fase	1150	——	1570	47,050			
					Tierra	1050	——	1400				
		4ª	1,200	1,397	Fases no afectadas	1150	——	——	83,588			
					Fases afectadas	1150	——	3583				
					Tierra no afectada	——	——	——				
					Tierra afectada	1050	——	3104				

Apoyo nº	Tipo	Valor ángulo (º)	Coeficiente seguridad	Zona	Altura libre (m)	Separación conductores (m)	Montaje	Esfuerzo por fase y tierra				
								Hipótesis	Conductor	Esfuerzo		
										V (daN)	T (daN)	L (daN)
34	Ali-Sus	——	N	A	30	3,047	Doble circuito	1ª	Fase	453,12	380,96	——
									Tierra	428,83	343,60	——
								2ª	Fase	——	——	——
									Tierra	——	——	——
								3ª	Fase	453,12	——	335,84
									Tierra	428,83	——	404,21
								4ª	Fases no afectadas	453,12	——	——
									Fases afectadas	226,56	——	1119,47
									Tierra no afectada	——	——	——
									Tierra afectada	214,41	——	1347,36

Apoyo nº	Referencia del apoyo	Árbol de cargas del apoyo							Utilización del apoyo (%)	Separación fases normalizada (m)	Altura de referencia (m)	Altura libre real (m)
		Hipótesis	Coeficiente seguridad apoyo	Coeficiente seguridad apoyo real	Esfuerzo							
					Conductor	V (daN)	T (daN)	L (daN)				
34	Andel 132kV S103 DC40	1ª	1,500	2,154	Fase	1250	725	——	56,386	4,0	35	33,46
					Tierra	1100	560	——				
		2ª	1,500	——	Fase	——	——	——	——			
					Tierra	——	——	——				
		3ª	1,200	2,034	Fase	1250	——	1025	30,517			
					Tierra	1100	——	1400				
		4ª	1,200	1,807	Fases no afectadas	1100	——	——	49,386			
					Fases afectadas	1250	——	1785				
					Tierra no afectada	——	——	——				
					Tierra afectada	1100	——	3210				

Apoyo nº	Tipo	Valor ángulo (º)	Coeficiente seguridad	Zona	Altura libre (m)	Separación conductores (m)	Montaje	Esfuerzo por fase y tierra				
								Hipótesis	Conductor	Esfuerzo		
										V (daN)	T (daN)	L (daN)
35	Ali-Ama	——	N	A	30	4,944	Doble circuito	1ª	Fase	342,06	674,30	——
									Tierra	226,94	590,72	——
								2ª	Fase	——	——	——
									Tierra	——	——	——
								3ª	Fase	342,06	——	626,00
									Tierra	226,94	——	773,87
								4ª	Fases no afectadas	342,06	——	——
									Fases afectadas	171,03	——	2503,98
									Tierra no afectada	——	——	——
									Tierra afectada	113,47	——	3095,49

Apoyo nº	Referencia del apoyo	Árbol de cargas del apoyo							Utilización del apoyo (%)	Separación fases normalizada (m)	Altura de referencia (m)	Altura libre real (m)
		Hipótesis	Coeficiente seguridad apoyo	Coeficiente seguridad apoyo real	Esfuerzo							
					Conductor	V (daN)	T (daN)	L (daN)				
35	Andel 132kV S202 DC55	1ª	1,500	1,993	Fase	1150	1115	——	67,110	5,5	31	31,00
					Tierra	1050	770	——				
		2ª	1,500	——	Fase	——	——	——	——			
					Tierra	——	——	——				
		3ª	1,200	1,834	Fase	1150	——	1570	47,134			
					Tierra	1050	——	1400				
		4ª	1,200	1,395	Fases no afectadas	1150	——	——	83,737			
					Fases afectadas	1150	——	3583				
					Tierra no afectada	——	——	——				
					Tierra afectada	1050	——	3104				

Apoyo nº	Tipo	Valor ángulo (º)	Coeficiente seguridad	Zona	Altura libre (m)	Separación conductores (m)	Montaje	Esfuerzo por fase y tierra				
								Hipótesis	Conductor	Esfuerzo		
										V (daN)	T (daN)	L (daN)
36	Ali-Ama	——	N	A	27	4,944	Doble circuito	1ª	Fase	353,24	892,25	——
									Tierra	208,24	808,67	——
								2ª	Fase	——	——	——
									Tierra	——	——	——
								3ª	Fase	353,24	——	626,00
									Tierra	208,24	——	773,87
								4ª	Fases no afectadas	353,24	——	——
									Fases afectadas	176,62	——	2503,98
									Tierra no afectada	——	——	——
									Tierra afectada	104,12	——	3095,49

Apoyo nº	Referencia del apoyo	Árbol de cargas del apoyo							Utilización del apoyo (%)	Separación fases normalizada (m)	Altura de referencia (m)	Altura libre real (m)
		Hipótesis	Coeficiente seguridad apoyo	Coeficiente seguridad apoyo real	Esfuerzo							
					Conductor	V (daN)	T (daN)	L (daN)				
36	Andel 132kV S205 DC55	1ª	1,500	2,053	Fase	1950	1595	——	63,114	5,5	27	27,00
					Tierra	1800	1100	——				
		2ª	1,500	——	Fase	——	——	——	——			
					Tierra	——	——	——				
		3ª	1,200	1,946	Fase	1950	——	2300	37,834			
					Tierra	1800	——	1400				
		4ª	1,200	1,617	Fases no afectadas	1950	——	——	65,239			
					Fases afectadas	1950	——	4750				
					Tierra no afectada	——	——	——				
					Tierra afectada	1800	——	3833				

Apoyo nº	Tipo	Valor ángulo (º)	Coeficiente seguridad	Zona	Altura libre (m)	Separación conductores (m)	Montaje	Esfuerzo por fase y tierra				
								Hipótesis	Conductor	Esfuerzo		
										V (daN)	T (daN)	L (daN)
37	Ali-Sus	——	N	A	30	4,775	Doble circuito	1ª	Fase	750,48	720,99	——
									Tierra	738,21	683,62	——
								2ª	Fase	——	——	——
									Tierra	——	——	——
								3ª	Fase	750,48	——	361,96
									Tierra	738,21	——	449,58
								4ª	Fases no afectadas	750,48	——	——
									Fases afectadas	375,24	——	1206,55
									Tierra no afectada	——	——	——
									Tierra afectada	369,11	——	1498,59

Apoyo nº	Referencia del apoyo	Árbol de cargas del apoyo							Utilización del apoyo (%)	Separación fases normalizada (m)	Altura de referencia (m)	Altura libre real (m)
		Hipótesis	Coeficiente seguridad apoyo	Coeficiente seguridad apoyo real	Esfuerzo							
					Conductor	V (daN)	T (daN)	L (daN)				
37	Andel 132kV S202 DC50	1ª	1,500	1,882	Fase	1150	1115	——	74,515	5,0	35	33,46
					Tierra	1050	770	——				
		2ª	1,500	——	Fase	——	——	——	——			
					Tierra	——	——	——				
		3ª	1,200	2,072	Fase	1150	——	1570	27,325			
					Tierra	1050	——	1400				
		4ª	1,200	1,915	Fases no afectadas	1150	——	——	40,454			
					Fases afectadas	1150	——	3583				
					Tierra no afectada	——	——	——				
					Tierra afectada	1050	——	3104				

Apoyo nº	Tipo	Valor ángulo (º)	Coeficiente seguridad	Zona	Altura libre (m)	Separación conductores (m)	Montaje	Esfuerzo por fase y tierra				
								Hipótesis	Conductor	Esfuerzo		
										V (daN)	T (daN)	L (daN)
38	Ali-Ama	——	N	A	30	3,865	Doble circuito	1ª	Fase	275,43	674,90	——
									Tierra	146,80	591,32	——
								2ª	Fase	——	——	——
									Tierra	——	——	——
								3ª	Fase	275,43	——	608,67
									Tierra	146,80	——	751,90
								4ª	Fases no afectadas	275,43	——	——
									Fases afectadas	137,72	——	2434,67
									Tierra no afectada	——	——	——
									Tierra afectada	73,40	——	3007,62

Apoyo nº	Referencia del apoyo	Árbol de cargas del apoyo							Utilización del apoyo (%)	Separación fases normalizada (m)	Altura de referencia (m)	Altura libre real (m)
		Hipótesis	Coeficiente seguridad apoyo	Coeficiente seguridad apoyo real	Esfuerzo							
					Conductor	V (daN)	T (daN)	L (daN)				
38	Andel 132kV S202 DC40	1ª	1,500	2,074	Fase	1150	1280	——	61,767	4,0	31	31,00
					Tierra	1050	770	——				
		2ª	1,500	——	Fase	——	——	——	——			
					Tierra	——	——	——				
		3ª	1,200	1,895	Fase	1150	——	1830	42,123			
					Tierra	1050	——	1400				
		4ª	1,200	1,444	Fases no afectadas	1150	——	——	79,647			
					Fases afectadas	1150	——	3583				
					Tierra no afectada	——	——	——				
					Tierra afectada	1050	——	3250				

Apoyo nº	Tipo	Valor ángulo (º)	Coeficiente seguridad	Zona	Altura libre (m)	Separación conductores (m)	Montaje	Esfuerzo por fase y tierra				
								Hipótesis	Conductor	Esfuerzo		
										V (daN)	T (daN)	L (daN)
39	Ali-Sus	——	N	A	30	3,946	Doble circuito	1ª	Fase	388,07	619,75	——
									Tierra	328,33	582,39	——
								2ª	Fase	——	——	——
									Tierra	——	——	——
								3ª	Fase	388,07	——	365,20
									Tierra	328,33	——	451,14
								4ª	Fases no afectadas	388,07	——	——
									Fases afectadas	194,03	——	1217,33
									Tierra no afectada	——	——	——
									Tierra afectada	164,16	——	1503,81

Apoyo nº	Referencia del apoyo	Árbol de cargas del apoyo							Utilización del apoyo (%)	Separación fases normalizada (m)	Altura de referencia (m)	Altura libre real (m)
		Hipótesis	Coeficiente seguridad apoyo	Coeficiente seguridad apoyo real	Esfuerzo							
					Conductor	V (daN)	T (daN)	L (daN)				
39	Andel 132kV S202 DC50	1ª	1,500	2,120	Fase	1150	1280	——	58,641	5,0	35	33,46
					Tierra	1050	770	——				
		2ª	1,500	——	Fase	——	——	——	——			
					Tierra	——	——	——				
		3ª	1,200	2,097	Fase	1150	——	1830	25,274			
					Tierra	1050	——	1400				
		4ª	1,200	1,922	Fases no afectadas	1150	——	——	39,824			
					Fases afectadas	1150	——	3583				
					Tierra no afectada	——	——	——				
					Tierra afectada	1050	——	3250				

Apoyo nº	Tipo	Valor ángulo (º)	Coeficiente seguridad	Zona	Altura libre (m)	Separación conductores (m)	Montaje	Esfuerzo por fase y tierra				
								Hipótesis	Conductor	Esfuerzo		
										V (daN)	T (daN)	L (daN)
40	Ali-Sus	——	N	A	30	3,914	Doble circuito	1ª	Fase	340,80	610,82	——
									Tierra	274,58	573,45	——
								2ª	Fase	——	——	——
									Tierra	——	——	——
								3ª	Fase	340,80	——	365,20
									Tierra	274,58	——	451,14
								4ª	Fases no afectadas	340,80	——	——
									Fases afectadas	170,40	——	1217,33
									Tierra no afectada	——	——	——
									Tierra afectada	137,29	——	1503,81

Apoyo nº	Referencia del apoyo	Árbol de cargas del apoyo							Utilización del apoyo (%)	Separación fases normalizada (m)	Altura de referencia (m)	Altura libre real (m)
		Hipótesis	Coeficiente seguridad apoyo	Coeficiente seguridad apoyo real	Esfuerzo							
					Conductor	V (daN)	T (daN)	L (daN)				
40	Andel 132kV S202 DC50	1ª	1,500	2,133	Fase	1150	1280	——	57,769	5,0	35	33,46
					Tierra	1050	770	——				
		2ª	1,500	——	Fase	——	——	——	——			
					Tierra	——	——	——				
		3ª	1,200	2,097	Fase	1150	——	1830	25,274			
					Tierra	1050	——	1400				
		4ª	1,200	1,922	Fases no afectadas	1150	——	——	39,824			
					Fases afectadas	1150	——	3583				
					Tierra no afectada	——	——	——				
					Tierra afectada	1050	——	3250				

Apoyo nº	Tipo	Valor ángulo (º)	Coeficiente seguridad	Zona	Altura libre (m)	Separación conductores (m)	Montaje	Esfuerzo por fase y tierra				
								Hipótesis	Conductor	Esfuerzo		
										V (daN)	T (daN)	L (daN)
41	Ali-Ama	——	N	A	30	3,747	Doble circuito	1ª	Fase	308,16	624,28	——
									Tierra	192,05	540,70	——
								2ª	Fase	——	——	——
									Tierra	——	——	——
								3ª	Fase	308,16	——	615,22
									Tierra	192,05	——	764,36
								4ª	Fases no afectadas	308,16	——	——
									Fases afectadas	154,08	——	2460,89
									Tierra no afectada	——	——	——
									Tierra afectada	96,03	——	3057,43

Apoyo nº	Referencia del apoyo	Árbol de cargas del apoyo							Utilización del apoyo (%)	Separación fases normalizada (m)	Altura de referencia (m)	Altura libre real (m)
		Hipótesis	Coeficiente seguridad apoyo	Coeficiente seguridad apoyo real	Esfuerzo							
					Conductor	V (daN)	T (daN)	L (daN)				
41	Andel 132kV S202 DC40	1ª	1,500	2,148	Fase	1150	1280	——	56,828	4,0	31	31,00
					Tierra	1050	770	——				
		2ª	1,500	——	Fase	——	——	——	——			
					Tierra	——	——	——				
		3ª	1,200	1,887	Fase	1150	——	1830	42,711			
					Tierra	1050	——	1400				
		4ª	1,200	1,431	Fases no afectadas	1150	——	——	80,760			
					Fases afectadas	1150	——	3583				
					Tierra no afectada	——	——	——				
					Tierra afectada	1050	——	3250				

Apoyo nº	Tipo	Valor ángulo (º)	Coeficiente seguridad	Zona	Altura libre (m)	Separación conductores (m)	Montaje	Esfuerzo por fase y tierra				
								Hipótesis	Conductor	Esfuerzo		
										V (daN)	T (daN)	L (daN)
42	Ali-Sus	——	N	A	30	4,411	Doble circuito	1ª	Fase	370,03	651,91	——
									Tierra	303,04	614,54	——
								2ª	Fase	——	——	——
									Tierra	——	——	——
								3ª	Fase	370,03	——	369,13
									Tierra	303,04	——	458,62
								4ª	Fases no afectadas	370,03	——	——
									Fases afectadas	185,01	——	1230,44
									Tierra no afectada	——	——	——
									Tierra afectada	151,52	——	1528,72

Apoyo nº	Referencia del apoyo	Árbol de cargas del apoyo							Utilización del apoyo (%)	Separación fases normalizada (m)	Altura de referencia (m)	Altura libre real (m)
		Hipótesis	Coeficiente seguridad apoyo	Coeficiente seguridad apoyo real	Esfuerzo							
					Conductor	V (daN)	T (daN)	L (daN)				
42	Andel 132kV S202 DC50	1ª	1,500	1,992	Fase	1150	1115	——	67,186	5,0	35	33,46
					Tierra	1050	770	——				
		2ª	1,500	——	Fase	——	——	——	——			
					Tierra	——	——	——				
		3ª	1,200	2,066	Fase	1150	——	1570	27,870			
					Tierra	1050	——	1400				
		4ª	1,200	1,905	Fases no afectadas	1150	——	——	41,262			
					Fases afectadas	1150	——	3583				
					Tierra no afectada	——	——	——				
					Tierra afectada	1050	——	3104				

Apoyo nº	Tipo	Valor ángulo (º)	Coeficiente seguridad	Zona	Altura libre (m)	Separación conductores (m)	Montaje	Esfuerzo por fase y tierra				
								Hipótesis	Conductor	Esfuerzo		
										V (daN)	T (daN)	L (daN)
43	Ali-Anc	——	N	A y B	30	4,517	Doble circuito	1ª	Fase	345,83	739,21	——
									Tierra	217,89	655,63	——
								2ª	Fase	351,06	——	——
									Tierra	174,71	——	——
								3ª	Fase	351,06	——	1230,44
									Tierra	217,89	——	1528,72
								4ª	Fases no afectadas	351,06	——	——
									Fases afectadas	175,53	——	2460,89
									Tierra no afectada	——	——	——
									Tierra afectada	87,36	——	3034,36

Apoyo nº	Referencia del apoyo	Árbol de cargas del apoyo							Utilización del apoyo (%)	Separación fases normalizada (m)	Altura de referencia (m)	Altura libre real (m)
		Hipótesis	Coeficiente seguridad apoyo	Coeficiente seguridad apoyo real	Esfuerzo							
					Conductor	V (daN)	T (daN)	L (daN)				
43	Andel 132kV S210 DC50	1ª	1,500	2,456	Fase	3750	2340	——	36,277	5,0	31	31,00
					Tierra	2150	1505	——				
		2ª	1,500	2,963	Fase	3750	——	——	2,460			
					Tierra	2150	——	——				
		3ª	1,200	1,750	Fase	3750	——	3290	54,207			
					Tierra	2150	——	1800				
		4ª	1,200	1,601	Fases no afectadas	3750	——	——	66,609			
					Fases afectadas	3750	——	3917				
					Tierra no afectada	——	——	——				
					Tierra afectada	2150	——	4333				

Apoyo nº	Tipo	Valor ángulo (º)	Coeficiente seguridad	Zona	Altura libre (m)	Separación conductores (m)	Montaje	Esfuerzo por fase y tierra				
								Hipótesis	Conductor	Esfuerzo		
										V (daN)	T (daN)	L (daN)
44	Ali-Sus	——	N	B	30	3,940	Doble circuito	1ª	Fase	592,78	616,18	——
									Tierra	571,67	578,81	——
								2ª	Fase	1223,77	——	——
									Tierra	1278,32	——	——
								3ª	Fase	1223,77	——	367,67
									Tierra	571,67	——	455,15
								4ª	Fases no afectadas	1223,77	——	——
									Fases afectadas	611,89	——	1225,56
									Tierra no afectada	——	——	——
									Tierra afectada	639,16	——	1517,18

Apoyo nº	Referencia del apoyo	Árbol de cargas del apoyo							Utilización del apoyo (%)	Separación fases normalizada (m)	Altura de referencia (m)	Altura libre real (m)
		Hipótesis	Coeficiente seguridad apoyo	Coeficiente seguridad apoyo real	Esfuerzo							
					Conductor	V (daN)	T (daN)	L (daN)				
44	Andel 132kV S205 DC50	1ª	1,500	2,349	Fase	1750	1655	——	43,375	5,0	35	33,46
					Tierra	1650	1100	——				
		2ª	1,500	2,866	Fase	1750	——	——	8,910			
					Tierra	1650	——	——				
		3ª	1,200	2,149	Fase	1750	——	2530	20,937			
					Tierra	1650	——	1400				
		4ª	1,200	1,943	Fases no afectadas	1750	——	——	38,067			
					Fases afectadas	1750	——	2705				
					Tierra no afectada	——	——	——				
					Tierra afectada	1650	——	4500				

Apoyo nº	Tipo	Valor ángulo (º)	Coeficiente seguridad	Zona	Altura libre (m)	Separación conductores (m)	Montaje	Esfuerzo por fase y tierra				
								Hipótesis	Conductor	Esfuerzo		
										V (daN)	T (daN)	L (daN)
45	Ali-Anc	——	N	B y A	30	4,497	Doble circuito	1ª	Fase	407,67	731,47	——
									Tierra	292,73	647,89	——
								2ª	Fase	515,55	——	——
									Tierra	382,44	——	——
								3ª	Fase	515,55	——	1229,89
									Tierra	292,73	——	1527,65
								4ª	Fases no afectadas	407,67	——	——
									Fases afectadas	257,78	——	2459,78
									Tierra no afectada	——	——	——
									Tierra afectada	191,22	——	1527,65

Apoyo nº	Referencia del apoyo	Árbol de cargas del apoyo							Utilización del apoyo (%)	Separación fases normalizada (m)	Altura de referencia (m)	Altura libre real (m)
		Hipótesis	Coeficiente seguridad apoyo	Coeficiente seguridad apoyo real	Esfuerzo							
					Conductor	V (daN)	T (daN)	L (daN)				
45	Andel 132kV S210 DC50	1ª	1,500	2,462	Fase	3750	2340	——	35,874	5,0	31	31,00
					Tierra	2150	1505	——				
		2ª	1,500	2,952	Fase	3750	——	——	3,170			
					Tierra	2150	——	——				
		3ª	1,200	1,750	Fase	3750	——	3290	54,176			
					Tierra	2150	——	1800				
		4ª	1,200	1,820	Fases no afectadas	3750	——	——	48,332			
					Fases afectadas	3750	——	3917				
					Tierra no afectada	——	——	——				
					Tierra afectada	2150	——	4333				

Apoyo nº	Tipo	Valor ángulo (º)	Coeficiente seguridad	Zona	Altura libre (m)	Separación conductores (m)	Montaje	Esfuerzo por fase y tierra				
								Hipótesis	Conductor	Esfuerzo		
										V (daN)	T (daN)	L (daN)
46	Ali-Sus	——	N	A	30	4,590	Doble circuito	1ª	Fase	336,98	604,27	——
									Tierra	270,89	566,90	——
								2ª	Fase	——	——	——
									Tierra	——	——	——
								3ª	Fase	336,98	——	368,97
									Tierra	270,89	——	458,30
								4ª	Fases no afectadas	336,98	——	——
									Fases afectadas	168,49	——	1229,89
									Tierra no afectada	——	——	——
									Tierra afectada	135,44	——	1527,65

Apoyo nº	Referencia del apoyo	Árbol de cargas del apoyo							Utilización del apoyo (%)	Separación fases normalizada (m)	Altura de referencia (m)	Altura libre real (m)
		Hipótesis	Coeficiente seguridad apoyo	Coeficiente seguridad apoyo real	Esfuerzo							
					Conductor	V (daN)	T (daN)	L (daN)				
46	Andel 132kV S205 DC50	1ª	1,500	2,068	Fase	1150	1115	——	62,131	5,0	35	33,46
					Tierra	1050	770	——				
		2ª	1,500	——	Fase	——	——	——	——			
					Tierra	——	——	——				
		3ª	1,200	2,066	Fase	1150	——	1570	27,854			
					Tierra	1050	——	1400				
		4ª	1,200	1,905	Fases no afectadas	1150	——	——	41,237			
					Fases afectadas	1150	——	3583				
					Tierra no afectada	——	——	——				
					Tierra afectada	1050	——	3104				

Apoyo nº	Tipo	Valor ángulo (º)	Coeficiente seguridad	Zona	Altura libre (m)	Separación conductores (m)	Montaje	Esfuerzo por fase y tierra				
								Hipótesis	Conductor	Esfuerzo		
										V (daN)	T (daN)	L (daN)
47	Ali-Ama	——	N	A	30	3,812	Doble circuito	1ª	Fase	303,06	574,85	——
									Tierra	192,94	491,28	——
								2ª	Fase	——	——	——
									Tierra	——	——	——
								3ª	Fase	303,06	——	614,95
									Tierra	192,94	——	763,83
								4ª	Fases no afectadas	303,06	——	——
									Fases afectadas	151,53	——	2459,78
									Tierra no afectada	——	——	——
									Tierra afectada	96,47	——	3055,30

Apoyo nº	Referencia del apoyo	Árbol de cargas del apoyo							Utilización del apoyo (%)	Separación fases normalizada (m)	Altura de referencia (m)	Altura libre real (m)
		Hipótesis	Coeficiente seguridad apoyo	Coeficiente seguridad apoyo real	Esfuerzo							
					Conductor	V (daN)	T (daN)	L (daN)				
47	Andel 132kV S202 DC40	1ª	1,500	2,220	Fase	1150	1280	——	52,006	4,0	31	31,00
					Tierra	1050	770	——				
		2ª	1,500	——	Fase	——	——	——	——			
					Tierra	——	——	——				
		3ª	1,200	1,888	Fase	1150	——	1830	42,686			
					Tierra	1050	——	1400				
		4ª	1,200	1,431	Fases no afectadas	1150	——	——	80,712			
					Fases afectadas	1150	——	3583				
					Tierra no afectada	——	——	——				
					Tierra afectada	1050	——	3250				

Apoyo nº	Tipo	Valor ángulo (º)	Coeficiente seguridad	Zona	Altura libre (m)	Separación conductores (m)	Montaje	Esfuerzo por fase y tierra				
								Hipótesis	Conductor	Esfuerzo		
										V (daN)	T (daN)	L (daN)
48	Ali-Anc	——	N	A y B	30	3,812	Doble circuito	1ª	Fase	318,11	624,87	——
									Tierra	201,72	541,30	——
								2ª	Fase	365,27	——	——
									Tierra	219,59	——	——
								3ª	Fase	365,27	——	1239,83
									Tierra	201,72	——	1534,83
								4ª	Fases no afectadas	365,27	——	——
									Fases afectadas	181,26	——	2479,66
									Tierra no afectada	——	——	——
									Tierra afectada	109,80	——	3069,67

Apoyo nº	Referencia del apoyo	Árbol de cargas del apoyo							Utilización del apoyo (%)	Separación fases normalizada (m)	Altura de referencia (m)	Altura libre real (m)
		Hipótesis	Coeficiente seguridad apoyo	Coeficiente seguridad apoyo real	Esfuerzo							
					Conductor	V (daN)	T (daN)	L (daN)				
48	Andel 132kV S211 DC40	1ª	1,500	2,623	Fase	3750	2865	——	25,133	4,0	31	31,00
					Tierra	2150	1775	——				
		2ª	1,500	2,962	Fase	3750	——	——	2,510			
					Tierra	2150	——	——				
		3ª	1,200	1,809	Fase	3750	——	3935	49,240			
					Tierra	2150	——	1700				
		4ª	1,200	1,639	Fases no afectadas	3750	——	——	63,421			
					Fases afectadas	3750	——	5125				
					Tierra no afectada	——	——	——				
					Tierra afectada	2150	——	3625				

Apoyo nº	Tipo	Valor ángulo (º)	Coeficiente seguridad	Zona	Altura libre (m)	Separación conductores (m)	Montaje	Esfuerzo por fase y tierra				
								Hipótesis	Conductor	Esfuerzo		
										V (daN)	T (daN)	L (daN)
49	Ali-Sus	——	N	B	30	4,608	Doble circuito	1ª	Fase	565,51	648,93	——
									Tierra	534,73	611,56	——
								2ª	Fase	1164,96	——	——
									Tierra	1194,87	——	——
								3ª	Fase	1164,96	——	371,95
									Tierra	534,73	——	460,45
								4ª	Fases no afectadas	1164,96	——	——
									Fases afectadas	582,48	——	1239,83
									Tierra no afectada	——	——	——
									Tierra afectada	597,44	——	1534,83

Apoyo nº	Referencia del apoyo	Árbol de cargas del apoyo							Utilización del apoyo (%)	Separación fases normalizada (m)	Altura de referencia (m)	Altura libre real (m)
		Hipótesis	Coeficiente seguridad apoyo	Coeficiente seguridad apoyo real	Esfuerzo							
					Conductor	V (daN)	T (daN)	L (daN)				
49	Andel 132kV S205 DC50	1ª	1,500	2,298	Fase	1950	1595	——	46,772	5,0	35	33,46
					Tierra	1800	1100	——				
		2ª	1,500	2,909	Fase	1950	——	——	6,060			
					Tierra	1800	——	——				
		3ª	1,200	2,130	Fase	1950	——	2300	22,497			
					Tierra	1800	——	1400				
		4ª	1,200	2,012	Fases no afectadas	1950	——	——	32,327			
					Fases afectadas	1950	——	4750				
					Tierra no afectada	——	——	——				
					Tierra afectada	1800	——	3833				

Apoyo nº	Tipo	Valor ángulo (º)	Coeficiente seguridad	Zona	Altura libre (m)	Separación conductores (m)	Montaje	Esfuerzo por fase y tierra				
								Hipótesis	Conductor	Esfuerzo		
										V (daN)	T (daN)	L (daN)
50	Ali-Ama	——	N	B	30	4,516	Doble circuito	1ª	Fase	327,32	774,34	——
									Tierra	192,04	690,76	——
								2ª	Fase	606,46	——	——
									Tierra	427,43	——	——
								3ª	Fase	606,46	——	625,90
									Tierra	192,04	——	773,09
								4ª	Fases no afectadas	606,46	——	——
									Fases afectadas	303,23	——	2503,60
									Tierra no afectada	——	——	——
									Tierra afectada	213,71	——	3092,37

Apoyo nº	Referencia del apoyo	Árbol de cargas del apoyo							Utilización del apoyo (%)	Separación fases normalizada (m)	Altura de referencia (m)	Altura libre real (m)
		Hipótesis	Coeficiente seguridad apoyo	Coeficiente seguridad apoyo real	Esfuerzo							
					Conductor	V (daN)	T (daN)	L (daN)				
50	Andel 132kV S202 DC50	1ª	1,500	1,834	Fase	1150	1115	——	77,724	5,0	31	31,00
					Tierra	1050	770	——				
		2ª	1,500	2,934	Fase	1150	——	——	4,430			
					Tierra	1050	——	——				
		3ª	1,200	1,835	Fase	1150	——	1570	47,104			
					Tierra	1050	——	1400				
		4ª	1,200	1,396	Fases no afectadas	1150	——	——	83,684			
					Fases afectadas	1150	——	3583				
					Tierra no afectada	——	——	——				
					Tierra afectada	1050	——	3104				

Apoyo nº	Tipo	Valor ángulo (º)	Coeficiente seguridad	Zona	Altura libre (m)	Separación conductores (m)	Montaje	Esfuerzo por fase y tierra				
								Hipótesis	Conductor	Esfuerzo		
										V (daN)	T (daN)	L (daN)
51	Ali-Sus	——	N	B	30	4,318	Doble circuito	1ª	Fase	356,03	554,25	——
									Tierra	300,30	516,88	——
								2ª	Fase	716,38	——	——
									Tierra	670,14	——	——
								3ª	Fase	716,38	——	375,54
									Tierra	300,30	——	463,86
								4ª	Fases no afectadas	716,38	——	——
									Fases afectadas	358,19	——	1251,80
									Tierra no afectada	——	——	——
									Tierra afectada	335,07	——	1546,18

Apoyo nº	Referencia del apoyo	Árbol de cargas del apoyo							Utilización del apoyo (%)	Separación fases normalizada (m)	Altura de referencia (m)	Altura libre real (m)
		Hipótesis	Coeficiente seguridad apoyo	Coeficiente seguridad apoyo real	Esfuerzo							
					Conductor	V (daN)	T (daN)	L (daN)				
51	Andel 132kV S202 DC50	1ª	1,500	2,148	Fase	1150	1115	——	56,824	5,0	35	1,54
					Tierra	1050	770	——				
		2ª	1,500	2,919	Fase	1150	——	——	5,420			
					Tierra	1050	——	——				
		3ª	1,200	2,061	Fase	1150	——	1570	28,262			
					Tierra	1050	——	1400				
		4ª	1,200	1,898	Fases no afectadas	1150	——	——	41,842			
					Fases afectadas	1150	——	3583				
					Tierra no afectada	——	——	——				
					Tierra afectada	1050	——	3104				

Apoyo nº	Tipo	Valor ángulo (º)	Coeficiente seguridad	Zona	Altura libre (m)	Separación conductores (m)	Montaje	Esfuerzo por fase y tierra				
								Hipótesis	Conductor	Esfuerzo		
										V (daN)	T (daN)	L (daN)
52	Ali-Ama	——	N	B	30	2,956	Doble circuito	1ª	Fase	259,74	470,05	——
									Tierra	155,54	386,47	——
								2ª	Fase	462,75	——	——
									Tierra	344,33	——	——
								3ª	Fase	462,75	——	625,90
									Tierra	155,54	——	773,09
								4ª	Fases no afectadas	462,75	——	——
									Fases afectadas	231,37	——	2503,60
									Tierra no afectada	——	——	——
									Tierra afectada	172,17	——	3092,37

Apoyo nº	Referencia del apoyo	Árbol de cargas del apoyo							Utilización del apoyo (%)	Separación fases normalizada (m)	Altura de referencia (m)	Altura libre real (m)
		Hipótesis	Coeficiente seguridad apoyo	Coeficiente seguridad apoyo real	Esfuerzo							
					Conductor	V (daN)	T (daN)	L (daN)				
52	Andel 132kV S202 DC40	1ª	1,500	2,373	Fase	1150	1280	——	41,781	4,0	31	31,00
					Tierra	1050	770	——				
		2ª	1,500	2,951	Fase	1150	1465	——	3,270			
					Tierra	1050	1115	——				
		3ª	1,200	1,819	Fase	1150	——	1490	48,408			
					Tierra	1050	——	1400				
		4ª	1,200	1,403	Fases no afectadas	1150	——	——	83,113			
					Fases afectadas	1150	——	3275				
					Tierra no afectada	——	——	——				
					Tierra afectada	1050	——	3458				

Apoyo nº	Tipo	Valor ángulo (º)	Coeficiente seguridad	Zona	Altura libre (m)	Separación conductores (m)	Montaje	Esfuerzo por fase y tierra				
								Hipótesis	Conductor	Esfuerzo		
										V (daN)	T (daN)	L (daN)
53	Ali-Sus	——	N	B	30	4,879	Doble circuito	1ª	Fase	529,91	626,30	——
									Tierra	496,27	588,94	——
								2ª	Fase	1088,68	——	——
									Tierra	1108,65	——	——
								3ª	Fase	1088,68	——	368,95
									Tierra	496,27	——	457,64
								4ª	Fases no afectadas	1088,68	——	——
									Fases afectadas	544,34	——	1229,84
									Tierra no afectada	——	——	——
									Tierra afectada	554,32	——	1525,47

Apoyo nº	Referencia del apoyo	Árbol de cargas del apoyo							Utilización del apoyo (%)	Separación fases normalizada (m)	Altura de referencia (m)	Altura libre real (m)
		Hipótesis	Coeficiente seguridad apoyo	Coeficiente seguridad apoyo real	Esfuerzo							
					Conductor	V (daN)	T (daN)	L (daN)				
53	Andel 132kV S205 DC50	1ª	1,500	2,324	Fase	1950	1595	——	45,092	5,0	35	33,46
					Tierra	1800	1100	——				
		2ª	1,500	2,915	Fase	1950	——	——	5,660			
					Tierra	1800	——	——				
		3ª	1,200	2,132	Fase	1950	——	2300	22,340			
					Tierra	1800	——	1400				
		4ª	1,200	2,015	Fases no afectadas	1950	——	——	32,102			
					Fases afectadas	1950	——	4750				
					Tierra no afectada	——	——	——				
					Tierra afectada	1800	——	3833				

Apoyo nº	Tipo	Valor ángulo (º)	Coeficiente seguridad	Zona	Altura libre (m)	Separación conductores (m)	Montaje	Esfuerzo por fase y tierra				
								Hipótesis	Conductor	Esfuerzo		
										V (daN)	T (daN)	L (daN)
54	Ali-Anc	——	N	B y A	30	4,793	Doble circuito	1ª	Fase	380,47	829,13	——
									Tierra	246,82	745,55	——
								2ª	Fase	509,35	——	——
									Tierra	340,14	——	——
								3ª	Fase	509,35	——	1243,39
									Tierra	246,82	——	1545,05
								4ª	Fases no afectadas	509,35	——	——
									Fases afectadas	254,68	——	2486,79
									Tierra no afectada	——	——	——
									Tierra afectada	170,07	——	1525,47

Apoyo nº	Referencia del apoyo	Árbol de cargas del apoyo							Utilización del apoyo (%)	Separación fases normalizada (m)	Altura de referencia (m)	Altura libre real (m)
		Hipótesis	Coeficiente seguridad apoyo	Coeficiente seguridad apoyo real	Esfuerzo							
					Conductor	V (daN)	T (daN)	L (daN)				
54	Andel 132kV S210 DC50	1ª	1,500	2,386	Fase	3750	2340	——	40,954	5,0	31	31,00
					Tierra	2150	1505	——				
		2ª	1,500	2,944	Fase	3750	——	——	3,720			
					Tierra	2150	——	——				
		3ª	1,200	1,743	Fase	3750	——	3290	54,783			
					Tierra	2150	——	1800				
		4ª	1,200	1,816	Fases no afectadas	3750	——	——	48,633			
					Fases afectadas	3750	——	3917				
					Tierra no afectada	——	——	——				
					Tierra afectada	2150	——	4333				

Apoyo nº	Tipo	Valor ángulo (º)	Coeficiente seguridad	Zona	Altura libre (m)	Separación conductores (m)	Montaje	Esfuerzo por fase y tierra				
								Hipótesis	Conductor	Esfuerzo		
										V (daN)	T (daN)	L (daN)
55	Ali-Sus	——	N	A	30	4,476	Doble circuito	1ª	Fase	499,37	751,35	——
									Tierra	440,71	713,99	——
								2ª	Fase	——	——	——
									Tierra	——	——	——
								3ª	Fase	499,37	——	373,02
									Tierra	440,71	——	463,51
								4ª	Fases no afectadas	499,37	——	——
									Fases afectadas	249,68	——	1243,39
									Tierra no afectada	——	——	——
									Tierra afectada	220,36	——	1545,05

Apoyo nº	Referencia del apoyo	Árbol de cargas del apoyo							Utilización del apoyo (%)	Separación fases normalizada (m)	Altura de referencia (m)	Altura libre real (m)
		Hipótesis	Coeficiente seguridad apoyo	Coeficiente seguridad apoyo real	Esfuerzo							
					Conductor	V (daN)	T (daN)	L (daN)				
55	Andel 132kV S202 DC50	1ª	1,500	1,834	Fase	1150	1115	——	77,737	5,0	35	33,46
					Tierra	1050	770	——				
		2ª	1,500	——	Fase	——	——	——	——			
					Tierra	——	——	——				
		3ª	1,200	2,062	Fase	1150	——	1570	28,166			
					Tierra	1050	——	1400				
		4ª	1,200	1,900	Fases no afectadas	1150	——	——	41,699			
					Fases afectadas	1150	——	3583				
					Tierra no afectada	——	——	——				
					Tierra afectada	1050	——	3104				

Apoyo nº	Tipo	Valor ángulo (º)	Coeficiente seguridad	Zona	Altura libre (m)	Separación conductores (m)	Montaje	Esfuerzo por fase y tierra				
								Hipótesis	Conductor	Esfuerzo		
										V (daN)	T (daN)	L (daN)
56	Ali-Ama	——	N	A	30	4,380	Doble circuito	1ª	Fase	388,00	744,57	——
									Tierra	268,96	660,99	——
								2ª	Fase	——	——	——
									Tierra	——	——	——
								3ª	Fase	388,00	——	621,70
									Tierra	268,96	——	772,52
								4ª	Fases no afectadas	388,00	——	——
									Fases afectadas	194,00	——	2486,79
									Tierra no afectada	——	——	——
									Tierra afectada	134,48	——	3090,09

Apoyo nº	Referencia del apoyo	Árbol de cargas del apoyo							Utilización del apoyo (%)	Separación fases normalizada (m)	Altura de referencia (m)	Altura libre real (m)
		Hipótesis	Coeficiente seguridad apoyo	Coeficiente seguridad apoyo real	Esfuerzo							
					Conductor	V (daN)	T (daN)	L (daN)				
56	Andel 132kV S202 DC50	1ª	1,500	1,882	Fase	1150	1115	——	74,565	5,0	31	31,00
					Tierra	1050	770	——				
		2ª	1,500	——	Fase	——	——	——	——			
					Tierra	——	——	——				
		3ª	1,200	1,837	Fase	1150	——	1570	46,943			
					Tierra	1050	——	1400				
		4ª	1,200	1,399	Fases no afectadas	1150	——	——	83,399			
					Fases afectadas	1150	——	3583				
					Tierra no afectada	——	——	——				
					Tierra afectada	1050	——	3104				

Apoyo nº	Tipo	Valor ángulo (º)	Coeficiente seguridad	Zona	Altura libre (m)	Separación conductores (m)	Montaje	Esfuerzo por fase y tierra				
								Hipótesis	Conductor	Esfuerzo		
										V (daN)	T (daN)	L (daN)
57	Ali-Sus	——	R	A	30	4,056	Doble circuito	1ª	Fase	440,21	782,37	——
									Tierra	237,40	590,72	——
								2ª	Fase	——	——	——
									Tierra	——	——	——
								3ª	Fase	440,21	——	366,13
									Tierra	237,40	——	452,89
								4ª	Fases no afectadas	440,21	——	——
									Fases afectadas	220,10	——	1220,44
									Tierra no afectada	——	——	——
									Tierra afectada	118,70	——	1509,64

Apoyo nº	Referencia del apoyo	Árbol de cargas del apoyo							Utilización del apoyo (%)	Separación fases normalizada (m)	Altura de referencia (m)	Altura libre real (m)
		Hipótesis	Coeficiente seguridad apoyo	Coeficiente seguridad apoyo real	Esfuerzo							
					Conductor	V (daN)	T (daN)	L (daN)				
57	Andel 132kV S202 DC50	1ª	1,875	2,043	Fase	920	892	——	91,054	5,0	35	33,03
					Tierra	840	616	——				
		2ª	1,875	——	Fase	——	——	——	——			
					Tierra	——	——	——				
		3ª	1,200	2,069	Fase	1150	——	1570	27,577			
					Tierra	1050	——	1400				
		4ª	1,200	1,910	Fases no afectadas	1150	——	——	40,827			
					Fases afectadas	1150	——	3583				
					Tierra no afectada	——	——	——				
					Tierra afectada	1050	——	3104				

Apoyo nº	Tipo	Valor ángulo (º)	Coeficiente seguridad	Zona	Altura libre (m)	Separación conductores (m)	Montaje	Esfuerzo por fase y tierra				
								Hipótesis	Conductor	Esfuerzo		
										V (daN)	T (daN)	L (daN)
58	F.Línea	——	R	A	30	3,78	Doble circuito	1ª	Fase	397,17	490,94	2440,88
									Tierra	225,96	288,22	3019,28
								2ª	Fase	——	——	——
									Tierra	——	——	——
								3ª	Fase	——	——	——
									Tierra	——	——	——

Apoyo nº	Tipo	(T_F+L_F) —— (T_P+L_P)	Referencia del apoyo	Separación fases normalizada (m)	Altura de cúpula (m)	Longitud de cruceta (m)	Valor de "e" (gráfica)	Esfuerzo equivalente (daN)	Árbol de cargas del apoyo					Utilización del apoyo (%)
									Hipótesis	Coeficiente seguridad apoyo	Coeficiente seguridad apoyo real	Esfuerzo		
												V (daN)	T+L (daN)	
58	F.Línea	0,89	CO-33000-30-N4C	4,4	5,9	4,3	0,856	24414,07	1ª	1,875	1,968	1507	25684	95,057
		——					——	——	2ª	1,875	——	——	——	——
		——					——	——	3ª	1,200	——	——	——	——

Apoyo nº	Tipo	Valor ángulo (º)	Coeficiente seguridad	Zona	Altura libre (m)	Separación conductores (m)	Montaje	Esfuerzo por fase y tierra				
								Hipótesis	Conductor	Esfuerzo		
										V (daN)	T (daN)	L (daN)
58	F.Línea	——	R	A	30	3,78	Doble circuito	4ª	Fases no afectadas	397,17	——	2440,88
									Fases afectadas	——	——	——
									Tierra no afectada	——	——	——
									Tierra afectada	——	——	——

Apoyo nº	Tipo	Referencia del apoyo	Separación fases normalizada (m)	Altura de cúpula (m)	Longitud de cruceta (m)	Valor de "e" (gráfica)	Par torsor (daNm)	Esfuerzo útil (daN)	Resultado en gráfico
58	F.Línea	CO-33000-30-N4C	4,4	5,9	4,3	0,856	10495,80	14257,50	CUMPLE

Apoyo nº	Tipo	Árbol de cargas del apoyo					Utilización del apoyo (%)	Altura de referencia (m)	Altura libre real (m)
		Hipótesis	Coeficiente seguridad apoyo	Coeficiente seguridad apoyo real	Esfuerzo				
					V (daN)	T+L (daN)			
58	F.Línea	4ª	1,200	1,970	1962	6808	35,852	30	30

4.6. Cadenas de aisladores

Apoyo nº	Tipo	Cadena adoptada	Cálculo eléctrico		Cálculo mecánico				
			Nivel de aislamiento		Datos para cálculo			Coef. seguridad	
			Apoyo (cm/KV)	Calculado (cm/KV)	Carga rotura (daN)	Peso (daN)	Tensión máxima (daN)	C. normal	C. anormal
1	P.Línea	LA180-132kV-ANC-DOB-VID	1,80	2,172	8500	312,23	2295,94	27,224	3,702
2	Ali-Sus	LA180-132kV-SUS-DOB-VID			7500	360,13	1147,97	20,826	6,533
3	Áng-Anc	LA180-132kV-ANC-SIM-VID			8500	206,55	2180,36	41,152	3,898

Apoyo nº	Tipo	Cadena adoptada	Cálculo eléctrico		Cálculo mecánico				
			Nivel de aislamiento		Datos para cálculo			Coef. seguridad	
			Apoyo (cm/KV)	Calculado (cm/KV)	Carga rotura (daN)	Peso (daN)	Tensión máxima (daN)	C. normal	C. anormal
4	Áng-Anc	LA180-132kV-ANC-SIM-VID	1,80	2,172	8500	318,80	2348,26	26,663	3,620
5	Ali-Sus	LA180-132kV-SUS-SIM-VID			7500	373,14	1201,82	20,100	6,241
6	Ali-Sus	LA180-132kV-SUS-SIM-VID			7500	379,06	1201,82	19,786	6,241
7	Áng-Anc	LA180-132kV-ANC-DOB-VID			8500	420,17	2285,53	20,230	3,719
8	Áng-Anc	LA180-132kV-ANC-DOB-VID			8500	461,94	2282,71	18,401	3,724
9	Ali-Sus	LA180-132kV-SUS-DOB-VID			7500	394,02	1204,73	19,034	6,225
10	Ali-Sus	LA180-132kV-SUS-DOB-VID			7500	483,70	1204,73	15,505	6,225
11	Ali-Sus	LA180-132kV-SUS-DOB-VID			7500	483,58	1204,73	15,509	6,225
12	Ali-Sus	LA180-132kV-SUS-DOB-VID			7500	459,95	1204,73	16,306	6,225
13	Ali-Sus	LA180-132kV-SUS-SIM-VID			7500	346,67	1204,73	21,635	6,225
14	Ali-Sus	LA180-132kV-SUS-DOB-VID			7500	359,90	1204,73	20,839	6,225
15	Ali-Sus	LA180-132kV-SUS-DOB-VID			7500	510,85	1204,73	14,681	6,225
16	Ali-Sus	LA180-132kV-SUS-SIM-VID			7500	449,73	1204,73	16,677	6,225
17	Ali-Ama	LA180-132kV-ANC-DOB-VID			8500	514,22	2487,33	16,530	3,417
18	Ali-Ama	LA180-132kV-ANC-DOB-VID			8500	576,05	2487,33	14,756	3,417
19	Ali-Sus	LA180-132kV-SUS-SIM-VID			7500	449,54	1241,31	16,684	6,042

Apoyo nº	Tipo	Cadena adoptada	Cálculo eléctrico		Cálculo mecánico				
			Nivel de aislamiento		Datos para cálculo			Coef. seguridad	
			Apoyo (cm/KV)	Calculado (cm/KV)	Carga rotura (daN)	Peso (daN)	Tensión máxima (daN)	C. normal	C. anormal
20	Ali-Sus	LA180-132kV-SUS-SIM-VID	1,80	2,172	7500	414,27	1241,31	18,104	6,042
21	Ali-Ama	LA180-132kV-ANC-SIM-VID			8500	347,27	2482,61	24,477	3,424
22	Ali-Sus	LA180-132kV-SUS-SIM-VID			7500	515,11	1236,33	14,560	6,066
23	Ali-Sus	LA180-132kV-SUS-DOB-VID			7500	559,21	1236,33	13,412	6,066
24	Ali-Sus	LA180-132kV-SUS-DOB-VID			7500	557,59	1236,33	13,451	6,066
25	Ali-Sus	LA180-132kV-SUS-SIM-VID			7500	352,09	1236,33	21,301	6,066
26	Ali-Sus	LA180-132kV-SUS-SIM-VID			7500	358,86	1236,33	20,899	6,066
27	Ali-Sus	LA180-132kV-SUS-SIM-VID			7500	386,77	1236,33	19,391	6,066
28	Ali-Sus	LA180-132kV-SUS-SIM-VID			7500	565,95	1236,33	13,252	6,066
29	Ali-Sus	LA180-132kV-SUS-SIM-VID			7500	365,73	1236,33	20,507	6,066
30	Ali-Ama	LA180-132kV-ANC-SIM-VID			8500	407,32	2473,32	20,868	3,437
31	Ali-Ama	LA180-132kV-ANC-SIM-VID			8500	398,95	2496,03	21,306	3,405
32	Ali-Sus	LA180-132kV-SUS-SIM-VID			7500	498,13	1248,01	15,056	6,010
33	Ali-Ama	LA180-132kV-ANC-SIM-VID			8500	213,09	2496,03	39,889	3,405
34	Ali-Sus	LA180-132kV-SUS-SIM-VID			7500	453,12	1119,47	16,552	6,700
35	Ali-Ama	LA180-132kV-ANC-SIM-VID			8500	342,06	2503,98	24,850	3,395

Apoyo nº	Tipo	Cadena adoptada	Cálculo eléctrico		Cálculo mecánico				
			Nivel de aislamiento		Datos para cálculo			Coef. seguridad	
			Apoyo (cm/KV)	Calculado (cm/KV)	Carga rotura (daN)	Peso (daN)	Tensión máxima (daN)	C. normal	C. anormal
36	Ali-Ama	LA180-132kV-ANC-SIM-VID	1,80	2,172	8500	353,24	2503,98	24,063	3,395
37	Ali-Sus	LA180-132kV-SUS-SIM-VID			7500	750,48	1206,55	9,994	6,216
38	Ali-Ama	LA180-132kV-ANC-SIM-VID			8500	275,43	2434,67	30,860	3,491
39	Ali-Sus	LA180-132kV-SUS-SIM-VID			7500	388,07	1217,33	19,326	6,161
40	Ali-Sus	LA180-132kV-SUS-SIM-VID			7500	340,80	1217,33	22,007	6,161
41	Ali-Ama	LA180-132kV-ANC-SIM-VID			8500	308,16	2460,89	27,583	3,454
42	Ali-Sus	LA180-132kV-SUS-SIM-VID			7500	370,03	1230,44	20,269	6,095
43	Ali-Anc	LA180-132kV-ANC-SIM-VID			8500	345,83	2460,89	24,578	3,454
44	Ali-Sus	LA180-132kV-SUS-SIM-VID			7500	592,78	1225,56	12,652	6,120
45	Ali-Anc	LA180-132kV-ANC-SIM-VID			8500	407,67	2459,78	20,850	3,456
46	Ali-Sus	LA180-132kV-SUS-SIM-VID			7500	336,98	1229,89	22,257	6,098
47	Ali-Ama	LA180-132kV-ANC-SIM-VID			8500	303,06	2459,78	28,047	3,456
48	Ali-Anc	LA180-132kV-ANC-SIM-VID			8500	318,11	2479,66	26,721	3,428
49	Ali-Sus	LA180-132kV-SUS-SIM-VID			7500	565,51	1239,83	13,262	6,049
50	Ali-Ama	LA180-132kV-ANC-SIM-VID			8500	327,32	2503,60	25,968	3,395
51	Ali-Sus	LA180-132kV-SUS-SIM-VID			7500	356,03	1251,80	21,066	5,991

Apoyo nº	Tipo	Cadena adoptada	Cálculo eléctrico		Cálculo mecánico				
			Nivel de aislamiento		Datos para cálculo			Coef. seguridad	
			Apoyo (cm/KV)	Calculado (cm/KV)	Carga rotura (daN)	Peso (daN)	Tensión máxima (daN)	C. normal	C. anormal
52	Ali-Ama	LA180-132kV-ANC-SIM-VID	1,80	2,172	8500	259,74	2503,60	32,724	3,395
53	Ali-Sus	LA180-132kV-SUS-SIM-VID			7500	529,91	1229,84	14,153	6,098
54	Ali-Anc	LA180-132kV-ANC-SIM-VID			8500	380,47	2486,79	22,341	3,418
55	Ali-Sus	LA180-132kV-SUS-SIM-VID			7500	499,37	1243,39	15,019	6,032
56	Ali-Ama	LA180-132kV-ANC-SIM-VID			8500	388,00	2486,79	21,907	3,418
57	Ali-Sus	LA180-132kV-SUS-DOB-VID			7500	440,21	1220,44	17,037	6,145
58	F.Línea	LA180-132kV-ANC-DOB-VID			8500	397,17	2440,88	21,401	3,482

4.7. Cimentaciones

4.7.1. Monobloque

Apoyo nº	Tipo	Características de los apoyos			Viento sobre apoyos		Momentos de vuelco					
		Esfuerzo útil (daN)	Altura sobre terreno				Conductor (daNm)	Viento sobre apoyos (daNm)	$M_{VC}+M_{VV}$ (daNm)	M_{ABS} (daNm)	M_{ABS} / 1,5 (daNm)	$M_{VC}+M_{VV} \leq M_{ABS}$ / 1,5
			Cogolla (m)	Resultante conductores (m)	Esfuerzo (daN)	Altura (m)						
2	Ali-Sus	3928	25,00	21,00	1553	13,93	90606	21636	112242	228334	152223	CUMPLE
13	Ali-Sus	4910	35,00	31,00	2464	19,11	162881	47095	209976	338251	225501	CUMPLE
19	Ali-Sus	4910	37,00	33,00	2464	19,11	172701	47095	219796	338251	225501	CUMPLE
34	Ali-Sus	4910	38,00	34,00	2916	21,17	177742	61732	239474	380022	253348	CUMPLE

Apoyo nº	Tipo	Referencia del apoyo	Cálculos preliminares						Cálculos definitivos				
			Altura sobre perfil (m)	Altura apoyo normalizado (m)	Altura fuste (m)	Cimentación		Altura perfil para comprobar (m)	Altura apoyo normalizado (m)	Altura fuste (m)	Cimentación		Altura perfil para comprobar (m)
						a (m)	h (m)				a (m)	h (m)	
2	Ali-Sus	Andel 132kV S103 DC40	17	18	20,67	1,89	3,03	15,87	21	23,73	2,00	3,10	18,86
13	Ali-Sus	Andel 132kV S103 DC40	27	27	29,80	2,22	3,20	25,26	31	33,88	2,37	3,26	29,28
19	Ali-Sus	Andel 132kV S103 DC40	29	31	33,88	2,37	3,26	32,358	31	33,88	2,37	3,26	32,36
34	Ali-Sus	Andel 132kV S103 DC40	30	31	33,88	2,37	3,26	29,282	35	37,94	2,51	3,30	33,30

Apoyo nº	Tipo	Coeficiente compresibilidad (daN/m²)	Cimentación						Peso del apoyo (kg)
			Lado (m)	Alto (m)	Altura solera (m)	Altura vierte aguas (m)	Volúmenes		
							Excavación (m³)	Hormigón (m³)	
2	Ali-Sus	8	2,00	3,10	0,20	0,25	12,40	13,40	2465
13	Ali-Sus		2,37	3,26			18,31	19,72	4018
19	Ali-Sus		2,37	3,26			18,31	19,72	4018
34	Ali-Sus		2,51	3,30			20,79	22,37	4723

4.7.2. Fraccionada

Apoyo nº	Tipo	Referencia del apoyo	Altura del apoyo (m)	Peso del apoyo (daN)	Esfuerzos (daN)	Resultante de los conductores (m)	Distancia de los montantes (m)	Peso del hormigón (daN/m³)	Densidad de las tierras (daN/m³)	Ángulo de arrastre de las tierras (º)	Ángulo de rozamiento de las tierras (º)	Altura de la solera (m)	Altura del vierte aguas (m)
1	P.Línea	CO-33000-27-N3C	27	10703	25684	30	6,40	2158,2	1569,6	20	45	0,2	0,25
3	Áng-Anc	Andel 132kV S211 DC40	18	3309	25950	22	3,53						
4	Áng-Anc	Andel 132kV S309 DC40	24	6635	26390	27	4,98						
5	Ali-Sus	Andel 132kV S202 DC50	35	5302	7460	35	5,83						
6	Ali-Sus	Andel 132kV S202 DC50	35	5302	7460	35	5,83						
7	Áng-Anc	Andel 132kV S309 DC30	21	5681	25856	23	4,54						
8	Áng-Anc	Andel 132kV S309 DC40	18	4714	25856	21	4,11						

Apoyo nº	Tipo	Referencia del apoyo	Altura del apoyo (m)	Peso del apoyo (daN)	Esfuerzos (daN)	Resultante de los conductores (m)	Distancia de los montantes (m)	Peso del hormigón (daN/m³)	Densidad de las tierras (daN/m³)	Ángulo de arrastre de las tierras (º)	Ángulo de rozamiento de las tierras (º)	Altura de la solera (m)	Altura del vierte aguas (m)
9	Ali-Sus	Andel 132kV S202 DC40	21	2431	6760	23	3,94	2158,2	1569,6	20	45	0,2	0,25
10	Ali-Sus	Andel 132kV S202 DC50	31	4401	6760	34	5,29						
11	Ali-Sus	Andel 132kV S202 DC50	31	4401	6760	34	5,29						
12	Ali-Sus	Andel 132kV S202 DC40	31	4401	6760	31	5,29						
14	Ali-Sus	Andel 132kV S202 DC40	31	4401	6760	32	5,29						
15	Ali-Sus	Andel 132kV S202 DC50	35	5302	5968	35	5,83						
16	Ali-Sus	Andel 132kV S202 DC50	35	5302	7460	35	5,83						
17	Ali-Ama	Andel 132kV S205 DC50	31	4963	26080	35	5,29						
18	Ali-Ama	Andel 132kV S205 DC50	31	4963	26080	35	5,29						

Apoyo nº	Tipo	Referencia del apoyo	Altura del apoyo (m)	Peso del apoyo (daN)	Esfuerzos (daN)	Resultante de los conductores (m)	Distancia de los montantes (m)	Peso del hormigón (daN/m³)	Densidad de las tierras (daN/m³)	Ángulo de arrastre de las tierras (º)	Ángulo de rozamiento de las tierras (º)	Altura de la solera (m)	Altura del vierte aguas (m)
20	Ali-Sus	Andel 132kV S202 DC55	31	4401	7460	33	5,39	2158,2	1569,6	20	45	0,2	0,25
21	Ali-Ama	Andel 132kV S202 DC55	27	3529	24602	31	4,75						
22	Ali-Sus	Andel 132kV S202 DC50	35	5302	7460	35	5,83						
23	Ali-Sus	Andel 132kV S204 DC50	35	6111	8536	35	5,83						
24	Ali-Sus	Andel 132kV S204 DC50	35	6111	8536	35	5,83						
25	Ali-Sus	Andel 132kV S202 DC50	35	5302	7460	35	5,83						
26	Ali-Sus	Andel 132kV S202 DC50	35	5302	7460	35	5,83						
27	Ali-Sus	Andel 132kV S202 DC50	35	5302	7460	35	5,83						

Apoyo nº	Tipo	Referencia del apoyo	Altura del apoyo (m)	Peso del apoyo (daN)	Esfuerzos (daN)	Resultante de los conductores (m)	Distancia de los montantes (m)	Peso del hormigón (daN/m³)	Densidad de las tierras (daN/m³)	Ángulo de arrastre de las tierras (º)	Ángulo de rozamiento de las tierras (º)	Altura de la solera (m)	Altura del vierte aguas (m)
28	Ali-Sus	Andel 132kV S202 DC50	35	5302	8450	35	5,83	2158,2	1569,6	20	45	0,2	0,25
29	Ali-Sus	Andel 132kV S202 DC50	35	5302	7460	35	5,83						
30	Ali-Ama	Andel 132kV S202 DC50	31	4401	24602	35	5,29						
31	Ali-Ama	Andel 132kV S202 DC50	31	4401	24602	35	5,29						
32	Ali-Sus	Andel 132kV S202 DC50	35	5302	7460	35	5,83						
33	Ali-Ama	Andel 132kV S202 DC50	31	4401	24602	35	5,29						
35	Ali-Ama	Andel 132kV S202 DC55	31	4401	24602	36	5,29						
36	Ali-Ama	Andel 132kV S205 DC55	27	4243	32333	33	4,75						

Apoyo nº	Tipo	Referencia del apoyo	Altura del apoyo (m)	Peso del apoyo (daN)	Esfuerzos (daN)	Resultante de los conductores (m)	Distancia de los montantes (m)	Peso del hormigón (daN/m³)	Densidad de las tierras (daN/m³)	Ángulo de arrastre de las tierras (º)	Ángulo de rozamiento de las tierras (º)	Altura de la solera (m)	Altura del vierte aguas (m)
37	Ali-Sus	Andel 132kV S202 DC50	35	5302	7460	35	5,83	2158,2	1569,6	20	45	0,2	0,25
38	Ali-Ama	Andel 132kV S202 DC40	31	4401	24748	34	5,29						
39	Ali-Sus	Andel 132kV S202 DC50	35	5302	8450	35	5,83						
40	Ali-Sus	Andel 132kV S202 DC50	35	5302	8450	35	5,83						
41	Ali-Ama	Andel 132kV S202 DC40	31	4401	24748	34	5,29						
42	Ali-Sus	Andel 132kV S202 DC50	35	5302	7460	35	5,83						
43	Ali-Anc	Andel 132kV S210 DC50	31	6334	27835	35	5,29						
44	Ali-Sus	Andel 132kV S205 DC50	35	5923	11030	35	5,83						

Apoyo nº	Tipo	Referencia del apoyo	Altura del apoyo (m)	Peso del apoyo (daN)	Esfuerzos (daN)	Resultante de los conductores (m)	Distancia de los montantes (m)	Peso del hormigón (daN/m³)	Densidad de las tierras (daN/m³)	Ángulo de arrastre de las tierras (º)	Ángulo de rozamiento de las tierras (º)	Altura de la solera (m)	Altura del vierte aguas (m)
45	Ali-Anc	Andel 132kV S210 DC50	31	6334	21540	35	5,29	2158,2	1569,6	20	45	0,2	0,25
46	Ali-Sus	Andel 132kV S205 DC50	35	5302	7460	35	5,83						
47	Ali-Ama	Andel 132kV S202 DC40	31	4401	24748	34	5,29						
48	Ali-Anc	Andel 132kV S211 DC40	31	6688	34375	34	5,29						
49	Ali-Sus	Andel 132kV S205 DC50	35	6111	10670	35	5,83						
50	Ali-Ama	Andel 132kV S202 DC50	31	4401	24602	35	5,29						
51	Ali-Sus	Andel 132kV S202 DC50	35	5302	7460	35	5,83						
52	Ali-Ama	Andel 132kV S202 DC40	31	4065	23108	34	5,29						

Apoyo nº	Tipo	Referencia del apoyo	Altura del apoyo (m)	Peso del apoyo (daN)	Esfuerzos (daN)	Resultante de los conductores (m)	Distancia de los montantes (m)	Peso del hormigón (daN/m³)	Densidad de las tierras (daN/m³)	Ángulo de arrastre de las tierras (º)	Ángulo de rozamiento de las tierras (º)	Altura de la solera (m)	Altura del vierte aguas (m)
53	Ali-Sus	Andel 132kV S205 DC50	35	6111	10670	35	5,83	2158,2	1569,6	20	45	0,2	0,25
54	Ali-Anc	Andel 132kV S210 DC50	31	6334	21540	35	5,29						
55	Ali-Sus	Andel 132kV S202 DC50	35	5302	7460	35	5,83						
56	Ali-Ama	Andel 132kV S202 DC50	31	4401	24602	35	5,29						
57	Ali-Sus	Andel 132kV S202 DC50	35	5302	5968	35	5,83						
58	F.Línea	CO-33000-30-N4C	30	12444	25684	34	6,95						

Apoyo nº	Tipo	Patas a flexión						Patas a compresión		Coeficiente de compresibilidad del terreno (daN/cm²)
		Volumen del vierte aguas (m³)	Peso macizo hormigón (daN)	Dimensión anchura de tierras de arrastre (m)	Volumen de las tierras (daN)	Rozamiento de las tierras (daN)	Coeficiente de seguridad a flexión	Superficie de la base (m²)	Coeficiente de compresibilidad (daN/cm²)	
1	P.Línea	0,95	34826,27	4,29	8747,02	45874,56	1,52	5,06	1,94	2
3	Áng-Anc	1,46	50576,70	4,82	11833,66	62899,37	1,56	6,76	1,96	
4	Áng-Anc	1,23	42804,14	4,56	10101,29	53584,03	1,51	6,00	1,93	
5	Ali-Sus	0,21	10472,46	3,06	4038,78	19388,44	1,57	1,82	1,88	
6	Ali-Sus	0,21	10472,46	3,06	4038,78	19388,44	1,57	1,82	1,88	
7	Áng-Anc	1,08	39281,92	4,46	9780,98	51396,93	1,56	5,52	1,92	
8	Áng-Anc	1,08	39281,92	4,46	9780,98	51396,93	1,54	5,52	1,93	
9	Ali-Sus	0,16	8950,35	2,96	3828,45	17952,26	1,59	1,56	1,87	

Apoyo nº	Tipo	Patas a flexión						Patas a compresión		Coeficiente de compresibilidad del terreno (daN/cm²)
		Volumen del vierte aguas (m³)	Peso macizo hormigón (daN)	Dimensión anchura de tierras de arrastre (m)	Volumen de las tierras (daN)	Rozamiento de las tierras (daN)	Coeficiente de seguridad a flexión	Superficie de la base (m²)	Coeficiente de compresibilidad (daN/cm²)	
10	Ali-Sus	0,18	9695,89	3,01	3933,62	18670,35	1,54	1,69	1,92	2
11	Ali-Sus	0,18	9695,89	3,01	3933,62	18670,35	1,54	1,69	1,92	
12	Ali-Sus	0,16	8781,74	2,92	3642,83	17196,46	1,55	1,56	1,90	
14	Ali-Sus	0,16	8950,35	2,96	3828,45	17952,26	1,56	1,56	1,95	
15	Ali-Sus	0,14	7924,91	2,84	3366,37	15798,64	1,59	1,44	1,89	
16	Ali-Sus	0,21	10472,46	3,06	4038,78	19388,44	1,57	1,82	1,88	
17	Ali-Ama	1,64	54673,14	4,92	12187,96	65318,58	1,55	7,29	1,95	
18	Ali-Ama	1,64	54673,14	4,92	12187,96	65318,58	1,55	7,29	1,95	

Apoyo nº	Tipo	Patas a flexión						Patas a compresión		Coeficiente de compresibilidad del terreno (daN/cm²)
		Volumen del vierte aguas (m³)	Peso macizo hormigón (daN)	Dimensión anchura de tierras de arrastre (m)	Volumen de las tierras (daN)	Rozamiento de las tierras (daN)	Coeficiente de seguridad a flexión	Superficie de la base (m²)	Coeficiente de compresibilidad (daN/cm²)	
20	Ali-Sus	0,21	10472,46	3,06	4038,78	19388,44	1,56	1,82	1,87	2
21	Ali-Ama	1,46	49847,23	4,78	11407,27	60854,00	1,56	6,76	1,92	
22	Ali-Sus	0,21	10472,46	3,06	4038,78	19388,44	1,57	1,82	1,88	
23	Ali-Sus	0,25	12346,10	3,20	4458,46	21720,20	1,56	2,10	1,88	
24	Ali-Sus	0,25	12346,10	3,20	4458,46	21720,20	1,56	2,10	1,88	
25	Ali-Sus	0,21	10472,46	3,06	4038,78	19388,44	1,57	1,82	1,88	
26	Ali-Sus	0,21	10472,46	3,06	4038,78	19388,44	1,57	1,82	1,88	
27	Ali-Sus	0,21	10472,46	3,06	4038,78	19388,44	1,57	1,82	1,88	

Apoyo nº	Tipo	Patas a flexión						Patas a compresión		Coeficiente de compresibilidad del terreno (daN/cm²)
		Volumen del vierte aguas (m³)	Peso macizo hormigón (daN)	Dimensión anchura de tierras de arrastre (m)	Volumen de las tierras (daN)	Rozamiento de las tierras (daN)	Coeficiente de seguridad a flexión	Superficie de la base (m²)	Coeficiente de compresibilidad (daN/cm²)	
28	Ali-Sus	0,23	11703,20	3,18	4559,60	21854,13	1,56	1,96	1,96	2
29	Ali-Sus	0,21	10472,46	3,06	4038,78	19388,44	1,57	1,82	1,88	
30	Ali-Ama	1,46	49847,23	4,78	11407,27	60854,00	1,51	6,76	1,96	
31	Ali-Ama	1,46	49847,23	4,78	11407,27	60854,00	1,51	6,76	1,96	
32	Ali-Sus	0,21	10472,46	3,06	4038,78	19388,44	1,57	1,82	1,88	
33	Ali-Ama	1,46	49847,23	4,78	11407,27	60854,00	1,51	6,76	1,96	
35	Ali-Ama	1,55	51846,01	4,83	11578,65	62024,27	1,53	7,02	1,93	
36	Ali-Ama	2,48	73800,91	5,36	14099,26	77474,43	1,50	9,61	1,93	

Apoyo nº	Tipo	Patas a flexión						Patas a compresión		Coeficiente de compresibilidad del terreno (daN/cm²)
		Volumen del vierte aguas (m³)	Peso macizo hormigón (daN)	Dimensión anchura de tierras de arrastre (m)	Volumen de las tierras (daN)	Rozamiento de las tierras (daN)	Coeficiente de seguridad a flexión	Superficie de la base (m²)	Coeficiente de compresibilidad (daN/cm²)	
37	Ali-Sus	0,21	10472,46	3,06	4038,78	19388,44	1,57	1,82	1,88	2
38	Ali-Ama	1,46	49117,75	4,75	10989,98	58842,44	1,51	6,76	1,92	
39	Ali-Sus	0,23	11703,20	3,18	4559,60	21854,13	1,56	1,96	1,96	
40	Ali-Sus	0,23	11703,20	3,18	4559,60	21854,13	1,56	1,96	1,96	
41	Ali-Ama	1,46	49117,75	4,75	10989,98	58842,44	1,51	6,76	1,92	
42	Ali-Sus	0,21	10472,46	3,06	4038,78	19388,44	1,57	1,82	1,88	
43	Ali-Anc	1,83	59785,02	5,06	13001,25	69976,90	1,57	7,84	1,96	
44	Ali-Sus	0,37	16966,08	3,51	5618,63	27902,15	1,57	2,72	1,89	

Apoyo nº	Tipo	Patas a flexión						Patas a compresión		Coeficiente de compresibilidad del terreno (daN/cm²)
		Volumen del vierte aguas (m³)	Peso macizo hormigón (daN)	Dimensión anchura de tierras de arrastre (m)	Volumen de las tierras (daN)	Rozamiento de las tierras (daN)	Coeficiente de seguridad a flexión	Superficie de la base (m²)	Coeficiente de compresibilidad (daN/cm²)	
45	Ali-Anc	1,23	43451,87	4,60	10492,82	55447,68	1,56	6,00	1,94	2
46	Ali-Sus	0,21	10472,46	3,06	4038,78	19388,44	1,57	1,82	1,88	
47	Ali-Ama	1,46	49117,75	4,75	10989,98	58842,44	1,51	6,76	1,92	
48	Ali-Anc	2,48	73800,91	5,36	14099,26	77474,43	1,51	9,61	1,93	
49	Ali-Sus	0,34	15930,39	3,46	5494,80	27056,63	1,56	2,56	1,93	
50	Ali-Ama	1,46	49847,23	4,78	11407,27	60854,00	1,51	6,76	1,96	
51	Ali-Sus	0,21	10472,46	3,06	4038,78	19388,44	1,57	1,82	1,88	
52	Ali-Ama	1,30	45974,16	4,68	11064,50	58513,46	1,57	6,25	1,94	

Apoyo nº	Tipo	Patas a flexión						Patas a compresión		Coeficiente de compresibilidad del terreno (daN/cm²)
		Volumen del vierte aguas (m³)	Peso macizo hormigón (daN)	Dimensión anchura de tierras de arrastre (m)	Volumen de las tierras (daN)	Rozamiento de las tierras (daN)	Coeficiente de seguridad a flexión	Superficie de la base (m²)	Coeficiente de compresibilidad (daN/cm²)	
53	Ali-Sus	0,34	15930,39	3,46	5494,80	27056,63	1,56	2,56	1,93	2
54	Ali-Anc	1,23	43451,87	4,60	10492,82	55447,68	1,56	6,00	1,94	
55	Ali-Sus	0,21	10472,46	3,06	4038,78	19388,44	1,57	1,82	1,88	
56	Ali-Ama	1,46	49847,23	4,78	11407,27	60854,00	1,51	6,76	1,96	
57	Ali-Sus	0,14	7924,91	2,84	3366,37	15798,64	1,59	1,44	1,89	
58	F.Línea	1,01	37009,71	4,37	9254,41	48583,73	1,54	5,29	1,96	

Apoyo nº	Tipo	Referencia del apoyo	Cimentación			
			Cuadrada sin cueva		Volúmenes	
			Lado macizo (m)	Alto macizo (m)	Excavación (m^3)	Hormigón (m^3)
1	P.Línea	CO-33000-27-N3C	2,25	2,80	56,700	61,763
3	Áng-Anc	Andel 132kV S211 DC40	2,60	3,05	82,472	89,232
4	Áng-Anc	Andel 132kV S309 DC40	2,45	2,90	69,629	75,632
5	Ali-Sus	Andel 132kV S202 DC50	1,35	2,35	17,132	18,954
6	Ali-Sus	Andel 132kV S202 DC50	1,35	2,35	17,132	18,954
7	Áng-Anc	Andel 132kV S309 DC30	2,35	2,90	64,061	69,584
8	Áng-Anc	Andel 132kV S309 DC40	2,35	2,90	64,061	69,584
9	Ali-Sus	Andel 132kV S202 DC40	1,25	2,35	14,688	16,250
10	Ali-Sus	Andel 132kV S202 DC50	1,30	2,35	15,886	17,576

Apoyo nº	Tipo	Referencia del apoyo	Cimentación			
			Cuadrada sin cueva		Volúmenes	
			Lado macizo (m)	Alto macizo (m)	Excavación (m^3)	Hormigón (m^3)
11	Ali-Sus	Andel 132kV S202 DC50	1,30	2,35	15,886	17,576
12	Ali-Sus	Andel 132kV S202 DC40	1,25	2,30	14,375	15,938
14	Ali-Sus	Andel 132kV S202 DC40	1,25	2,35	14,688	16,250
15	Ali-Sus	Andel 132kV S202 DC50	1,20	2,25	12,960	14,400
16	Ali-Sus	Andel 132kV S202 DC50	1,35	2,35	17,132	18,954
17	Ali-Ama	Andel 132kV S205 DC50	2,70	3,05	88,938	96,228
18	Ali-Ama	Andel 132kV S205 DC50	2,70	3,05	88,938	96,228
20	Ali-Sus	Andel 132kV S202 DC55	1,35	2,35	17,132	18,954

Apoyo nº	Tipo	Referencia del apoyo	Cimentación			
			Cuadrada sin cueva		Volúmenes	
			Lado macizo (m)	Alto macizo (m)	Excavación (m^3)	Hormigón (m^3)
21	Ali-Ama	Andel 132kV S202 DC55	2,60	3,00	81,120	87,880
22	Ali-Sus	Andel 132kV S202 DC50	1,35	2,35	17,132	18,954
23	Ali-Sus	Andel 132kV S204 DC50	1,45	2,40	20,184	22,287
24	Ali-Sus	Andel 132kV S204 DC50	1,45	2,40	20,184	22,287
25	Ali-Sus	Andel 132kV S202 DC50	1,35	2,35	17,132	18,954
26	Ali-Sus	Andel 132kV S202 DC50	1,35	2,35	17,132	18,954
27	Ali-Sus	Andel 132kV S202 DC50	1,35	2,35	17,132	18,954
28	Ali-Sus	Andel 132kV S202 DC50	1,40	2,45	19,208	21,168

Apoyo nº	Tipo	Referencia del apoyo	Cimentación			
			Cuadrada sin cueva		Volúmenes	
			Lado macizo (m)	Alto macizo (m)	Excavación (m^3)	Hormigón (m^3)
29	Ali-Sus	Andel 132kV S202 DC50	1,35	2,35	17,132	18,954
30	Ali-Ama	Andel 132kV S202 DC50	2,60	3,00	81,120	87,880
31	Ali-Ama	Andel 132kV S202 DC50	2,60	3,00	81,120	87,880
32	Ali-Sus	Andel 132kV S202 DC50	1,35	2,35	17,132	18,954
33	Ali-Ama	Andel 132kV S202 DC50	2,60	3,00	81,120	87,880
35	Ali-Ama	Andel 132kV S202 DC55	2,65	3,00	84,270	91,293
36	Ali-Ama	Andel 132kV S205 DC55	3,10	3,10	119,164	128,774
37	Ali-Sus	Andel 132kV S202 DC50	1,35	2,35	17,132	18,954

Apoyo nº	Tipo	Referencia del apoyo	Cimentación			
			Cuadrada sin cueva		Volúmenes	
			Lado macizo (m)	Alto macizo (m)	Excavación (m^3)	Hormigón (m^3)
38	Ali-Ama	Andel 132kV S202 DC40	2,60	2,95	79,768	86,528
39	Ali-Sus	Andel 132kV S202 DC50	1,40	2,45	19,208	21,168
40	Ali-Sus	Andel 132kV S202 DC50	1,40	2,45	19,208	21,168
41	Ali-Ama	Andel 132kV S202 DC40	2,60	2,95	79,768	86,528
42	Ali-Sus	Andel 132kV S202 DC50	1,35	2,35	17,132	18,954
43	Ali-Anc	Andel 132kV S210 DC50	2,80	3,10	97,216	105,056
44	Ali-Sus	Andel 132kV S205 DC50	1,65	2,55	27,770	30,492
45	Ali-Anc	Andel 132kV S210 DC50	2,45	2,95	70,830	76,832

Apoyo nº	Tipo	Referencia del apoyo	Cimentación			
			Cuadrada sin cueva		Volúmenes	
			Lado macizo (m)	Alto macizo (m)	Excavación (m^3)	Hormigón (m^3)
46	Ali-Sus	Andel 132kV S205 DC50	1,35	2,35	17,132	18,954
47	Ali-Ama	Andel 132kV S202 DC40	2,60	2,95	79,768	86,528
48	Ali-Anc	Andel 132kV S211 DC40	3,10	3,10	119,164	128,774
49	Ali-Sus	Andel 132kV S205 DC50	1,60	2,55	26,112	28,672
50	Ali-Ama	Andel 132kV S202 DC50	2,60	3,00	81,120	87,880
51	Ali-Sus	Andel 132kV S202 DC50	1,35	2,35	17,132	18,954
52	Ali-Ama	Andel 132kV S202 DC40	2,50	3,00	75,000	81,250
53	Ali-Sus	Andel 132kV S205 DC50	1,60	2,55	26,112	28,672

Apoyo nº	Tipo	Referencia del apoyo	Cimentación			
			Cuadrada sin cueva		Volúmenes	
			Lado macizo (m)	Alto macizo (m)	Excavación (m^3)	Hormigón (m^3)
54	Ali-Anc	Andel 132kV S210 DC50	2,45	2,95	70,830	76,832
55	Ali-Sus	Andel 132kV S202 DC50	1,35	2,35	17,132	18,954
56	Ali-Ama	Andel 132kV S202 DC50	2,60	3,00	81,120	87,880
57	Ali-Sus	Andel 132kV S202 DC50	1,20	2,25	12,960	14,400
58	F.Línea	CO-33000-30-N4C	2,30	2,85	60,306	65,596

4.8. Resultados eléctricos

Parámetros del conductor					Parámetros de la línea						
Tipo conductor	Sección conductor (mm^2)	Diámetro conductor (mm)	Permeabilidad magnética (H/m)	Coeficiente	Tensión (kV)	Frecuencia (Hz)	Potencia (kVA)	Cosφ	Longitud (km)	Número de circuitos	Número de conductores por fase
LA-180	181,6	17,5	1	0,916	132	50	75000	0,9	27,2652	2	1

Intensidad máxima		Constantes de la línea									
Densidad máxima de corriente (A/mm^2)	Intensidad (A)	Resistencia kilométrica (Ω/km)	Resistencia (Ω)	Autoinducción kilométrica (H/km)	Reactancia kilométrica (Ω/km)	Reactancia (Ω)	Conductancia (S)	Capacidad kilométrica (F/km)	Susceptancia (S)	Impedancia (Ω)	Admitancia (S)
2,3743	431,16780	0,194	5,2894	6,4277E-04	0,2019	5,5057	0	1,8039E-08	1,5452E-04	7,6349	1,5452E-04

A	B	C	D
0,999575+0,000409i	5,289449+5,505694i	-3,157244E-08+0,000154i	0,999575+0,000409i

V1 (V)	I1 (A)	V2 (V)	I2 (A)
78526,709094+900,288163i	295,166378-131,034472i	76210,235533	295,235933-142,989289i

Tensiones e intensidades				Caída de tensión		Potencias máximas				Pérdidas de potencia	
						Por intensidad máxima		Por caída de tensión			
Tensión V1 (kV)	Intensidad I1 (A)	Tensión V2 (kV)	Intensidad I2 (A)	ΔV (V)	%	Intensidad máxima (A)	Potencia máxima (kVA)	Caída de tensión (%)	Potencia máxima (kVA)	Pperdida (kW)	%
136,02	322,94	132,00	328,04	4021,19	3,05	431,17	98578,20	5,00	109502,56	1707,60	2,53

4.9. Tierras en los apoyos frecuentados

Apoyo nº	Tipo	Referencia del apoyo	Separación fases normalizada (m)	Longitud cruceta (m)	Altura cúpula (m)	Tipo de conductor		Sección conductor (mm^2)		Diámetro conductor (mm)	
						Fase	Tierra	Fase	Tierra	Fase	Tierra
1	P. Línea	CO-33000-27-N3C	3,3	3,2	4,3	LA-180	F.Ópti OPGW48	181,60	134,00	17,50	17,50
2	Ali-Sus	Andel 132kV S103 DC40	4,0	2,8	4,0						
3	Áng-Anc	Andel 132kV S211 DC40	4,0	2,8	4,0						
4	Áng-Anc	Andel 132kV S309 DC40	4,0	2,8	4,0						
5	Ali-Sus	Andel 132kV S202 DC50	5,0	2,8	4,0						
7	Áng-Anc	Andel 132kV S309 DC30	3,0	2,8	4,0						
8	Áng-Anc	Andel 132kV S309 DC40	4,0	2,8	4,0						
15	Ali-Sus	Andel 132kV S202 DC50	5,0	2,8	4,0						
45	Ali-Anc	Andel 132kV S210 DC50	5,0	2,8	4,0						
46	Ali-Sus	Andel 132kV S205 DC50	5,0	2,8	4,0						
48	Ali-Anc	Andel 132kV S211 DC40	4,0	2,8	4,0						
58	F. Línea	CO-33000-30-N4C	4,4	4,3	5,9						

Apoyo nº	Tipo	Resistencia kilométrica (Ω/km)		Número de conductores por fase	Tensión nominal de línea (kV)	Frecuencia de línea (Hz)	Pulsación corriente eléctrica (rad/s)	Permeabilidad absoluta del vacío (H/km)	Resistividad del terreno ($\Omega m^2/m$)	Profundidad equivalente de penetración (m)
		Fase	Tierra							
1	P. Línea	0,1962	0,0010	1	132	50	314,16	0,001257	300,00	1613,57
2	Ali-Sus									
3	Áng-Anc									
4	Áng-Anc									
5	Ali-Sus									
7	Áng-Anc									
8	Áng-Anc									
15	Ali-Sus									
45	Ali-Anc									
46	Ali-Sus									
48	Ali-Anc									
58	F. Línea									

Apoyo nº	Tipo	r_{eq} (m)	DMG (m)	d_{L1M1} (m)	d_{L1M2} (m)	d_{L1M3} (m)	d_{L2M1} (m)	d_{L2M2} (m)	d_{L2M3} (m)	d_{L3M1} (m)	d_{L3M2} (m)	d_{L3M3} (m)
1	P. Línea	0,0088	4,16	9,19	7,20	6,40	7,20	6,40	7,20	6,40	7,20	9,19
2	Ali-Sus		5,04	9,77	6,88	5,60	6,88	5,60	6,88	5,60	6,88	9,77
3	Áng-Anc		5,04	9,77	6,88	5,60	6,88	5,60	6,88	5,60	6,88	9,77
4	Áng-Anc		5,04	9,77	6,88	5,60	6,88	5,60	6,88	5,60	6,88	9,77
5	Ali-Sus		6,30	11,46	7,51	5,60	7,51	5,60	7,51	5,60	7,51	11,46
7	Áng-Anc		3,78	8,21	6,35	5,60	6,35	5,60	6,35	5,60	6,35	8,21
8	Áng-Anc		5,04	9,77	6,88	5,60	6,88	5,60	6,88	5,60	6,88	9,77
15	Ali-Sus		6,30	11,46	7,51	5,60	7,51	5,60	7,51	5,60	7,51	11,46
45	Ali-Anc		6,30	11,46	7,51	5,60	7,51	5,60	7,51	5,60	7,51	11,46
46	Ali-Sus		6,30	11,46	7,51	5,60	7,51	5,60	7,51	5,60	7,51	11,46
48	Ali-Anc		5,04	9,77	6,88	5,60	6,88	5,60	6,88	5,60	6,88	9,77
58	F. Línea		5,54	12,30	9,66	8,60	9,66	8,60	9,66	8,60	9,66	12,30

Apoyo nº	Tipo	d_{L1L2} (m)	d_{L1L3} (m)	d_{L2L3} (m)	d_{mL1M1} (m)	d_{mL1M2} (m)	d_{LM} (m)
1	P. Línea	7,43	7,67	7,43	8,15	6,92	7,31
2	Ali-Sus	7,13	7,39	7,13	8,11	6,42	6,94
3	Áng-Anc	7,13	7,39	7,13	8,11	6,42	6,94
4	Áng-Anc	7,13	7,39	7,13	8,11	6,42	6,94
5	Ali-Sus	7,76	8,01	7,76	9,03	6,81	7,48
7	Áng-Anc	6,56	6,78	6,56	7,23	6,09	6,45
8	Áng-Anc	7,13	7,39	7,13	8,11	6,42	6,94
15	Ali-Sus	7,76	8,01	7,76	9,03	6,81	7,48
45	Ali-Anc	7,76	8,01	7,76	9,03	6,81	7,48
46	Ali-Sus	7,76	8,01	7,76	9,03	6,81	7,48
48	Ali-Anc	7,13	7,39	7,13	8,11	6,42	6,94
58	F. Línea	9,97	10,29	9,97	10,92	9,29	9,81

Apoyo nº	Tipo	Impedancia de cortocircuito de secuencia directa por unidad de longitud $Z'_{(1)}$ (Ω/km)	Impedancia de cortocircuito de secuencia inversa por unidad de longitud $Z'_{(2)}$ (Ω/km)	Impedancia de cortocircuito de secuencia homopolar de un circuito sin hilo de tierra por unidad de longitud $Z'_{(0)}$ (Ω/km)
1	P. Línea	0,1962+0,392749i	0,1962+0,392749i	0,344244+0,005144i
2	Ali-Sus	0,1962+0,400412i	0,1962+0,400412i	0,344244+0,005106i
3	Áng-Anc	0,1962+0,400412i	0,1962+0,400412i	0,344244+0,005106i
4	Áng-Anc	0,1962+0,400412i	0,1962+0,400412i	0,344244+0,005106i
5	Ali-Sus	0,1962+0,411368i	0,1962+0,411368i	0,344244+0,005061i
7	Áng-Anc	0,1962+0,386267i	0,1962+0,386267i	0,344244+0,005164i
8	Áng-Anc	0,1962+0,400412i	0,1962+0,400412i	0,344244+0,005106i
15	Ali-Sus	0,1962+0,411368i	0,1962+0,411368i	0,344244+0,005061i
45	Ali-Anc	0,1962+0,411368i	0,1962+0,411368i	0,344244+0,005061i
46	Ali-Sus	0,1962+0,411368i	0,1962+0,411368i	0,344244+0,005061i
48	Ali-Anc	0,1962+0,400412i	0,1962+0,400412i	0,344244+0,005104i
58	F. Línea	0,1962+0,410924i	0,1962+0,410924i	0,344244+0,005087i

Apoyo nº	Tipo	d_{QL1} (m)	d_{QL2} (m)	d_{QL3} (m)	d_{QL} (m)	Impedancia mutua entre el hilo de tierra y los conductores de fase Z'_{QLE} (Ω/km)	Impedancia mutua entre los conductores de fase de ambos circuitos Z'_{LME} (Ω/km)	Impedancia propia del hilo de tierra Z'_{QQE} (Ω/km)	Impedancia de cortocircuito de secuencia homopolar con un hilo de tierra por unidad de longitud $Z'_{(0)Q}$ (Ω/km)
1	P. Línea	5,36	8,25	11,36	7,95	0,049348+0,333842i	0,049348-0,035450i	0,050348+0,343511i	0,202101-2,047874i
2	Ali-Sus	4,88	8,48	12,32	7,99	0,049348+0,333518i	0,049348-0,020144i		0,202106-1,998211i
3	Áng-Anc	4,88	8,48	12,32	7,99	0,049348+0,333518i	0,049348-0,020144i		0,202106-1,998211i
4	Áng-Anc	4,88	8,48	12,32	7,99	0,049348+0,333518i	0,049348-0,020144i		0,202106-1,998211i
5	Ali-Sus	4,88	9,43	14,28	8,69	0,049348+0,328209i	0,049348-0,010789i		0,202261-1,908813i
7	Áng-Anc	4,88	7,54	10,38	7,26	0,049348+0,339553i	0,049348-0,033560i		0,202101-2,109361i
8	Áng-Anc	4,88	8,48	12,32	7,99	0,049348+0,333518i	0,049348-0,020144i		0,202106-1,998211i
15	Ali-Sus	4,88	9,43	14,28	8,69	0,049348+0,328209i	0,049348-0,010789i		0,202261-1,908813i
45	Ali-Anc	4,88	9,43	14,28	8,69	0,049348+0,328209i	0,049348-0,010789i		0,202261-1,908813i
46	Ali-Sus	4,88	9,43	14,28	8,69	0,049348+0,328209i	0,049348-0,010789i		0,202261-1,908813i
48	Ali-Anc	4,88	8,48	12,32	7,99	0,049348+0,333518i	0,049348-0,020144i		0,202106-1,998211i
58	F. Línea	7,30	11,16	15,32	10,77	0,049348+0,314772i	0,049348-0,035838i		0,203285-1,832877i

Apoyo nº	Tipo	Longitud de la línea (km)	Longitud subestación A al punto de fallo (km)	Longitud subestación B al punto de fallo (km)	Subestación A					
					$Z_{(1)A}$ (Ω)	$Z_{(2)A}$ (Ω)	$Z_{(0)A}$ (Ω)	$Z'_{(1)AF}$ (Ω/km)	$Z'_{(2)AF}$ (Ω/km)	$Z'_{(0)AF}$ (Ω/km)
1	P. Línea	27,2652	0,02000	27,2452	0,174+3,444i	0,174+3,444i	2,008+4,224i	0,1962+0,392749i	0,1962+0,392749i	0,344244+0,005144i
2	Ali-Sus		0,33084	26,9344				0,1962+0,400412i	0,1962+0,400412i	0,344244+0,005106i
3	Áng-Anc		0,65528	26,6099				0,1962+0,400412i	0,1962+0,400412i	0,344244+0,005106i
4	Áng-Anc		0,88796	26,3772				0,1962+0,400412i	0,1962+0,400412i	0,344244+0,005106i
5	Ali-Sus		1,32739	25,9378				0,1962+0,411368i	0,1962+0,411368i	0,344244+0,005061i
7	Áng-Anc		2,11125	25,1540				0,1962+0,386267i	0,1962+0,386267i	0,344244+0,005164i
8	Áng-Anc		2,23415	25,0311				0,1962+0,400412i	0,1962+0,400412i	0,344244+0,005106i
15	Ali-Sus		5,20742	22,0578				0,1962+0,411368i	0,1962+0,411368i	0,344244+0,005061i
45	Ali-Anc		20,74666	6,5185				0,1962+0,411368i	0,1962+0,411368i	0,344244+0,005061i
46	Ali-Sus		21,36289	5,9023				0,1962+0,411368i	0,1962+0,411368i	0,344244+0,005061i
48	Ali-Anc		22,18838	5,0768				0,1962+0,400412i	0,1962+0,400412i	0,344244+0,005106i
58	F. Línea		27,262	0,0032				0,1962+0,410924i	0,1962+0,410924i	0,344244+0,005087i

Apoyo nº	Tipo	Longitud de la línea (km)	Longitud subestación A al punto de fallo (km)	Longitud subestación B al punto de fallo (km)	Subestación B					
					$Z_{(1)B}$ (Ω)	$Z_{(2)B}$ (Ω)	$Z_{(0)B}$ (Ω)	$Z'_{(1)BF}$ (Ω/km)	$Z'_{(2)BF}$ (Ω/km)	$Z'_{(0)BF}$ (Ω/km)
1	P. Línea	27,2652	0,02000	27,2452	0,079+7,298i	0,079+7,298i	2,706+3,254i	0,1962+0,392749i	0,1962+0,392749i	0,344244+0,005144i
2	Ali-Sus		0,33084	26,9344				0,1962+0,400412i	0,1962+0,400412i	0,344244+0,005106i
3	Áng-Anc		0,65528	26,6099				0,1962+0,400412i	0,1962+0,400412i	0,344244+0,005106i
4	Áng-Anc		0,88796	26,3772				0,1962+0,400412i	0,1962+0,400412i	0,344244+0,005106i
5	Ali-Sus		1,32739	25,9378				0,1962+0,411368i	0,1962+0,411368i	0,344244+0,005061i
7	Áng-Anc		2,11125	25,1540				0,1962+0,386267i	0,1962+0,386267i	0,344244+0,005164i
8	Áng-Anc		2,23415	25,0311				0,1962+0,400412i	0,1962+0,400412i	0,344244+0,005106i
15	Ali-Sus		5,20742	22,0578				0,1962+0,411368i	0,1962+0,411368i	0,344244+0,005061i
45	Ali-Anc		20,74666	6,5185				0,1962+0,411368i	0,1962+0,411368i	0,344244+0,005061i
46	Ali-Sus		21,36289	5,9023				0,1962+0,411368i	0,1962+0,411368i	0,344244+0,005061i
48	Ali-Anc		22,18838	5,0768				0,1962+0,400412i	0,1962+0,400412i	0,344244+0,005106i
58	F. Línea		27,262	0,0032				0,1962+0,410924i	0,1962+0,410924i	0,344244+0,005087i

Apoyo nº	Tipo	$Z_{(1)A} + Z'_{(1)AF} * L_{AF}$ (Ω)	$Z_{(2)A} + Z'_{(2)AF} * L_{AF}$ (Ω)	$Z_{(0)A} + Z'_{(0)AF} * L_{AF}$ (Ω)	$Z_{(1)B} + Z'_{(1)BF} * L_{BF}$ (Ω)	$Z_{(2)B} + Z'_{(2)BF} * L_{BF}$ (Ω)	$Z_{(0)B} + Z'_{(0)BF} * L_{BF}$ (Ω)
1	P. Línea	0,177924+3,451855i	0,177924+3,451855i	2,0148849+4,224103i	5,424508+17,998527i	5,424508+17,998527i	12,084998+3,394162i
2	Ali-Sus	0,238911+3,576472i	0,238911+3,576472i	2,121890+4,225689i	5,363521+18,082835i	5,363521+18,082835i	11,977994+3,391527i
3	Áng-Anc	0,302566+3,706382i	0,302566+3,706382i	2,2335763+4,227346i	5,299866+17,952925i	5,299866+17,952925i	11,866307+3,389870i
4	Áng-Anc	0,348218+3,799550i	0,348218+3,799550i	2,3136750+4,228534i	5,254214+17,859757i	5,254214+17,859757i	11,786208+3,388682i
5	Ali-Sus	0,434434+3,990046i	0,434434+3,990046i	2,464946+4,230718i	5,167998+17,9679896i	5,167998+17,9679896i	11,634937+3,385281i
7	Áng-Anc	0,588227+4,259506i	0,588227+4,259506i	2,734785+4,234902i	5,014205+17,014133i	5,014205+17,014133i	11,365098+3,383883i
8	Áng-Anc	0,612340+4,338580i	0,612340+4,338580i	2,777093+4,235408i	4,990092+17,320727i	4,990092+17,320727i	11,322790+3,381808i
15	Ali-Sus	1,195696+5,586167i	1,195696+5,586167i	3,800623+4,250357i	4,406736+16,371869i	4,406736+16,371869i	10,299260+3,365642i
45	Ali-Anc	4,244495+11,978516i	4,244495+11,978516i	9,149915+4,329006i	1,357938+9,979520i	1,357938+9,979520i	4,949969+3,286993i
46	Ali-Sus	4,36540+12,232013i	4,36540+12,232013i	9,362048+4,332125i	1,237033+9,726023i	1,237033+9,726023i	4,737835+3,283874i
48	Ali-Anc	4,527360+12,328489i	4,527360+12,328489i	9,646218+4,337294i	1,075072+9,330818i	1,075072+9,330818i	4,453665+3,279922i
58	F. Línea	5,522804+14,646609i	5,522804+14,646609i	11,392782+4,362680i	0,079628+7,299315i	0,079628+7,299315i	2,707102+3,254016i

Apoyo nº	Tipo	Impedancia de cortocircuito de secuencia directa $Z_{(1)}$ (Ω)	Impedancia de cortocircuito de secuencia inversa $Z_{(2)}$ (Ω)	Impedancia de cortocircuito de secuencia homopolar $Z_{(0)}$ (Ω)
1	P. Línea	0,259773+2,919226i	0,259773+2,919226i	2,266645+2,880819i
2	Ali-Sus	0,307496+3,006286i	0,307496+3,006286i	2,323158+2,845110i
3	Áng-Anc	0,358250+3,090769i	0,358250+3,090769i	2,380693+2,808552i
4	Áng-Anc	0,393945+3,150446i	0,393945+3,150446i	2,421099+2,782765i
5	Ali-Sus	0,457823+3,279568i	0,457823+3,279568i	2,495538+2,734963i
7	Áng-Anc	0,573978+3,419160i	0,573978+3,419160i	2,621664+2,653240i
8	Áng-Anc	0,588907+3,480769i	0,588907+3,480769i	2,640824+2,640625i
15	Ali-Sus	0,949338+4,167289i	0,949338+4,167289i	3,041288+2,369142i
45	Ali-Anc	1,265420+5,504386i	1,265420+5,504386i	3,232861+1,906589i
46	Ali-Sus	1,223440+5,484231i	1,223440+5,484231i	3,174669+1,921321i
48	Ali-Anc	1,168484+5,388630i	1,168484+5,388630i	3,088834+1,945220i
58	F. Línea	0,611685+5,0076441i	0,611685+5,0076441i	2,363588+2,190074i

Apoyo nº	Tipo	Tipo de cimentación	Cimentación cuadrada sin cueva		Altura (m)	Longitud base apoyo (m)	Resistividad del terreno (Ωm²/m)
			Lado macizo (m)	Alto macizo (m)			
1	P. Línea	Fraccionada	2,25	2,80	27	6,40	300
2	Ali-Sus	Monobloque	2,00	3,10	21	1,84	
3	Áng-Anc	Fraccionada	2,60	3,05	18	3,53	
4	Áng-Anc	Fraccionada	2,45	2,90	24	4,98	
5	Ali-Sus	Fraccionada	1,35	2,35	35	5,83	
7	Áng-Anc	Fraccionada	2,35	2,90	21	4,54	
8	Áng-Anc	Fraccionada	2,35	2,90	18	4,11	
15	Ali-Sus	Fraccionada	1,20	2,25	35	5,83	
45	Ali-Anc	Fraccionada	2,45	2,95	31	5,29	
46	Ali-Sus	Fraccionada	1,35	2,35	35	5,83	
48	Ali-Anc	Fraccionada	3,10	3,10	31	5,29	
58	F. Línea	Fraccionada	2,30	2,85	30	6,95	

Apoyo nº	Tipo	Configuración de partida de puesta a tierra	Lado puesta a tierra (m)	Profundidad puesta a tierra (m)	Longitud de la pica (m)	Resistencia K_r (Ω/Ω*m)	Tensión de paso K_p (V/(Ω*m)*A)	Tensión de contacto $K_c = K_{pacc}$ (V/(Ω*m)*A)
1	P. Línea	60-60/5/42	6	0,5	2	0,071	0,0154	0,0337
2	Ali-Sus	40-40/5/42	4	0,5	2	0,092	0,0210	0,0461
3	Áng-Anc	40-40/5/42	4	0,5	2	0,092	0,0210	0,0461
4	Áng-Anc	50-50/5/42	5	0,5	2	0,080	0,0177	0,0390
5	Ali-Sus	60-60/5/42	6	0,5	2	0,071	0,0154	0,0337
7	Áng-Anc	50-50/5/42	5	0,5	2	0,080	0,0177	0,0390
8	Áng-Anc	50-50/5/42	5	0,5	2	0,080	0,0177	0,0390
15	Ali-Sus	60-60/5/42	6	0,5	2	0,071	0,0154	0,0337
45	Ali-Anc	60-60/5/42	6	0,5	2	0,071	0,0154	0,0337
46	Ali-Sus	60-60/5/42	6	0,5	2	0,071	0,0154	0,0337
48	Ali-Anc	60-60/5/42	6	0,5	2	0,071	0,0154	0,0337
58	F. Línea	60-60/5/42	6	0,5	2	0,071	0,0154	0,0337

Apoyo nº	Tipo	Resistencia puesta a tierra R_t (Ω)	Intensidad de defecto I_d (kA)	Duración de la corriente de falta (s)	Tensión de contacto aplicada U_{ca} (V)	Tensión de paso aplicada U_{pa} (V)	Resistencia equivalente del calzado R_{a1} (Ω)	Resistencia a tierra en punto de contacto R_{a2} (Ω)
1	P. Línea	21,30	27,475	0,5	204	2040	2000	450
2	Ali-Sus	27,60	26,949					
3	Áng-Anc	27,60	26,449					
4	Áng-Anc	24,00	26,105					
5	Ali-Sus	21,30	25,403					
7	Áng-Anc	24,00	24,626					
8	Áng-Anc	24,00	24,337					
15	Ali-Sus	21,30	21,334					
45	Ali-Anc	21,30	17,782					
46	Ali-Sus	21,30	17,884					
48	Ali-Anc	21,30	18,183					
58	F. Línea	21,30	19,769					

Apoyo nº	Tipo	Tensión de contacto calculado U'_c (V)	Tensión de contacto máxima reglamento U_c (V)	Resultado	Tensión de paso calculado U'_p (V)	Tensión de paso máxima admisible U_p (V)	Resultado	Tensión máxima de acceso U'_{pacc} (V)	Tensión máxima de acceso admisible U_{pacc} (V)	Resultado	Medida correctora
1	P. Línea	277770,462	499,8	NO CUMPLE	126933,68	13872	NO CUMPLE	277770,462	17034	NO CUMPLE	MALLAZO ELECTROSOLDADO
2	Ali-Sus	372702,309		NO CUMPLE	169777,62		NO CUMPLE	372702,309		NO CUMPLE	MALLAZO ELECTROSOLDADO
3	Áng-Anc	365789,136		NO CUMPLE	166628,46		NO CUMPLE	365789,136		NO CUMPLE	MALLAZO ELECTROSOLDADO
4	Áng-Anc	305432,14		NO CUMPLE	138619,20		NO CUMPLE	305432,14		NO CUMPLE	MALLAZO ELECTROSOLDADO
5	Ali-Sus	256820,026		NO CUMPLE	117359,89		NO CUMPLE	256820,026		NO CUMPLE	MALLAZO ELECTROSOLDADO
7	Áng-Anc	288118,727		NO CUMPLE	130761,58		NO CUMPLE	288118,727		NO CUMPLE	MALLAZO ELECTROSOLDADO
8	Áng-Anc	284748,207		NO CUMPLE	129231,88		NO CUMPLE	284748,207		NO CUMPLE	MALLAZO ELECTROSOLDADO
15	Ali-Sus	215681,77		NO CUMPLE	98560,81		NO CUMPLE	215681,77		NO CUMPLE	MALLAZO ELECTROSOLDADO
45	Ali-Anc	179777,064		NO CUMPLE	82153,32		NO CUMPLE	179777,064		NO CUMPLE	MALLAZO ELECTROSOLDADO
46	Ali-Sus	180809,818		NO CUMPLE	82625,26		NO CUMPLE	180809,818		NO CUMPLE	MALLAZO ELECTROSOLDADO
48	Ali-Anc	183831,502		NO CUMPLE	84006,09		NO CUMPLE	183831,502		NO CUMPLE	MALLAZO ELECTROSOLDADO
58	F. Línea	199866,203		NO CUMPLE	91333,52		NO CUMPLE	199866,203		NO CUMPLE	MALLAZO ELECTROSOLDADO

ANEXO 2: CÁLCULOS DE LA LÍNEA SUBTERRÁNEA

1. Cálculo eléctrico del conductor subterráneo

1.1. Intensidad de la línea

Al igual que con el conductor aéreo de la línea, la intensidad que circulará por el conductor subterráneo, considerando el caso más desfavorable, se calculará con la siguiente expresión:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U}$$

En donde:

- I: Intensidad de la línea (A)
- S: Potencia a transportar (KVA)
- U: Tensión de la línea (kV)

1.2. Intensidad máxima admisible en servicio de régimen permanente

Las intensidades máximas admisibles en servicio permanente dependen, en cada caso, de la temperatura máxima que el aislante pueda soportar, sin alterar sus propiedades eléctricas, mecánicas o químicas. Esta temperatura es función del tipo de aislamiento y del régimen de carga.

Las temperaturas máximas admisibles de los conductores, en servicio permanente y en cortocircuito, para cada tipo de aislamiento se especifican en la tabla 5 de la ITC-LAT 06.

El cálculo de la intensidad máxima admisible en servicio se realizará según la norma UNE 21144, "Cálculo de la intensidad admisible en los cables aislados en régimen permanente". En este apartado se detallan las fórmulas y el método a utilizar.

La intensidad admisible en un cable para corriente alterna puede deducirse de la expresión que da el calentamiento del conductor por encima de la temperatura ambiente:

$$\Delta\theta = \left(I^2 \cdot R + \frac{1}{2} \cdot W_d\right) \cdot T_1 + (I^2 \cdot R \cdot (1 + \lambda_1) \cdot W_d) \cdot n \cdot T_2 + (I^2 \cdot R \cdot (1 + \lambda_1 + \lambda_2) \cdot W_d) \cdot n \cdot (T_3 + T_4)$$

La intensidad máxima admisible se obtiene, una vez obtenida la fórmula anterior, como se indica seguidamente:

$$I = \sqrt{\frac{\Delta\theta - W_d \cdot [0{,}5 \cdot T_1 + n \cdot (T_2 + T_3 + T_4)]}{R \cdot \left[T_1 + n \cdot \left((1 + \lambda_1) \cdot T_2 + (1 + \lambda_1 + \lambda_2) \cdot (T_3 + T_4)\right)\right]}}$$

En donde:

- I: Intensidad de la corriente que circula en un conductor (A)
- $\Delta\theta$: Calentamiento del conductor respecto a la temperatura ambiente (K)
- W_d: Pérdidas dieléctricas, por unidad de longitud, del aislamiento que rodea al conductor (W/m)
- T_1: Resistencia térmica, por unidad de longitud, entre el conductor y la envolvente (K*m/W)
- T_2: Resistencia térmica, por unidad de longitud, del relleno de asiento entre la envolvente y la armadura (K*m/W). En nuestro caso, al ser un cable no armado, el valor es 0
- T_3: Resistencia térmica, por unidad de longitud, del revestimiento exterior del cable (K*m/W)
- T_4: Resistencia térmica, por unidad de longitud, entre la superficie del cable y el medio circundante (K*m/W)
- R: Resistencia del conductor bajo los efectos de la corriente alterna, por unidad de longitud, a su temperatura máxima de servicio (Ω/m)
- n: Número de conductores aislados en servicio en el cable (conductores de la misma sección y transportando la misma carga)
- λ_1: Relación de las pérdidas en la cubierta metálica o pantalla con respecto a las pérdidas totales en todos los conductores de ese cable
- λ_1: Relación de las pérdidas en la armadura respecto a las pérdidas totales en todos los conductores de ese cable

1.2.1. Resistencia del conductor en corriente alterna

La resistencia del conductor, por unidad de longitud, en corriente alterna y a la temperatura máxima de servicio, viene dada por la fórmula siguiente:

$$R = R' \cdot (1 + \gamma_s + \gamma_p)$$

En donde:

- R: Resistencia del conductor con corriente alterna a la temperatura máxima de servicio (Ω/m)
- R': Resistencia del conductor con corriente continua a la temperatura máxima de servicio (Ω/m)
- γ_s: Factor pelicular
- γ_s: Factor de efecto de proximidad

La resistencia del conductor en corriente continua, por unidad de longitud, a su temperatura máxima de servicio, viene dada por:

$$R' = R_0 \cdot [1 + \alpha_{20} \cdot (\theta - 20)]$$

En donde:

- R_0: Resistencia del conductor con corriente continua a 20ºC (Ω)
- α_{20}: Coeficiente de variación a 20ºC de la resistividad en función de la temperatura, por Kelvin. Para conductores de aluminio se utilizará el valor de 4,03 x 10^{-3} y para conductores de cobre se utilizará el valor de 3,93 x 10^{-3}
- θ: Temperatura máxima de servicio (ºC). Se tomarán como temperaturas máximas de servicio los valores de 90ºC para el conductor y 80ºC para la pantalla.

El factor de efecto pelicular viene dado por:

$$\gamma_s = \frac{{\chi_s}^4}{192 + 0{,}8 \cdot {\chi_s}^4}$$

donde:

$${\chi_s}^2 = \frac{8\pi \cdot f}{R'} \cdot 10^{-7} \cdot K_s$$

En donde:

- γ_s: Factor pelicular
- f: Frecuencia de la intensidad de alimentación (Hz)
- R': Resistencia del conductor con corriente continua a la temperatura máxima de servicio (Ω/m)
- K_s: Es un factor y se tomará el valor indicado en la norma UNE 21144-1-1

El factor de efecto proximidad viene dado por:

$$\gamma_p = \frac{{\chi_p}^4}{192 + 0{,}8 \cdot {\chi_p}^4} \cdot \left(\frac{d_c}{s}\right)^2 \cdot \left(0{,}312 \cdot \left(\frac{d_c}{s}\right)^2 + \frac{1{,}18}{\frac{{\chi_p}^4}{192 + 0{,}8 \cdot {\chi_p}^4} + 0{,}27} \right)$$

donde:

$${\chi_p}^2 = \frac{8\pi \cdot f}{R'} \cdot 10^{-7} \cdot K_p$$

En donde:

- γ_p: Factor de efecto de proximidad
- f: Frecuencia de la intensidad de alimentación (Hz)
- R': Resistencia del conductor con corriente continua a la temperatura máxima de servicio (Ω/m)

- K_p: Es un factor y se tomará el valor indicado en la norma UNE 21144-1-1
- d_c: Diámetro del conductor (mm)
- s: Distancia entre ejes de los conductores (mm)

✓ ***EJEMPLO:***

La Compañía Suministradora tiene normalizados dos secciones de conductores, que son de 630 mm² y 1200 mm². Para la selección del conductor subterráneo optaremos por de menor sección y en el caso de que no cumpla con las especificaciones planteadas se realizarán los cálculos con el de mayor sección.

Necesitaremos para el cálculo:

Diámetro del conductor (mm)	Tª servicio del conductor (ºC)	Resistividad del aluminio a 20ºC (Ω*mm²/m)	Coeficiente de Tª del aluminio a 20ºC	Resistencia conductor con c.c. a 20ºC (Ω/m)	Distancia entre ejes conductos (mm)
30,6	90	0,0286	4,03E-03	4,5351E-05	600

Calculamos la resistencia del conductor con corriente continua a la temperatura máxima de servicio:

$$R' = 4{,}5351 \cdot 10^{-5} \cdot [1 + 4{,}03 \cdot 10^{-3} \cdot (90 - 20)] = 5{,}8145 \cdot 10^{-5}\ \Omega/m$$

A continuación el factor de efecto pelicular:

$$\chi_s{}^2 = \frac{8\pi \cdot 50}{5{,}8145 \cdot 10^{-5}} \cdot 10^{-7} \cdot 1 = 2{,}1612$$

$$\gamma_s = \frac{2{,}1612^2}{192 + 0{,}8 \cdot 2{,}1612^2} = 0{,}0239$$

Y el factor de efecto de proximidad:

$$\chi_p{}^2 = \frac{8\pi \cdot 50}{5{,}8145 \cdot 10^{-5}} \cdot 10^{-7} \cdot 1 = 2{,}1612$$

$$\gamma_p = \frac{2{,}1612^2}{192 + 0{,}8 \cdot 2{,}1612^2} \cdot \left(\frac{30{,}6}{600}\right)^2 \cdot \left(0{,}312 \cdot \left(\frac{30{,}6}{600}\right)^2 + \frac{1{,}18}{\frac{2{,}1612^2}{192 + 0{,}8 \cdot 2{,}1612^2} + 0{,}27}\right) =$$

$$= 2{,}49 \cdot 10^{-4}$$

Por lo que la resistencia del conductor será:

$$R = 5{,}8145 \cdot 10^{-5} \cdot (1 + 0{,}0239 + 2{,}49 \cdot 10^{-4}) = 5{,}9547 \cdot 10^{-5}\ \Omega/m$$

1.2.2. Resistencia de la pantalla en corriente alterna

La resistencia de la pantalla en corriente alterna, se calculará igual que para el conductor. La distancia entre ejes de los conductores será la misma que en el apartado anterior.

✓ ***EJEMPLO:***

Necesitaremos para el cálculo:

Diámetro de la pantalla (mm)	Tª servicio de la pantalla (ºC)	Resistividad del cobre a 20ºC (Ω*mm²/m)	Coeficiente de Tª del cobre a 20ºC	Resistencia pantalla con c.c. a 20ºC (Ω/m)	Distancia entre ejes conductos (mm)
12,36	80	0,0172	3,93E-03	1,4368E-04	600

Calculamos la resistencia de la pantalla con corriente continua a la temperatura máxima de servicio:

$$R' = 1{,}4368 \cdot 10^{-4} \cdot [1 + 3{,}93 \cdot 10^{-3} \cdot (80 - 20)] = 1{,}7756 \cdot 10^{-4}\ \Omega/m$$

A continuación el factor de efecto pelicular:

$$\chi_s{}^2 = \frac{8\pi \cdot 50}{1{,}7756 \cdot 10^{-4}} \cdot 10^{-7} \cdot 1 = 0{,}7077$$

$$\gamma_s = \frac{0{,}7077^2}{192 + 0{,}8 \cdot 0{,}7077^2} = 2{,}6034 \cdot 10^{-3}$$

Y el factor de efecto de proximidad:

$$\chi_p{}^2 = \frac{8\pi \cdot 50}{1{,}7756 \cdot 10^{-4}} \cdot 10^{-7} \cdot 1 = 0{,}7077$$

$$\gamma_p = \frac{0{,}7077^2}{192 + 0{,}8 \cdot 0{,}7077^2} \cdot \left(\frac{12{,}36}{600}\right)^2 \cdot \left(0{,}312 \cdot \left(\frac{12{,}36}{600}\right)^2 + \frac{1{,}18}{\frac{0{,}7077^2}{192 + 0{,}8 \cdot 0{,}7077^2} + 0{,}27}\right) =$$

$$= 4{,}7829 \cdot 10^{-6}$$

Por lo que la resistencia de la pantalla será:

$$R = 1{,}7756 \cdot 10^{-4} \cdot (1 + 2{,}6034 \cdot 10^{-3} + 4{,}7829 \cdot 10^{-6}) = 1{,}7802 \cdot 10^{-4}\ \Omega/m$$

1.2.3. Pérdidas dieléctricas

Al ser un cable de corriente alterna, se han de calcular las pérdidas dieléctricas. Las pérdidas dieléctricas, por unidad de longitud y en cada fase, vienen dadas por:

$$W_d = \omega \cdot C \cdot {U_0}^2 \cdot \tan\delta$$

En donde:

- ω: Pulsación de la corriente eléctrica (rad/s)
- U_0: Tensión con relación a tierra (V)
- tanδ: Factor de pérdidas del aislamiento a la frecuencia y a la temperatura de servicio. Se tomará el valor de 0,001.
- C: Capacidad por unidad de longitud (F/m)

  La capacidad para los conductores de sección circular, se puede obtener como dato aportado por el fabricante o calcularlo con la siguiente expresión:

$$C = \frac{\varepsilon}{18 \cdot \ln\left(\frac{D_i}{d_c}\right)} \cdot 10^{-9}$$

  En donde:

  - ε: Permitividad relativa del material aislante. Se tomará el valor de 2,5
  - D_i: Diámetro exterior del aislamiento (con exclusión de la pantalla semiconductora) (mm)
  - d_c: Diámetro del conductor, incluida la capa semiconductora interna (mm)

✓ ***EJEMPLO:***

Necesitaremos para el cálculo:

Capacidad del conductor (μF/km)	Pulsación corriente eléctrica (rad/s)	Factor de pérdidas del aislamiento
0,20	314,16	0,001

Las pérdidas dieléctricas del conductor serán:

$$W_d = 314{,}16 \cdot 0{,}2 \cdot 10^{-9} \cdot \left(\frac{132000}{\sqrt{3}}\right)^2 \cdot 0{,}001 = 0{,}3649\ W/m$$

1.2.4. Factor de pérdidas en la pantalla

Las pérdidas originadas en las pantallas son debidas a las corrientes de circulación y a las corrientes de Foucault:

$$\lambda_1 = \lambda'_1 + \lambda''_1$$

En donde:

- λ_1: Relación de las pérdidas en la cubierta metálica o pantalla con respecto a las pérdidas totales en todos los conductores de ese cable.
- λ'_1: Relación de las pérdidas en la cubierta metálica o pantalla con respecto a la corriente de circulación.
- λ''_1: Relación de las pérdidas en la cubierta metálica o pantalla con respecto a la corriente de Foucault.

Las pérdidas dependerán de la configuración de conexión de las pantallas. Existen tres tipos de conexión:

- *Conexión rígida a tierra (solid bonding):* En este tipo de conexión, las pantallas de los cables están conectadas a tierra en ambos extremos, formando un circuito cerrado y ligado electro-magnéticamente con el circuito formado por los conductores.

- *Conexión a tierra en un solo punto (single point):* En este tipo de conexión, las pantallas están conectadas a tierra en un extremo de la línea. En el resto de puntos, las pantallas están aisladas de tierra.
- *Cruzamiento de pantallas (cross bonding):* Consiste esencialmente en la distribución de las pantallas de cable en secciones elementales, llamadas secciones menores, y cruzando las pantallas de tal manera que se neutralice la totalidad del voltaje inducido en tres secciones consecutivas. Tres secciones menores juntas conforman una sección mayor.

Recordamos que en la memoria del proyecto, en el apartado 6.3., se ha optado por una conexión de las pantallas rígida a tierra (solid bonding).

Para cables unipolares dispuestos en tresbolillo con las pantallas en cortocircuito en ambas extremidades del circuito, el factor de pérdidas viene dado por:

$$\lambda_1 = \lambda'_1$$

La relación de las pérdidas en la cubierta metálica o pantalla con respecto a la corriente de circulación viene dado por:

$$\lambda'_1 = \frac{R_S}{R'} \cdot \frac{1}{1 + \left(\frac{R_S}{X'}\right)^2}$$

En donde:

- λ'_1: Relación de las pérdidas en la cubierta metálica o pantalla con respecto a la corriente de circulación.
- R_S: Resistencia de la pantalla metálica en corriente alterna, por unidad de longitud, a su temperatura máxima de servicio (Ω/m)
- R': Resistencia de la pantalla con corriente continua, por unidad de longitud, a la temperatura máxima de servicio (Ω/m)
- X': Reactancia de la pantalla con corriente continua, por unidad de longitud, a la temperatura máxima de servicio (Ω/m):

$$X' = 2 \cdot \omega \cdot 10^{-7} \cdot \ln\left(\frac{2 \cdot s}{d}\right)$$

En donde:

- X': Reactancia de la pantalla con corriente continua, por unidad de longitud, a la temperatura máxima de servicio (Ω/m)
- ω: Pulsación de la corriente eléctrica (rad/s)
- s: Distancia entre ejes de las pantallas (mm)
- d: Diámetro de la pantalla (mm)

✓ ***EJEMPLO:***

Necesitaremos para el cálculo:

Diámetro de la pantalla (mm)	Distancia entre ejes pantallas (mm)	Pulsación corriente eléctrica (rad/s)
12,36	600	314,16

La reactancia de la pantalla es:

$$X' = 2 \cdot 314{,}16 \cdot 10^{-7} \cdot \ln\left(\frac{2 \cdot 600}{12{,}36}\right) = 2{,}8749 \cdot 10^{-4}\ \Omega/m$$

La relación de las pérdidas en la pantalla con respecto a la corriente de circulación:

$$\lambda'_1 = \frac{1{,}7802 \cdot 10^{-4}}{1{,}7756 \cdot 10^{-4}} \cdot \frac{1}{1 + \left(\frac{1{,}7802 \cdot 10^{-4}}{2{,}8749 \cdot 10^{-4}}\right)^2} = 0{,}7247$$

Como las pérdidas por corriente de Foucault son 0, entonces la relación de las pérdidas en la pantalla con respecto a las pérdidas totales en todos los conductores de ese cable es:

$$\lambda_1 = \lambda'_1 = 0{,}7247$$

1.2.5. Resistencia térmica entre el conductor y la envolvente

Vendrá dada por:

$$T_1 = \frac{\rho_{Tais}}{2\pi} \cdot \ln\left(1 + \frac{2 \cdot t_1}{d_c}\right)$$

En donde:

- T_1: Resistencia térmica, por unidad de longitud, entre el conductor y la envolvente (K*m/W)
- ρ_{Tais}: Resistividad térmica correspondiente al aislamiento (K*m/W). En nuestro caso su valor es 3,5 K*m/W
- t_1: Espesor del aislamiento entre conductor y envolvente considerando las pantallas semiconductoras (mm)
- d_c: Diámetro del conductor sin considerar las pantallas semiconductoras (mm)

✓ ***EJEMPLO:***

Necesitaremos para el cálculo:

Diámetro del conductor (mm)	Resistividad térmica aislamiento (K*m/W)	Espesor aislación nominal (mm)
30,6	3,5	16

Por lo que:

$$T_1 = \frac{3,5}{2\pi} \cdot \ln\left(1 + \frac{2 \cdot 16}{30,6}\right) = 0,3987\ K \cdot m/W$$

1.2.6. Resistencia térmica entre la cubierta y la armadura

Vendrá dada por:

$$T_2 = \frac{\rho_{Tar}}{2\pi} \cdot \ln\left(1 + \frac{2 \cdot t_2}{D_s}\right)$$

En donde:

- T_2: Resistencia térmica, por unidad de longitud, entre cubierta y la armadura (K*m/W)
- ρ_{Tar}: Resistividad térmica correspondiente al asiento de la armadura (K*m/W)
- t_2: Espesor del asiento de la armadura (mm)
- D_s: Diámetro exterior de la cubierta metálica o pantalla (mm)

✓ ***EJEMPLO:***

Para nuestro caso el conductor no tiene armadura.

1.2.7. Resistencia térmica de la cubierta exterior

Vendrá dada por:

$$T_3 = \frac{\rho_{Tais}}{2\pi} \cdot \ln\left(1 + \frac{2 \cdot t_3}{D'_a}\right)$$

En donde:

- T_3: Resistencia térmica, por unidad de longitud, del revestimiento exterior del cable (K*m/W)

- ρ_{Tais}: Resistividad térmica correspondiente al aislamiento (K*m/W). En nuestro caso su valor es 3,5 K*m/W
- t_3: Espesor de la cubierta (mm)
- D'_a: Diámetro exterior de la pantalla ubicada inmediatamente debajo (mm)

✓ ***EJEMPLO:***

Necesitaremos para el cálculo:

Diámetro exterior aprox. conductor (mm)	Espesor de la cubierta exterior (mm)	Resistividad térmica aislamiento (K*m/W)
80	4	3,5

Por lo que:

$$T_3 = \frac{3{,}5}{2\pi} \cdot \ln\left(1 + \frac{2 \cdot 4}{(80 - 2 \cdot 4)}\right) = 0{,}0587\ K \cdot m/W$$

1.2.8. Resistencia térmica externa

Dependerá del tipo de la instalación subterránea utilizada para los conductores, que será:

- Conductores instalados en galería
- Conductores instalados en tubular hormigonada

En nuestro caso se ha elegido la instalación de los conductores bajo tubo hormigonado, por lo que la resistencia térmica exterior estará compuesta por tres parámetros:

$$T_4 = T'_4 + T''_4 + T'''_4$$

En donde:

- T_4: Resistencia térmica, por unidad de longitud, entre la superficie del cable y el medio circundante (K*m/W)

- T'_4: Resistencia térmica, por unidad de longitud, del intervalo de aire entre la superficie del cable y la superficie interior del conducto (K*m/W)
- T''_4: Resistencia térmica, por unidad de longitud, del material que constituye el tubo o conducto (K*m/W)
- T'''_4: Resistencia térmica, por unidad de longitud, entre la superficie exterior del conducto y el medio (K*m/W)

1.2.8.1. *Resistencia térmica entre el cable y el conductor o tubo*

$$T'_4 = \frac{U}{1 + 0{,}1 \cdot (V + Y \cdot \theta_m) \cdot D_e}$$

En donde:

- T'_4: Resistencia térmica, por unidad de longitud, del intervalo de aire entre la superficie del cable y la superficie interior del conducto (K*m/W)
- U, V e Y: Son constantes, dependiendo de los tipos de instalación y cuyos valores se tomarán como U = 1,8, V = 0,312 e Y = 0,0037, correspondiente a un conducto de material de plástico
- θ_m: Temperatura media del medio que rellena el espacio entre el cable y el tubo. Se elige un valor estimado inicial y se repite el cálculo con un valor corregido, si ello fuera necesario (ºC). Como una aproximación se puede tomar el valor de 65ºC.
- D_e: Diámetro exterior del conductor (mm)

1.2.8.2. *Resistencia térmica propia del conducto o tubo*

$$T''_4 = \frac{\rho_{Tmat}}{2\pi} \cdot \ln\left(\frac{D_{ec}}{D_{ic}}\right)$$

En donde:

- T''_4: Resistencia térmica, por unidad de longitud, del material que constituye el tubo o conducto (K*m/W)
- ρ_{Tmat}: Resistividad térmica del material constitutivo del conducto (K*m/W). En nuestro caso su valor es 3,5 K*m/W
- D_{ec}: Diámetro exterior del conducto o tubo (mm)
- D_{ic}: Diámetro interior del conducto o tubo (mm)

1.2.8.3. Resistencia térmica externa al conducto o tubo

$$T'''_4 = \frac{1{,}5 \cdot \rho_{Tterr}}{\pi} \cdot (\ln(2 \cdot u) - 0{,}63)$$

Siendo u:

$$u = \frac{2 \cdot L}{D_e}$$

En donde:

- T'''$_4$: Resistencia térmica, por unidad de longitud, entre la superficie exterior del conducto y el medio (K*m/W)
- ρ_{Tterr}: Resistividad térmica del terreno (K*m/W)
- L: Distancia de la superficie del suelo al eje del conductor (mm)
- D_e: Diámetro exterior del conductor (mm)

✓ ***EJEMPLO:***

Necesitaremos para el cálculo:

U	V	Y	Tª media del medio (º)	Diámetro exterior conducto (mm)	Diámetro interior conducto (mm)	Distancia del suelo al eje del conducto (mm)	Resistividad térmica suelo (K*m/W)
1,8	0,312	0,0037	65	200	170	1035	1

Como se ha comentado anteriormente, la resistencia térmica exterior está formada por tres parámetros, lo cuales tendrán como resultado:

$$T'_4 = \frac{1{,}8}{1 + 0{,}1 \cdot (0{,}312 + 0{,}0037 \cdot 65) \cdot 80} = 0{,}3321\ K \cdot m/W$$

$$T''_4 = \frac{3{,}5}{2\pi} \cdot \ln\left(\frac{200}{170}\right) = 0{,}0905\ K \cdot m/W$$

$$T'''_4 = \frac{1{,}5 \cdot 1}{\pi} \cdot \left(\ln\left(2 \cdot \frac{2 \cdot 1035}{200}\right) - 0{,}63\right) = 1{,}1460\ K \cdot m/W$$

Por lo que la resistencia térmica externa en el conducto será:

$$T_4 = 0{,}3321 + 0{,}0905 + 1{,}1460 = 1{,}5686\ K \cdot m/W$$

Una vez hallados todos los valores que necesitamos para la calcular la intensidad máxima admisible, se procederá al cálculo de ésta:

$$I = \sqrt{\frac{(90-25) - 0{,}3649 \cdot [0{,}5 \cdot 0{,}3987 + 1 \cdot (0 + 0{,}0587 + 1{,}5686)]}{5{,}9547 \cdot 10^{-5} \cdot \left[0{,}3987 + 1 \cdot \left((1 + 0{,}7247) \cdot 0 + (1 + 0{,}7247 + 0) \cdot (0{,}0587 + 1{,}5686)\right)\right]}} = \\ = 580{,}56\ A$$

Podemos concluir que la intensidad máxima admisible del conductor de 630 mm², según el tipo de instalación y de las condiciones de la zona, es de 580,56 A, valor superior a los 328,04 A necesarios para transportar la potencia establecida de 75 MVA en el proyecto, por lo que el conductor seleccionado CUMPLE a intensidad máxima admisible en servicio de régimen permanente.

1.3. Intensidad máxima admisible en cortocircuito

El cálculo de la intensidad máxima de cortocircuito en el cable se realiza según la norma UNE 21192, "Cálculo de las intensidades de cortocircuito térmicamente admisibles, teniendo en cuenta los efectos del calentamiento no adiabático". Recordar que el cálculo por intensidad máxima admisible en cortocircuito se realizará tanto al conductor como a la pantalla, verificando que se cumple en ambas partes.

La intensidad de cortocircuito admisible viene dada por la expresión:

$$I_{cc} = \varepsilon \cdot I_{AD}$$

En donde:

- I_{cc}: Intensidad de cortocircuito admisible (kA)
- ε: Factor que tiene en cuenta la pérdida de calor en los componentes adyacentes
- I_{AD}: Intensidad de cortocircuito adiabático

1.3.1. Intensidad de cortocircuito adiabático

La fórmula del calentamiento adiabático, se presenta bajo la siguiente forma general:

$$I_{AD} = \left(K \cdot S \cdot \sqrt{\frac{\ln\left(\frac{\theta_f + \beta}{\theta_i + \beta}\right)}{t}} \right) \cdot 10^{-3}$$

En donde:

- I_{AD}: Intensidad de cortocircuito adiabático (valor eficaz durante el cortocircuito) (kA)
- t: Duración del cortocircuito (s). Se tomará el valor de 0,5 s
- K: Constante que depende del material del componente conductor de corriente ($A*s^{1/2}/mm^2$). Para conductores de aluminio se utilizará el valor de 148 $A*s^{1/2}/mm^2$ y para conductores de cobre se utilizará el valor de 226 $A*s^{1/2}/mm^2$
- S: Sección geométrica del componente conductor de corriente (mm^2). Para los conductores se tomará la sección nominal y para las pantallas la sección de 1 alambre (apartado 7.1.3)
- θ_f: Temperatura final (ºC). En el conductor se utilizarán 90ºC y en la pantalla se utilizarán 80ºC
- θ_i: Temperatura inicial (ºC). En el conductor se utilizarán 250ºC y en la pantalla se utilizarán 210ºC
- β: Inversa del coeficiente de variación de resistencia con la temperatura del componente conductor de corriente (K). Para conductores de aluminio se utilizará el valor de 228 K y para conductores de cobre se utilizará el valor de 234,5 K

✓ ***EJEMPLO:***

Necesitaremos para el cálculo:

Sección conductor (mm^2)	Tª servicio del conductor (ºC)	Tª final del conductor en cc (ºC)	Duración del cc en el conductor (s)	K del Aluminio ($A*s^{1/2}/mm^2$)	β del Aluminio (K)
630	90	250	0,5	148	228

Calcularemos la intensidad de cortocircuito adiabático del conductor:

$$I_{AD} = \left(148 \cdot 630 \cdot \sqrt{\frac{\ln\left(\frac{(250+273)+228}{(90+273)+228}\right)}{0{,}5}} \right) \cdot 10^{-3} = 64{,}54\ kA$$

1.3.2. Factor no adiabático

La fórmula general de una ecuación empírica para el factor no adiabático es la siguiente:

$$\varepsilon = \sqrt{1 + F \cdot A \sqrt{\frac{t}{S}} \cdot F^2 \cdot B \cdot \left(\frac{t}{S}\right)}$$

En donde:

- ε: Factor que tiene en cuenta la pérdida de calor en los componentes adyacentes
- F: Factor que tiene en cuenta la imperfección de los contactos térmicos entre el conductor o los alambres y los materiales metálicos no adyacentes. Se tomará 0,7 para los conductores y 0,5 para las pantallas
- t: Duración del cortocircuito (s). Se tomará el valor de 0,5 s
- S: Sección geométrica del componente conductor de corriente (mm^2). Para los conductores se tomará la sección nominal y para las pantallas la sección de 1 alambre (apartado 7.1.3)
- A y B: Constantes empíricas basadas en las características térmicas de los materiales no metálicos adyacentes:

$$A = \frac{C_1}{\sigma_c} \cdot \sqrt{\frac{\sigma_i}{\rho_i}} \quad (mm^2/s)^{1/2}$$

$$B = \frac{C_2}{\sigma_c} \cdot \frac{\sigma_i}{\rho_i} \quad (mm^2/s)$$

En donde:

- C_1: 2,464 mm/m
- C_2: 1,22 K*m*mm^2/J
- ρ_i: Resistividad térmica de los materiales no metálicos adyacentes (K*m/W). Se tomará el valor de 3,5 K*m/W (correspondiente al XLPE)
- σ_c: Calor específico volumétrico del componente conductor de corriente (J/K*m^3). Para el cobre se tomará el valor de 3,45 x 10^6 J/K*m^3 y para el aluminio el valor de 2,5 x 10^6 J/K*m^3
- σ_i: Calor específico volumétrico de los materiales no metálicos adyacentes (J/K*m^3). Se tomará el valor de 2,4 x 10^6 J/K*m^3 (correspondiente al XLPE)

✓ ***EJEMPLO:***

Necesitaremos para el cálculo:

C_1 (mm/m)	C_2 (K*m*mm²/J)	Resistividad térmica material XLPE (K*m/W)	Calor específico volumétrico Aluminio (J/K*m³)	Calor específico volumétrico XLPE (J/K*m³)
2,464	1,22	3,5	2,5E06	2,4E06

Empezaremos calculando las constantes A y B:

$$A = \frac{2{,}464}{2{,}5 \cdot 10^6} \cdot \sqrt{\frac{2{,}4 \cdot 10^6}{3{,}5}} = 816{,}154\ (mm^2/s)^{1/2}$$

$$B = \frac{1{,}220}{2{,}5 \cdot 10^6} \cdot \frac{2{,}4 \cdot 10^6}{3{,}5} = 0{,}335\ mm^2/s$$

Por lo que el factor no adiabático es:

$$\varepsilon = \sqrt{1 + 0{,}7 \cdot 816{,}154 \sqrt{\frac{0{,}5}{630}} \cdot 0{,}7^2 \cdot 0{,}335 \cdot \left(\frac{0{,}5}{630}\right)} = 1{,}0010$$

Una vez obtenida la intensidad de cortocircuito adiabático y el factor no adiabático, hallamos la intensidad de cortocircuito admisible del conductor:

$$I_{cc} = 1{,}0010 \cdot 64{,}54 = 64{,}61\ kA$$

Según el fabricante la intensidad de cortocircuito del conductor, con un tiempo del corto de 0,5 s, es de 84,7 kA, como puede apreciarse el dato aportado por el fabricante es superior al obtenido, con lo cual el conductor CUMPLE.

Recordar que además de comprobar el conductor se deberá de comprobar la pantalla, en nuestro caso la intensidad de cortocircuito de las pantallas obtenido es de 17,19 kA, valor inferior al dado por el fabricante de 23,3 kA, por lo que se concluye que el cable subterráneo CUMPLE por intensidad máxima admisible en cortocircuito.

1.4. Caída de tensión

La caída de tensión se determinará mediante la expresión:

$$e = \sqrt{3} \cdot I_n \cdot (R \cdot \cos\varphi + X \cdot \sin\varphi) \cdot L$$

En donde:

- e: Caída de tensión del conductor (V)
- I_n: Intensidad permanente (A)
- R: Resistencia del conductor con corriente alterna a la temperatura máxima de servicio (Ω/m)
- X: Reactancia del conductor con corriente alterna a la temperatura máxima de servicio (Ω/m)
- φ: Ángulo de desfase de la tensión con la intensidad (º)
- L: Longitud de la línea subterránea (m)

✓ ***EJEMPLO:***

Necesitaremos para el cálculo:

Intensidad (A)	Ángulo de desfase (º)	Resistencia del conductor (Ω/m)	Reactancia del conductor (Ω/m)	Longitud línea subterránea (m)
328,04	25,84	5,954E-04	0,12	20

Por lo que:

$$e = \sqrt{3} \cdot 328{,}04 \cdot (5{,}954 \cdot 10^{-4} \cdot \cos(25{,}84) + 0{,}12 \cdot \sin(25{,}84)) \cdot 20 = 1{,}1848\ V$$

Como al caída de tensión máxima es del 5%, la cual nos dará un valor de tensión de 6600 V, se puede ver que está muy por encima del valor de 1,1848 V obtenido, por lo que el conductor CUMPLE POR CAÍDA DE TENSIÓN.

---

2. Resultados de la línea subterránea

2.1. Datos de partida de la línea subterránea

Tensión (kV)	Potencia (kVA)	Caída de tensión (%)	Frecuencia (Hz)	Cosφ	Senφ	Longitud conductor subterráneo (m)	Intesidad de la línea (A)	Potencia de la línea (kW)
132	75000	5	50	0,90	0,44	20	328,04	67500

Tª servicio del conductor (ºC)	Tª servicio de la pantalla (ºC)	Tª final del conductor en cc (ºC)	Tª final de la pantalla en cc (ºC)	Tª del terreno (ºC)	Duración del cc en el conductor (s)	Duración del cc en la pantalla (s)
90	80	250	210	25	0,5	0,5

Resistividad del aluminio a 20ºC (Ω*mm^2/m)	Resistividad del cobre a 20ºC (Ω*mm^2/m)	Coeficiente de Tª del aluminio a 20ºC	Coeficiente de Tª del cobre a 20ºC
0,0286	0,0172	4,03E-03	3,93E-03

2.2. Datos del conductor subterráneo

2.2.1. Características físicas del conductor subterráneo

Sección nominal del conductor (mm^2)	Diámetro del conductor (mm)	Espesor aislación nominal (mm)	Diámetro sobre el aislamiento (mm)	Sección pantalla metálica (mm^2)	Diámetro pantalla metálica (mm)	Espesor de la cubierta exterior (mm)	Diámetro exterior aproximado (mm)
630	30,6	16	65,5	120	12,36	4	80

2.2.2. Características eléctricas del conductor subterráneo

Sección nominal del conductor (mm^2)	Capacidad del conductor (μF/km)	Inductancia del conductor (mH/km)	Reactancia del conductor (Ω/km)
630	0,20	0,37	0,12

2.3. Datos de la canalización subterránea

Diámetro exterior conducto (mm)	Diámetro interior conducto (mm)	Distancia entre ejes conductos (mm)	Distancia suelo al eje conductos (mm)
200	170	600	1035

2.4. Resistencia del conductor subterráneo

Sección nominal del conductor (mm^2)	Resistencia con c.c. a 20ºC (Ω/m)	Resistencia con c.c. a 90ºC (Ω/m)	χ_s^2	χ_p^2	Factor de efecto pelicular (γ_s)	Factor de efecto de proximidad (γ_p)	Resistencia con c.a. a Tª de servicio (Ω/m)
630	4,5351E-05	5,8145E-05	2,1612	2,1612	2,39E-02	2,49E-04	5,9547E-05

2.5. Pérdidas dieléctricas

Sección nominal del conductor (mm^2)	Tensión de fase (V)	Factor de pérdidas del aislamiento a frecuencia y Tª de servicio	Pulsación eléctrica (s^{-1})	Pérdidas dieléctricas aislamiento (W/m)
630	76210,24	0,001	314,16	0,3649

2.6. Pérdidas en la pantalla

Sección nominal del conductor (mm^2)	Resistencia con c.c. a 20ºC (Ω/m)	Resistencia con c.c. a 80ºC (Ω/m)	X_s^2	X_p^2	Factor de efecto pelicular (y_s)	Factor de efecto de proximidad (y_p)	Resistencia con c.a. a Tª de servicio (Ω/m)
630	1,4368E-04	1,7756E-04	0,7077	0,7077	2,6034E-03	4,7829E-06	1,7802E-04

Reactancia pantalla metálica (Ω/m)	Corriente de circulación (λ')	Corrientes de Foucault (λ'')	Pérdidas en las pantallas (λ)
2,8749E-04	0,7247	0	0,7247

2.7. Resistencias térmicas de la canalización subterránea

2.7.1. Datos de las resistividades

Resistividad térmica aislamiento (K*m/W)	Resistividad térmica suelo (K*m/W)	Resistividad térmica hormigón (K*m/W)
3,5	1,0	0,8

2.7.2. Resistencias térmicas

Resistencia térmica conductor-envolvente T1 (K*m/W)	Resistencia térmica cubierta-armadura T2 (K*m/W)	Resistencia térmica cubierta exterior T3 (K*m/W)
0,3987	0	0,0587

Resistencia térmica externa T4 (K*m/W)				
T4' (K*m/W)	T4'' (K*m/W)	u	T4''' (K*m/W)	T4 (K*m/W)
0,3321	0,0905	10,35	1,1460	1,5686

2.8. Intensidad máxima admisible del conductor subterráneo en régimen permanente

Intensidad admisible (A)
580,56

2.9. Intensidad máxima de cortocircuito

2.9.1. Datos de partida

Sección nominal del conductor (mm^2)	Sección de la pantalla (mm^2)	Tª servicio del conductor (ºC)	Tª servicio de la pantalla (ºC)	Tª final del conductor en cc (ºC)	Tª final de la pantalla en cc (ºC)	Duración del cc en el conductor (s)	Duración del cc en la pantalla (s)
630	120	90	80	250	210	0,5	0,5

Cte que depende del material conductor ($A*s^{1/2}/mm^2$)		Coef. de variación de resistencia con la Tª (K)	
Al	Cu	Al	Cu
148	226	228,0	234,5

2.9.2. Intensidad máxima de cortocircuito del conductor y de la pantalla

Icc adiabático conductor (kA)	Icc adiabático pantalla (kA)	Factor imperfección de los contactos térmicos		Calor específico volumétrico conductor de corriente (J/K*m³)		Calor específico volumétrico XLPE (J/K*m3)	Resistividad térmica XLPE (K*m/W)
		Conductor	Pantalla	Al	Cu		
64,54	17,15	0,7	0,5	2,50E-06	3,45E-06	2,40E-06	3,5

C1 (mm/m)	C2 (K*m*mm²/J)	A (mm²/s)^1/2		B (mm²/s)		Factor no adiabático del conductor	Factor no adiabático de la pantalla	Icc admisible del conductor (kA)	Icc admisible de la pantalla (kA)
		Conductor	Pantalla	Conductor	Pantalla				
2,464	1,220	816,154	591,416	0,335	0,242	1,0010	1,0024	64,61	17,19

2.10. Esfuerzo mecánico en el conductor subterráneo

Sección nominal del conductor (mm2)	Peso aproximado conductor (kg/km)	Longitud tramo horizontal (m)	Coeficiente de rozamiento	Incremento tensión horizontal (kp)
630	7642	18	0,35	48,1446

ANEXO 3: CÁLCULOS DE LA SUBESTACIÓN

1. Objeto

El objeto de este documento es justificar, desde el punto de vista técnico, las soluciones utilizadas en la subestación para los elementos de los dos parques que la integran, el de 132 kV y el de 66 kV.

Los cálculos realizados vienen separados para cada uno de los dos parques. El cálculo de la red de tierras, por razones de diseño, se establece para toda la subestación.

2. Parque de 132 kV

2.1. Tensiones nominales normalizadas

Según las instrucciones técnicas complementarias ITC-MIE-RAT 04, los valores normalizados de tensiones y de tensiones más elevada para el material son los que aparecen en la tabla del apartado 1:

TENSIÓN NOMINAL DE LA RED (Un) kV	TENSIÓN MÁS ELEVADA PARA EL MATERIAL (Um) kV
3	3,6
6	7,2
10	12
15	17,5
20*	24
30	36
45	52
66*	72,5
110	123
132*	145
220*	245
380*	420

(*) Tensiones de uso preferente en redes de distribución públicas.

Fuente: RCE, Reglamento sobre centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación

Como se puede ver, para el parque de 132 kV, corresponde una tensión más elevada para el material de 145 kV.

2.2. Niveles de aislamiento

Según las instrucciones técnicas complementarias ITC-MIE-RAT 12, los valores normalizados de los niveles de aislamiento de los aparatos de alta tensión, definidos por las tensiones soportadas

nominales para distintos tipos de solicitaciones dieléctricas, se separan en tres grupos según los valores de la tensión más elevada para el material:

- Grupo A: Tensión mayor de 1 kV y menor de 36 kV.
- Grupo B: Tensión igual o mayor de 36 kV y menos de 245 kV.
- Grupo C: Tensión igual o mayor de 245 kV.

Por tanto, para el parque de 132 kV, los niveles de aislamiento que se han adoptado, de acuerdo con el ITC-MIE-RAT 12, son los que corresponden a materiales del Grupo B para aislamiento pleno, teniendo una tensión a impulsos tipo rayo y a frecuencia industrial, que nos las indicará la tabla 2 del apartado 1.2.1:

TENSIÓN MÁS ELEVADA PARA EL MATERIAL (Um)	TENSIÓN SOPORTADA NOMINAL A LOS IMPULSOS TIPO RAYO	TENSIÓN SOPORTADA NOMINAL DE CORTA DURACIÓN A FRECUENCIA INDUSTRIAL
kV eficaces	kV cresta	kV eficaces
52	250	95
72,5	325	140
123	450	185
145	550	230
170	650	275
245	750	325
	850	360
	950	395
	1050	460

Fuente: RCE, Reglamento sobre centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación

Para dicho grupo B se deduce que de la tabla 2 que en el sistema de 132 kV, el material soporta permanentemente como tensión más elevada 145 kV eficaces, así como 650 kV cresta a impulsos tipo rayo y 275 kV eficaces a frecuencia industrial.

También se tendrá en cuenta, para el cumplimiento del nivel de aislamiento, la línea de fuga de los aisladores, la cual dependerá del nivel de contaminación de la zona y que se establecerá según la ITC-LAT 07 en la tabla 14 del apartado 4.4:

Nivel de contaminación	Ejemplos de entornos típicos	Línea de fuga específica nominal mínima mm/kV[1)]
I Ligero	- Zonas sin industrias y con baja densidad de viviendas equipadas con calefacción. - Zonas con baja densidad de industrias o viviendas, pero sometidas a viento o lluvias frecuentes. - Zonas agrícolas [2] - Zonas montañosas - Todas estas zonas están situadas al menos de 10 km a 20 km del mar y no están expuestas a vientos directos desde el mar [3]	16,0
II Medio	- Zona con industrias que no producen humo especialmente contaminante y/o con densidad media de viviendas equipadas con calefacción. - Zonas con elevada densidad de viviendas y/o industrias pero sujetas a vientos frecuentes y/o lluvia. - Zonas expuestas a vientos desde el mar, pero no muy próximas a la costa (al menos distantes bastantes kilómetros)[3].	20,0
III Fuerte	- Zonas con elevada densidad de industrias y suburbios de grandes ciudades con elevada densidad de calefacción generando contaminación. - Zonas cercanas al mar o en cualquier caso, expuestas a vientos relativamente fuertes provenientes del mar 3).	25,0
IV Muy fuerte	- Zonas, generalmente de extensión moderada, sometidas a polvos conductores y a humo industrial que produce depósitos conductores particularmente espesos. - Zonas, generalmente de extensión moderada, muy próximas a la costa y expuestas a pulverización salina o a vientos muy fuertes y contaminados desde el mar. - Zonas desérticas, caracterizadas por no tener lluvia durante largos periodos, expuestos a fuertes vientos que transportan arena y sal, y sometidas a condensación regular.	31,0

[1] Línea de fuga mínima de aisladores entre fase y tierra relativas a la tensión más elevada de la red (fase-fase).
[2] Empleo de fertilizantes por aspiración o quemado de residuos, puede dar lugar a un mayor nivel de contaminación por dispersión en el viento.
[3] Las distancias desde la costa marina dependen de la topografía costera y de las extremas condiciones del viento.

Fuente: Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión

Hallándose la línea de fuga mínima de la zona como:

$$l_{f\,min} = l_{fe} \cdot U_m$$

En donde:

- $L_{f\,min}$: Línea de fuga mínima de la zona (mm)
- L_{fe}: Línea de fuga específica según la contaminación de la zona (mm/kV)
- U_m: Tensión más elevada de la red (kV)

✓ ***EJEMPLO:***

Necesitamos para el cálculo:

Tensión más elevada (kV)	Nivel de polución	Línea de fuga específica (mm/kV)
145	I Ligero	16

Por lo que la línea de fuga mínima de la zona será:

$$l_{f\ min} = 16 \cdot 145 = 2320\ mm$$

Esta línea de fuga será utilizada como referencia a la hora de la elección de los aisladores de soporte de los embarrados y de las autoválvulas.

2.3. Condiciones de la instalación

La subestación y el edificio de control se encontrarán en una parcela situada en zona A.

Se considerarán las siguientes condiciones climatológicas:

- Viento: Una presión de viento a 140 km/h de 94,5 daN/m
- Hielo: No se considerará la posibilidad de su existencia

2.4. Hipótesis de diseño

La intensidad de cortocircuito trifásica prevista es de 40 kA, ya que el operador del sistema eléctrico designa como intensidad máxima de cortocircuito un 80% de la intensidad de cortocircuito de corta duración con que esta seleccionada la aparamenta (50 kA).

Para permitir evoluciones futuras del sistema eléctrico sin impacto en la nueva subestación, se adoptan los siguientes valores de diseño:

- I_{cc}: 40 kA
- R/X (sistema): 0,4652
- Duración del cortocircuito: 0,5 s

2.5. Cálculos eléctricos

2.5.1. Intensidad nominal

La intensidad máxima que podrá circular por el parque de 132 kV viene impuesta por la intensidad nominal de la posición de transformación en las condiciones más desfavorables de funcionamiento, con una sola barra principal operativa, siendo:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U}$$

En donde:

- I: Intensidad de la línea (A)
- S: Potencia a transportar (KVA)
- U: Tensión de la línea (kV)

✓ ***EJEMPLO:***

Como ya hemos calculado anteriormente, tanto en la línea aérea como en la línea subterránea, la intensidad nominal para la potencia de 75 MVA y tensión 132 kV es de 328,04 A, por lo que será la intensidad que circulará por el parque de 132 kV.

2.5.2. Intensidad de cortocircuito

Los datos calculados de la intensidad de cortocircuito en el parque de 132 kV, se ha calculado teniendo en cuenta la resistencia ofrecida por la línea aérea, subterránea y la impedancia de cortocircuito que obtenemos con la potencia de cortocircuito:

$$Z_L = R_L + X_L$$

$$Z_S = R_S + X_S$$

$$Z_{cc} = \frac{U^2}{S_{cc}}$$

En donde:

- Z_L: Impedancia de la línea aérea (Ω)
- R_L: Resistencia de la línea aérea (Ω)
- X_L: Reactancia de la línea aérea (Ω)
- Z_S: Impedancia de la línea subterránea (Ω)
- R_S: Resistencia de la línea subterránea (Ω)
- X_S: Reactancia de la línea subterránea (Ω)
- Z_{cc}: Impedancia de cortocircuito (Ω)
- U: Tensión nominal (kV)
- S_{cc}: Potencia de cortocircuito (kVA)

Y la intensidad de cortocircuito se utilizará:

$$I_{cc} = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot (Z_L + Z_S + Z_{cc})}$$

En donde:

- I_{cc}: Intensidad de cortocircuito (kA)
- U: Tensión nominal (kV)
- Z_L: Impedancia de la línea aérea (Ω)
- Z_S: Impedancia de la línea subterránea (Ω)
- Z_{cc}: Impedancia de cortocircuito (Ω)

Para los cálculos de todos los elementos del parque, se ha establecido como corriente de cortocircuito, una que sea lo suficientemente elevada como para que el diseño sea lo suficiente seguro y fiable. Esta corriente viene establecida por la Norma UNE 60865, que nos indica que la corriente de cortocircuito de diseño del parque de 132 kV, con un tiempo de despeje de falta de 0,5 s, será de 40 kA.

✓ ***EJEMPLO:***

Necesitaremos para el cálculo:

Tensión (kV)	Longitud de la línea aérea (km)	Longitud de la línea subterránea (m)	Potencia cortocircuito (MVA)
132	27,2652	20	500

Resistencia kilométrica aérea (Ω/km)	Reactancia kilométrica aérea (Ω/km)	Resistencia kilométrica subterránea (Ω/m)	Reactancia kilométrica subterránea (Ω/m)
0,194	0,417	5,81E-05	1,16E-04

La impedancia de cortocircuito es:

$$Z_{cc} = \frac{132^2}{500 \cdot 10^3} = 34{,}85\ \Omega$$

Como las resistencias y reactancias están por unidad de longitud, tenemos que:

$$R_L = 0{,}194 \cdot 27{,}2652 = 5{,}29\ \Omega$$

$$X_L = 0{,}417 \cdot 27{,}2652 = 11{,}37\ \Omega$$

$$Z_L = \sqrt{5{,}29^2 + 11{,}37^2} = 12{,}54\ \Omega$$

$$R_S = 5{,}81 \cdot 10^{-5} \cdot 20 = 1{,}16 \cdot 10^{-3}\ \Omega$$

$$X_S = 1{,}16 \cdot 10^{-4} \cdot 20 = 2{,}32 \cdot 10^{-3}\ \Omega$$

$$Z_S = \sqrt{(1{,}16 \cdot 10^{-3})^2 + (2{,}32 \cdot 10^{-3})^2} = 2{,}60 \cdot 10^{-3}\ \Omega$$

Por lo que la intensidad de cortocircuito es:

$$I_{cc} = \frac{132}{\sqrt{3} \cdot (12{,}54 + 2{,}60 \cdot 10^{-3} + 34{,}85)} = 1{,}61\ kA$$

2.6. Distancias mínimas

2.6.1. Entre fases y entre fase-tierra

La determinación de las distancias mínimas que debe de haber entre fases y entre fase y tierra, se establece de acuerdo con el nivel de aislamiento adoptado, en este caso el del grupo B, y lo indicado en las instrucciones técnicas complementarias ITC-MIE-RAT 12.

Según la misma, teniendo en cuenta la tensión soportada nominal de los impulsos tipo rayo, de 650 kV, se determinan las siguientes distancias mínimas a cumplir, que se obtendrá de la tabla 4 y 5 del apartado 3.3.1:

TENSIÓN SOPORTADA NOMINAL A LOS IMPULSOS TIPO RAYO (kV cresta)	DISTANCIA MÍNIMA FASE-TIERRA EN EL AIRE (cm)
20	6
40	6
60	9
75	12
95	16
125	22
145	27
170	32
250	48
325	63
450	90
550	110
650	130
750	150

Fuente: RCE, Reglamento sobre centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación

TENSIÓN SOPORTADA NOMINAL A LOS IMPULSOS TIPO RAYO (kV cresta)	DISTANCIA MÍNIMA ENTRE FASES EN EL AIRE (cm)
20	6
40	6
60	9
75	12
95	16
125	22
145	27
170	32
250	48
325	63
450	90
550	110
650	130
750	150
850	170
950	190
1050	210

Fuente: RCE, Reglamento sobre centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación

Obteniéndose, tanto entre fase-tierra como entre fases, una distancia mínima de 130 cm.

Recordar que todas las distancias diseñadas del parque de 132 kV y establecidas en este apartado, son superiores a las distancias mínimas calculadas.

2.6.2. En pasillos de servicio

Según la instrucción técnica complementaria ITC-MIE-RAT 15, para los pasillos de servicio en el exterior, se deben cumplir las siguientes anchuras:

- Pasillos de maniobra con elementos en alta tensión a un solo lado, 1m.
- Pasillos de maniobra con elementos en alta tensión a ambos lados, 1,2m.
- Pasillos de inspección con elementos en alta tensión a un lado, 0,8m.
- Pasillos de inspección con elementos en alta tensión a ambos lados, 1m.

Además, las distancias mínimas en pasillos de servicio y zonas de protección, se establece para los elementos en tensión que no estén protegidos y que se encuentren sobre pasillos. Todos ellos deben estar a una altura “H” sobre el suelo.

La determinación de dichas alturas se hace teniendo en cuenta las fórmulas de la ITC-MIE-RAT 15. Según ésta, la altura en centímetros a la que deben ubicarse los elementos en tensión no protegidos es:

$$H = 250 + d$$

Siendo "d" la distancia expresada en centímetros, obtenida en la tabla 1 de la ITC-MIE-RAT 14:

Tensión nominal de la instalación en KV ≤	20	30	45	66	110	132	220
"d" en centímetros	20	27	38	63	95	130	185

Fuente: RCE, Reglamento sobre centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación

En las zonas donde se prevea el paso de aparatos o máquinas, deberá mantenerse una distancia mínima entre los elementos en tensión y el punto más alto de aquellos, no inferior a:

$$T = d + 10$$

con un mínimo de 50 cm. Se señalizará la altura máxima permitida para el paso de los aparatos o máquinas.

En cualquier caso, los pasillos de servicio estarán libres de todo obstáculo hasta una altura de 250 cm sobre el suelo.

✓ ***EJEMPLO:***

Para el parque de 132 kV, se obtiene de la tabla 1 de la ITC MIE-RAT 14 una d = 130 cm, por lo que la altura mínima de los elementos a tensión no protegidos en pasillo será:

$$H = 250 + 130 = 380\ cm$$

Y la altura mínima para el paso de máquinas, desde el punto más elevado de éstas es:

$$T = 130 + 10 = 140\ cm$$

2.6.3. En zonas de protección contra contactos accidentales en el interior del recinto de la instalación

Según la instrucción técnica complementaria ITC MIE-RAT 15, se deben establecer unos sistemas de protección que deben mantener unas distancias horizontales mínimas con los elementos en tensión que se respetarán en toda zona comprendida entre el suelo y una altura de 200 cm que, según el sistema de protección elegido y expresadas en centímetros, será:

- De los elementos en tensión a paredes macizas de 180 cm de altura mínima:

$$B = d + 3$$

- De los elementos en tensión a enrejados de 180 cm de altura mínima:

$$C = d + 10$$

- De los elementos en tensión a cierres de cualquier tipo (paredes macizas, enrejados, barreras, etc.) con una altura que en ningún caso podrá ser inferior a 100 cm:

$$E = d + 30$$

con un mínimo de 125 cm.

Para barreas no rígidas y enrejados, los valores de las distancias de seguridad en el aire deben incrementarse para tener en cuenta cualquier posible desplazamiento de la barrera o enrejado.

La cuadrícula del enrejado, cuando la hubiere, será como máximo de 50 x 50 mm.

✓ ***EJEMPLO:***

La distancia mínima de elementos de tensión a paredes macizas con altura mínima de 180 cm es:

$$B = 130 + 3 = 133\ cm$$

La distancia mínima de elementos de tensión a enrejados con altura mínima de 180 cm es:

$$C = 130 + 10 = 140\ cm$$

La distancia mínima de elementos de tensión a cualquier cerramiento con altura mínima de 100 cm es:

$$E = 130 + 30 = 160\ cm$$

2.6.4. En zonas de protección contra contactos accidentales desde el exterior del recinto de la instalación

Según la instrucción técnica complementaria ITC MIE-RAT 15, para evitar los contactos accidentales desde el exterior del cierre del recinto de la instalación con los elementos en tensión, deben existir entre estos y el cierre unas distancias mínimas de seguridad. Estas son:

- De los elementos de tensión al cierre cuando éste es una pared maciza de altura k < 250 + d (cm)

$$F = d + 100$$

- De los elementos en tensión al cierre cuando éste es una pared maciza de altura k ≥ 250 + d (cm)

$$B = d + 3$$

- De los elementos en tensión al cierre cuando éste es un enrejado de cualquier altura k ≥ 220 (cm)

$$G = d + 150$$

La cuadrícula del enrejado será como máximo de 50 x 50 mm.

✓ ***EJEMPLO:***

La distancia mínima de elementos de tensión a paredes macizas con altura k < 380 cm es:

$$F = 130 + 100 = 230\ cm$$

La distancia mínima de elementos de tensión a paredes macizas con altura k ≥ 380 cm es:

$$B = 130 + 3 = 133\ cm$$

La distancia mínima de elementos de tensión a enrejados con altura k ≥ 220 cm es:

$$G = 130 + 150 = 280\ cm$$

2.7. Embarrados

Los embarrados del parque de 132 kV serán tubos de aluminio modelo Al 6063-T6 100/88, siendo estas medidas del tubo normalizadas por la Compañía Suministradora y cuyas características son las siguientes:

- Diámetro exterior: 100 mm
- Diámetro interior: 88 mm
- Espesor: 6 mm
- Longitud admisible: 15 m
- Sección total del conductor: 1770 mm^2
- Peso: 4,784 kg/m
- Momento de inercia: 196,49 cm^4
- Momento resistente: 31,27 cm^3

- Módulo de Young: 70000 N/mm^2
- Límite de fluencia: 160 N/mm^2
- Coeficiente de dilatación lineal: 0,023 mm/m ºC
- Intensidad admisible: 2520 A

La geometría y condiciones de anclaje en los extremos de los vanos considerados como más desfavorables son las siguientes:

- Longitud de vano: 14 m
- Distancia entre fases: 4 m
- Anclaje: Elástico-Fijo

A continuación se muestra los cálculos a realizar para la comprobación del embarrado elegido.

2.7.1. Cálculos eléctricos

2.7.1.1. Intensidad nominal

Según DIN 43670, la intensidad del embarrado debe ser corregida con distintos factores en función de la composición del tubo, la altitud, la temperatura máxima de trabajo (Según RAT 5):

$$I_{max} = I_n \cdot k1 \cdot k2 \cdot k3 \cdot k4$$

En donde:

- I_{max}: Intensidad máxima del tubo
- I_n: Intensidad nominal del tubo
- k1: Factor de la aleación del tubo
- k2: Factor de la temperatura final del tubo
- k3: Factor de la geometría del tubo
- k4: Factor de la altura geométrica del tubo

✓ ***EJEMPLO:***

La intensidad nominal teórica del tubo elegido, según fabricante es de 2520 A, con 25ºC de temperatura ambiente y 65ºC de temperatura de trabajo del tubo. Según la norma DIN 43670, los factores para el cálculo de la intensidad del embarrado del parque de 132 kV son:

Factor de aleación "k1"	Factor de temperatura final "k2"	Factor de la geometría "k3"	Factor de la altura geográfica "k4"
0,93	1,16	1,00	0,98

Por lo que la intensidad máxima del tubo es:

$$I_{max} = 2520 \cdot 0{,}93 \cdot 1{,}16 \cdot 1{,}00 \cdot 0{,}98 = 2664{,}20\ A$$

La intensidad del tubo es superior a los 328,04 A necesarios y nos proporcionará una potencia de 609,12 MVA, superior a los 75 MVA.

2.7.1.2. *Intensidad de cresta*

Según criterios de diseño establecidos, se ha considerado como intensidad de cortocircuito de 40 kA.

Según la norma UNE 60909, se debe establecer una intensidad de cresta, para aplicar a los cálculos de los embarrados. Además, dicha intensidad de cresta es la que va a determinar el poder de cierre de los interruptores y se calculará con la siguiente ecuación:

$$I_P = \chi \cdot \sqrt{2} \cdot I_{cc}$$

En donde:

- I_P: Intensidad de cresta (kA)
- I_{cc}: Intensidad de cortocircuito (kA)
- χ: Constante. Se hallará:

$$\chi = 1{,}02 + 0{,}98 \cdot e^{-3 \cdot \frac{R}{X}}$$

En donde:

- χ: Constante
- R/X: Relación resistencia-reactancia del sistema

✓ ***EJEMPLO:***

Necesitaremos para el cálculo:

I_{cc} de diseño (kA)	Relación R/X
40	0,4652

Calculamos la constante

$$\chi = 1{,}02 + 0{,}98 \cdot e^{-3 \cdot 0{,}4652} = 1{,}2627$$

Entonces la intensidad de cresta es:

$$I_P = 1{,}2627 \cdot \sqrt{2} \cdot 40 = 71{,}43\ kA$$

2.7.1.3. Intensidad térmica de cortocircuito

El cálculo de intensidad térmica que sufre el tubo en caso de cortocircuito es un parámetro importante, ya que nos indica si el tubo va a soportar esta situación. Para determinar si va a soportar un cortocircuito, según la norma UNE 60685, se debe calcular la intensidad térmica en cortocircuito, mediante la siguiente expresión:

$$I_\theta = I_p \cdot \sqrt{m + n}$$

En donde:

- I_θ: Intensidad térmica en cortocircuito (kA)
- I_p: Intensidad de cresta (kA)
- m, n: Coeficientes térmicos de disipación de calor. Obtenidos de la norma los valores a utilizar de 0,097 y 0,758 respectivamente.

Este valor debe ser menor que la capacidad térmica del tubo, con densidad de corriente en cortocircuito, según normativa:

$$I'_\theta = \rho_{cc} \cdot S$$

En donde:

- I'_θ: Intensidad térmica del tubo (kA)
- ρ_{cc}: Densidad de corriente en cortocircuito (A/mm^2)
- S: Sección del tubo (mm^2)

✓ ***EJEMPLO:***

Necesitaremos para el cálculo:

Sección (mm^2)	Densidad corriente de cortocircuito (A/mm^2)	Intensidad de cresta de corriente de cortocircuito (kA)
1770	120	71,43

La intensidad térmica de cortocircuito es:

$$I_\theta = 71{,}43 \cdot \sqrt{0{,}097 + 0.758} = 66{,}05\ kA$$

Ahora calculamos la intensidad térmica del tubo:

$$I'_\theta = 120 \cdot 1770 = 212{,}40\ kA$$

Como se puede apreciar en el resultado, la intensidad térmica del tubo es superior a la intensidad térmica en cortocircuito, por lo tanto CUMPLE.

2.7.1.4. Efecto corona

El efecto corona puede tener efectos adversos sobre los embarrados diseñados. Para comprobar si se va a producir dicho efecto sobre los embarrados, es necesario determinar previamente la tensión crítica disruptiva, la cual para conductores cilíndricos se calcula mediante la fórmula de Peek:

$$U_c = m_c \cdot m_t \cdot \delta \cdot E_{of} \cdot r_1 \cdot \ln\left(\frac{D}{r_1}\right)$$

En donde:

- U_c: Tensión crítica disruptiva (kV)
- m_c: Coeficiente de irregularidad del conductor. Para un tubo cilíndrico y liso tiene valor 1.
- m_t: Coeficiente meteorológico, que hace referencia a la humedad ambiental. En el caso de un clima seco, toma valor 1.
- r_1: Radio exterior del tubo (mm)
- D: Distancia entre conductores (mm)
- δ: Factor de correlación de densidad del aire (cmHg/K), que se calcula:

$$\delta = \frac{3{,}92 \cdot H}{273 + \phi}$$

En donde:

- δ: Factor de correlación de densidad del aire (cmHg/K)
- Φ: Temperatura del aire
- H: Presión atmosférica (cmHg)

$$H = e^{\ln(H_0) - \frac{y}{18336}}$$

En donde:

- H: Presión atmosférica de la zona (cmHg)
- H_0: Presión atmosférica (cmHg)
- y: Altitud de la zona (m)

- E_{of}: Valor eficaz de campo eléctrico para la aparición del efecto corona (kV/cm). Este valor, para conductores paralelos, se calcula mediante la siguiente expresión:

$$E_{of} = \frac{30 \cdot m_c \cdot \left(1 + \frac{0{,}3}{\sqrt{r_1}}\right)}{\sqrt{2}}$$

En donde:

- E_{of}: Valor eficaz de campo eléctrico para la aparición del efecto corona (kV/cm)
- m_c: Coeficiente de irregularidad del conductor. Para un tubo cilíndrico y liso tiene valor 1.
- r_1: Radio exterior del tubo (cm)

✓ ***EJEMPLO:***

Necesitaremos para el cálculo:

Altitud de la zona (m)	Presión atmosférica (cmHg)	Coeficiente de irregularidad "mc"	Coeficiente meteorológico "mt"	Diámetro exterior (mm)	Distancia entre fases (m)	Tª del aire (ºC)
573	76	1	1	100	4	40

El valor eficaz será:

$$E_{of} = \frac{30 \cdot 1 \cdot \left(1 + \frac{0{,}3}{\sqrt{5}}\right)}{\sqrt{2}} = 24{,}06\ kV/cm$$

La presión atmosférica de la zona es:

$$H = e^{\ln(76) - \frac{573}{18336}} = 73{,}66\ cmHg$$

El factor de correlación es:

$$\delta = \frac{3{,}92 \cdot 73{,}66}{273 + 40} = 0{,}92\ cmHg/K$$

Por lo tanto la tensión disruptiva valdrá:

$$U_c = 1 \cdot 1 \cdot 0{,}92 \cdot 24{,}06 \cdot 5 \cdot \ln\left(\frac{4000}{50}\right) = 486{,}31\ kV$$

Como el valor de la tensión disruptiva es superior a la tensión nominal de 132 kV del parque, NO aparecerá el efecto corono en los embarrados.

2.7.2. Cálculos mecánicos

2.7.2.1. Fuerzas en el embarrado

Las fuerzas que aparecen en el embarrado son:

- Peso propio del tubo
- Viento
- Hielo
- Cortocircuito

a) Fuerza del peso propio del tubo

Se aplicará:

$$F_{pp} = p_{pt} \cdot g \cdot L$$

En donde:

- F_{pp}: Fuerza del peso propio del tubo (N)
- p_{pt}: Peso propio del tubo (kg/m)
- L: Longitud del vano (m)
- g: Constante de gravedad (m/s^2)

✓ ***EJEMPLO:***

Necesitaremos para el cálculo:

Peso (kg/m)	Longitud del vano (m)
4,784	14

Por lo que la fuerza propia del tubo es:

$$F_{pp} = 4{,}784 \cdot 9{,}81 \cdot 14 = 657{,}03\ N$$

---

b) Fuerza del viento

Dependerá de la presión que ejerza el viento sobre el tubo y del diámetro externo del mismo. Se calculará para el caso más desfavorable de vientos de 140 km/h.

La fuerza del viento sobre el tubo será:

$$F_v = p_v \cdot D_e \cdot L$$

En donde:

- F_v: Fuerza del viento en el tubo (N)
- p_v: Presión del viento a 140 km/h (N/m^2)
- D_e: Diámetro exterior del tubo (m)
- L: Longitud del vano (m)

✓ ***EJEMPLO:***

Necesitaremos para el cálculo:

Presión equivalente del aire (N/m^2)	Diámetro exterior del tubo (mm)	Longitud del vano (m)
945	100	14

La fuerza del viento en el tubo será:

$$F_v = 945 \cdot 0{,}1 \cdot 14 = 1323\ N$$

---

c) Fuerza del hielo

Al encontrarse la subestación en zona A, no se considera la posibilidad de exista hielo.

d) Fuerza del cortocircuito

La mayor fuerza por cortocircuito se dará en la fase intermedia, por estar entre dos fases. La fuerza estática por unidad de longitud entre dos conductores paralelos recorridos por una intensidad, se obtiene de la expresión:

$$F_{cc} = \frac{\sqrt{3} \cdot \mu_0 \cdot {I_p}^2 \cdot L}{4\pi \cdot a}$$

En donde:

- F_{cc}: Fuerza del cortocircuito (N)
- μ_0: Permeabilidad absoluta del vacío, con valor $4\pi*10^{-7}$ V*s/A*m
- I_P: Intensidad de cresta (A)
- L: Longitud del vano (m)
- a: Distancia entre fases (m)

✓ ***EJEMPLO:***

Necesitaremos para el cálculo:

Intensidad de cresta (kA)	Distancia entre fases (m)	Longitud del vano (m)
71,43	4	14

La fuerza del cortocircuito es:

$$F_{cc} = \frac{\sqrt{3} \cdot 4 \cdot 10^{-7} \cdot 71430^2 \cdot 14}{4\pi \cdot 4} = 3093{,}02\ N$$

Las fuerzas dinámicas dependen a su vez de la frecuencia de vibración propia del tubo, que es función del tubo, del vano y de los apoyos, y que permite calcular dos coeficientes que determinan la tensión dinámica en cortocircuito sobre el tubo:

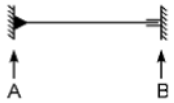
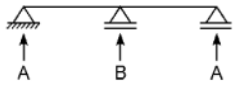
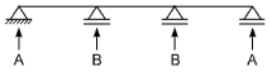
- Factor que tiene en cuenta el efecto dinámico ($V_{\sigma m}$)
- Factor que tiene en cuenta el reenganche (V_{rm})

Primeramente hallamos la frecuencia de vibración de un tubo:

$$f_{cm} = \frac{\gamma}{L^2} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I}{m}}$$

En donde:

- f_{cm}: Frecuencia de vibración (Hz)
- L: Longitud del vano (m)
- E: Módulo de Young del material (N/m^2)
- I: Inercia de sección (m^4)
- m: Masa unitaria por unidad de longitud del tubo (kg/m)
- γ: Coeficiente del tubo y de los apoyos. Dependerá de la colocación del tubo sobre los apoyos y se obtendrá de la tabla 3 de la norma UNE-EN 60865:

Tipo de viga y de soporte		Factor α	Factor β*	Factor γ
Vigas de un solo vano	A y B: soportes simples 	A: 0,5 B: 0,5	1,0	1,57
	A: soporte empotrado B: soporte simple 	A: 0,625 B: 0,375	$\frac{8}{11} = 0{,}73$	2,45
	A y B: soportes empotrados 	A: 0,5 B: 0,5	$\frac{8}{16} = 0{,}5$	3,56
Vigas continua con soportes simples equidistantes	Dos vanos 	A: 0,375 B: 1,25	$\frac{8}{11} = 0{,}73$	2,45
	Tres o más vanos 	A: 0,4 B: 1,1	$\frac{8}{11} = 0{,}73$	3,56
* Se incluyen los efectos de plasticidad.				

Fuente: Norma UNE-EN 60865

✓ ***EJEMPLO:***

Necesitaremos para el cálculo:

Peso (kg/m)	Longitud del vano (m)	Momento de inercia (cm^4)	Módulo de Young (N/mm^2)
4,784	14	196,49	70000

Como el tubo está colocado entre dos soportes simples, según la tabla 3 anterior el factor γ = 1,57, por lo que la frecuencia de vibración del tubo será:

$$f_{cm} = \frac{1{,}57}{14^2} \cdot \sqrt{\frac{70000 \cdot 10^6 \cdot 196{,}49 \cdot 10^{-8}}{4{,}784}} = 1{,}3582\ Hz$$

La relación entre la frecuencia de oscilación y la frecuencia nominal del sistema nos indicará las fórmulas a elegir en la norma UNE-EN 60865 para así hallar los valores de $V_{σm}$ y V_{rm}:

$$r_f = \frac{f_{cm}}{f}$$

En donde:

- r_f: Relación de frecuencia
- f_{cm}: Frecuencia e vibración del tubo (Hz)
- f: Frecuencia de la red eléctrica (Hz)

f_{cm}/f	Factor $V_{σm}$
<0,04	$0{,}0929 + 4{,}49\,e^{-1{,}68\kappa} + 0{,}0664 \lg(f_{cm}/f)$ [a]
0,04 … 0,8	máximo valor de $V_{σ1}$ o $V_{σ2}$
	$V_{σ1} = 0{,}756 + 4{,}49\,e^{-1{,}68\kappa} + 0{,}54 \lg(f_{cm}/f)$ [a]
	$V_{σ2} = 1{,}0$
>0,8	1

[a] Si $\kappa > 1{,}6$ debe utilizarse $\kappa = 1{,}6$.

Fuente: Norma UNE-EN 60865

El factor k es un parámetro proporcionado por la Compañía Suministradora.

$$V_{rm} = \begin{cases} 1{,}8 & \text{para} \quad f_{cm} / f \leq 0{,}05 \\ 1{,}0 - 0{,}615 \lg\left(f_{cm} / f\right) & \text{para} \quad 0{,}05 < f_{cm} / f < 1{,}0 \\ 1{,}0 & \text{para} \quad f_{cm} / f \geq 1{,}0 \end{cases}$$

Fuente: Norma UNE-EN 60865

✓ ***EJEMPLO:***

La frecuencia de la red es de 50 Hz y con la frecuencia de vibración del tubo hallada anteriormente, la relación de frecuencia será:

$$r_f = \frac{1{,}3582}{50} = 0{,}0272$$

El factor del efecto dinámico, para un k = 1,6 aportado por la Compañía Suministradora, y ser la relación de frecuencia menor de 0,04, será:

$$V_{\sigma m} = 0{,}0929 + 4{,}49 \cdot e^{-1{,}68 \cdot 1{,}6} + 0{,}0664 \cdot \log(0{,}0272) = 0{,}2943$$

Y el factor del efecto del reenganche, como la relación de frecuencia es menor de 0,05, será:

$$V_{rm} = 1{,}8$$

2.7.2.2. *Tensiones en el embarrado*

Una vez obtenidos todas las fuerzas descritas, hallamos las tensiones que ejercen, con el fin de verificar si el embarrado seleccionado cumple con las especificaciones de nuestra subestación.

a) Tensión del peso propio del tubo

Se aplicará:

$$\sigma_{pp} = \frac{1}{8} \cdot \frac{F_{pp} \cdot L}{W}$$

En donde:

- σ_{pp}: Tensión del peso propio del tubo (N/mm^2)
- F_{pp}: Fuerza del peso propio del tubo (N)
- L: Longitud del vano (m)
- W: Momento resistente del material (cm^3)

✓ ***EJEMPLO:***

Necesitaremos para el cálculo:

Fuerza del propio peso (N)	Longitud del vano (m)	Momento resistente (cm^3)
657,03	14	31,27

Por lo que la tensión propia del tubo es:

$$\sigma_{pp} = \frac{1}{8} \cdot \frac{657{,}03 \cdot 14}{31{,}27} = 36{,}77\ N/mm^2$$

---

b) Tensión del viento

Se aplicará:

$$\sigma_v = \frac{1}{8} \cdot \frac{F_v \cdot L}{W}$$

En donde:

- σ_v: Tensión del viento en el tubo (N/mm^2)
- F_v: Fuerza del viento en el tubo (N)
- L: Longitud del vano (m)
- W: Momento resistente del material (cm^3)

✓ ***EJEMPLO:***

Necesitaremos para el cálculo:

Fuerza del viento (N)	Longitud del vano (m)	Momento resistente (cm^3)
1323	14	31,27

La tensión del viento será:

$$\sigma_v = \frac{1}{8} \cdot \frac{1323 \cdot 14}{31{,}27} = 74{,}04\ N/mm^2$$

---

c) Tensión del hielo

Al encontrarse la subestación en zona A, no se considera la posibilidad de exista hielo.

d) Tensión del cortocircuito

Se aplicará:

$$\sigma_{cc} = V_{\sigma m} \cdot V_{rm} \cdot \beta \cdot \frac{F_{cc} \cdot L}{W}$$

En donde:

- σ_{cc}: Tensión del cortocircuito (N/mm^2)
- $V_{\sigma m}$: Factor que tiene en cuenta el efecto dinámico
- V_{rm}: Factor que tiene en cuenta el reenganche
- F_{cc}: Fuerza del cortocircuito (N/m)
- L: Distancia del vano (m)
- W: Momento resistente del material (cm^3)
- β: Factor correspondiente a la tensión mecánica de un tubo. Dicho valor de obtendrá de la tabla 3 de la norma UNE-EN 60865, que dependerá de la colocación del embarrado en los apoyos.

✓ ***EJEMPLO:***

Necesitaremos para el cálculo:

Factor del efecto dinámico	Factor del reenganche	Fuerza del cortocircuito (N)	Longitud del vano (m)	Momento resistente (cm^3)	β
0,2943	1,8	3093,02	14	31,27	1

Por lo que la tensión de cortocircuito es:

$$\sigma_{cc} = 0{,}2943 \cdot 1{,}8 \cdot 1 \cdot \frac{3093{,}02 \cdot 14}{31{,}27} = 91{,}70\ N/mm^2$$

Todas estas tensiones del tubo, mediante trigonometría, tendrán un efecto total:

$$\sigma_t = \sqrt{(\sigma_v + \sigma_{cc})^2 + {\sigma_{pp}}^2}$$

En donde:

- σ_t: Tensión total del tubo (N/mm^2)
- σ_v: Tensión del viento (N/mm^2)
- σ_{cc}: Tensión del cortocircuito (N/mm^2)
- σ_{pp}: Tensión del peso propio del tubo (N/mm^2)

✓ ***EJEMPLO:***

Con los datos obtenidos, tendremos una tensión total en el tubo de:

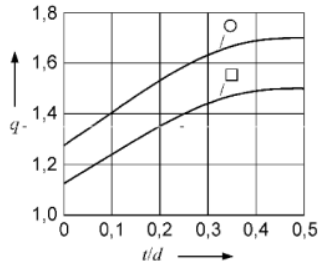
$$\sigma_t = \sqrt{(74{,}04 + 91{,}70)^2 + 36{,}77^2} = 196{,}77\ N/mm^2$$

Según la normativa aplicada, el tubo soportará los esfuerzos producidos sobre él, si se cumple que:

$$\sigma_t \leq q \cdot f_y$$

En donde:

- σ_t: Tensión total del tubo (N/mm^2)
- f_y: Límite de fluencia del material (N/mm^2)
- q: Factor de plasticidad del embarrado. Dependerá de la sección transversal del embarrado y se podrá obtener de la tabla 4 de la norma UNE-EN 60865:

Sección transversal	Sección transversal
$q = 1{,}5$	$q = 1{,}83$ $q = 1{,}19$
$q = 1{,}7$ $q = 1{,}7\,\frac{1-(1-2t/d)^3}{1-(1-2t/d)^4}$ $q = 1{,}5\,\frac{1-(1-2t/d)^3}{1-(1-2t/d)^4}$	
q es válido para el eje de flexión dibujado en línea discontinua. Las fuerzas son perpendiculares a este eje.	

Fuente: Norma UNE-EN 60865

- ✓ ***EJEMPLO:***

Necesitaremos para el cálculo:

Espesor (mm)	Diámetro exterior (mm)
6	100

Al ser el embarrado un tubo hueco de sección circular, se utilizará:

$$q = 1{,}7 \cdot \frac{1-\left(1-\frac{2\cdot t}{d}\right)^3}{1-\left(1-\frac{2\cdot t}{d}\right)^4} = 1{,}7 \cdot \frac{1-\left(1-\frac{2\cdot 6}{100}\right)^3}{1-\left(1-\frac{2\cdot 6}{100}\right)^4} = 1{,}3527$$

Por último verificaremos que el tubo soportará las tensiones producidas por los esfuerzos, sabiendo que el límite de fluencia del material es de 160 N/mm²:

$$196{,}77\ N/mm^2 < 1{,}3527 \cdot 160 = 216{,}43\ N/mm^2$$

Verificados todos los resultados hallados para el tubo, podemos concluir que el modelo Al6063-T6 100/88 CUMPLE con las especificaciones exigidas en el parque de 132 kV.

2.8. Aisladores soporte

Los aisladores del parque de 132 kV serán del modelo C4-650 y sus características son las siguientes:

- Tensión nominal: 132 kV
- Tensión máxima: 145 kV
- Tensión soportada nominal a impulsos tipo rayo: 650 kV
- Tensión soportada nominal a frecuencia industrial: 275 kV
- Altura del aislador: 1500 mm
- Diámetro base de fijación: 200 mm
- Diámetro del aislador: 350 mm
- Línea de fuga: 2320 mm
- Carga de rotura a flexión: 4000 N

Las acciones a considerar en este caso son únicamente horizontales, por lo que las fuerzas a considerar serán el del viento, tanto en el tubo como en el aislador y el de cortocircuito.

A continuación se muestra los cálculos a realizar para la comprobación del aislador elegido.

2.8.1. Fuerza del viento

2.8.1.1. Sobre el tubo:

Se utilizará la misma expresión comentada anteriormente.

2.8.1.2. Sobre el aislador:

La fuerza del viento sobre el aislador será:

$$F_{va} = p_v \cdot L_a \cdot D_a$$

En donde:

- F_{va}: Fuerza del viento sobre el aislador (N)
- p_v: Presión del viento a 140 km/h (N/m^2)
- L_a: Longitud del aislador (m)
- D_a: Diámetro del aislador (m)

✓ ***EJEMPLO:***

Necesitaremos para el cálculo:

Altura aislador (mm)	Diámetro aislador (mm)	Presión equivalente del aire (N/m^2)	α
1500	350	945	0,5

La fuerza del viento en el aislador será:

$$F_{va} = 945 \cdot 1{,}5 \cdot 0{,}35 = 248{,}06\ N$$

2.8.2. Fuerza del cortocircuito:

Es la que aparece en el tubo y se utilizará la misma expresión comentada anteriormente.

2.8.3. Coeficiente de seguridad

Ya solo quedará verificar si el aislador aguantará las fuerzas que en él aparecen, que deberá de tener un coeficiente de seguridad mayor o igual a 1,5 (mínimo exigido en los apoyos), obteniéndose mediante la carga de rotura del aislador y la carga total que se ejercen:

$$\frac{Q_a}{F_t} \geq 1{,}5$$

En donde:

- Q_a: Carga de rotura del aislador (N)
- F_t: Fuerza total en el aislador (N)

Siendo la fuerza total existente en el aislador:

$$F_t = (F_v + F_{cc} + F_{va}) \cdot \alpha$$

En donde:

- F_t: Fuerza total en el aislador (N)
- F_v: Fuerza del viento en el tubo (N)
- F_{cc}: Fuerza del cortocircuito en el tubo (N)
- F_{va}: Fuerza del viento sobre el aislador (N)
- α: Factor de reparto. Dicho valor de obtendrá de la tabla 3 de la norma UNE-EN 60865, que dependerá de la colocación del embarrado en los apoyos.

✓ ***EJEMPLO:***

Con los datos obtenidos hasta el momento y con un factor de reparto de 0,5, al estar el embarrado entre dos apoyos, la fuerza total que hay en el aislador será:

$$F_t = (1323 + 3093{,}02 + 496{,}13) \cdot 0{,}5 = 2456{,}07\ N$$

Como la carga de rotura del aislador es de 4000 N, tendremos un coeficiente de seguridad:

$$\frac{4000}{2456{,}07} = 1{,}63 > 1{,}5$$

Con los datos obtenidos y siendo la línea de fuga del aislador de 2320 mm, igual que la de la zona, podemos concluir diciendo que el aislador CUMPLE con las especificaciones solicitadas en el parque de 132 kV.

2.9. Autoválvulas

Los cálculos realizados para seleccionar la autoválvula adecuada del parque de 132 kV se harán conforme a la *guía para el comprador de ABB "Descargadores de sobretensiones de alto voltaje"*, compañía con una amplia variedad de productos y con experiencia contrastada en el sector eléctrico.

Para la selección adecuada de los pararrayos autoválvulas hay que determinar si el sistema de puesta a tierra está puesto a tierra correctamente. Para esto, se calcula el factor de perdida a tierra (k):

$$k = \frac{U_{TOV}}{U_{ca}}$$

En donde:

- k: Factor de pérdida de tierra
- U_{TOV}: Sobretensión temporal aplicada (kV). Son voltajes de larga duración generados por eventos de la red, generalmente de frecuencia industrial o casi de frecuencia industrial.
- U_{ca}: Tensión de trabajo continuo actual (kV). Correspondiente a la tensión más elevada de la red.

Si el factor de perdida de tierra es igual o inferior a 1,4, se considera que la red está efectivamente conectada a tierra. Generalmente esto implica una conexión sólida del neutro en la red de tierra. Todas las demás formas de conexión a tierra mediante una impedancia o sin neutro a tierra se consideran inefectivas con valores superiores al 1,4.

✓ ***EJEMPLO:***

Para el cálculo tomaremos como sobretensión temporal aplicada la correspondiente a una tensión cercana a la frecuencia industrial del parque de 132 kV (el 70% de 275 kV) y siendo la tensión más elevada del material de 145 kV, tendremos un factor de perdida de tierra:

$$k = \frac{0{,}7 \cdot 275}{145} = 1{,}33$$

Como se puede ver el valor obtenido de 1,33 es inferior al 1,4, por lo que la red es EFECTIVA.

Comprobado la efectividad o no del sistema de la tierra, y teniendo en cuenta el tiempo de despeje de falta y la tensión más elevada del material, la siguiente tabla de ABB nos indicará como obtener la tensión nominal mínima del descargador:

Sistema a tierra	Duración de la falta	Tensión más elevada del material, U_m (kV)	Mínima tensión asignada, U_r (kV)
Efectivo	≤ 1s	≤ 100	≥ 0,8·U_m
Efectivo	≤ 1s	≥ 123	≥ 0,72·U_m
No efectivo	≤ 10s	≤ 170	≥ 0,91·U_m ≥ 0,93·U_m (EXLIM T)
No efectivo	≤ 2h	≤ 170	≥ 1,11·U_m
No efectivo	> 2h	≤ 170	≥ 1,25·U_m

Fuente: Guía para el comprador de ABB "Descargadores de sobretensiones de alto voltaje"

✓ ***EJEMPLO:***

Necesitamos para el cálculo:

Tensión más elevada (kV)	Tiempo de despeje (s)
145	0,5

Por tanto utilizamos:

$$U_r \geq 0{,}72 \cdot U_m = 0{,}72 \cdot 145 = 104{,}4\ kV$$

El valor obtenido nos indicará la tensión nominal mínima de descarga como dato de partida para la elección de la autoválvula, seleccionando el valor igual o inmediatamente superior según catálogo, aunque se podrá seleccionar un valor inferior que el obtenido si se conocen los

parámetros con mayor exactitud; de lo contrario, el descargador puede sobrecargarse con sobretensiones temporales.

Una vez seleccionada la autoválvula, se determinará los márgenes de protección, siendo uno el margen de impulsos de descarga y el otro el margen de impulsos de funcionamiento, y para ello se utilizará las siguientes expresiones:

$$M_{pl} = \left(\frac{U_{wl}}{U_{pl}} - 1\right) \cdot 100$$

$$M_{ps} = \left(\frac{U_{ws}}{U_{ps}} - 1\right) \cdot 100$$

En donde:

- M_{pl}: Margen de protección para impulsos de descarga (%)
- U_{wl}: Tensión de aislamiento externo del equipo a los impulsos de descarga (kV)
- U_{pl}: Tensión de protección de impulso de descarga (kV)
- M_{ps}: Margen de protección para impulsos de funcionamiento (%)
- U_{ws}: Tensión de aislamiento externo del equipo a los impulsos de funcionamiento (kV)
- U_{ps}: Tensión de protección de impulso de funcionamiento (kV)

✓ ***EJEMPLO:***

Con el resultado obtenido de la tensión de descarga de 104,4 kV, partiremos de una autoválvula con revestimiento de silicona modelo PEXLIM con tensión de descarga estándar inmediatamente superior de 108 kV, según el catálogo de ABB.

ABB nos indica como seleccionar las tensiones de protección de impulso de descarga y de funcionamiento del catálogo, siendo:

$$U_{pl}\begin{cases} Si\ \ U_m \leq 362\ kV & selecionamos\ el\ valor\ de\ 10\ kA \\ Si\ \ U_m > 362\ kV & selecionamos\ el\ valor\ de\ 20\ kA \end{cases}$$

$$U_{ps}\begin{cases} Si\ \ U_m \leq 170\ kV & selecionamos\ el\ valor\ de\ 0{,}5\ kA \\ Si\ \ U_m \geq 362\ kV & selecionamos\ el\ valor\ de\ 2\ kA \end{cases}$$

Para la autoválvula seccionada PEXLIM R108-YH145 y con una tensión máxima de la red de 145 kV, tendremos unos valores obtenidos del catálogo de:

U_{pl} a 10 kA (kV)	U_{ps} a 0,5 kA (kV)	U_{wl} (kV)	U_{ws} (kV)
280	223	568	300

Por lo que los márgenes serán:

$$M_{pl} = \left(\frac{568}{280} - 1\right) \cdot 100 = 103\%$$

$$M_{ps} = \left(\frac{300}{223} - 1\right) \cdot 100 = 35\%$$

Como se puede observar el margen de protección para impulsos de descarga es insuficiente, por lo que se optará por un descargar de clase 3, con la misma tensión de descarga, siendo elegido el PEXLIM Q108-XH145, siendo ahora los valores:

U_{pl} a 10 kA (kV)	U_{ps} a 0,5 kA (kV)	U_{wl} (kV)	U_{ws} (kV)
254	208	462	293

Obtenido unos márgenes de:

$$M_{pl} = \left(\frac{462}{254} - 1\right) \cdot 100 = 82\%$$

$$M_{ps} = \left(\frac{293}{208} - 1\right) \cdot 100 = 41\%$$

Este margen de protección para impulsos de descarga parece excelente, pero debe tenerse en cuenta que, dependiendo del efecto de distancia y el posible envejecimiento del aislamiento, el margen se reduce a tan solo el 10% - 15% después de considerarse el efecto de distancia y según la amplitud del impulso elegido. Por tanto, es muy importante instalar el descargador lo más cerca posible del objeto a proteger.

Una vez seleccionada la autoválvula, se determinará la energía que deberá absorber en cado de sobretensiones, con el fin de asegurar bien su elección, que viene determinada por la siguiente expresión:

$$W = \frac{U_L - U_{res}}{Z} \cdot U_{res} \cdot 2 \cdot t \cdot n$$

En donde:

- W: Energía absorbida por la autoválvula (J)
- U_L: Sobretensión eventual o tensión de carga de la línea (kV)
- U_{res}: Tensión residual de la autoválvula (kV)
- Z: Impedancia de la autoválvula (Ω)
- n: Número consecutivo de descargas.
- t: Tiempo de propagación de la onda (μs), que calculará:

$$t = \frac{L}{v}$$

En donde:

- t: Tiempo de propagación de la onda (μs)
- L: longitud de la línea desde el entronque hasta la entrada del parque (km)
- v: Velocidad de propagación de la onda (km/μs)

Los valores de tensión de carga de la línea y de impedancia de la autoválvula se obtendrán de la siguiente tabla:

Tensión más elevada del material, U_m (kV)	Impedancia del pararrayos, Z (ohm)	Sobretensión eventual sin pararrayos, U_L (p.u)
< 145	450	3,0
145 - 345	400	3,0
362 - 525	350	2,6
765	300	2,2

Fuente: Guía para el comprador de ABB "Descargadores de sobretensiones de alto voltaje"

✓ ***EJEMPLO:***

Necesitaremos para el cálculo:

Longitud línea subterránea (m)	Velocidad de propagación de la onda (km/μs)	Tensión residual máxima con onda de corriente 8/20 μs a 10 kA (kV)	Número de descargas
20	0,3	254	2

El tiempo de propagación de la onda será:

$$t = \frac{0{,}02}{0{,}3} = 0{,}07\ \mu s$$

Al ser la tensión más elevada del material de 145 kV, tendremos de la tabla anterior una impedancia de 400 Ω y una sobretensión eventual 3 veces superior a la tensión de la red (132 kV), siendo por tanto U_L = 396 kV, por lo tanto la energía que debe absorber por la autoválvula es:

$$W = \frac{396 - 254}{400} \cdot 254 \cdot 2 \cdot 0{,}07 \cdot 2 = 24{,}05\ kJ$$

Para el caso de la autoválvula seleccionada, según el fabricante tiene una capacidad de energía de 7,8 kJ/kV, que para la tensión asignada de 108 kV se obtiene una energía que es capaz de absorber de 842,4 kJ, valor bastante superior a la energía que puede aparecer para absorber.

Se ha comentado los cálculos a realizar para determinar si la elección de una autoválvula ha sido de manera correcta a la hora de su funcionamiento, pero no solamente se tiene en cuenta eso, sino que también al estar expuesta al ambiente deberá cumplir con la línea de fuga con el fin de que no se produzca el arco eléctrico.

La autoválvula elegida PEXLIM Q108-XH145 tiene una línea de fuga de 3625 mm, por lo que comparando con la línea de fuga de la zona y con los resultados obtenidos de los márgenes de protección y de energía absorbida, podemos concluir diciendo que la autoválvula CUMPLE con las especificaciones del parque de 132 kV.

---

3. Parque de 66 kV

3.1. Tensiones nominales normalizadas

Según las instrucciones técnicas complementarias ITC MIE-RAT 04, los valores normalizados de tensiones y de tensiones más elevada para el material son los que aparecen en la tabla del apartado 1:

TENSIÓN NOMINAL DE LA RED (Un) kV	TENSIÓN MÁS ELEVADA PARA EL MATERIAL (Um) kV
3	3,6
6	7,2
10	12
15	17,5
20*	24
30	36
45	52
66*	72,5
110	123
132*	145
220*	245
380*	420

(*) Tensiones de uso preferente en redes de distribución públicas.

Fuente: RCE, Reglamento sobre centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación

Como se puede ver, para el parque de 66 kV, corresponde una tensión más elevada para el material de 72,5 kV.

3.2. Niveles de aislamiento

Según las instrucciones técnicas complementarias ITC-MIE-RAT 12, los valores normalizados de los niveles de aislamiento de los aparatos de alta tensión, definidos por las tensiones soportadas nominales para distintos tipos de solicitaciones dieléctricas, se separan en tres grupos según los valores de la tensión más elevada para el material:

- Grupo A: Tensión mayor de 1 kV y menor de 36 kV.
- Grupo B: Tensión igual o mayor de 36 kV y menos de 245 kV.
- Grupo C: Tensión igual o mayor de 245 kV.

Por tanto, para el parque de 66 kV, los niveles de aislamiento que se han adoptado, de acuerdo con el ITC-MIE-RAT 12, son los que corresponden a materiales del Grupo B para aislamiento pleno, teniendo una tensión a impulsos tipo rayo y a frecuencia industrial, que nos las indicará la tabla 2 del apartado 1.2.1:

TENSIÓN MÁS ELEVADA PARA EL MATERIAL (Um)	TENSIÓN SOPORTADA NOMINAL A LOS IMPULSOS TIPO RAYO	TENSIÓN SOPORTADA NOMINAL DE CORTA DURACIÓN A FRECUENCIA INDUSTRIAL
kV eficaces	kV cresta	kV eficaces
52	250	95
72,5	325	140
123	450	185
145	550	230
170	650	275
245	750	325
	850	360
	950	395
	1050	460

Fuente: RCE, Reglamento sobre centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación

Para dicho grupo B se deduce que de la tabla 2 que en el sistema de 66 kV, el material soporta permanentemente como tensión más elevada 72,5 kV eficaces, así como 325 kV cresta a impulsos tipo rayo y 140 kV eficaces a frecuencia industrial.

También se tendrá en cuenta, para el cumplimiento del nivel de aislamiento, la línea de fuga de los aisladores, la cual dependerá del nivel de contaminación de la zona y que se establecerá según la ITC-LAT 07 en la tabla 14 del apartado 4.4:

Nivel de contaminación	Ejemplos de entornos típicos	Línea de fuga específica nominal mínima mm/kV[1)]
I Ligero	- Zonas sin industrias y con baja densidad de viviendas equipadas con calefacción. - Zonas con baja densidad de industrias o viviendas, pero sometidas a viento o lluvias frecuentes. - Zonas agrícolas [2] - Zonas montañosas - Todas estas zonas están situadas al menos de 10 km a 20 km del mar y no están expuestas a vientos directos desde el mar [3]	16,0
II Medio	- Zona con industrias que no producen humo especialmente contaminante y/o con densidad media de viviendas equipadas con calefacción. - Zonas con elevada densidad de viviendas y/o industrias pero sujetas a vientos frecuentes y/o lluvia. - Zonas expuestas a vientos desde el mar, pero no muy próximas a la costa (al menos distantes bastantes kilómetros)[3].	20,0
III Fuerte	- Zonas con elevada densidad de industrias y suburbios de grandes ciudades con elevada densidad de calefacción generando contaminación. - Zonas cercanas al mar o en cualquier caso, expuestas a vientos relativamente fuertes provenientes del mar 3).	25,0
IV Muy fuerte	- Zonas, generalmente de extensión moderada, sometidas a polvos conductores y a humo industrial que produce depósitos conductores particularmente espesos. - Zonas, generalmente de extensión moderada, muy próximas a la costa y expuestas a pulverización salina o a vientos muy fuertes y contaminados desde el mar. - Zonas desérticas, caracterizadas por no tener lluvia durante largos periodos, expuestos a fuertes vientos que transportan arena y sal, y sometidas a condensación regular.	31,0

[1] Línea de fuga mínima de aisladores entre fase y tierra relativas a la tensión más elevada de la red (fase-fase).
[2] Empleo de fertilizantes por aspiración o quemado de residuos, puede dar lugar a un mayor nivel de contaminación por dispersión en el viento.
[3] Las distancias desde la costa marina dependen de la topografía costera y de las extremas condiciones del viento.

Fuente: Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión

Hallándose la línea de fuga mínima de la zona como:

$$l_{f\,min} = l_{fe} \cdot U_m$$

En donde:

- $L_{f\,min}$: Línea de fuga mínima de la zona (mm)
- L_{fe}: Línea de fuga específica según la contaminación de la zona (mm/kV)
- U_m: Tensión más elevada de la red (kV)

✓ ***EJEMPLO:***

Necesitamos para el cálculo:

Tensión más elevada (kV)	Nivel de polución	Línea de fuga específica (mm/kV)
72,5	I Ligero	16

Por lo que la línea de fuga mínima de la zona será:

$$l_{f\,min} = 16 \cdot 72{,}5 = 1160\ mm$$

Esta línea de fuga será utilizada como referencia a la hora de la elección de los aisladores de soporte de los embarrados y de las autoválvulas.

3.3. Condiciones de la instalación

La subestación y el edificio de control se encontrarán en una parcela situada en zona A.

Se considerarán las siguientes condiciones climatológicas:

- Viento: Una presión de viento a 140 km/h de 94,5 daN/m
- Hielo: No se considerará la posibilidad de su existencia

3.4. Hipótesis de diseño

En el parque de 66 kV se tomará la misma duración del cortocircuito (0,5 s) y la misma intensidad de cortocircuito trifásica de diseño (40 kA) en toda la subestación, asegurándonos de que los equipos estarán sobredimensionados y soportando así dicha intensidad

3.5. Cálculos eléctricos

3.5.1. Intensidad nominal

La intensidad máxima que podrá circular por el parque de 66 kV viene impuesta por la intensidad nominal de la posición de transformación en las condiciones más desfavorables de funcionamiento, con una sola barra principal operativa, siendo:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U}$$

En donde:

- I: Intensidad de la línea (A)
- S: Potencia a transportar (KVA)
- U: Tensión de la línea (kV)

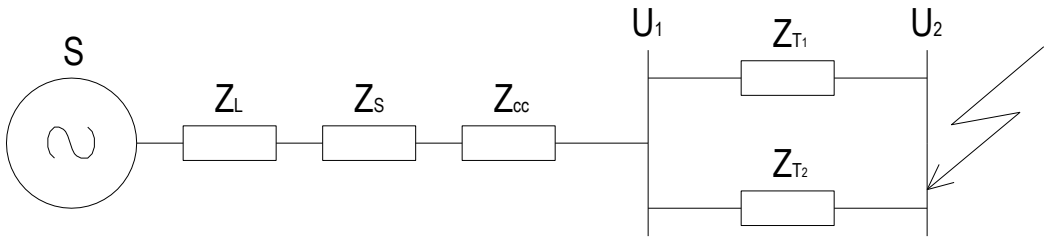
✓ ***EJEMPLO:***

Al ser la potencia de 75 MVA, la corriente que circulará por el parque de 66 kV será:

$$I = \frac{75000}{\sqrt{3} \cdot 66} = 656{,}08\ A$$

3.5.2. Intensidad de cortocircuito

La intensidad de cortocircuito que puede aparecer en las barras del parque de 66 kV, despreciando los elementos que se encuentran en el parque de 132 kV (interruptores, transformadores de tensión, etc), se determina mediante el diagrama unifilar de la subestación utilizando el sistema por unidad:



En donde:

- S: Potencia aparente a transportar
- U_1: Tensión primaria del embarrado de los transformadores
- U_2: Tensión secundaria del embarrado de los transformadores

- Z_L: Impedancia de la línea aérea
- Z_S: Impedancia de la línea subterránea
- Z_{cc}: Impedancia de cortocircuito
- Z_{T1}: Impedancia del transformador 1
- Z_{T2}: Impedancia del transformador 2

Calculamos la impedancia de dispersión de cada transformador, reduciéndolo a su valor por unidad, con la siguiente expresión:

$$Z_{T\ p.u.} = Z_T \cdot \frac{S_B}{S_T} \cdot \left(\frac{U_{T1}}{U_B}\right)^2$$

En donde:

- $Z_{T\ p.u.}$: Impedancia del transformador por unidad
- Z_T: Impedancia del transformador (Ω)
- S_T: Potencia del transformador (MVA)
- S_B: Potencia de base (MVA)
- U_{T1}: Tensión primaria del transformador (kV)
- U_B: Tensión de base (kV)

Asociando las impedancias del esquema podremos hallar la potencia de cortocircuito del embarrado de 66 kV, con:

$$S_{cc2} = \frac{S}{Z_{t\ p.u.}}$$

En donde:

- S_{cc2}: Potencia aparente de cortocircuito en el embarrado secundario (MVA)
- S: Potencia aparente a transportar (MVA)
- $Z_{t\ p.u.}$: Impedancia total del sistema por unidad

Obteniendo una intensidad de cortocircuito en el embarrado del secundario:

$$I_{cc} = \frac{S_{cc2}}{\sqrt{3} \cdot U_2}$$

En donde:

- I_{cc}: Intensidad de cortocircuito (kA)
- S_{cc2}: Potencia aparente de cortocircuito en el embarrado secundario (MVA)
- U_2: Tensión secundaria del embarrado de los transformadores (kV)

✓ ***EJEMPLO:***

Utilizaremos como parámetros de tensión de base 132 kV y de potencia de base 75 MVA y siendo la impedancia de dispersión del transformador del 12% tendremos:

$$Z_{T\ p.u.} = 0{,}12 \cdot \frac{75}{75} \cdot \left(\frac{132}{132}\right)^2 = j\ 0{,}12\ p.u.$$

Como se puede apreciar en el esquema unifilar anterior, tendremos que asociar las impedancias de los transformadores en paralelo y sumar el resultado a las impedancias de línea aérea, línea subterránea y de cortocircuito, obteniendo la impedancia total del sistema.

En nuestro caso, al no estar las impedancias de línea, subterránea y cortocircuito en por unidad, no podemos realizar la asociación, para éste problema optaremos en hallar una impedancia equivalente por unidad con la intensidad de cortocircuito del parque de 132 kV obtenida anteriormente de 1,61 kA, la cual producirá una potencia aparente de cortocircuito en el primario de 368,10 MVA:

$$Z_{eq\ p.u.} = \frac{75}{368{,}10} = j\ 0{,}20\ p.u.$$

Por lo tanto la impedancia total por unidad del sistema será:

$$Z_{t\ p.u.} = j\ 0{,}20 + \frac{j\ 0{,}12 \cdot j\ 0{,}12}{j\ 0{,}12 + j\ 0{,}12} = j\ 0{,}26\ p.u.$$

Teniendo una potencia de cortocircuito en el embarrado secundario de:

$$S_{cc2} = \frac{75}{j\ 0{,}26} = 288{,}46\ MVA$$

Y una intensidad de cortocircuito en el parque de 66 kV de:

$$I_{cc} = \frac{288{,}46}{\sqrt{3} \cdot 66} = 2{,}52\ kA$$

Como ya se ha comentado anteriormente, a pesar del valor de cortocircuito obtenido, para los cálculos de todos los elementos del parque se ha establecido como intensidad de cortocircuito una que sea lo suficientemente elevada como para que el diseño sea lo suficiente seguro y fiable, tomando para nuestro caso la del parque de 132 kV:

- I_{cc}: 40 kA
- Despeje: 0,5 s

3.6. Distancias mínimas

3.6.1. Entre fases y entre fase-tierra

La determinación de las distancias mínimas que debe de haber entre fases y entre fase y tierra, se establece de acuerdo con el nivel de aislamiento adoptado, en este caso el del grupo B, y lo indicado en las instrucciones técnicas complementarias ITC MIE-RAT 12.

Según la misma, teniendo en cuenta la tensión soportada nominal de los impulsos tipo rayo, de 325 kV, se determinan las siguientes distancias mínimas a cumplir, que se obtendrá de la tabla 4 y 5 del apartado 3.3.1:

TENSIÓN SOPORTADA NOMINAL A LOS IMPULSOS TIPO RAYO (kV cresta)	DISTANCIA MÍNIMA FASE-TIERRA EN EL AIRE (cm)
20	6
40	6
60	9
75	12
95	16
125	22
145	27
170	32
250	48
325	63
450	90
550	110
650	130
750	150

Fuente: RCE, Reglamento sobre centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación

TENSIÓN SOPORTADA NOMINAL A LOS IMPULSOS TIPO RAYO (kV cresta)	DISTANCIA MÍNIMA ENTRE FASES EN EL AIRE (cm)
20	6
40	6
60	9
75	12
95	16
125	22
145	27
170	32
250	48
325	63
450	90
550	110
650	130
750	150
850	170
950	190
1050	210

Fuente: RCE, Reglamento sobre centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación

Obteniéndose, tanto entre fase-tierra como entre fases, una distancia mínima de 63 cm.

Recordar que todas las distancias diseñadas del parque de 66 kV y establecidas en este apartado, son superiores a las distancias mínimas calculadas.

3.6.2. En pasillos de servicio

Según la instrucción técnica complementaria ITC-MIE-RAT 15, para los pasillos de servicio en el exterior, se deben cumplir las siguientes anchuras:

- Pasillos de maniobra con elementos en alta tensión a un solo lado, 1m.
- Pasillos de maniobra con elementos en alta tensión a ambos lados, 1,2m.
- Pasillos de inspección con elementos en alta tensión a un lado, 0,8m.
- Pasillos de inspección con elementos en alta tensión a ambos lados, 1m.

Además, las distancias mínimas en pasillos de servicio y zonas de protección, se establece para los elementos en tensión que no estén protegidos y que se encuentren sobre pasillos. Todos ellos deben estar a una altura "H" sobre el suelo.

La determinación de dichas alturas se hace teniendo en cuenta las fórmulas de la ITC-MIE-RAT 15. Según ésta, la altura en centímetros a la que deben ubicarse los elementos en tensión no protegidos es:

$$H = 250 + d$$

Siendo "d" la distancia expresada en centímetros, obtenida en la tabla 1 de la ITC-MIE-RAT 14:

Tensión nominal de la instalación en KV ≤	20	30	45	66	110	132	220
"d" en centímetros	20	27	38	63	95	130	185

Fuente: RCE, Reglamento sobre centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación

En las zonas donde se prevea el paso de aparatos o máquinas, deberá mantenerse una distancia mínima entre los elementos en tensión y el punto más alto de aquellos, no inferior a:

$$T = d + 10$$

con un mínimo de 50 cm. Se señalizará la altura máxima permitida para el paso de los aparatos o máquinas.

En cualquier caso, los pasillos de servicio estarán libres de todo obstáculo hasta una altura de 250 cm sobre el suelo.

✓ ***EJEMPLO:***

Para el parque de 66 kV, se obtiene de la tabla 1 de la ITC-MIE-RAT 14 una d = 63 cm, por lo que la altura mínima de los elementos a tensión no protegidos en pasillo será:

$$H = 250 + 63 = 313\ cm$$

Y la altura mínima para el paso de máquinas, desde el punto más elevado de éstas es:

$$T = 63 + 10 = 73\ cm$$

3.6.3. En zonas de protección contra contactos accidentales en el interior del recinto de la instalación

Según la instrucción técnica complementaria ITC MIE-RAT 15, se deben establecer unos sistemas de protección que deben mantener unas distancias horizontales mínimas con los elementos en tensión que se respetarán en toda zona comprendida entre el suelo y una altura de 200 cm que, según el sistema de protección elegido y expresadas en centímetros, será:

- De los elementos en tensión a paredes macizas de 180 cm de altura mínima:

$$B = d + 3$$

- De los elementos en tensión a enrejados de 180 cm de altura mínima:

$$C = d + 10$$

- De los elementos en tensión a cierres de cualquier tipo (paredes macizas, enrejados, barreras, etc.) con una altura que en ningún caso podrá ser inferior a 100 cm:

$$E = d + 30$$

  con un mínimo de 125 cm.

Para barreas no rígidas y enrejados, los valores de las distancias de seguridad en el aire deben incrementarse para tener en cuenta cualquier posible desplazamiento de la barrera o enrejado.

La cuadrícula del enrejado, cuando la hubiere, será como máximo de 50 x 50 mm.

✓ ***EJEMPLO:***

La distancia mínima de elementos de tensión a paredes macizas con altura mínima de 180 cm es:

$$B = 63 + 3 = 66\ cm$$

La distancia mínima de elementos de tensión a enrejados con altura mínima de 180 cm es:

$$C = 63 + 10 = 73\ cm$$

La distancia mínima de elementos de tensión a cualquier cerramiento con altura mínima de 100 cm es:

$$E = 63 + 30 = 93\ cm$$

3.6.4. En zonas de protección contra contactos accidentales desde el exterior del recinto de la instalación

Según la instrucción técnica complementaria ITC MIE-RAT 15, para evitar los contactos accidentales desde el exterior del cierre del recinto de la instalación con los elementos en tensión, deben existir entre estos y el cierre unas distancias mínimas de seguridad. Estas son:

- De los elementos de tensión al cierre cuando éste es una pared maciza de altura k < 250 + d (cm)

$$F = d + 100$$

- De los elementos en tensión al cierre cuando éste es una pared maciza de altura k ≥ 250 + d (cm)

$$B = d + 3$$

- De los elementos en tensión al cierre cuando éste es un enrejado de cualquier altura k ≥ 220 (cm)

$$G = d + 150$$

  La cuadrícula del enrejado será como máximo de 50 x 50 mm.

✓ ***EJEMPLO:***

La distancia mínima de elementos de tensión a paredes macizas con altura k < 313 cm es:

$$F = 63 + 100 = 163\ cm$$

La distancia mínima de elementos de tensión a paredes macizas con altura k ≥ 313 cm es:

$$B = 63 + 3 = 66\ cm$$

La distancia mínima de elementos de tensión a enrejados con altura k ≥ 220 cm es:

$$G = 63 + 150 = 213\ cm$$

3.7. Embarrados

Los embarrados del parque de 66 kV serán tubos de aluminio modelo Al 6063-T6 63/47, siendo estas medidas del tubo normalizadas por la Compañía Suministradora y cuyas características son las siguientes:

- Diámetro exterior: 63 mm
- Diámetro interior: 47 mm
- Espesor: 8 mm
- Longitud admisible: 15 m
- Sección total del conductor: 1382 mm^2
- Peso: 3,730 kg/m
- Momento de inercia: 53,37 cm^4
- Momento resistente: 14,35 cm^3
- Módulo de Young: 70000 N/mm^2
- Límite de fluencia: 160 N/mm^2
- Coeficiente de dilatación lineal: 0,023 mm/m ºC
- Intensidad admisible: 1820 A

La geometría y condiciones de anclaje en los extremos de los vanos considerados como más desfavorables son las siguientes:

- Longitud de vano: 8 m
- Distancia entre fases: 2 m
- Anclaje: Elástico-Fijo

A continuación se muestra los cálculos a realizar para la comprobación del embarrado elegido.

3.7.1. Cálculos eléctricos

3.7.1.1. Intensidad nominal

Según DIN 43670, la intensidad del embarrado debe ser corregida con distintos factores en función de la composición del tubo, la altitud, la temperatura máxima de trabajo (Según RAT 5):

$$I_{max} = I_n \cdot k1 \cdot k2 \cdot k3 \cdot k4$$

En donde:

- I_{max}: Intensidad máxima del tubo
- I_n: Intensidad nominal del tubo
- k1: Factor de la aleación del tubo
- k2: Factor de la temperatura final del tubo
- k3: Factor de la geometría del tubo
- k4: Factor de la altura geométrica del tubo

✓ ***EJEMPLO:***

La intensidad nominal teórica del tubo elegido, según fabricante es de 1820 A, con 25ºC de temperatura ambiente y 65ºC de temperatura de trabajo del tubo. Según la norma DIN 43670, los factores para el cálculo de la intensidad del embarrado del parque de 66 kV son:

Factor de aleación "k1"	Factor de temperatura final "k2"	Factor de la geometría "k3"	Factor de la altura geográfica "k4"
0,93	1,16	1,00	0,98

Por lo que la intensidad máxima del tubo es:

$$I_{max} = 1820 \cdot 0{,}93 \cdot 1{,}16 \cdot 1{,}00 \cdot 0{,}98 = 1924{,}15\ A$$

La intensidad del tubo es superior a los 656,08 A necesarios y nos proporcionará una potencia de 219,96 MVA, superior a los 75 MVA.

3.7.1.2. Intensidad de cresta

Según criterios de diseño establecidos, se ha considerado como intensidad de cortocircuito de 40 kA.

Según la norma UNE 60909, se debe establecer una intensidad de cresta, para aplicar a los cálculos de los embarrados. Además, dicha intensidad de cresta es la que va a determinar el poder de cierre de los interruptores y se calculará con la siguiente ecuación:

$$I_P = \chi \cdot \sqrt{2} \cdot I_{cc}$$

En donde:

- I_P: Intensidad de cresta (kA)
- I_{cc}: Intensidad de cortocircuito (kA)
- χ: Constante. Se hallará:

$$\chi = 1{,}02 + 0{,}98 \cdot e^{-3 \cdot \frac{R}{X}}$$

En donde:

- χ: Constante
- R/X: Relación resistencia-reactancia del sistema

✓ ***EJEMPLO:***

Cómo en el diseño se ha establecido la intensidad de cortocircuito de 40 kA para toda la subestación, con el fin de que los equipos elegidos estén sobredimensionados y por tanto que la subestación sea fiable y segura, la intensidad de cresta en el parque de 66 kV es la misma que en el parque de 132 kV, siendo de 71,43 kA.

3.7.1.3. Intensidad térmica de cortocircuito

El cálculo de intensidad térmica que sufre el tubo en caso de cortocircuito es un parámetro importante, ya que nos indica si el tubo va a soportar esta situación. Para determinar si va a soportar un cortocircuito, según la norma UNE 60685, se debe calcular la intensidad térmica en cortocircuito, mediante la siguiente expresión:

$$I_\theta = I_p \cdot \sqrt{m + n}$$

En donde:

- I_θ: Intensidad térmica en cortocircuito (kA)
- I_p: Intensidad de cresta (kA)
- m, n: Coeficientes térmicos de disipación de calor. Obtenidos de la norma los valores a utilizar de 0,097 y 0,758 respectivamente.

Este valor debe ser menor que la capacidad térmica del tubo, con densidad de corriente en cortocircuito, según normativa:

$$I'_\theta = \rho_{cc} \cdot S$$

En donde:

- I'_θ: Intensidad térmica del tubo (kA)
- ρ_{cc}: Densidad de corriente en cortocircuito (A/mm^2)
- S: Sección del tubo (mm^2)

✓ ***EJEMPLO:***

Necesitaremos para el cálculo:

Sección (mm^2)	Densidad corriente de cortocircuito (A/mm^2)	Intensidad de cresta de corriente de cortocircuito (kA)
1382	120	71,43

La intensidad térmica de cortocircuito es:

$$I_\theta = 71{,}43 \cdot \sqrt{0{,}097 + 0.758} = 66{,}05\ kA$$

Ahora calculamos la intensidad térmica del tubo:

$$I'_\theta = 120 \cdot 1382 = 165{,}84\ kA$$

Como se puede apreciar en el resultado, la intensidad térmica del tubo es superior a la intensidad térmica en cortocircuito, por lo tanto CUMPLE.

3.7.1.4. Efecto corona

El efecto corona puede tener efectos adversos sobre los embarrados diseñados. Para comprobar si se va a producir dicho efecto sobre los embarrados, es necesario determinar previamente la tensión crítica disruptiva, la cual para conductores cilíndricos se calcula mediante la fórmula de Peek:

$$U_c = m_c \cdot m_t \cdot \delta \cdot E_{of} \cdot r_1 \cdot \ln\left(\frac{D}{r_1}\right)$$

En donde:

- U_c: Tensión crítica disruptiva (kV)
- m_c: Coeficiente de irregularidad del conductor. Para un tubo cilíndrico y liso tiene valor 1.

- m_t: Coeficiente meteorológico, que hace referencia a la humedad ambiental. En el caso de un clima seco, toma valor 1.
- r_1: Radio exterior del tubo (mm)
- D: Distancia entre conductores (mm)
- δ: Factor de correlación de densidad del aire (cmHg/K), que se calcula:

$$\delta = \frac{3{,}92 \cdot H}{273 + \phi}$$

En donde:

- δ: Factor de correlación de densidad del aire (cmHg/K)
- Φ: Temperatura del aire
- H: Presión atmosférica de la zona (cmHg):

$$H = e^{\ln(H_0) - \frac{y}{18336}}$$

En donde:

- H: Presión atmosférica de la zona (cmHg)
- H_0: Presión atmosférica (cmHg)
- y: Altitud de la zona (m)

- E_{of}: Valor eficaz de campo eléctrico para la aparición del efecto corona (kV/cm). Este valor, para conductores paralelos, se calcula mediante la siguiente expresión:

$$E_{of} = \frac{30 \cdot m_c \cdot \left(1 + \frac{0{,}3}{\sqrt{r_1}}\right)}{\sqrt{2}}$$

En donde:

- E_{of}: Valor eficaz de campo eléctrico para la aparición del efecto corona (kV/cm)
- m_c: Coeficiente de irregularidad del conductor. Para un tubo cilíndrico y liso tiene valor 1.
- r_1: Radio exterior del tubo (cm)

✓ ***EJEMPLO:***

Necesitaremos para el cálculo:

Altitud de la zona (m)	Presión atmosférica (cmHg)	Coeficiente de irregularidad "mc"	Coeficiente meteorológico "mt"	Diámetro exterior (mm)	Distancia entre fases (m)	Tª del aire (ºC)
573	76	1	1	63	2	40

El valor eficaz será:

$$E_{of} = \frac{30 \cdot 1 \cdot \left(1 + \frac{0,3}{\sqrt{3,15}}\right)}{\sqrt{2}} = 24,80\ kV/cm$$

La presión atmosférica de la zona es:

$$H = e^{\ln(76) - \frac{573}{18336}} = 73,66\ cmHg$$

El factor de correlación es:

$$\delta = \frac{3,92 \cdot 73,66}{273 + 40} = 0,92\ cmHg/K$$

Por lo tanto la tensión disruptiva valdrá:

$$U_c = 1 \cdot 1 \cdot 0,92 \cdot 24,80 \cdot 5 \cdot \ln\left(\frac{2000}{31,5}\right) = 299,14\ kV$$

Como el valor de la tensión disruptiva es superior a la tensión nominal de 66kV del parque, NO aparecerá el efecto corona en los embarrados.

3.7.2. Cálculos mecánicos

3.7.2.1. Fuerzas en el embarrado

Las fuerzas que aparecen en el embarrado son:

- Peso propio del tubo
- Viento
- Hielo
- Cortocircuito

a) Fuerza del peso propio del tubo

Se aplicará:

$$F_{pp} = p_{pt} \cdot g \cdot L$$

En donde:

- F_{pp}: Fuerza del peso propio del tubo (N)
- p_{pt}: Peso propio del tubo (kg/m)
- L: Longitud del vano (m)
- g: Constante de gravedad (m/s^2)

✓ ***EJEMPLO:***

Necesitaremos para el cálculo:

Peso (kg/m)	Longitud del vano (m)
3,730	8

Por lo que la fuerza propia del tubo es:

$$F_{pp} = 3{,}73 \cdot 9{,}81 \cdot 8 = 292{,}73\ N$$

---

b) Fuerza del viento

Dependerá de la presión que ejerza el viento sobre el tubo y del diámetro externo del mismo. Se calculará para el caso más desfavorable de vientos de 140 km/h.

La fuerza del viento sobre el tubo será:

$$F_v = p_v \cdot D_e \cdot L$$

En donde:

- F_v: Fuerza del viento en el tubo (N)
- p_v: Presión del viento a 140 km/h (N/m^2)
- D_e: Diámetro exterior del tubo (m)
- L: Longitud del vano (m)

✓ ***EJEMPLO:***

Necesitaremos para el cálculo:

Presión equivalente del aire (N/m^2)	Diámetro exterior del tubo (mm)	Longitud del vano (m)
945	63	8

La fuerza del viento en el tubo será:

$$F_v = 945 \cdot 0{,}063 \cdot 8 = 476{,}28\ N$$

---

c) Fuerza del hielo

Al encontrarse la subestación en zona A, no se considera la posibilidad de exista hielo.

d) Fuerza del cortocircuito

La mayor fuerza por cortocircuito se dará en la fase intermedia, por estar entre dos fases. La fuerza estática por unidad de longitud entre dos conductores paralelos recorridos por una intensidad, se obtiene de la expresión:

$$F_{cc} = \frac{\sqrt{3} \cdot \mu_0 \cdot {I_p}^2 \cdot L}{4\pi \cdot a}$$

En donde:

- F_{cc}: Fuerza del cortocircuito (N)
- μ_0: Permeabilidad absoluta del vacío, con valor $4\pi*10^{-7}$ V*s/A*m
- I_P: Intensidad de cresta (A)
- L: Longitud del vano (m)
- a: Distancia entre fases (m)

✓ ***EJEMPLO:***

Necesitaremos para el cálculo:

Intensidad de cresta (kA)	Distancia entre fases (m)	Longitud del vano (m)
71,43	2	8

La fuerza del cortocircuito es:

$$F_{cc} = \frac{\sqrt{3} \cdot 4 \cdot 10^{-7} \cdot 71430^2 \cdot 8}{4\pi \cdot 2} = 3534{,}88\ N$$

Las fuerzas dinámicas dependen a su vez de la frecuencia de vibración propia del tubo, que es función del tubo, del vano y de los apoyos, y que permite calcular dos coeficientes que determinan la tensión dinámica en cortocircuito sobre el tubo:

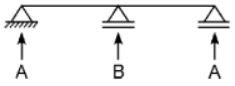
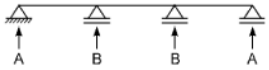
- Factor que tiene en cuenta el efecto dinámico ($V_{\sigma m}$)
- Factor que tiene en cuenta el reenganche (V_{rm})

Primeramente hallamos la frecuencia de vibración de un tubo:

$$f_{cm} = \frac{\gamma}{L^2} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I}{m}}$$

En donde:

- f_{cm}: Frecuencia de vibración (Hz)
- L: Longitud del vano (m)
- E: Módulo de Young del material (N/m^2)
- I: Inercia de sección (m^4)
- m: Masa unitaria por unidad de longitud del tubo (kg/m)
- γ: Coeficiente del tubo y de los apoyos. Dependerá de la colocación del tubo sobre los apoyos y se obtendrá de la tabla 3 de la norma UNE-EN 60865:

Tipo de viga y de soporte		Factor α	Factor β*	Factor γ
Vigas de un solo vano	A y B: soportes simples 	A: 0,5 B: 0,5	1,0	1,57
	A: soporte empotrado B: soporte simple 	A: 0,625 B: 0,375	$\frac{8}{11} = 0{,}73$	2,45
	A y B: soportes empotrados 	A: 0,5 B: 0,5	$\frac{8}{16} = 0{,}5$	3,56
Vigas continua con soportes simples equidistantes	Dos vanos 	A: 0,375 B: 1,25	$\frac{8}{11} = 0{,}73$	2,45
	Tres o más vanos 	A: 0,4 B: 1,1	$\frac{8}{11} = 0{,}73$	3,56
* Se incluyen los efectos de plasticidad.				

Fuente: Norma UNE-EN 60865

✓ ***EJEMPLO:***

Necesitaremos para el cálculo:

Peso (kg/m)	Longitud del vano (m)	Momento de inercia (cm^4)	Módulo de Young (N/mm^2)
3,730	8	53,37	70000

Como el tubo está colocado entre dos soportes simples, según la tabla 3 anterior el factor γ = 1,57, por lo que la frecuencia de vibración del tubo será:

$$f_{cm} = \frac{1{,}57}{8^2} \cdot \sqrt{\frac{70000 \cdot 10^6 \cdot 53{,}37 \cdot 10^{-8}}{3{,}730}} = 2{,}4551\ Hz$$

La relación entre la frecuencia de oscilación y la frecuencia nominal del sistema nos indicará las fórmulas a elegir en la norma UNE-EN 60865 para así hallar los valores de $V_{σm}$ y V_{rm}:

$$r_f = \frac{f_{cm}}{f}$$

En donde:

- r_f: Relación de frecuencia

- f_{cm}: Frecuencia e vibración del tubo (Hz)
- f: Frecuencia de la red eléctrica (Hz)

f_{cm}/f	Factor $V_{\sigma m}$
<0,04	$0,0929 + 4,49\,e^{-1,68\kappa} + 0,0664 \lg(f_{cm}/f)$ [a]
0,04 … 0,8	máximo valor de $V_{\sigma 1}$ o $V_{\sigma 2}$
	$V_{\sigma 1} = 0,756 + 4,49\,e^{-1,68\kappa} + 0,54 \lg(f_{cm}/f)$ [a]
	$V_{\sigma 2} = 1,0$
>0,8	1

[a] Si $\kappa > 1,6$ debe utilizarse $\kappa = 1,6$.

Fuente: Norma UNE-EN 60865

El factor k es un parámetro proporcionado por la Compañía Suministradora.

$$V_{rm} = \begin{cases} 1,8 & \text{para} \quad f_{cm}/f \le 0,05 \\ 1,0 - 0,615 \lg(f_{cm}/f) & \text{para} \quad 0,05 < f_{cm}/f < 1,0 \\ 1,0 & \text{para} \quad f_{cm}/f \ge 1,0 \end{cases}$$

Fuente: Norma UNE-EN 60865

✓ ***EJEMPLO:***

La frecuencia de la red es de 50 Hz y con la frecuencia de vibración del tubo hallada anteriormente, la relación de frecuencia será:

$$r_f = \frac{2,4551}{50} = 0,0491$$

El factor del efecto dinámico, para un k = 1,6 aportado por la Compañía Suministradora, y a encontrase la relación de frecuencia entre 0,04 y 0,08, será:

$$V_{\sigma m} = 0,756 + 4,49 \cdot e^{-1,68 \cdot 1,6} + 0,54 \cdot \log(0,0491) = 0,3546$$

Y el factor del efecto del reenganche, como la relación de frecuencia es menor de 0,05, será:

$$V_{rm} = 1,8$$

3.7.2.2. *Tensiones en el embarrado*

Una vez obtenidos todas las fuerzas descritas, hallamos las tensiones que ejercen, con el fin de verificar si el embarrado seleccionado cumple con las especificaciones de nuestra subestación.

a) Tensión del peso propio del tubo

Se aplicará:

$$\sigma_{pp} = \frac{1}{8} \cdot \frac{F_{pp} \cdot L}{W}$$

En donde:

- σ_{pp}: Tensión del peso propio del tubo (N/mm^2)
- F_{pp}: Fuerza del peso propio del tubo (N)
- L: Longitud del vano (m)
- W: Momento resistente del material (cm^3)

✓ ***EJEMPLO:***

Necesitaremos para el cálculo:

Fuerza del propio peso (N)	Longitud del vano (m)	Momento resistente (cm^3)
292,73	8	14,35

Por lo que la tensión propia del tubo es:

$$\sigma_{pp} = \frac{1}{8} \cdot \frac{292{,}73 \cdot 8}{14{,}35} = \ N/mm^2$$

---

b) Tensión del viento

Se aplicará:

$$\sigma_v = \frac{1}{8} \cdot \frac{F_v \cdot L}{W}$$

En donde:

- σ_v: Tensión del viento en el tubo (N/mm^2)
- F_v: Fuerza del viento en el tubo (N)
- L: Longitud del vano (m)
- W: Momento resistente del material (cm^3)

✓ ***EJEMPLO:***

Necesitaremos para el cálculo:

Fuerza del viento (N)	Longitud del vano (m)	Momento resistente (cm^3)
476,28	8	14,35

La tensión del viento será:

$$\sigma_v = \frac{1}{8} \cdot \frac{476{,}28 \cdot 8}{14{,}35} = 33{,}19\ N/mm^2$$

---

c) Tensión del hielo

Al encontrarse la subestación en zona A, no se considera la posibilidad de exista hielo.

d) Tensión del cortocircuito

Se aplicará:

$$\sigma_{cc} = V_{\sigma m} \cdot V_{rm} \cdot \beta \cdot \frac{F_{cc} \cdot L}{W}$$

En donde:

- σ_{cc}: Tensión del cortocircuito (N/mm^2)
- $V_{\sigma m}$: Factor que tiene en cuenta el efecto dinámico
- V_{rm}: Factor que tiene en cuenta el reenganche
- F_{cc}: Fuerza del cortocircuito (N/m)

- L: Distancia del vano (m)
- W: Momento resistente del material (cm^3)
- β: Factor correspondiente a la tensión mecánica de un tubo. Dicho valor de obtendrá de la tabla 3 de la norma UNE-EN 60865, que dependerá de la colocación del embarrado en los apoyos.

✓ ***EJEMPLO:***

Necesitaremos para el cálculo:

Factor del efecto dinámico	Factor del reenganche	Fuerza del cortocircuito (N)	Longitud del vano (m)	Momento resistente (cm^3)	β
0,3546	1,8	3534,73	8	14,35	1

Por lo que la tensión de cortocircuito es:

$$\sigma_{cc} = 0{,}3546 \cdot 1{,}8 \cdot 1 \cdot \frac{3534{,}73 \cdot 8}{14{,}35} = 157{,}22\ N/mm^2$$

Todas estas tensiones del tubo, mediante trigonometría, tendrán un efecto total:

$$\sigma_t = \sqrt{(\sigma_v + \sigma_{cc})^2 + {\sigma_{pp}}^2}$$

En donde:

- σ_t: Tensión total del tubo (N/mm^2)
- σ_v: Tensión del viento (N/mm^2)
- σ_{cc}: Tensión del cortocircuito (N/mm^2)
- σ_{pp}: Tensión del peso propio del tubo (N/mm^2)

✓ ***EJEMPLO:***

Con los datos obtenidos, tendremos una tensión total en el tubo de:

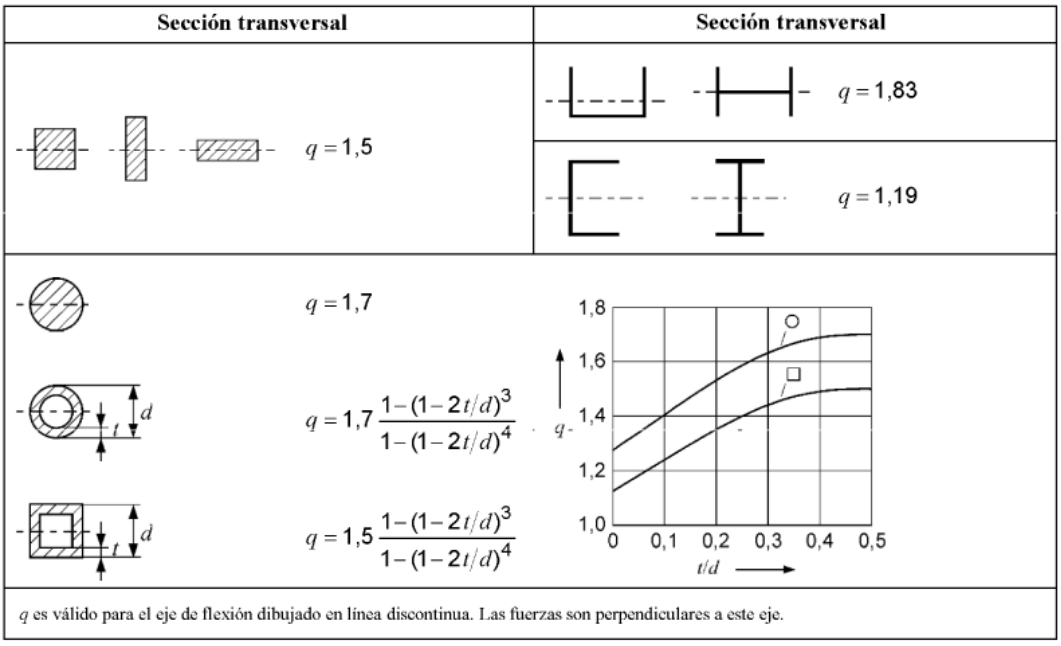
$$\sigma_t = \sqrt{(33{,}19 + 157{,}22)^2 + 20{,}40^2} = 191{,}50\ N/mm^2$$

Según la normativa aplicada, el tubo soportará los esfuerzos producidos sobre él, si se cumple que:

$$\sigma_t \leq q \cdot f_y$$

En donde:

- σ_t: Tensión total del tubo (N/mm^2)
- f_y: Límite de fluencia del material (N/mm^2)
- q: Factor de plasticidad del embarrado. Dependerá de la sección transversal del embarrado y se podrá obtener de la tabla 4 de la norma UNE-EN 60865:



Fuente: Norma UNE-EN 60865

✓ ***EJEMPLO:***

Necesitaremos para el cálculo:

Espesor (mm)	Diámetro exterior (mm)
8	63

Al ser el embarrado un tubo hueco de sección circular, se utilizará:

$$q = 1{,}7 \cdot \frac{1-\left(1-\frac{2\cdot t}{d}\right)^3}{1-\left(1-\frac{2\cdot t}{d}\right)^4} = 1{,}7 \cdot \frac{1-\left(1-\frac{2\cdot 8}{63}\right)^3}{1-\left(1-\frac{2\cdot 8}{63}\right)^4} = 1{,}4403$$

Por último verificaremos que el tubo soportará las tensiones producidas por los esfuerzos, sabiendo que el límite de fluencia del material es de 160 N/mm²:

$$191{,}50\ N/mm^2 < 1{,}4403 \cdot 160 = 230{,}45\ N/mm^2$$

Verificados todos los resultados hallados para el tubo, podemos concluir que el modelo Al6063-T6 63/47 CUMPLE con las especificaciones exigidas en el parque de 66 kV.

3.8. Aisladores soporte

Los aisladores del parque de 66 kV serán del modelo C4-325 y sus características son las siguientes:

- Tensión nominal: 66 kV
- Tensión máxima: 72,5 kV
- Tensión soportada nominal a impulsos tipo rayo: 325 kV
- Tensión soportada nominal a frecuencia industrial: 140 kV
- Altura del aislador: 770 mm
- Diámetro base de fijación: 127 mm
- Diámetro del aislador: 225 mm
- Línea de fuga: 1160 mm
- Carga de rotura a flexión: 4000 N

Las acciones a considerar en este caso son únicamente horizontales, por lo que las fuerzas a considerar serán el del viento, tanto en el tubo como en el aislador y el de cortocircuito.

A continuación se muestra los cálculos a realizar para la comprobación del aislador elegido.

3.8.1. Fuerza del viento

3.8.1.1. Sobre el tubo:

Se utilizará la misma expresión comentada anteriormente.

3.8.1.2. Sobre el aislador:

La fuerza del viento sobre el aislador será:

$$F_{va} = p_v \cdot L_a \cdot D_a$$

En donde:

- F_{va}: Fuerza del viento sobre el aislador (N)
- p_v: Presión del viento a 140 km/h (N/m^2)
- L_a: Longitud del aislador (m)
- D_a: Diámetro del aislador (m)

✓ ***EJEMPLO:***

Necesitaremos para el cálculo:

Altura aislador (mm)	Diámetro aislador (mm)	Presión equivalente del aire (N/m^2)	α
770	225	945	0,5

La fuerza del viento en el aislador será:

$$F_{va} = 945 \cdot 0{,}77 \cdot 0{,}225 = 163{,}72\ N$$

3.8.2. Fuerza del cortocircuito:

Es la que aparece en el tubo y se utilizará la misma expresión comentada anteriormente.

3.8.3. Coeficiente de seguridad

Ya solo quedará verificar si el aislador aguantará las fuerzas que en él aparecen, que deberá de tener un coeficiente de seguridad mayor o igual a 1,5 (mínimo exigido en los apoyos), obteniéndose mediante la carga de rotura del aislador y la carga total que se ejercen:

$$\frac{Q_a}{F_t} \geq 1{,}5$$

En donde:

- Q_a: Carga de rotura del aislador (N)
- F_t: Fuerza total en el aislador (N)

Siendo la fuerza total existente en el aislador:

$$F_t = (F_v + F_{cc} + F_{va}) \cdot \alpha$$

En donde:

- F_t: Fuerza total en el aislador (N)
- F_v: Fuerza del viento en el tubo (N)
- F_{cc}: Fuerza del cortocircuito en el tubo (N)
- F_{va}: Fuerza del viento sobre el aislador (N)
- α: Factor de reparto. Dicho valor de obtendrá de la tabla 3 de la norma UNE-EN 60865, que dependerá de la colocación del embarrado en los apoyos.

✓ ***EJEMPLO:***

Con los datos obtenidos hasta el momento y con un factor de reparto de 0,5, al estar el embarrado entre dos apoyos, la fuerza total que hay en el aislador será:

$$F_t = (476{,}28 + 3534{,}88 + 163{,}72) \cdot 0{,}5 = 2087{,}44\ N$$

Como la carga de rotura del aislador es de 4000 N, tendremos un coeficiente de seguridad:

$$\frac{4000}{2087{,}44} = 1{,}92 > 1{,}5$$

Con los datos obtenidos y siendo la línea de fuga del aislador de 1160 mm, igual que la de la zona, podemos concluir diciendo que el aislador CUMPLE con las especificaciones solicitadas en el parque de 66 kV.

3.9. Autoválvulas

Los cálculos realizados para seleccionar la autoválvula adecuada del parque de 66 kV se harán conforme a la *guía para el comprador de ABB "Descargadores de sobretensiones de alto voltaje"*, compañía con una amplia variedad de productos y con experiencia contrastada en el sector eléctrico.

Para la selección adecuada de los pararrayos autoválvulas hay que determinar si el sistema de puesta a tierra está puesto a tierra correctamente. Para esto, se calcula el factor de perdida a tierra (k):

$$k = \frac{U_{TOV}}{U_{ca}}$$

En donde:

- k: Factor de pérdida de tierra
- U_{TOV}: Sobretensión temporal aplicada (kV). Son voltajes de larga duración generados por eventos de la red, generalmente de frecuencia industrial o casi de frecuencia industrial.
- U_{ca}: Tensión de trabajo continuo actual (kV). Correspondiente a la tensión más elevada de la red.

Si el factor de perdida de tierra es igual o inferior a 1,4, se considera que la red está efectivamente conectada a tierra. Generalmente esto implica una conexión sólida del neutro en la red de tierra. Todas las demás formas de conexión a tierra mediante una impedancia o sin neutro a tierra se consideran inefectivas con valores superiores al 1,4.

✓ ***EJEMPLO:***

Para el cálculo tomaremos como sobretensión temporal aplicada la correspondiente a una tensión cercana a la frecuencia industrial del parque de 66 kV (el 70% de 140 kV) y siendo la tensión más elevada del material de 72,5 kV, tendremos un factor de perdida de tierra:

$$k = \frac{0{,}7 \cdot 140}{72{,}5} = 1{,}35$$

Como se puede ver el valor obtenido de 1,35 es inferior al 1,4, por lo que la red es EFECTIVA.

Comprobado la efectividad o no del sistema de la tierra, y teniendo en cuenta el tiempo de despeje de falta y la tensión más elevada del material, la siguiente tabla de ABB nos indicará como obtener la tensión nominal mínima del descargador:

Sistema a tierra	Duración de la falta	Tensión más elevada del material, U_m (kV)	Mínima tensión asignada, U_r (kV)
Efectivo	≤ 1s	≤ 100	≥ 0,8·U_m
Efectivo	≤ 1s	≥ 123	≥ 0,72·U_m
No efectivo	≤ 10s	≤ 170	≥ 0,91·U_m ≥ 0,93·U_m (EXLIM T)
No efectivo	≤ 2h	≤ 170	≥ 1,11·U_m
No efectivo	> 2h	≤ 170	≥ 1,25·U_m

Fuente: Guía para el comprador de ABB "Descargadores de sobretensiones de alto voltaje"

✓ ***EJEMPLO:***

Necesitamos para el cálculo:

Tensión más elevada (kV)	**Tiempo de despeje (s)**
72,5	0,5

Por tanto utilizamos:

$$U_r \geq 0{,}8 \cdot U_m = 0{,}8 \cdot 72{,}5 = 58\ kV$$

El valor obtenido nos indicará la tensión nominal mínima de descarga como dato de partida para la elección de la autoválvula, seleccionando el valor igual o inmediatamente superior según catálogo, aunque se podrá seleccionar un valor inferior que el obtenido si se conocen los parámetros con mayor exactitud; de lo contrario, el descargador puede sobrecargarse con sobretensiones temporales.

Una vez seleccionada la autoválvula, se determinará los márgenes de protección, siendo uno el margen de impulsos de descarga y el otro el margen de impulsos de funcionamiento, y para ello se utilizará las siguientes expresiones:

$$M_{pl} = \left(\frac{U_{wl}}{U_{pl}} - 1\right) \cdot 100$$

$$M_{ps} = \left(\frac{U_{ws}}{U_{ps}} - 1\right) \cdot 100$$

En donde:

- M_{pl}: Margen de protección para impulsos de descarga (%)
- U_{wl}: Tensión de aislamiento externo del equipo a los impulsos de descarga (kV)
- U_{pl}: Tensión de protección de impulso de descarga (kV)
- M_{ps}: Margen de protección para impulsos de funcionamiento (%)
- U_{ws}: Tensión de aislamiento externo del equipo a los impulsos de funcionamiento (kV)
- U_{ps}: Tensión de protección de impulso de funcionamiento (kV)

✓ ***EJEMPLO:***

Con el resultado obtenido de la tensión de descarga de 58 kV, partiremos de una autoválvula con revestimiento de silicona modelo PEXLIM con tensión de descarga estándar inmediatamente superior de 60 kV, según el catálogo de ABB.

ABB nos indica como seleccionar las tensiones de protección de impulso de descarga y de funcionamiento del catálogo, siendo:

$$U_{pl}\begin{cases} Si\ \ U_m \leq 362\ kV & selecionamos\ el\ valor\ de\ 10\ kA \\ Si\ \ U_m > 362\ kV & selecionamos\ el\ valor\ de\ 20\ kA \end{cases}$$

$$U_{ps}\begin{cases} Si\ \ U_m \leq 170\ kV & selecionamos\ el\ valor\ de\ 0{,}5\ kA \\ Si\ \ U_m \geq 362\ kV & selecionamos\ el\ valor\ de\ 2\ kA \end{cases}$$

Para la autoválvula seccionada PEXLIM R60-YV072 y con una tensión máxima de la red de 72,5 kV, tendremos unos valores:

U_{pl} a 10 kA (kV)	U_{ps} a 0,5 kA (kV)	U_{wl} (kV)	U_{ws} (kV)
159	124	315	150

Por lo que los márgenes serán:

$$M_{pl} = \left(\frac{315}{156} - 1\right) \cdot 100 = 102\%$$

$$M_{ps} = \left(\frac{150}{124} - 1\right) \cdot 100 = 21\%$$

Como se puede observar el margen de protección para impulsos de descarga es insuficiente, por lo que se optará por un descargar de clase 3, con la misma tensión de descarga, siendo elegido el PEXLIM Q60-XH072, siendo ahora los valores:

U_{pl} a 10 kA (kV)	U_{ps} a 0,5 kA (kV)	U_{wl} (kV)	U_{ws} (kV)
141	116	268	167

Obtenido unos márgenes de:

$$M_{pl} = \left(\frac{268}{141} - 1\right) \cdot 100 = 90\%$$

$$M_{ps} = \left(\frac{167}{116} - 1\right) \cdot 100 = 44\%$$

Este margen de protección para impulsos de descarga parece excelente, pero debe tenerse en cuenta que, dependiendo del efecto de distancia y el posible envejecimiento del aislamiento, el margen se reduce a tan solo el 10% - 15% después de considerarse el efecto de distancia y según la amplitud del impulso elegido. Por tanto, es muy importante instalar el descargador lo más cerca posible del objeto a proteger.

Una vez seleccionada la autoválvula, se determinará la energía que deberá absorber en cado de sobretensiones, con el fin de asegurar bien su elección, que viene determinada por la siguiente expresión:

$$W = \frac{U_L - U_{res}}{Z} \cdot U_{res} \cdot 2 \cdot t \cdot n$$

En donde:

- W: Energía absorbida por la autoválvula (J)
- U_L: Sobretensión eventual o tensión de carga de la línea (kV)
- U_{res}: Tensión residual de la autoválvula (kV)
- Z: Impedancia de la autoválvula (Ω)
- n: Número consecutivo de descargas.
- t: Tiempo de propagación de la onda (μs), que calculará:

$$t = \frac{L}{v}$$

  En donde:
  - t: Tiempo de propagación de la onda (μs)
  - L: longitud de la línea desde el entronque hasta la entrada del parque (km)

- v: Velocidad de propagación de la onda (km/μs)

Los valores de tensión de carga de la línea y de impedancia de la autoválvula se obtendrán de la siguiente tabla:

Tensión más elevada del material, U_m (kV)	Impedancia del pararrayos, Z (ohm)	Sobretensión eventual sin pararrayos, U_L (p.u)
< 145	450	3,0
145 - 345	400	3,0
362 - 525	350	2,6
765	300	2,2

Fuente: Guía para el comprador de ABB "Descargadores de sobretensiones de alto voltaje"

✓ ***EJEMPLO:***

Necesitaremos para el cálculo:

Longitud línea subterránea (m)	Velocidad de propagación de la onda (km/μs)	Tensión residual máxima con onda de corriente 8/20 μs a 10 kA (kV)	Número de descargas
20	0,3	141	2

El tiempo de propagación de la onda será:

$$t = \frac{0{,}02}{0{,}3} = 0{,}07\ \mu s$$

Al ser la tensión más elevada del material de 145 kV, tendremos de la tabla anterior una impedancia de 400 Ω y una sobretensión eventual 3 veces superior a la tensión de la red (66 kV), siendo por tanto U_L = 198 kV, por lo tanto la energía que debe absorber por la autoválvula es:

$$W = \frac{198 - 141}{400} \cdot 141 \cdot 2 \cdot 0{,}07 \cdot 2 = 5{,}36\ kJ$$

Para el caso de la autoválvula seleccionada, según el fabricante tiene una capacidad de energía de 7,8 kJ/kV, que para la tensión asignada de 60 kV se obtiene una energía que es capaz de absorber de 468 kJ, valor bastante superior a la energía que puede aparecer para absorber.

Se ha comentado los cálculos a realizar para determinar si la elección de una autoválvula ha sido de manera correcta a la hora de su funcionamiento, pero no solamente se tiene en cuenta eso, sino que también al estar expuesta al ambiente deberá cumplir con la línea de fuga con el fin de que no se produzca el arco eléctrico.

La autoválvula elegida PEXLIM Q60-XV072 tiene una línea de fuga de 2270 mm, por lo que comparando con la línea de fuga de la zona y con los resultados obtenidos de los márgenes de protección y de energía absorbida, podemos concluir diciendo que la autoválvula CUMPLE con las especificaciones del parque de 66 kV.

---

4. Red de tierras

4.1. Criterios de cálculo

Para el diseño de la red de tierras se han seguido las indicaciones establecidas en la ITC-MIE-RAT 13 y en la IEEE Std 80-2000 "Guía de seguridad de la tierra en subestación de CA"

Para los cálculos, se han tenido en cuenta las tensiones máximas de paso y de contacto, determinadas mediante la normativa anterior. Para el diseño, se han considerado los parámetros de la parte de la subestación de 132 kV, cuyos valores son más restrictivos. A efectos del diseño de la malla de tierra estos son:

- Intensidad de cortocircuito de falta a tierra: La ITC-MIE-RAT 13, establece que para el cálculo de la red de tierras, se debe utilizar una intensidad de cortocircuito un 30% menor que la utilizada para el diseño de la subestación, para tensiones nominales mayores de 100 kV:

$$I_{cc\,f} = 0{,}7 \cdot I_{cc\,sub}$$

  En donde:

  - I_d: Intensidad de cortocircuito de falta a tierra considerada para el diseño de la malla (kA)
  - $I_{cc\,sub}$: Intensidad de cortocircuito de diseño de la subestación (kA)

- Tiempo de despeje de falta: La ITC-MIE-RAT 13, establece que a efectos de diseño que el tiempo mínimo debe ser 1 s.

✓ ***EJEMPLO:***

Siendo la intensidad de cortocircuito de diseño en la subestación de 40 kA, tendremos una intensidad de cortocircuito de falta a tierra de:

$$I_{cc\,f} = 0{,}7 \cdot 40 = 28\ kA$$

4.2. Tipos de red de tierra

En la subestación encontraremos las siguientes redes de tierra:

- *Red de tierra inferior:* La subestación está provista de la malla de tierra enterrada por toda la superficie y diseñada con el fin de conseguir una buena unión con la tierra, que garantice la seguridad del personal que se encuentre, tanto dentro como fuera de la subestación y obtener un correcto funcionamiento de las protecciones.

- *Red de tierra superior:* La subestación está provista de unos cables de guarda, los cuales estarán situados en toda la superficie donde se encuentran la aparamenta de ambos parques. Además contará con unos pararrayos en la ubicación de los transformadores de potencia, con el fin de aumentar la protección en éstos y así derivar las sobretensiones por descargar atmosférica a tierra de manera fiable y segura.

4.2.1. Red de tierra inferior

4.2.1.1. Descripción

La red de tierra inferior está compuesta por una malla de cable de cobre con una sección de 120 mm^2. Dicha malla cubre una superficie total de 7700 m^2. Los cables de la malla están separados una distancia de 10 m en el eje x y de 7,7 m en el eje y. En total, la longitud de cable de cobre instalado es de 1947 m. Todas estas características de diseño de la malla aseguran la protección del personal que esté relacionado con la subestación y también garantiza una buena unión a tierra.

Los valores de las características del terreno vienen determinados en la tabla 1 del apartado 4.1 de la ITC-MIE-RAT 13:

NATURALEZA DEL TERRENO	RESISTIVIDAD EN OHMIOS METRO
Terrenos pantanosos	de algunas unidades a 30
Limo	20 a 100
Humus	10 a 150
Turba húmeda	5 a 100
Arcilla plástica	50
Margas y arcillas compactas	100 a 200
Margas del jurásico	30 a 40
Arena arcillosa	50 a 500
Arena silícea	200 a 3000
Suelo pedregoso cubierto de césped	300 a 500
Suelo pedregoso desnudo	1500 a 3000
Calizas blandas	100 a 300
Calizas compactas	1000 a 5000
Calizas agrietadas	500 a 1000
Pizarras	50 a 300
Rocas de mica y cuarzo	800
Granitos y gres procedentes de alteración	1500 a 10000
Granitos y gres muy alterados	100 a 600
Hormigón	2000 a 3000
Basalto o grava	3000 a 5000

Fuente: ITC-MIE-RAT 13

Las características del terreno en el que estará ubicada la subestación, se ha considerado con una resistividad de 300 Ωm. Además, en toda la superficie de la subestación se ha establecido una capa de hormigón de 20 cm de espesor, cuya resistividad tiene un valor de 3000 Ωm.

4.2.1.2. Conductor

Las características del conductor que se utiliza para la malla de la red de tierras inferiores son las primeras que hay que determinar para el correcto diseño de la misma.

Para la determinación de la sección mínima, se utilizará la expresión que indica la IEEE Std 80-2000, que para conductores de cobre es:

$$A = I_{cc\,f} \cdot \frac{1}{\sqrt{\frac{T_{CAP} \cdot 10^{-4}}{t_c \cdot \alpha_r \cdot \rho_r} \cdot \ln\left(\frac{K_0 + T_m}{K_0 + T_a}\right)}}$$

En donde:

- A: Sección del conductor de la malla de tierra (mm^2)
- $I_{cc\,f}$: Intensidad de cortocircuito de falta a tierra considerada para el diseño de la malla (kA)
- T_{CAP}: Capacidad térmica del conductor ($J/cm^3\,ºC$)
- t_c: Tiempo de despeje de la falta (s)
- α_r: Coeficiente térmico de resistividad a 20ºC ($ºC^{-1}$)
- ρ_r: Resistencia del conductor a 20ºC (μΩ*cm)
- K_0: Inverso del coeficiente térmico de resistividad (ºC)
- T_m: Temperatura máxima admisible del conductor (ºC)
- T_a: Temperatura ambiente (ºC)

En la IEEE Std 80-2000, en el apartado 11.3.1, se encuentra la tabla 1 donde dependiendo del tipo de material utilizado para la malla de la puesta a tierra, se obtendrán los valores necesarios para el cálculo de la sección del conductor:

Description	Material conductivity (%)	α_r factor at 20 °C (1/°C)	K_o at 0 °C (0 °C)	Fusing[a] temperature T_m (°C)	ρ_r 20 °C (μΩ·cm)	TCAP thermal capacity [J/(cm^3·°C)]
Copper, annealed soft-drawn	100.0	0.003 93	234	1083	1.72	3.42
Copper, commercial hard-drawn	97.0	0.003 81	242	1084	1.78	3.42
Copper-clad steel wire	40.0	0.003 78	245	1084	4.40	3.85
Copper-clad steel wire	30.0	0.003 78	245	1084	5.86	3.85
Copper-clad steel rod[b]	20.0	0.003 78	245	1084	8.62	3.85
Aluminum, EC grade	61.0	0.004 03	228	657	2.86	2.56
Aluminum, 5005 alloy	53.5	0.003 53	263	652	3.22	2.60
Aluminum, 6201 alloy	52.5	0.003 47	268	654	3.28	2.60
Aluminum-clad steel wire	20.3	0.003 60	258	657	8.48	3.58
Steel, 1020	10.8	0.001 60	605	1510	15.90	3.28
Stainless-clad steel rod[c]	9.8	0.001 60	605	1400	17.50	4.44
Zinc-coated steel rod	8.6	0.003 20	293	419	20.10	3.93
Stainless steel, 304	2.4	0.001 30	749	1400	72.00	4.03

[a]From ASTM standards.
[b]Copper-clad steel rods based on 0.254 mm (0.010 in) copper thickness.
[c]Stainless-clad steel rod based on 0.508 mm (0.020 in) No. 304 stainless steel thickness over No. 1020 steel core.

Fuente: IEEE Std 80-2000

Según la ITC-MIE-RAT 13, la sección mínima de un conductor de cobre desnudo unipolar será de 25 mm^2.

✓ ***EJEMPLO:***

Seleccionamos de la tabla 1 de la IEEE Std 80-2000 los valores del cobre comercial, además de otros datos para el cálculo:

Intensidad de falta a tierra para el diseño de la malla (kA)	Tiempo de despeje (s)	Tª máxima admisible del conductor (ºC)	Tª ambiente (ºC)
28	0,5	1084	40

Capacidad térmica del conductor (J/cm^3*ºC)	Coef. térmico de resistividad a 20ºC ($ºC^{-1}$)	Resistencia del conductor a 20ºC (μΩ*cm)	Inversa del coeficiente térmico de resistividad a 0ºC (ºC)
3,42	0,00381	1,78	242

Por lo tanto la sección mínima del conductor de cobre de la puesta a tierra será:

$$A = 28 \cdot \frac{1}{\sqrt{\frac{3{,}42 \cdot 10^{-4}}{0{,}5 \cdot 0{,}00381 \cdot 1{,}78} \cdot \ln\left(\frac{242 + 1084}{242 + 40}\right)}} = 70{,}86\ mm^2$$

A partir de la sección obtenida, se seleccionará un conductor inmediatamente superior normalizado por la Compañía Suministradora, que en nuestro caso será de 120 mm^2, con diámetro de 12 mm.

4.2.1.3. Resistencia de la puesta a tierra

Se calculará mediante:

$$R_g = \rho \cdot \left[\frac{1}{L} + \frac{1}{\sqrt{20 \cdot A}} \cdot \left(1 + \frac{1}{1 + h \cdot \sqrt{\frac{20}{A}}}\right)\right]$$

En donde:

- R_g: Resistencia de la puesta a tierra (Ω)
- ρ: Resistividad del terreno (Ωm)
- L: Longitud del conductor enterrado (m)
- h: Profundidad de la malla (m)
- A: Superficie de la malla (m^2)

✓ ***EJEMPLO:***

Necesitaremos para el cálculo:

Resistividad del terreno (Ω*m)	Longitud de la malla en el eje x (m)	Longitud de la malla en el eje y (m)	Número de filas de la malla	Número de columnas de la malla	Profundidad de la malla enterrada (m)
300	100	77	11	11	0,6

Primero calcularemos:

$$A = L_x \cdot L_y = 100 \cdot 77 = 7700\ m^2$$

$$L = L_x \cdot n_c + L_y \cdot n_f = 100 \cdot 11 + 77 \cdot 11 = 1947\ m$$

En donde:

- A: Superficie de la malla (m^2)
- L_x: Longitud de la malla en eje x (m)
- L_y: Longitud de la malla en eje y (m)
- n_c: Número de columnas
- n_f: Número de filas

Y tendremos una resistencia de la puesta a tierra de:

$$R_g = 300 \cdot \left[\frac{1}{1947} + \frac{1}{\sqrt{20 \cdot 7700}} \cdot \left(1 + \frac{1}{1 + 0{,}6 \cdot \sqrt{\frac{20}{7700}}} \right) \right] = 1{,}66\ \Omega$$

4.2.1.4. *Tensión de paso y tensión de contacto*

Para determinar la tensión de paso y de contacto máxima admisible se utilizan las siguientes expresiones establecidas por la ITC-MIE-RAT 13 en el apartado 1.1:

$$U_p = 10 \cdot U_{ca} \cdot \left(1 + \frac{2 \cdot R_{a1} + 6 \cdot \rho_s}{1000} \right)$$

$$U_c = U_{ca} \cdot \left(1 + \frac{\frac{R_{a1}}{2} + 1{,}5 \cdot \rho_s}{1000} \right)$$

En donde:

- U_p: Tensión de paso máxima admisible (V)
- U_c: Tensión de contacto máxima admisible (V)
- R_{a1}: Resistencia del calzado (Ω).
- ρ_s: Resistividad del terreno (Ωm²/m)
- U_{ca}: Tensión de contacto aplicada (V). Será en función de la duración de la corriente de falta y se obtenida de la tabla 1 de la ITC-MIE-RAT 13, en el apartado 1.1:

Duración de la corriente de falta, t_F (s)	Tensión de contacto aplicada admisible, Uca (V)
0.05	735
0.10	633
0.20	528
0.30	420
0.40	310
0.50	204
1.00	107
2.00	90
5.00	81
10.00	80
> 10.00	50

Fuente: ITC-MIE-RAT 13

✓ ***EJEMPLO:***

Al ser la duración de la intensidad de falta de 0,5 s, tendremos de la tabla anterior una tensión de contacto aplicada de 204 V.

También necesitaremos para el cálculo:

Resistividad del hormigón (Ω*m)	**Resistencia del calzado (Ω)**
3000	2000

Obtendremos una tensión de paso máxima admisible de:

$$U_p = 10 \cdot 204 \cdot \left(1 + \frac{2 \cdot 2000 + 6 \cdot 3000}{1000}\right) = 46920\ V$$

Y una tensión de contacto máxima admisible de:

$$U_c = 204 \cdot \left(1 + \frac{\frac{2000}{2} + 1{,}5 \cdot 3000}{1000}\right) = 1326\ V$$

Ahora que están determinadas las tensiones de paso y de contacto máximas admisibles según las características del terreno y la intensidad de falta, se seguirá el procedimiento, utilizando la IEEE Std 80-2000, para obtener unos valores previstos de tensiones de paso y de contacto para unos determinados niveles de falta y para un diseño previo de la malla de la red de tierras.

Según la IEEE Std 80-2000, la expresión para la tensión de paso será:

$$U'_p = \frac{\rho \cdot K_s \cdot K_i \cdot K_{ii} \cdot I_{cc\,f}}{L}$$

En donde:

- U'_p: Tensión de paso calculado por el IEEE Std 80-2000 (V)
- ρ: Resistividad del terreno ($\Omega m^2/m$)
- $I_{cc\,f}$: Intensidad de cortocircuito de falta (A)
- K_{ii}: Factor de corrección por ubicación
- L: Longitud del conductor enterrado (m)
- K_s: Factor de espaciamiento para la tensión de paso (m^{-1}). Se calculará como:

$$K_s = \frac{1}{\pi} \cdot \left[\frac{1}{2 \cdot h} + \frac{1}{D + h} + \frac{1}{D} \cdot (1 - 0{,}5^{n-2})\right]$$

En donde:

- K_s: Factor de espaciamiento para la tensión de paso (m^{-1})
- h: Profundidad de la malla (m)
- D: Espacio medio entre los conductores de la malla (m)
- n: Factor de geometría de la malla. Se calculará como:

$$n = n_a \cdot n_b \cdot n_c \cdot n_d$$

Todos los parámetros que se emplean para calcular el factor de geometría, dependen de las dimensiones de la malla de la red de tierra. Cada uno de ellos se calcula con las siguientes ecuaciones:

$$n_a = \frac{2 \cdot L}{L_p}$$

$$n_b = \sqrt{\frac{L_p}{4 \cdot \sqrt{A}}}$$

Siendo n_b = 1 para mallas cuadradas

$$n_c = \left(\frac{L_x \cdot L_y}{A}\right)^{\frac{0,7 \cdot A}{L_x \cdot L_y}}$$

Siendo n_c = 1 para mallas cuadradas y rectangulares

$$n_d = \frac{D_m}{\sqrt{{L_x}^2 + {L_y}^2}}$$

Siendo n_d = 1 para mallas cuadradas y rectangulares

En donde:

- L: Longitud del conductor enterrado (m)
- L_p: Perímetro de la malla (m)
- A: Superficie ocupada por la malla (m^2)
- L_x: Longitud de la malla en eje x (m)
- L_y: Longitud de la malla en eje y (m)
- D_m: Distancia máxima de los puntos de unión de la malla (m)

- K_i: Factor de corrección de la geometría de la malla. Se calculará como:

$$K_i = 0,644 + 0,148 \cdot n$$

En donde:

- K_i: factor de corrección de la geometría de la malla
- n: Factor de geometría de la mala

Y la tensión de contacto según la IEEE Std 80-2000 será:

$$U'_c = \frac{\rho \cdot K_m \cdot K_i \cdot I_{cc\,f}}{L}$$

En donde:

- U'_c: Tensión de contacto calculado por el IEEE Std 80-2000 (V)
- ρ: Resistividad del terreno ($\Omega m^2/m$)
- $I_{cc\,f}$: Intensidad de cortocircuito de falta (A)
- K_i: Factor de corrección de la geometría de la malla
- L: Longitud del conductor enterrado (m)
- K_m: Factor de espaciamiento para la tensión de contacto (m^{-1}). Se calculará como:

$$K_m = \frac{1}{2\pi} \cdot \left[\ln\left(\frac{D^2}{16 \cdot h \cdot d} + \frac{(D + 2 \cdot h)^2}{8 \cdot D \cdot d} - \frac{h}{4 \cdot d} \right) + \frac{K_{ii}}{K_h} \cdot \ln\left(\frac{8}{\pi \cdot (2 \cdot n - 1)} \right) \right]$$

En donde:

- K_m: Factor de espaciamiento para la tensión de contacto (m^{-1})
- D: Espacio medio entre los conductores de la malla (m)
- h: Profundidad de la malla (m)
- d: Diámetro del conductor (m)
- K_{ii}: Factor de corrección por ubicación
- n: Factor de la geometría de la malla
- K_h: Factor de corrección de la profundidad de la malla (m). Se calculará como:

$$K_h = \sqrt{1 + h}$$

En donde:

- K_h: Factor de corrección de la profundidad de la malla (m)
- h: Profundad de la malla (m)

Una vez obtenidas las tensiones de paso y de contacto, tanto máximas admisibles según la ITC MIE-RAT 13 como las halladas por la IEEE Std 80-2000, se procederá a compararlas el fin de que las tensiones de la malla diseñada estén por debajo de las tensiones máximas admisibles:

$$U_p \geq U'_p$$

$$U_c \geq U'_c$$

En donde:

- U_p: Tensión de paso máxima admisible según la ITC MIE-RAT 13 (V)
- U'_p: Tensión de paso calculado por la IEEE Std 80-2000 (V)
- U_c: Tensión de contacto máxima admisible según la ITC MIE-RAT 13 (V)
- U'_p: Tensión de contacto calculado por la IEEE Std 80-2000 (V)

En caso de que no se cumpla la condición anterior se tomarán medidas preventivas para asegurar la seguridad de las personas, tanto dentro como fuera de la subestación.

✓ ***EJEMPLO:***

Necesitaremos para el cálculo:

Intensidad de falta a tierra para el diseño de la malla (kA)	Longitud de la malla en el eje x (m)	Longitud de la malla en el eje y (m)	Número de espacios en el eje x	Número de espacios en el eje y	Número de filas de la malla	Número de columnas de la malla
28	100	77	10	10	11	11

Sección del conductor (mm^2)	Diámetro del conductor (m)	Profundidad de la malla enterrada (m)	Superficie ocupada por la malla (m^2)	Longitud del conductor enterrado (m)
120	0,0142	0,60	7700	1947

Antes de calcular las tensiones de paso y de contacto, hallaremos los siguientes parámetros:

$$D = \frac{\frac{L_x}{n_y} + \frac{L_y}{n_x}}{2} = \frac{\frac{100}{10} + \frac{77}{10}}{2} = 8{,}85\ m$$

$$D_m = \sqrt{{L_x}^2 + {L_y}^2} = \sqrt{100^2 + 77^2} = 126{,}21\ m$$

$$L_p = 2 \cdot L_x + 2 \cdot L_y = 2 \cdot 100 + 2 \cdot 77 = 354\ m$$

En donde:

- D: Espacio medio entre los conductores de la malla (m)
- D_m: Distancia máxima de los puntos de unión de la malla (m)
- L_p: Perímetro de la malla (m)
- L_x: Longitud de la malla en eje x (m)
- L_y: Longitud de la malla en eje y (m)
- n_x: Número de espacios en el eje x (m)
- n_y: Número de espacios en el eje y (m)

Empezaremos por la tensión de paso, para ello necesitamos hallar:

$$n_a = \frac{2 \cdot 1974}{354} = 11$$

$$n_b = \sqrt{\frac{354}{4 \cdot \sqrt{7700}}} = 1{,}0043$$

$$n_c = \left(\frac{100 \cdot 77}{7700}\right)^{\frac{0,7 \cdot 7700}{100 \cdot 77}} = 1$$

$$n_d = \frac{126,21}{\sqrt{100^2 + 77^2}} = 1$$

$$n = 11 \cdot 1,0043 \cdot 1 \cdot 1 = 11,0469$$

$$K_s = \frac{1}{\pi} \cdot \left[\frac{1}{2 \cdot 0,6} + \frac{1}{8,85 + 0,6} + \frac{1}{8,85} \cdot (1 - 0,5^{11,0469-2})\right] = 0,3348\ m^{-1}$$

$$K_i = 0,644 + 0,148 \cdot 11,0469 = 2,2789$$

Y siendo K_{ii} = 1, obtendremos una tensión de paso:

$$U'_p = \frac{300 \cdot 0,3348 \cdot 2,2789 \cdot 1 \cdot 28000}{1947} = 3292,20\ V$$

Ahora calculamos la tensión de contacto, pero antes debemos obtener:

$$K_h = \sqrt{1 + 0,6} = 1,2649\ m$$

$$K_m = \frac{1}{2\pi} \cdot \left[\ln\left(\frac{8,85^2}{16 \cdot 0,6 \cdot 0,0142} + \frac{(8,85 + 2 \cdot 0,6)^2}{8 \cdot 8,85 \cdot 0,0142} - \frac{0,6}{4 \cdot 0,0142}\right) + \frac{1}{1,2649} \cdot \ln\left(\frac{8}{\pi \cdot (2 \cdot 11,0469 - 1)}\right)\right] = 0,7683\ m^{-1}$$

Teniendo una tensión de contacto de:

$$U'_c = \frac{300 \cdot 0,7683 \cdot 2,2789 \cdot 28000}{1947} = 7554,19\ V$$

Por último queda comprobar si las tensiones del diseño de la malla con iguales o menores que las tensiones que nos indica el reglamento, en la siguiente tabla se muestran los resultados:

U_p	U'_p	$U_p \geq U'_p$
3465 V	3292,2 V	CUMPLE
U_c	U'_c	$U_c \geq U'_c$
1033 V	7557,19 V	NO CUMPLE

Como se puede observar, para el diseño de la malla de tierra que se ha planteado se cumplirá la tensión de paso pero no la tensión de contacto, por lo que se adoptará como media la colocación de un mallazo electrosoldado cubierto con una capa de 20 cm de hormigón, para así mejorar la red de tierra inferior y además se vallará todo el perímetro de la subestación con el fin de evitar los contactos accidentales

Adoptándose estas medidas, se puede concluir diciendo que el diseño adoptado para la malla de la red de tierra inferior CUMPLE.

4.2.2. Red de tierra superior

4.2.2.1. Descripción

Tiene por cometido la captación de las descargas atmosféricas y su conducción a la malla de red tierra inferior enterrada, para que pueda ser disipada sin poner en peligro la seguridad de las personas, tanto dentro como fuera de la subestación, ni de la aparamenta.

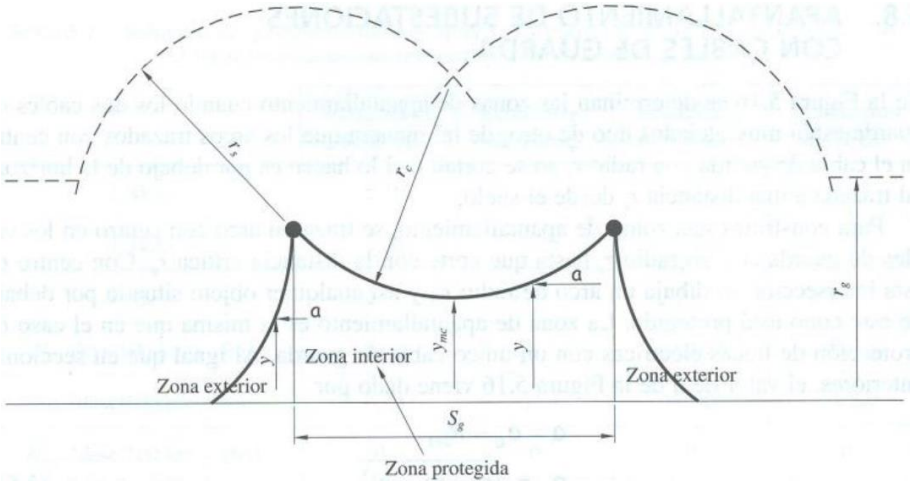
La red de tierra superior estará formada por un conjunto mixto, es decir, tendrá unos cables de guarda paralelos que recorrerán toda la aparamenta de la subestación y unos pararrayos, tipo Franklin, montados en la parte más elevada de los pórticos, situados en la zona de los transformadores de potencia, con el fin de reforzar la seguridad.

Estos cables de guarda y pararrayos, como se ha mencionado anteriormente, estarán unidos a la malla de la red de tierra inferior a través de la estructura metálica que los soporta, que garantiza una unión eléctrica suficiente con la malla.

4.2.2.2. Cálculos eléctricos

a) Cables de guarda

Para el cálculo utilizamos el modelo electro-geométrico de las descargas atmosféricas y que es generalmente aceptado para este propósito:



Fuente: Tema de apantallamiento de líneas eléctricas y subestaciones

$$r_s = \gamma_s \cdot r_g$$

$$r_c = \gamma_c \cdot r_g$$

En donde:

- r_s: Distancia crítica del cable de guarda (m)
- r_c: Distancia crítica del conductor de fase (m)
- r_g: Distancia crítica a tierra (m)
- γ_s γ_c: Factores del diseño

Existen diferentes ecuaciones (Young, Cigre, Love, IEEE Std 998-1996) para determinar las distancias críticas, en nuestro caso vamos a utilizar las propuestas por Love, que es la que aparece en la norma UNE-EN 62305-1. Su valor depende de la intensidad de pico de la descarga y suele expresarse en función de la distancia crítica a tierra:

$$r_g = 10 \cdot I^{0,65}$$

En donde:

- r_g: Distancia crítica a tierra (m)
- I: Intensidad de pico de la descarga (kA). Se calculará como:

$$I = \frac{U \cdot N}{Z}$$

En donde:

- I: Intensidad de pico de descarga (kA)
- U: Tensión soportada a impulsos tipo rayo (kV)
- N: Número de líneas conectadas al parque

- Z: Impedancia característica de las líneas (Ω)

El siguiente paso que nos quedaría será obtener la altura mínima de apantallamiento, que como se puede apreciar en la imagen anterior, tiene lugar en la mitad de la distancia horizontal entre los cables de guarda, para verificar que el diseño de la red de tierra superior protegerá la aparamenta de la subestación y se calculará:

$$y_{mc} = h - r_c + \sqrt{{r_s}^2 - {R_c}^2}$$

En donde:

- y_{mc}: Altura mínima de apantallamiento (m)
- h: Altura de los cables de guarda (m)
- r_c: Distancia crítica del conductor de fase (m)
- r_s: Distancia crítica del cable de guarda (m)
- R_c: Mitad de la distancia horizontal entre los cables de guarda (m)

✓ ***EJEMPLO:***

Calcularemos la altura mínima de apantallamiento del parque de 132 kV. Necesitaremos para el cálculo:

Tensión nominal a impulsos tipo rayo parque de 132 kV (kV)	Impedancia característica de las líneas (Ω)	Número de líneas conectadas a ambos parques
650	400	5

Hallamos la intensidad de pico de descarga para el parque y utilizamos las expresiones de Love para las distancias críticas, siendo los factores de diseño (γ_s γ_c) de valor 1.

$$I = \frac{650 \cdot 5}{400} = 8{,}13\ kA$$

$$r_g = 10 \cdot 8{,}13^{0{,}65} = 39{,}03\ m$$

$$r_s = 1 \cdot 39{,}03 = 39{,}03\ m$$

$$r_c = 1 \cdot 39{,}03 = 39{,}03\ m$$

A continuación obtenemos la altura mínima de apantallamiento para el parque. Necesitaremos para el cálculo:

Altura embarrados flexibles (m)	Altura del cable de guarda (m)	Distancia horizontal entre los cables de guarda (m)
8	11	19

$$y_{mc} = 11 - 39{,}03 + \sqrt{39{,}03^2 - 9{,}50^2} = 9{,}83\ m$$

Para el parque de 132 kV la altura mínima de apantallamiento es de 9,83 m y el elemento más elevado del parque son los embarrados flexibles que se encuentran a 8 m, a los que se le tendrá que sumar la distancia de seguridad que indica la ITC-MIE-RAT 14 de 130 cm para el parque de 132 kV, teniendo una distancia total de 9,30 m, viendo por tanto que la distancia se encuentra por debajo de la distancia mínima de apantallamiento verificando que el diseño de la red de tierra superior del parque de 132 kV CUMPLE.

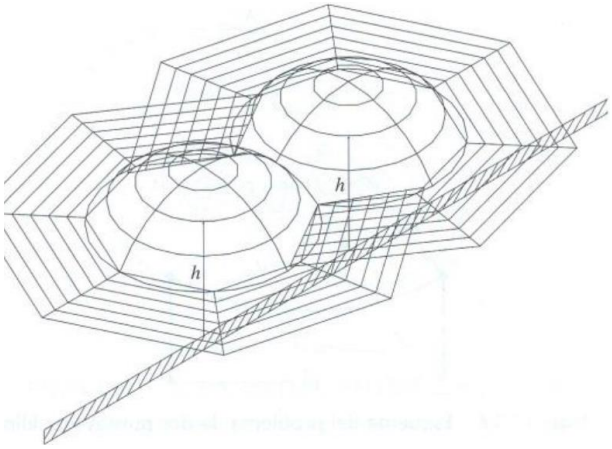
---

b) Puntas Franklin

Como se ha mencionado anteriormente, se dispondrán de dos puntas Franklin en las zonas de los transformadores de potencia, para reforzar su seguridad.

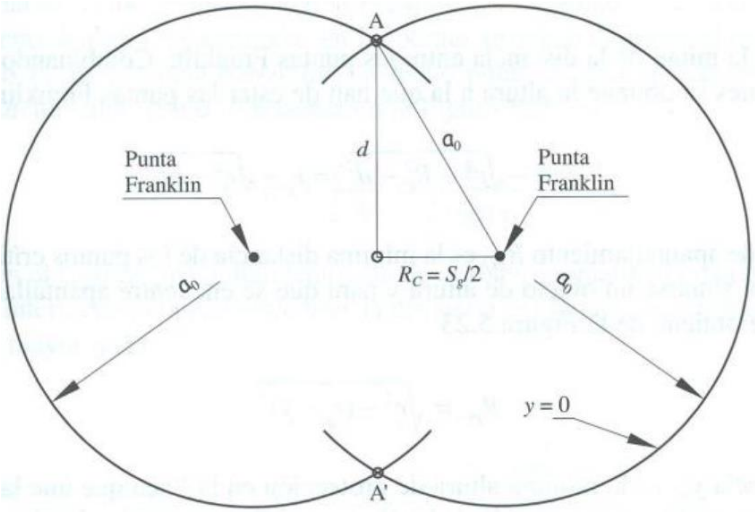
El análisis del apantallamiento con dos o más puntas Franklin es un problema tridimensional, cuya visualización es difícil.

Las zonas de acción de las puntas Franklin tienen forma esférica de radio r_s y centro en cada punta Franklin. El plano a una altura r_g del suelo representa la zona de actuación de tierra. Si las puntas Franklin están lo suficientemente próximos entre sí, ambas esferas determinan una zona de protección en la que el efecto de tierra todavía está presente como como se ve en la imagen siguiente:



Fuente: Tema de apantallamiento de líneas eléctricas y subestaciones

Las intersecciones críticas (puntos A y A' de la imagen siguiente) se encuentran donde ambas esferas de radio r_s cortan con el plano paralelo a una altura r_g del suelo:



Fuente: Tema de apantallamiento de líneas eléctricas y subestaciones

Estos montos determinan el radio a_0, que es la separación máxima de las puntas Franklin a las que se deben contar un objeto de altura nula para que éste apantallado por las dos puntas Franklin:

$$a_0 = \sqrt{{r_s}^2 - (r_g - h)^2}$$

En donde:

- a_0: Radio de la separación máxima de las puntas Franklin (m)
- r_s: Radio de las esferas de las puntas Franklin (m)

- r_g: Altura del plano paralelo a tierra (m)
- h: Altura desde el suelo hasta la parte superior de la punta Franklin (m)

Por último quedara comprobar si la altura a la que están colocadas las puntas protegerán los transformadores de potencia, para ello se calculará la altura mínima de protección en la línea que une las dos puntas Franklin. Esta distancia se da en el punto medio de dicha línea y su expresión es:

$$y_{m2} = r_g - \sqrt{{r_s}^2 - {a_0}^2 + {R_c}^2}$$

En donde:

- y_{m2}: Altura mínima de apantallamiento de las puntas Franklin (m)
- r_g: Altura del plano paralelo a tierra (m)
- r_s: Radio de las esferas de las puntas Franklin (m)
- R_c: Mitad de la distancia horizontal entre las puntas Franklin (m)

✓ ***EJEMPLO:***

Necesitamos para el cálculo:

Altura de la punta (m)	Altura del apoyo (m)	Distancia horizontal entre los cables de guarda (m)	Altura del plano paralelo a tierra (m)	Radio de las esferas de las puntas Franklin (m)
1,584	8,5	19	39,03	39,03

Obtenemos el radio máximo de las puntas Franklin:

$$a_0 = \sqrt{39{,}03^2 - [39{,}03 - (8{,}5 + 1{,}584)]^2} = 26{,}18\ m$$

Y tendremos una altura mínima de:

$$y_{m2} = 39{,}03 - \sqrt{39{,}03^2 - 26{,}18^2 + 9{,}50^2} = 8{,}56\ m$$

Como podemos comprobar se ha obtenido una altura mínima de apantallamiento de 8,56 m y el elemento más elevado del transformador de potencia son los bornes de la parte de alta tensión con 5,80 m, a los que se le tendrá que sumar la distancia de seguridad que indica la

ITC-MIE-RAT 14 de 130 cm para el parque de 132 kV, teniendo una distancia total de 7,10 m, viendo por tanto que la distancia se encuentra por debajo de la distancia mínima de apantallamiento verificando que el diseño de la red de tierra superior del parque de 132 kV CUMPLE.

5. Resultados de la subestación

5.1. Intensidad de cortocircuito del sistema aéreo - subterráneo

5.1.1. Datos de partida

Sección nominal del conductor (mm2)	Tensión (kV)	Longitud de la línea aérea (km)	Longitud de la línea subterranea (m)	Potencia cortocircuito (MVA)	Impedancia cortocircuito (Ω)
630	132	27,2652	20	500	34,85

5.1.2. Impedancias

5.1.2.1. Aérea

Resistencia kilométrica aérea (Ω/km)	Reactancia kilométrica aérea (Ω/km)	Resistencia aérea (Ω)	Reactancia aérea (Ω)	Impedancia aérea (Ω)
0,194	0,417	5,29	11,37	12,54

5.1.2.2. Subterránea

Resistencia kilométrica subterránea (Ω/m)	Reactancia kilométrica subterránea (Ω/m)	Resistencia subterránea (Ω)	Reactancia subterránea (Ω)	Impedancia subterránea (Ω)
5,81E-05	1,16E-04	1,16E-03	2,32E-03	2,60E-03

5.1.3. Intensidad de cortocircuito y relación R/X

Impedancia total (Ω)	Intensidad de cortocircuito (kA)	Resistencia total (Ω)	Reactancia total (Ω)	Relación R/X
47,39	1,61	5,29	11,37	0,4652

5.2. Parque de 132 kV

5.2.1. Distancias mínimas en el exterior

5.2.1.1. Datos de partida

Tensión de la red (kV)	132
Tensión más elevada de la red (kV)	145
Tensión soportada nominal a los impulsos tipo rayo (kV)	650
Tensión soportada nominal de corta duración a frecuencia industrial (kV)	275
Distancia mínima fase-tierra y entre fases en el aire (cm)	130

5.2.1.2. Distancias mínima en pasillos

Anchura mínima en pasillos de maniobra con elementos en tensión	**a un solo lado (cm)**	100
	a ambos lados (cm)	120
Anchura mínima en pasillos de inspección con elementos en tensión	**a un solo lado (cm)**	80
	a ambos lados (cm)	100
Altura mínima en pasillos de elementos en tensión no protegidos (cm)		380

Altura mínima en pasillos entre el punto más alto de máquinas de paso con los elementos en tensión no protegidos (cm)	140

5.2.1.3. Zonas de protección

Zonas de protección contra contactos accidentales desde el interior del recinto de la instalación		**Zonas de protección contra contactos accidentales desde el exterior del recinto de la instalación**	
"B": Elementos en tensión a paredes macizas. Altura mín 180 cm (cm)	133	**"F": Elementos en tensión a paredes macizas. Altura de k < 250+d (cm)**	230
"C": Elementos en tensión a enrejados. Altura mín 180 cm (cm)	140	**"B": Elementos en tensión a paredes macizas. Altura de k ≥ 250+d (cm)**	133
"E": Elementos en tensión a cualquier tipo de cierre. Altura mín 100 cm (cm)	160	**"D": Elementos en tensión a enrejados. Altura de k ≥ 220 (cm)**	280

5.2.2. Cálculos eléctricos

5.2.2.1. Datos de partida

Tensión nominal (kV)	132
Tensión más elevada (kV)	145
Potencia nominal (MVA)	75
Intensidad nominal (A)	328,04
Tensión soportada nominal a los impulsos tipo rayo (kV)	650
Tensión soportada nominal de corta duración a frecuencia industrial (kV)	275
Nivel de polución	Baja
Mínima línea de fuga (mm/kV)	16,00
Mínima línea de fuga (mm)	2112

Altitud de la subestación (m)	573
Presión atmosférica (cmHg)	76
Rigidez dieléctrica del aire (kV/cm)	29,80
Temperatura del aire (ºC)	40
Distancias entre fases (m)	4
Icc de cálculo (kA)	1,61
Icc de diseño (kA)	40
Relación R/X	0,4652
Coeficiente de irregularidad "mc"	1
Coeficiente meteorológico "mt"	1

5.2.2.2. Datos del embarrado

Denominación del tubo	Al 6063-T6 100/88
Intensidad admisible del tubo (A)	2520
Diámetro exterior (mm)	100
Sección (mm^2)	1770
Densidad corriente de cortocircuito (A/mm^2)	120

5.2.2.3. Intensidad y potencia máxima del embarrado

Factor de aleación "k1"	0,93

Factor de temperatura "k2"	1,16
Factor de números de tubos "k3"	1,00
Factor de la altura geográfica "k4"	0,98
Intensidad nominal del tubo (A)	2664,20
Potencia nominal del tubo (MVA)	609,12
In < In tubo	CUMPLE
Sn < Sn tubo	CUMPLE

5.2.2.4. Intensidad de cresta

Factor "k" de la relación R/X	1,2627
Intensidad de cresta de corriente de cortocircuito (kA)	71,43

5.2.2.5. Intensidad térmica de cortocircuito

Iter calculada (kA)	66,05
Iter del tubo (kA)	212,40
Iter calculada < Iter del tubo	CUMPLE

5.2.2.6. Efecto corona

Presión atmosférica de la zona (cmHg)	73,66
Factor de corrección densidad del aire	0,92
Valor eficaz de campo eléctrico (kV/cm)	24,06
Tensión disruptiva (kV)	486,31
Uc > Un	CUMPLE

5.2.3. Cálculos mecánicos

5.2.3.1. Datos de partida

Tensión nominal de la red (kV)	132
Velocidad del viento (km/h)	140
Presión equivalente del aire (N/m²)	945
Longitud del vano (m)	14
Distancias entre fases (m)	4
Permeabilidad absoluta del vacío (V*s/A*m)	1,2566E-06
Frecuencia de la red (Hz)	50
Temperatura de montaje (ºC)	40
Temperatura de servicio (ºC)	80

5.2.3.2. Cálculos mecánicos en el embarrado

a) Datos de partida

Denominación del tubo	Al 6063-T6 100/88
Diámetro exterior (mm)	100
Diámetro interior (mm)	88
Espesor (mm)	6
Peso (kg/m)	4,784
Longitud admisible (m)	15,00
Momento de inercia (cm^4)	196,49
Momento resistente (cm^3)	31,27
Módulo de Young (N/mm^2)	70000
Límite de fluencia (N/mm^2)	160
Coeficiente de dilatación lineal (mm/mºC)	0,023

b) Fuerzas en el embarrado

Fuerza del viento (N)	1323,00

Fuerza del propio peso (N)	657,03
Fuerza del cortocircuito (N)	3093,02

c) Tensiones en el embarrado

Colocación del embarrado	
γ	1,57
β	1
α	0,5

Tensión por viento (N/mm²)	74,04
Tensión del propio peso (N/mm²)	36,77
Frecuencia vibración del tubo (Hz)	1,3582
Factor del efecto dinámico "Vσm"	0,2943
Factor del reenganche "Vrm"	1,8000
Tensión del cortocircuito (N/mm²)	91,70
Tensión total (N/mm²)	169,77
Factor de resistencia del tubo "q"	1,3527
q*Rp	216,43
σtotal ≤ q*Rp	CUMPLE

5.2.3.3. Cálculos mecánicos en los aisladores soporte

a) Datos de partida

Denominación soporte	C4-650
Altura aislador (mm)	1500

Diámetro máximo parte aislante (mm)	350
Diámetro círculo de fijación (mm)	127
Carga de rotura a flexión (N)	4000

b) Fuerzas en los aisladores soporte

Fuerza del viento en el tubo (N)	1323,00
Fuerza del cortocircuito en el tubo (N)	3093,02
Fuerza del viento sobre el aislador (N)	496,13
Fuerza total (N)	2456,07
Coeficiente de seguridad	1,63
Coeficiente de seguridad > 1,5	CUMPLE

5.2.4. Autoválvulas

5.2.4.1. Datos de partida

Tensión nominal (kV)	132
Tensión más elevada (kV)	145
Tiempo de despeje (s)	0,5
Nivel de polución	I Ligero
Línea de fuga específica (mm/kV)	16,00
Sobretensión eventual sin pararrayos (kV)	396

Resistencia autoválvula (Ω)	400
Velocidad de propagación de la onda (km/µs)	0,3
Número de descargas	2

5.2.4.2. Cálculos de la autoválvula

Tensión mínima asignada (kV)	104,40
Mínima línea de fuga (mm)	2320
Tiempo de propagación de la onda (µs)	0,07
Energía absobida por la autovávula (kJ)	24,05

5.2.4.3. Datos de la autoválvula

Denominación	PEXLIM Q108-XH145
Clase	3
Tensión más elevada (kV)	145
Tensión asignada (kV)	108
Corriente de descarga nominal (kA)	10
Tensión residual máxima con onda de corriente 8/20 µs a 10 kA (kV)	254
Línea de fuga (mm)	3726
Capacidad de energía (kJ/kV)	7,8
Energía absorbida (kJ)	842,4

5.3. Parque de 66 kV

5.3.1. Distancias mínimas en el exterior

5.3.1.1. Datos de partida

Tensión de la red (kV)	66
Tensión más elevada de la red (kV)	72,5
Tensión soportada nominal a los impulsos tipo rayo (kV)	325
Tensión soportada nominal de corta duración a frecuencia industrial (kV)	140
Distancia mínima fase-tierra y entre fases en el aire (cm)	63

5.3.1.1. Distancias mínima en pasillos

Anchura mínima en pasillos de maniobra con elementos en tensión	**a un solo lado (cm)**	100
	a ambos lados (cm)	120
Anchura mínima en pasillos de inspección con elementos en tensión	**a un solo lado (cm)**	80
	a ambos lados (cm)	100
Altura mínima en pasillos de elementos en tensión no protegidos (cm)		313
Altura mínima en pasillos entre el punto más alto de máquinas de paso con los elementos en tensión no protegidos (cm)		73

5.3.1.1. Zonas de protección

Zonas de protección contra contactos accidentales desde el interior del recinto de la instalación		Zonas de protección contra contactos accidentales desde el exterior del recinto de la instalación	
"B": Elementos en tensión a paredes macizas. Altura mín 180 cm (cm)	66	**"F": Elementos en tensión a paredes macizas. Altura de k < 250+d (cm)**	163
"C": Elementos en tensión a enrejados. Altura mín 180 cm (cm)	73	**"B": Elementos en tensión a paredes macizas. Altura de k ≥ 250+d (cm)**	66
"E": Elementos en tensión a cualquier tipo de cierre. Altura mín 100 cm (cm)	93	**"D": Elementos en tensión a enrejados. Altura de k ≥ 220 (cm)**	213

5.3.2. Cálculos eléctricos

5.3.2.1. Datos de partida

Tensión nominal (kV)	66
Tensión más elevada (kV)	72,5
Potencia nominal (MVA)	75
Intensidad nominal (A)	656,08
Tensión soportada nominal a los impulsos tipo rayo (kV)	325
Tensión soportada nominal de corta duración a frecuencia industrial (kV)	140
Nivel de polución	Baja
Mínima línea de fuga (mm/kV)	16,00
Mínima línea de fuga (mm)	1160
Altitud de la subestación (m)	573
Presión atmosférica (cmHg)	76
Rigidez diléctrica del aire (kV/cm)	29,80

Temperatura del aire (ºC)	40
Distancias entre fases (m)	2
Icc de cálculo (kA)	1,61
Icc de diseño (kA)	40
Relación R/X	0,4652
Coeficiente de irregularidad "mc"	1
Coeficiente meteorológico "mt"	1

5.3.2.1. Datos del embarrado

Denominación del tubo	Al 6063-T6 63/47
Intensidad admisible del tubo (A)	1820
Diámetro exterior (mm)	63
Sección (mm^2)	1382
Densidad corriente de cortocircuito (A/mm^2)	120

5.3.2.1. Intensidad y potencia máxima del embarrado

Factor de aleación "k1"	0,93
Factor de temperatura "k2"	1,16
Factor de números de tubos "k3"	1,00
Factor de la altura geográfica "k4"	0,98

Intensidad nominal del tubo (A)	1924,15
Potencia nominal del tubo (MVA)	219,96
In < In tubo	CUMPLE
Sn < Sn tubo	CUMPLE

5.3.2.2. Intensidad de cresta

Factor "k" de la relación R/X	1,2627
Intensidad de cresta de corriente de cortocicuito (kA)	71,43

5.3.2.3. Intensidad térmica de cortocircuito

Iter calculada (kA)	66,05
Iter del tubo (kA)	165,84
Iter calculada < Iter del tubo	CUMPLE

5.3.2.4. Efecto corona

Presión atmosférica de la zona (cmHg)	73,66
Factor de corrección densidad del aire	0,92
Valor eficaz de campo eléctrico (kV/cm)	24,80
Tensión disruptiva (kV)	299,14
Uc > Un	CUMPLE

5.3.3. Cálculos mecánicos

5.3.3.1. Datos de partida

Tensión nominal de la red (kV)	66
Velocidad del viento (km/h)	73
Presión equivalente del aire (N/m²)	945
Longitud del vano (m)	8
Distancias entre fases (m)	2
Permeabilidad absoluta del vacío (V*s/A*m)	1,2566E-06
Frecuencia de la red (Hz)	50
Temperatura de montaje (ºC)	40
Temperatura de servicio (ºC)	80

5.3.3.2. Cálculos mecánicos en el embarrado

a) Datos de partida

Denominación del tubo	Al 6063-T6 63/47
Diámetro exterior (mm)	63
Diámetro interior (mm)	47
Espesor (mm)	8
Peso (kg/m)	3,730
Longitud admisible (m)	15,00
Momento de inercia (cm⁴)	53,37

Momento resistente (cm^3)	14,35
Módulo de Young (N/mm^2)	70000
Límite de fluencia (N/mm^2)	160
Coeficiente de dilatación lineal (mm/mºC)	0,023

b) Fuerzas en el embarrado

Fuerza del viento (N)	476,28
Fuerza del propio peso (N)	292,73
Fuerza del cortocircuito (N)	3534,88

c) Tensiones en el embarrado

Colocación del embarrado	
γ	1,57
β	1
α	0,5

Tensión por viento (N/mm^2)	33,19
Tensión del propio peso (N/mm^2)	20,40
Frecuencia vibración del tubo (Hz)	2,4551

Factor del efecto dinámico "Vσm"	0,3546
Factor del reenganche "Vrm"	1,8000
Tensión del cortocircuito (N/mm²)	157,22
Tensión total (N/mm²)	191,50
Factor de resistencia del tubo "q"	1,4403
q*Rp	230,45
σtotal ≤ q*Rp	CUMPLE

5.3.3.3. Cálculos mecánicos en los aisladores soporte

a) Datos de partida

Denominación soporte	C4-325
Altura aislador (mm)	770
Diámetro máximo parte aislante (mm)	225
Diámetro círculo de fijación (mm)	127
Carga de rotura a flexión (N)	4000

b) Fuerzas en los aisladores soporte

Fuerza del viento en el tubo (N)	476,28
Fuerza del cortocircuito en el tubo (N)	3534,88
Fuerza del viento sobre el aislador (N)	163,72

Fuerza total (N)	2087,44
Coeficiente de seguridad	1,92
Coeficiente de seguridad > 1,5	CUMPLE

5.3.4. Autoválvulas

5.3.4.1. Datos de partida

Tensión nominal (kV)	66
Tensión más elevada (kV)	72,5
Tiempo de despeje (s)	0,5
Nivel de polución	Baja
Mínima línea de fuga (mm/kV)	16,00
Sobretensión eventual sin pararrayos (kV)	198
Resistencia autoválvula (Ω)	400
Velocidad de propagación de la onda (km/µs)	0,3
Número de descargas	2

5.3.4.2. Cálculos de la autoválvula

Tensión mínima asignada (kV)	58,00
Mínima línea de fuga (mm)	1160
Tiempo de propagación de la onda (µs)	0,07
Energía absobida por la autovávula (kJ)	5,36

5.3.4.3. Datos de la autoválvula

Denominación	PEXLIM Q60-XV072
Clase	3
Tensión más elevada (kV)	72,5
Tensión asignada (kV)	60
Corriente de descarga nominal (kA)	10
Tensión residual máxima con onda de corriente 8/20 µs a 10 kA (kV)	141
Línea de fuga (mm)	2270
Capacidad de energía (kJ/kV)	7,8
Energía absorbida (kJ)	468

5.4. Red de tierra inferior

5.4.1. Datos de partida

Resistividad del terreno (Ω*m)	300
Resistividad del hormigon (Ω*m)	3000
Resistencia del calzado (Ω)	2000
Espesor del hormigón (m)	0,20
Número de filas del la malla	11
Número de columnas del la malla	11
Número de espacios en el eje x	10

Número de espacios en el eje y	10
Longitud de la malla en el eje x (m)	100
Longitud de la malla en el eje y (m)	77
Distancia de los puntos de unión en el eje x (m)	10,00
Distancia de los puntos de unión en el eje y (m)	7,70
Espacio medio entre los conductores de la malla (m)	8,85
Distancia máxima de los puntos de unión de la malla (m)	126,21
Perímetro de la malla (m)	354
Superficie ocupada por la malla (m^2)	7700
Profundidad de la malla enterrada (m)	0,60
Longitud del conductor enterrado (m)	1947
Sección del conductor (mm2)	120
Diámetro del conductor (m)	0,0142
Tensión de contacto aplicada admisible (V)	204
Intensidad de falta a tierra para el diseño de la malla (kA)	28
Tiempo de despeje (s)	0,5
Temperatura máxima admisible del conductor (ºC)	1084
Temperatura ambiente (ºC)	40
Capacidad térmica del conductor ($J/cm^{3*ºC}$)	3,42
Coeficiente térmico de resistividad a 20ºC ($ºC^{-1}$)	0,00381
Resistencia del conductor a 20ºC (μΩ*cm)	1,78

Inversa del coeficiente térmico de resistividad a 0ºC (ºC)	242
Superficie ocupada por la malla (m2)	13800

5.4.2. Sección del conductor de tierra

Sección mínima (mm²)	70,86

5.4.3. Datos del conductor de tierra

Sección (mm²)	120
Intensidad (A)	471
Densidad de corriente (A/mm²)	3,93

5.4.4. Resistencia de la puesta a tierra

Resistencia (Ω)	1,66

5.4.5. Tensiones máximas admisibles de paso y de contacto

Tensión de paso máxima admisible (V)	46920
Tensión de contacto máxima admisible (V)	1326

5.4.6. Cálculo del diseño de la malla

na	11,0000
nb	1,0043
nc	1,0000
nd	1,0000
n	11,0469
Factor de espaciamiento para la tensión de paso (m^{-1})	0,3348
Factor de corrección de la geometría de la malla	2,2789
Factor de corrección por ubicación	1,0000
Tensión de paso (V)	3292,20
Factor de espaciamiento para la tensión de contacto (m^{-1})	0,7683
Factor de corrección de la profundidad de la malla (m)	1,2649
Tensión de contacto (V)	7554,19

Comprobación	
Up < Upmax	CUMPLE
Uc < Ucmax	NO CUMPLE

5.5. Red de tierra superior

5.5.1. Datos de partida

Tensión nominal a impulsos tipo rayo parque 132 kV (kV)	650
Tensión nominal a impulsos tipo rayo parque 66 kV (kV)	325
Número de líneas conectadas a ambos parques	5
Impedancia característica de las líneas (Ω)	400
Intensidad de descarga parque de 132 kV (kA)	8,13
Intensidad de descarga parque de 66 kV (kA)	4,06
γc	1
γs	1
Distancia mínima de aislamiento fase- tierra parque de 132 kV "d" (m)	1,30
Distancia mínima de aislamiento fase- tierra parque de 66 kV "d" (m)	0,63

5.5.2. Parque de 132 kV

5.5.2.1. Datos de diseño

Altura embarrados flexibles "y" (m)	8
Altura del cable de guarda "h" (m)	11
Distancia horizontal entre los cables de guarda "Sg" (m)	19

5.5.2.2. Cálculo del diseño

Distancia crítica a tierra "rg" (m)	39,03
Distancia crítica del conductor de fase "rc" (m)	39,03
Distancia crítica del cable de guarda "rs" (m)	39,03
"Rc" (m)	9,50
"ym" (m)	9,83
y - d < ym	CUMPLE

5.5.3. Parque de 66 kV

5.5.3.1. Datos de diseño

Altura embarrados rígidos "y" (m)	5,5
Altura del cable de guarda "h" (m)	8,5
Distancia horizontal entre los cables de guarda "Sg" (m)	19

5.5.3.2. Cálculo del diseño

Distancia crítica a tierra "rg" (m)	24,87
Distancia crítica del conductor de fase "rc" (m)	24,87
Distancia crítica del cable de guarda "rs" (m)	24,87
"Rc" (m)	9,50
"ym" (m)	6,61

y - d < ym	CUMPLE

5.5.4. Puntas Franklin

Altura de la punta (m)	1,584
Altura del apoyo (m)	8,5
Altura embarrados flexibles "y" (m)	8
Altura total "h" (m)	10,084
Distancia horizontal entre los cables de guarda "Sg" (m)	19
"Rc" (m)	9,50
"a0" (m)	26,18
"ym2" (m)	8,56
y - d < ym2	CUMPLE

ANEXO 4: CÁLCULOS DEL EDIFICIO DE MANDO Y CONTROL

1. Líneas eléctricas

1.1. Introducción

En este apartado realizaremos los cálculos eléctricos de las distintas líneas que se encuentran en nuestro edificio de mando y control.

Tomaremos una línea para mostrar los cálculos a seguir y el resto lo realizaremos con el programa de líneas eléctricas de baja tensión dmELECT.

Las líneas eléctricas que se proyectarán en el edificio de mando y control serán:

- Línea de alumbrado (interior y exterior)
- Línea de fuerza.

1.2. Cálculo de las líneas eléctricas

1.2.1. Intensidad

1.2.1.1. Sistema trifásico

$$I = \frac{P_c}{\sqrt{3} \cdot U \cdot cos\varphi}$$

En donde:

- I: Intensidad (A)
- P_c: Potencia de cálculo (W)
- U: Tensión (V)
- cosφ: Factor de potencia

1.2.1.2. Sistema monofásico

$$I = \frac{P_c}{U \cdot cos\varphi}$$

En donde:

- I: Intensidad (A)
- P_c: Potencia de cálculo (W)
- U: Tensión (V)
- cosφ: Factor de potencia

1.2.2. Conductividad eléctrica

Viene definida por la siguiente fórmula:

$$\sigma = \frac{1}{\rho}$$

En donde:

- σ: Conductividad del conductor ([Ω*m]$^{-1}$)
- ρ: Resistividad del conductor (Ω*m)

Sabemos también que la resistividad es:

$$\rho = \rho_{20} \cdot [1 + \alpha \cdot (T - 20)]$$

En donde:

- ρ: Resistividad del conductor (Ω*m)
- ρ_{20}: Resistividad del conductor a 20ºC (Ω*m). Siendo la del cobre de 0,018 Ω*m y la del aluminio de 0,029 Ω*m
  - ✓ α: Coeficiente de temperatura. Siendo la del cobre de 0,00392 y la del aluminio de 0,00403
- T: Temperatura del conductor (ºC)

Y para averiguar la temperatura del conductor utilizaremos la siguiente fórmula:

$$T = T_0 + \left[(T_{max} - T_0) \cdot \left(\frac{I}{I_{max}}\right)^2\right]$$

En donde:

- T: Temperatura del conductor (ºC)
- T_0: Temperatura del ambiente (ºC). Siendo de 25ºC para los conductores enterrados y de 40ºC para los conductores al aire.
- T_{max}: Temperatura máxima admisible del conductor (ºC). Siendo de 90ºC para los conductores de XLPE y de 70ºC para los conductores de PVC.
- I: Intensidad prevista por el conductor (A)
- I_{max}: Intensidad máxima admisible del conductor (A)

1.2.3. Caída de tensión

1.2.3.1. Sistema trifásico

$$e = \frac{L \cdot P_c}{\sigma \cdot U \cdot n \cdot S} + \frac{L \cdot P_c \cdot X_u \cdot sen\varphi}{1000 \cdot U \cdot n \cdot cos\varphi}$$

En donde:

- e: Caída de tensión (V)
- L: Longitud del cálculo (m)
- P_c: Potencia de cálculo (W)
- σ: Conductividad $([\Omega.m]^{-1})$
- U: Tensión (V)
- n: Nº de conductores por fase
- S: Sección del conductor (mm^2)
- X_u: Reactancia por unidad de longitud (mW/m)
- senφ y cosφ: Factor de potencia

1.2.3.2. Sistema monofásico

$$e = \frac{2 \cdot L \cdot P_c}{\sigma \cdot U \cdot n \cdot S} + \frac{2 \cdot L \cdot P_c \cdot X_u \cdot sen\varphi}{1000 \cdot U \cdot n \cdot cos\varphi}$$

En donde:

- e: Caída de tensión (V)
- L: Longitud del cálculo (m)
- P_c: Potencia de cálculo (W)
- σ: Conductividad $([\Omega.m]^{-1})$
- U: Tensión (V)
- n: Nº de conductores por fase
- S: Sección del conductor (mm^2)
- X_u: Reactancia por unidad de longitud (mW/m)
- senφ y cosφ: Factor de potencia

1.2.4. Cortocircuito

Además de la intensidad y de la caída de tensión, los conductores deberán ser elegidos para que soporten un cortocircuito si se diera el caso.

A la hora de producirse un cortocircuito no sabemos en qué punto de la instalación se producirá, por lo que tendremos que hallar la intensidad de cortocircuito al inicio y al final de la línea.

✓ En inicio de la línea

$$I_{pcc}I = \frac{C_t \cdot U}{\sqrt{3} \cdot Z_{T(sl)}}$$

En donde:

- I_{pcc}I: Intensidad permanente de cortocircuito en el inicio de línea (kA)
- C_t: Coeficiente de tensión

- U: Tensión trifásica (V)
- $Z_{T(sl)}$: Impedancia total en aguas arriba del punto de cortocircuito (sin incluir la línea o circuito en estudio) (mΩ)

✓ En final de la línea

$$I_{pcc}F = \frac{C_t \cdot U_F}{2 \cdot Z_T}$$

En donde:

- $I_{pcc}F$: Intensidad permanente de cortocircuito en el final de línea (kA)
- C_t: Coeficiente de tensión
- U_F: Tensión de fase (V)
- Z_T: Impedancia total incluyendo la propia de la línea o circuito (por tanto es igual a la impedancia en origen más la propia del conductor o línea) (mΩ)

La impedancia total hasta el punto de cortocircuito será:

$$Z_T = \sqrt{{R_T}^2 + {X_T}^2}$$

En donde:

- Z_T: Impedancia total (mΩ)
- R_T: Suma de las resistencias de las líneas aguas arriba hasta el punto de cortocircuito (mΩ)
- X_T: Suma de las reactancias de las líneas aguas arriba hasta el punto de cortocircuito (mΩ)

En donde las resistencias y reactancias se calcularán de la siguiente manera:

$$R = \frac{L \cdot 1000 \cdot C_\rho}{\sigma \cdot S \cdot n}$$

En donde:

- R: Resistencia de la línea (mΩ)
- L: Longitud de la línea (m)
- C_ρ: Coeficiente de resistividad
- σ: Conductividad del material ($[\Omega.m]^{-1}$)
- S: Sección de la línea (mm^2)
- n: Nº de conductores por fase

$$X = \frac{X_u \cdot L}{n}$$

En donde:

- X: Reactancia de la línea (mΩ)
- L: Longitud de la línea (m)
- n: Nº de conductores por fase

Habrá que hallar el tiempo máximo que el conductor podrá soportar intensidad permanente de cortocircuito, para ello utilizaremos:

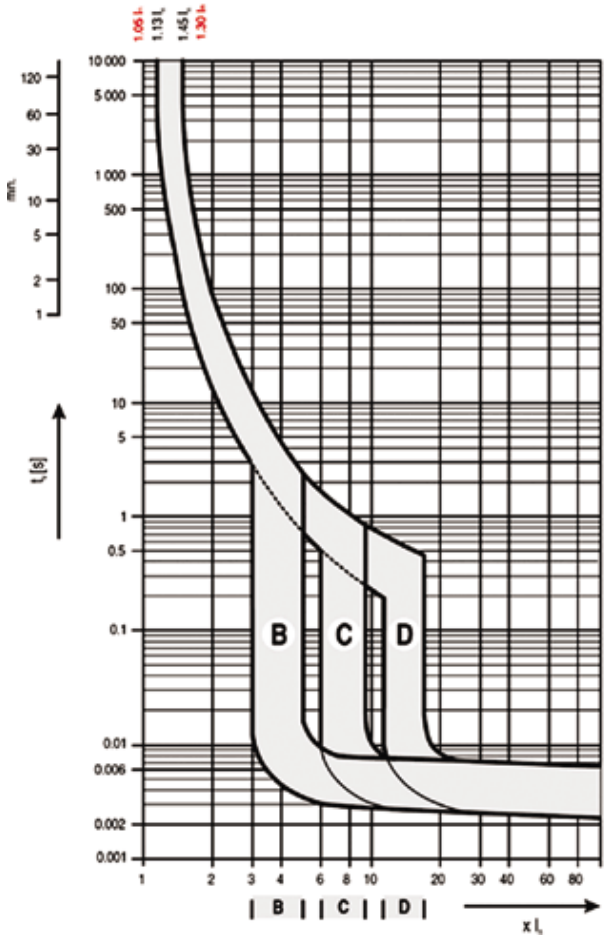
$$t_{mcicc} = \frac{C_C \cdot S^2}{I_{pcc}F^2}$$

En donde:

- t_{mcicc}: Tiempo máximo que un conductor soporta una intensidad permanente de cortocircuito (s)
- C_C: Constante que depende de la naturaleza del conductor y de su aislamiento. Siendo:
  - PVC: cobre 13225 / aluminio 5476
  - XLPE/EPR: cobre 20449 / aluminio 8836
- S: Sección de la línea (mm²)
- $I_{pcc}F$: Intensidad permanente de cortocircuito en fin de línea (A)

Una vez calculados todos los parámetros, deberemos seleccionar el tipo de curva para nuestra protección. A continuación se muestran los tipos de curvas válidas, para protección de interruptores automáticos dotados de relé electromagnético, la intensidad que soportan:

Tipo de curva	Intensidad
B	$3 \cdot I_n \leq I \leq 5 \cdot I_n$
C	$5 \cdot I_n \leq I \leq 10 \cdot I_n$
D	$10 \cdot I_n \leq I \leq 14 \cdot I_n$



Fuente: Catálogo de distribuidor de interruptores magnetotérmicos

1.2.5. Sobrecargas

Para las sobrecargas de los elementos de protección se aplicaran las siguientes expresiones:

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$I_2 \leq 1{,}45 \cdot I_z$$

En donde:

- I_b: Intensidad utilizada en el circuito (A)
- I_n: Intensidad nominal del dispositivo de protección(A). Para los dispositivos de protección regulables, I_n es la intensidad de regulación escogida.
- I_z: Intensidad admisible de la canalización según la norma UNE 20-460/5-523 (A)
- I_2: Intensidad que asegura efectivamente el funcionamiento del dispositivo de protección (A). En la práctica I_2 se toma igual a:

    - La intensidad de funcionamiento en el tiempo convencional, para los interruptores automáticos ($1{,}45 \cdot I_n$ como máximo)
    - La intensidad de fusión en el tiempo convencional, para los fusibles ($1{,}6 \cdot I_n$)

✓ ***EJEMPLO:***

Tomaremos como ejemplo de cálculo la línea de derivación individual del edificio de mando y control, necesitaremos para el cálculo:

Potencia prevista (W)	Tensión (V)	Cos φ	Longitud de la línea (m)	Reactancia de la línea (mΩ/m)
32480	400	0,8	3	0

Resistividad del cobre a 20ºC (Ω*m)	Coef. de temperatura del cobre (1/K)	Tipo de instalación	Tª ambiente (ºC)	Tª máxima admisible (ºC)
0,018	0,00392	A1	40	90

Empezaremos hallando la intensidad de la línea:

$$I = \frac{32480}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0{,}8} = 58{,}60\ A$$

Como el tipo de instalación es de conductores unipolares alojados en tubos empotrados en paredes aislantes (A1) y es un circuito trifásico de XLPE, seleccionamos un conductor unipolar de 16 mm^2 de Cu, que tiene una intensidad máxima admisible de 66 A (tabla 1 de la ITC-BT-19), por lo tanto el conductor seleccionado CUMPLE por intensidad.

A continuación hallaremos la caída de tensión, para ello debemos obtener los siguientes valores:

$$T = 40 + \left[(90 - 40) \cdot \left(\frac{58{,}60}{66}\right)^2\right] = 79{,}42\ °C$$

$$\rho = 0{,}018 \cdot [1 + 0{,}00392 \cdot (79{,}42 - 20)] = 0{,}022\ \Omega \cdot m$$

$$\sigma = \frac{1}{0{,}022} = 45{,}45\ (\Omega \cdot m)^{-1}$$

La caída de tensión será:

$$e = \frac{3 \cdot 32480}{45{,}45 \cdot 400 \cdot 1 \cdot 16} + \frac{3 \cdot 32480 \cdot 0 \cdot 0{,}6}{1000 \cdot 400 \cdot 1 \cdot 0{,}8} = 0{,}33\ V \Rightarrow 0{,}08\ \%$$

Según la ITC-BT-19, en el apartado 2.2.2 figura A, se indica que la caída de tensión admisible para un único usuario en la derivación individual será de 1,5% y como se puede ver el valor obtenido es muchísimo menor al establecido, por lo tanto el conductor CUMPLE por caída de tensión.

Lo último que quedaría será calcular la intensidad de cortocircuito que aparecerá en el conductor seleccionado. Necesitaremos para el cálculo:

Tensión (V)	Potencia de cortocircuito (MVA)	Resistencia kilométrica acometida (Ω/km)	Longitud acometida (m)	Resistencia kilométrica derivación individual (Ω/km)	Longitud derivación individual (m)
400	500	1,91	10	1,15	3

Empezaremos obteniendo las impedancias aguas arriba del cuadro general de mando y protección:

- ✓ *Impedancia de la red:*

$$Z_{RED} = \frac{U^2}{S_{CC}} = \frac{400^2}{500000} = 0{,}32\ m\Omega$$

$$R_{RED} = 0{,}19 \cdot Z_{RED} = 0{,}19 \cdot 0{,}32 = 0{,}06\ m\Omega$$

$$X_{RED} = \sqrt{{Z_{RED}}^2 - {R_{RED}}^2} = \sqrt{0{,}32^2 - 0{,}06^2} = 0{,}31\ m\Omega$$

$$\overrightarrow{Z_{RED}} = 0{,}06 + 0{,}31j\ m\Omega$$

- ✓ *Impedancia de la acometida:*

$$R_A = R_K \cdot L = 1910 \cdot 0{,}01 = 19{,}10\ m\Omega$$

$$\overrightarrow{Z_A} = 19{,}10\ m\Omega$$

- ✓ *Impedancia de la derivación individual:*

$$R_{DI} = R_K \cdot L = 1150 \cdot 0{,}003 = 3{,}45\ m\Omega$$

$$\overrightarrow{Z_{DI}} = 3{,}45\ m\Omega$$

Ahora obtenemos la intensidades de cortocircuito al inicio y al final de la línea, que en éste caso es la derivación individual. Recordar que la impedancia para la intensidad de cortocircuito al inicio de la línea no se tendrá en cuenta la impedancia de la derivación individual y en el caso de la intensidad de cortocircuito al final de la línea se deberá añadir ésta:

$$I_{pcc}I = \frac{1 \cdot 400}{\sqrt{3} \cdot 19{,}16} = 12{,}05\ kA$$

$$I_{pcc}F = \frac{1 \cdot 230}{2 \cdot 22{,}61} = 5{,}07\ kA$$

Y el tiempo que máximo que el conductor podrá soportar para una intensidad permanente de cortocircuito será:

$$t_{mcicc} = \frac{20449 \cdot 16^2}{5070^2} = 0{,}20\ s$$

Analizando los resultados, la selección del interruptor general automático a la entrada del cuadro general de mando y protección, será:

- ✓ Número de polos: Al ser una alimentación trifásica con neutro, deberá se der de **4 polos**.

- ✓ Calibre: se deberá encontrar entre la intensidad de la línea y la intensidad máxima admisible del conductor:

  $$58{,}6\ A \leq I_n \leq 66\ A$$

  Seleccionaremos una intensidad nominal normalizada de **63 A**.

- ✓ Poder de corte: deberá de ser mayor que la intensidad permanente de cortocircuito al inicio de la línea de 12,05 A, por lo que se optará por un poder de corte normalizado de **15 kA**.

- ✓ Curva: seleccionaremos una **curva C**. Actúan entre 1,13 In y 1,45 In en su zona térmica y entre 5 In y 10 In en su zona magnética, de acuerdo con las normas UNE-EN 60898 y UNE-EN 60947-2, respectivamente. Es utilizado en circuitos de alumbrado y tomas de corriente.

---

2. Iluminación

2.1. Alumbrado interior

2.1.1. Introducción

Se ha utilizado el *"método de lúmenes"* para definir la iluminación de las dependencias del edificio de mando y control.

Para realizar el cálculo con el método de lúmenes se necesitará como datos de partida:

- Dimensiones del local
- Altura del plano de trabajo

- Altura de la colocación de las luminarias con respecto al plano de trabajo
- Factores de reflexión en las superficies del local
- Factor de mantenimiento en el local
- Iluminancia recomendada por la norma
- Características de la luminaria y de la lámpara escogida

2.1.2. Cálculo del alumbrado interior

2.1.2.1. Índice del local

Es un valor que depende de las dimensiones del local y que se calculará con la siguiente fórmula:

$$K = \frac{L \cdot A}{H \cdot (L + A)}$$

En donde:

- K: Índice del local
- L: Longitud del local (m)
- A: Anchura del local (m)
- H: Altura de las luminarias con respecto al plano de trabajo (m)

2.1.2.2. Factor de utilización

A partir del índice del local y de los factores de reflexión obtendremos el factor de utilización. Dicho valor se encuentra en la tabla suministrada por el fabricante.

2.1.2.3. Flujo luminoso total necesario

Para ello aplicaremos la siguiente fórmula:

$$\Phi_T = \frac{E \cdot S}{f_u \cdot f_m}$$

En donde:

- Φ_T: Flujo luminoso total (lm)
- E: Iluminancia media deseada (lux)
- S: Superficie del plano de trabajo (m^2)
- f_u: Factor de utilización
- f_m: Factor de mantenimiento

2.1.2.4. Número de luminarias

Para ello aplicaremos la siguiente fórmula:

$$n' = \frac{\Phi_T}{n \cdot \Phi_L}$$

En donde:

- n': Número de luminarias
- Φ_T: Flujo luminoso total (lm)
- Φ_L: Flujo luminoso de una lámpara (lm)
- n: número de lámparas por luminaria

2.1.2.5. Iluminancia media sobre el plano de trabajo

Para ello aplicaremos la siguiente fórmula:

$$E_m = \frac{\Phi_L \cdot f_u \cdot f_m \cdot n'}{S}$$

En donde:

- E_m: Iluminancia media sobre el plano de trabajo (lux)
- Φ_L: Flujo luminoso de una lámpara (lm)
- f_u: Factor de utilización
- f_m: Factor de mantenimiento
- n': Número de luminarias
- S: Superficie del plano de trabajo (m^2)

✓ ***EJEMPLO:***

Tomaremos como ejemplo la zona del comedor y necesitamos para el cálculo:

Dimensiones del comedor			**Iluminancia media recomendada (lux)**	**Altura del plano de trabajo (m)**
Longitud (m)	**Anchura (m)**	**Altura (m)**		
8	3	2,5	400	0,75

Luminaria			
Marca	**Modelo**	**Número de lámparas**	**Montaje**
Philips	RC125B W60L60	1	Empotrado

Lámpara			
Modelo	**Potencia (W)**	**Flujo luminoso (lm)**	**Factor de corrección**
LED34S/830	36	3400	1

Factores de reflexión en las superficies del comedor			Factor de mantenimiento	Altura del plano de trabajo (m)
Techo (%)	**Paredes (%)**	**Suelo (%)**		
70	50	20	0,8	0,85

Primero obtenemos el índice del comedor:

$$K = \frac{8 \cdot 3}{1{,}75 \cdot (8+3)} = 1{,}25$$

A partir del índice del comedor y los factores de reflexión, que en este caso son 70/50/20, obtendremos el factor de utilización (se ha tomado el factor de reflexión del suelo para el plano de trabajo ya que se desconoce el tipo de material de éste) de la tabla suministrada por el fabricante:

	Factor de utilización					
	Techo	70	70	50	50	30
	Paredes	50	30	50	30	30
	Suelo	20	20	20	20	20
Índice del local	0.6	0.65	0.63	0.45	0.43	0.26
	0.8	0.64	0.60	0.44	0.40	0.25
	1.0	0.62	0.58	0.43	0.38	0.24
	1.2	0.61	0.57	0.41	0.36	0.23
	1.4	0.60	0.55	0.40	0.35	0.22
	1.6	0.59	0.53	0.39	0.33	0.22
	1.8	0.58	0.51	0.38	0.31	0.21

Como podemos observar el índice obtenido no se encuentra en la tabla del fabricante, en éste caso deberemos interpolar para hallar el factor de utilización, por tanto el resultado del factor de utilización será de 0,6075

A continuación obtenemos el flujo luminoso total necesario:

$$\Phi_T = \frac{400 \cdot 8 \cdot 3}{0{,}6075 \cdot 0{,}8} = 19753{,}09\ lm$$

Con el cual se necesitará un total de luminarias de:

$$n' = \frac{19753{,}09}{1 \cdot 3400} = 5{,}81\ luminarias$$

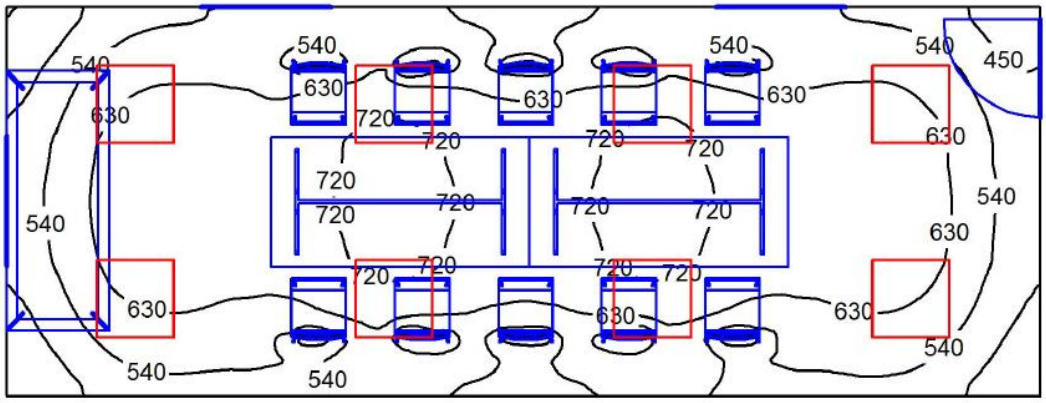
A partir de este valor el número final de luminarias no solo consiste en escoger el inmediatamente superior entero, sino que hay que tener en cuenta la mejor disposición de las luminarias para obtener la mayor uniformidad posible y si la distribución de los mismos es lineal. En este caso colocaremos un total de 6 luminarias.

Por último hallaremos la iluminancia media sobre el plano de trabajo, con el fin de comprobar que cumple con el valor de iluminancia recomendada:

$$E_m = \frac{3400 \cdot 0{,}6075 \cdot 0{,}8 \cdot 6}{8 \cdot 3} = 413{,}1\ lux$$

Como se puede observar el valor obtenido es superior al valor recomendado, por tanto CUMPLE.

Mediante el programa de cálculo de luminarias DIALux, obtenemos el plano de distribución de las isolíneas que proporcionan dichas luminarias:



2.2. Alumbrado de emergencia

2.2.1. Introducción

El alumbrado de emergencia de todas las dependencias interiores del edificio de mando y control y de los accesos exteriores que sea de exigencia dotar de este sistema, tal cual establece el REBT y el CTE, será calculado por medio de DIALux y se comprobarán los resultados de modo que se consiga el nivel exigido de iluminación.

Las dependencias del edificio de mando y control son zonas de trabajo de poco riesgo, por lo que se dotaran de iluminación de emergencia de seguridad, sin ser necesaria la aplicación de iluminación de reemplazamiento.

Se iluminarán, según establece el REBT ITC-28, todos los accesos a las dependencias.

Se estudiará cada dependencia por separado junto al estudio realizado y cálculo añadido por el software DIALux.

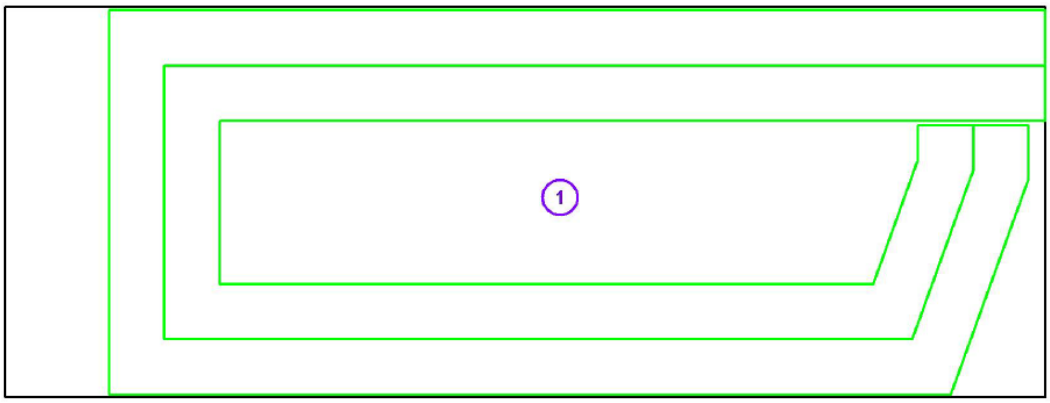
2.2.2. Cálculo del alumbrado de emergencia

El cálculo se realiza aplicando las tablas de datos que ofrece el fabricante, las cuales comprenden diferentes cotas a determinadas alturas y en determinados niveles de iluminación.

Como criterio de obligado cumplimiento según la REBT ITC-28 se deberá tener en todas las áreas de accesos y rutas de evacuación un mínimo 1 lux y en los cuadros eléctricos un mínimo de 5 lux.

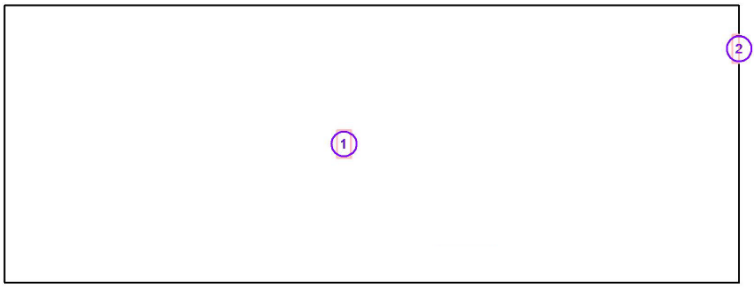
✓ ***EJEMPLO:***

Tomaremos como ejemplo la zona del comedor. En primer lugar diseñamos la vía de evacuación. Pueden ser 1 o varias, dependiendo del criterio de cada proyectista. En éste caso se ha optado por 1 vía de evacuación que se muestra a continuación:



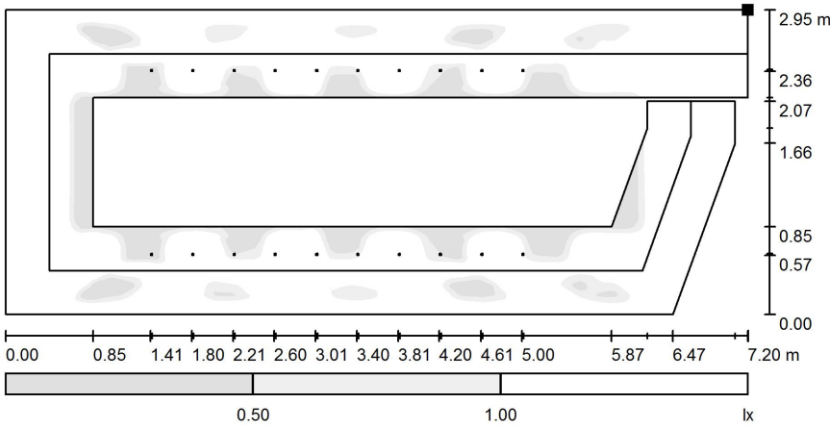
El siguiente paso es seleccionar la emergencia y su ubicación mediante las tablas de datos que ofrece el fabricante, las cuales comprenden diferentes cotas a determinadas alturas y en determinados niveles de iluminación:

Emergencia ETAP			
Nº	**Modelo**	**Número de lámparas**	**Montaje**
1	K11/6-230 Without	1	Superficie en techo
2	K131/2P Single-sided foil	1	Superficie en pared



Por último y gracias a DIALux realizamos el cálculo y obtenemos los siguientes resultados y las isolíneas:

Nº de vía de evacuación	E_{min} (lux)
1	1,21



Como se puede observar el valor obtenido es ligeramente superior al valor recomendado de 1 lux en vía de evacuación, por tanto CUMPLE.

2.3. Alumbrado exterior

2.3.1. Introducción

Se ha utilizado el *"método de flujo luminoso"* para definir el alumbrado exterior, tanto del edificio de mando y control como del recinto de la subestación.

El cálculo se ha realizado mediante un estudio de las zonas más transitadas y puntuales que precisaban tener una iluminación importante.

Las luminarias utilizadas estarán colocadas a lo largo del perímetro de la subestación y en la fachada del edificio de mando de control.

Para realizar el cálculo con el método de flujo luminoso se necesitará como datos de partida:

- Dimensiones de la zona de iluminación
- Factor de mantenimiento de la zona de iluminación
- Iluminancia recomendada por la norma
- Características de la luminaria y de la lámpara escogida
- Distancia ortogonal de la luminaria
- Ángulo de inclinación de la luminaria

2.3.2. Cálculo del alumbrado exterior

2.3.2.1. *Factor de utilización*

A partir de la relación entre el ancho de la calzada y de la altura de la luminaria obtendremos el factor de utilización. Dicho valor lo obtendremos de la gráfica de la luminaria suministrada por el fabricante.

2.3.2.2. *Flujo luminoso necesario*

Para ello aplicaremos la siguiente fórmula:

$$\Phi = \frac{E \cdot S}{f_u \cdot f_m}$$

En donde:

- Φ: Flujo luminoso (lm)
- E: Iluminancia media deseada (lux)
- S: Superficie iluminada(m^2)
- f_u: Factor de utilización
- f_m: Factor de mantenimiento

2.3.2.3. *Número de luminarias*

Para ello aplicaremos la siguiente fórmula:

$$n' = \frac{\Phi}{n \cdot \Phi_L}$$

En donde:

- n': Número de luminarias
- Φ: Flujo luminoso (lm)
- Φ_L: Flujo luminoso de una lámpara (lm)
- n: número de lámparas por luminaria

2.3.2.4. *Flujo luminoso total*

Para ello aplicaremos la siguiente fórmula:

$$\Phi_T = \Phi_L \cdot n \cdot n'$$

En donde:

- Φ_T: Flujo luminoso total (lm)
- Φ_L: Flujo luminoso de una lámpara (lm)
- n: Número de lámparas por luminaria
- n': Número de luminarias

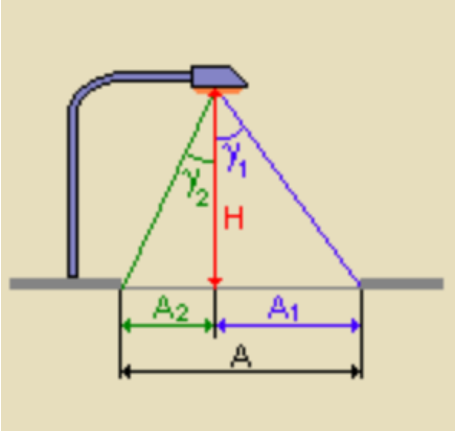
✓ ***EJEMPLO:***

Tomaremos como ejemplo la acera Este del aparcamiento secundario del edificio de mando y control y necesitamos para el cálculo:

Dimensiones de la acera		**Iluminancia media recomendada (lux)**	**Factor de mantenimiento**
Longitud (m)	**Anchura (m)**		
16	0,85	10	0,8

Luminaria			
Marca	**Modelo**	**Número de lámparas**	**Montaje**
Philips	BPG760 T25	1	Fijado en pared
Lámpara			
Modelo	**Potencia (W)**	**Flujo luminoso (lm)**	**Factor de corrección**
LED30-4S/740	19	3000	1

El primer paso es hallar el factor de utilización, para ello antes debemos calcular la relación entre el ancho de la calzada con la altura de la luminaria:

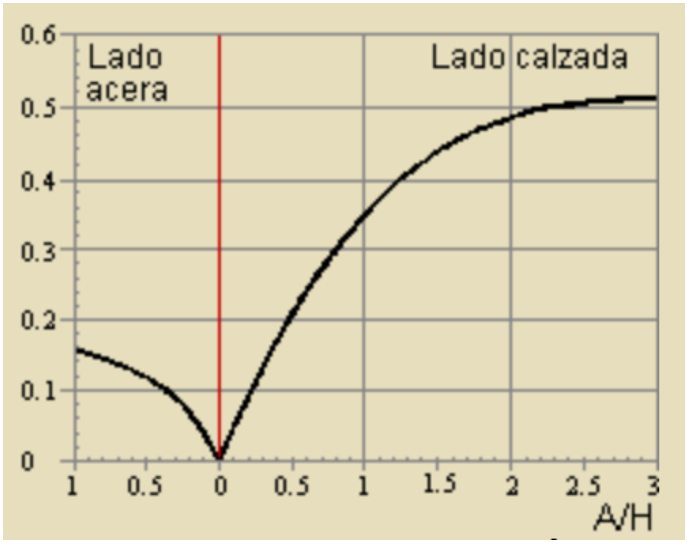


En éste caso la luminaria de encuentra adosada en la fachada a una altura de 2,75 m y separada de la pared a una distancia de 0,3 m. Observando la imagen anterior tendremos que los valores de A_1 y A_2 son:

$$A_1 = 0{,}85 - 0{,}3 = 0{,}55\ m$$

$$A_2 = 0{,}3\ m$$

Y ahora gracias a la gráfica de la relación anchura-altura de la luminaria aportada por el fabricante obtendremos f_{u1} y f_{u2} y que la suma de ambos factores nos dará el factor de utilización de la luminaria:



$$\frac{A_1}{H} = \frac{0{,}55}{2{,}75} = 0{,}2 \Rightarrow f_{u1} = 0{,}10$$

$$\frac{A_2}{H} = \frac{0{,}3}{2{,}75} = 0{,}11 \Rightarrow f_{u1} = 0{,}04$$

$$f_u = 0{,}10 + 0{,}04 = 0{,}14$$

A continuación obtenemos el flujo luminoso necesario:

$$\Phi = \frac{10 \cdot 16 \cdot 0{,}85}{0{,}14 \cdot 0{,}8} = 1214{,}29\ lm$$

Con el cual se necesitará un total de luminarias de:

$$n' = \frac{1387{,}76}{1 \cdot 3000} = 0{,}41\ luminarias$$

A partir de este valor el número final de luminarias no solo consiste en escoger el inmediatamente superior entero, sino que hay que tener en cuenta la mejor disposición de las luminarias para obtener la mayor uniformidad posible y si la distribución de los mismos es lineal. En este caso colocaremos un total de 1 luminaria.

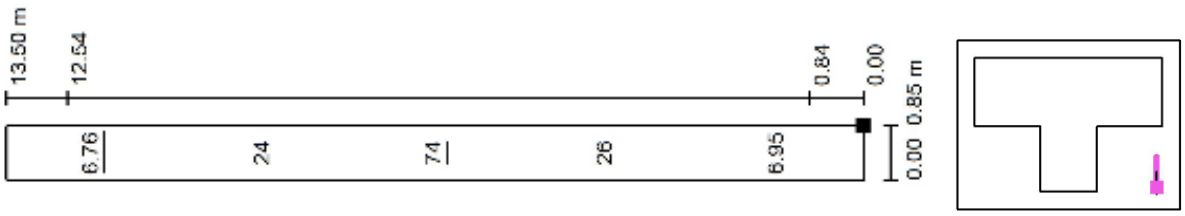
Por último hallaremos la iluminancia media sobre la superficie de la acera, con el fin de comprobar que cumple con el valor de iluminancia recomendada:

$$E_m = \frac{3000 \cdot 0{,}14 \cdot 0{,}8 \cdot 1}{16 \cdot 0{,}85} = 24{,}71\ lux$$

Como se puede observar el valor obtenido es algo más del doble del valor recomendado, por lo que se podría seleccionar una luminaria con menor flujo luminoso, pero en éste caso la luminaria además de iluminar la acera se aprovechará para iluminar la zona secundaria del aparcamiento.

Más adelante en los resultados de los cálculos de la iluminación exterior, podemos ver que en el aparcamiento secundario se necesita una iluminancia media de 15 lux y con la luminaria de 3000 lm obtendremos un resultado de iluminancia media calculada de 16 lux.

Mediante el programa de cálculo de luminarias DIALux, obtenemos el plano con los valores de iluminancia en la acera que proporciona dicha luminaria:



2.3.3. Cálculo de la calificación energética

2.3.3.1. Eficiencia energética

Para ello aplicaremos la siguiente fórmula:

$$\varepsilon = \frac{S \cdot E_{m\,cal}}{P}$$

En donde:

- ε: Eficiencia energética (m^2 * lux/W)
- S: Superficie iluminada (m^2)
- $E_{m\ cal}$: Iluminancia media del cálculo (lux)
- P: Potencia activa total (W)

2.3.3.2. *Índice de eficiencia energética*

Para ello aplicaremos la siguiente fórmula:

$$I_\varepsilon = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_R}$$

En donde:

- I_ε: Índice de eficiencia energética
- ε: Eficiencia energética (m^2 * lux/W)
- ε_R: Eficiencia energética de referencia (m^2 * lux/W)

2.3.3.3. *Índice de consumo energético*

Para poder catalogar la calificación energética, deberemos clasificar la instalación mediante una escala de letras, que nos indicará la eficiencia de nuestro alumbrado exterior. Para ello utilizaremos:

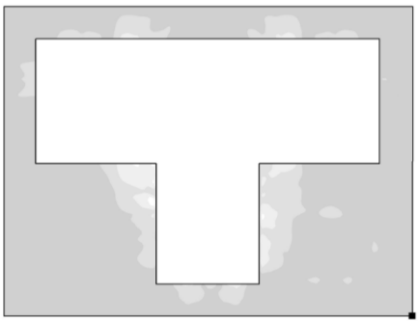
$$ICE = \frac{1}{I_\varepsilon}$$

En donde:

- ICE: Índice de consumo energético
- I_ε: Índice de eficiencia energética

✓ ***EJEMPLO:***

Tomaremos como ejemplo la zona que se encuentra entre el vallado de la subestación y la aparamenta de ésta y el alumbrado que analizaremos será solamente el alumbrado perimetral ubicado alrededor del vallado:



Necesitamos para el cálculo:

Superficie (m^2)	Iluminancia media calculada (lux)	Potencia activa total (W)
3840	21	129,6

Obtenemos la eficiencia energética:

$$\varepsilon = \frac{3840 \cdot 21}{129,6} = 622,22\ m^2 \cdot lux/W$$

Al estar las luminarias del perímetro de la subestación a una altura de 4 m, se considerara como un alumbrado vial ambiental.

Dicho alumbrado vial ambiental es el que se ejecuta generalmente sobre soportes de baja altura (3-5 m) en áreas urbanas para la iluminación de vías peatonales, aceras, vías de velocidad limitada, etc., considerados en la Instrucción Técnica Complementaria ITC-EA-02.

Y según dice la tabla 2 de la ITC-EA-01, el valor la eficiencia energética mínima necesaria para una iluminancia de 21 lux es 9 m^2*lux/W, por lo tanto nuestro cálculo CUMPLE.

Como es una vía ambiental la eficiencia energética de referencia es de 13m^2*lux/W, el índice tendrá como valor:

$$I_\varepsilon = \frac{622,22}{13} = 47,86$$

Por lo tanto el índice de consumo energético será:

$$ICE = \frac{1}{47,86} = 0,02$$

Observando el resultado y tomando la tabla 4 de la ITC-EA-01 la que nos indica la escala de letras, el alumbrado perimetral de la subestación tiene un índice de consumo energético **A** (ICE<0,91).

2.4. Resultados de los cálculos de las líneas eléctricas

2.4.1. Cuadro general de mando y protección: Demanda de potencias

A. Parque 132 kV-1	3500 W
A. Fachada	76 W
A. Pasillos	252 W
TC. Almacén	4000 W
TC. Comedor	3000 W
A. Parque 132 kV-2	3500 W
A. Control	324 W
TC. Comunicación	3000 W
TC. Aseos	3000 W
TC. Vestuario	1000 W
A. Parque 66 kV	1960 W
A. Perímetro	129.6 W
A. Comunicación	324 W
A. Vestuario	72 W
TC. Control	3000 W
A. Transformadores	2120 W
A. Comedor	288 W
A. Almacén	98.4 W
A. Aseos	336 W
TC. Pasillos	2500 W
TOTAL....	32480 W

- Potencia Instalada Alumbrado (W): 12980
- Potencia Instalada Fuerza (W): 19500
- Potencia Máxima Admisible (W): 34917.12

2.4.2. Cálculo de la acometida

- Tensión de servicio: 400 V.

- Canalización: Enterrados Bajo Tubo (R Subt).

- Longitud: 14 m; Cos φ: 0.8; Xu (mΩ/m): 0;

- Potencia a instalar: 32480 W.

- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44) 32480 W. (Coef. de Simult.: 1)

$$I=32480/1,732x400x0.8=58.6 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 4x16mm²Al

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE+Pol,RF - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida, resistente al fuego – Desig. UNE: RZ1-Al (AS+)

I.ad. a 25°C (Fc=0.8) 77.6 A. según ITC-BT-07

Diámetro exterior tubo: 63 mm

Temperatura cable (ºC): 62.07

Caída de tensión:

$$e(parcial)=14x32480/29.48x400x16=2.41 \text{ V.}=0.6 \%$$

$$e(total)=0.6\% \text{ ADMIS (2\% MAX.)}$$

2.4.3. Cálculo de la derivación individual

- Tensión de servicio: 400 V.

- Canalización: A1-Unip.Tubos Empot., Pared Aisl.

- Longitud: 3 m; Cos φ: 0.8; Xu (mΩ/m): 0;

- Potencia a instalar: 32480 W.

- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44) 32480 W. (Coef. de Simult.: 1)

$$I=32480/1,732x400x0.8=58.6 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 4x16mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE+Pol,RF - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida, resistente al fuego -. Desig. UNE: RZ1-K (AS)

I.ad. a 40°C (Fc=1) 66 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 63 mm.

Temperatura cable (ºC): 79.42

Caída de tensión:

e(parcial)=3x32480/45.06x400x16=0.34 V.=0.08 %

e(total)=0.09% ADMIS (4.5% MAX.)

Prot. Térmica: I. Mag. Tetrapolar Int. 63 A.

2.4.4. Cálculo de la línea: Fase 1 (1)

- Tensión de servicio: 230 V.

- Canalización: C-Unip .sobre Pared

- Longitud: 0.3 m; Cos φ: 1; Xu (mΩ/m): 0;

- Potencia a instalar: 3500 W.

- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44) 3500 W. (Coef. de Simult.: 1)

I=3500/230x1=15.22 A.

Se eligen conductores Unipolares 2x6mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE+Pol,RF - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida, resistente al fuego -. Desig. UNE: RZ1-K (AS)

I.ad. a 40°C (Fc=1) 49 A. según ITC-BT-19

Temperatura cable (ºC): 44.82

Caída de tensión:

e(parcial)=2x0.3x3500/50.63x230x6=0.03 V.=0.01 %

e(total)=0.11% ADMIS (4.5% MAX.)

Protección diferencial: Inter. Dif. Bipolar Int.: 25 A. Sens. Int.: 300 mA.

2.4.4.1. Cálculo de la línea: A. Parque 132 kV-1

- Tensión de servicio: 230 V.

- Canalización: Galerias

- Longitud: 99.5 m; Cos φ: 1; Xu (mΩ/m): 0;

- Potencia a instalar: 3500 W.

- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44) 3500 W.

I=3500/230x1=15.22 A.

Se eligen conductores Unipolares 2x6+TTx6mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE+Pol,RF - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida, resistente al fuego -. Desig. UNE: RZ1-K (AS)

I.ad. a 40°C (Fc=1) 46 A. según ITC-BT-07

Temperatura cable (ºC): 45.47

Caída de tensión:

e(parcial)=2x99.5x3500/50.51x230x6=10.03 V.=4.34 %

e(total)=4.46% ADMIS (4.5% MAX.)

Prot. Térmica: I. Mag. Unipolar Int. 16 A.

2.4.5. Cálculo de la Línea: Fase 1 (2)

- Tensión de servicio: 230 V.

- Canalización: C-Unip. sobre Pared

- Longitud: 0.3 m; Cos φ: 0.8; Xu (mΩ/m): 0;

- Potencia a instalar: 7328 W.

- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44) 7328 W.(Coef. de Simult.: 1)

I=7328/230x0.8=39.83 A.

Se eligen conductores Unipolares 2x10mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, XLPE+Pol,RF - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida, resistente al fuego -. Desig. UNE: H07Z1-K (AS)

I.ad. a 40°C (Fc=1) 68 A. según ITC-BT-19

Temperatura cable (ºC): 57.15

Caída de tensión:

e(parcial)=2x0.3x7328/48.49x230x10=0.04 V.=0.02 %

e(total)=0.11% ADMIS (4.5% MAX.)

Protección diferencial: Inter. Dif. Bipolar Int.: 63 A. Sens. Int.: 30 mA.

2.4.5.1. Cálculo de la línea: A. Fachada

- Tensión de servicio: 230 V.

- Canalización: C-Mult. sobre Pared

- Longitud: 20 m; Cos φ: 1; Xu (mΩ/m): 0;

- Potencia a instalar: 76 W.

- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44) 76 W.

I=76/230x1=0.33 A.

Se eligen conductor Multipolar 2x1.5+TTx1.5mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE+Pol,RF - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida, resistente al fuego -. Desig. UNE: RZ1-K (AS)

I.ad. a 40°C (Fc=1) 21 A. según ITC-BT-19

Temperatura cable (ºC): 40.01

Caída de tensión:

e(parcial)=2x20x76/51.51x230x1.5=0.17 V.=0.07 %

e(total)=0.19% ADMIS (4.5% MAX.)

Prot. Térmica: I. Mag. Bipolar Int. 10 A.

2.4.5.2. Cálculo de la línea: A. Pasillos

- Tensión de servicio: 230 V.

- Canalización: A1-Unip.Tubos Empot. Pared Aisl.

- Longitud: 15 m; Cos φ: 1; Xu (mΩ/m): 0;

- Potencia a instalar: 252 W.

- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44) 252 W.

I=252/230x1=1.1 A.

Se eligen conductores Unipolares 2x1.5+TTx1.5mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, XLPE+Pol,RF - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida, resistente al fuego -. Desig. UNE: H07Z1-K (AS)

I.ad. a 40°C (Fc=1) 16 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Temperatura cable (ºC): 40.23

Caída de tensión:

e(parcial)=2x15x252/51.47x230x1.5=0.43 V.=0.19 %

e(total)=0.3% ADMIS (4.5% MAX.)

Prot. Térmica: I. Mag. Bipolar Int. 10 A.

2.4.5.3. Cálculo de la línea: TC. Almacén

- Tensión de servicio: 230 V.

- Canalización: A1-Unip.Tubos Empot.,Pared Aisl.

- Longitud: 20.5 m; Cos φ: 0.8; Xu (mΩ/m): 0;

- Potencia a instalar: 4000 W.

- Potencia de cálculo: 4000 W.

$$I=4000/230x0.8=21.74 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x4+TTx4mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, XLPE+Pol,RF - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida, resistente al fuego -. Desig. UNE: H07Z1-K (AS)

I.ad. a 40°C (Fc=1) 30 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 25 mm.

Temperatura cable (ºC): 66.25

Caída de tensión:

$$e(parcial)=2x20.5x4000/47.03x230x4=3.79 \text{ V.}=1.65 \%$$

$$e(total)=1.77\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica: I. Mag. Bipolar Int. 25 A.

2.4.5.4. Cálculo de la línea: TC. Comedor

- Tensión de servicio: 230 V.

- Canalización: A1-Unip.Tubos Empot.,Pared Aisl.

- Longitud: 25 m; Cos φ: 0.8; Xu (mΩ/m): 0;

- Potencia a instalar: 3000 W.

- Potencia de cálculo: 3000 W.

I=3000/230x0.8=16.3 A.

Se eligen conductores Unipolares 2x2.5+TTx2.5mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, XLPE+Pol,RF - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida, resistente al fuego -. Desig. UNE: H07Z1-K (AS)

I.ad. a 40°C (Fc=1) 22 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 25 mm.

Temperatura cable (ºC): 67.46

Caída de tensión:

e(parcial)=2x25x3000/46.84x230x2.5=5.57 V.=2.42 %

e(total)=2.54% ADMIS (6.5% MAX.)

Prot. Térmica: I. Mag. Bipolar Int. 20 A.

2.4.6. Cálculo de la línea: Fase 2 (1)

- Tensión de servicio: 230 V.

- Canalización: C-Unip. sobre Pared

- Longitud: 0.3 m; Cos φ: 1; Xu (mΩ/m): 0;

- Potencia a instalar: 3500 W.

- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44) 3500 W. (Coef. de Simult.: 1)

I=3500/230x0.8=15.22 A.

Se eligen conductores Unipolares 2x6mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE+Pol,RF - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida, resistente al fuego -. Desig. UNE: RZ1-K (AS)

I.ad. a 40°C (Fc=1) 49 A. según ITC-BT-19

Temperatura cable (ºC): 44.82

Caída de tensión:

e(parcial)=2x0.3x3500/50.63x230x6=0.03 V.=0.01 %

e(total)=0.11% ADMIS (4.5% MAX.)

Protección diferencial: Inter. Dif. Bipolar Int.: 25 A. Sens. Int.: 300 mA.

2.4.6.1. Cálculo de la línea: A. Parque 132 kV-2

- Tensión de servicio: 230 V.

- Canalización: Galerias

- Longitud: 88 m; Cos φ: 1; Xu (mΩ/m): 0;

- Potencia a instalar: 3500 W.

- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44) 3500 W.

I=3500/230x1=15.22 A.

Se eligen conductores Unipolares 2x6+TTx6mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE+Pol,RF - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida, resistente al fuego -. Desig. UNE: RZ1-K (AS)

I.ad. a 40°C (Fc=1) 46 A. según ITC-BT-07

Temperatura cable (ºC): 45.47

Caída de tensión:

e(parcial)=2x88x3500/50.51x230x6=8.84 V.=3.84 %

e(total)=3.96% ADMIS (4.5% MAX.)

Prot. Térmica: I. Mag. Unipolar Int. 16 A.

2.4.7. Cálculo de la Línea: Fase 2 (2)

- Tensión de servicio: 230 V.

- Canalización: C-Unip. sobre Pared

- Longitud: 0.3 m; Cos φ: 0.8; Xu (mΩ/m): 0;

- Potencia a instalar: 7324 W.

- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44) 7324 W. (Coef. de Simult.: 1)

$$I=7324/230x0.8=39.8\ A.$$

Se eligen conductores Unipolares 2x10mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, XLPE+Pol,RF - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida, resistente al fuego -. Desig. UNE: H07Z1-K (AS)

I.ad. a 40°C (Fc=1) 68 A. según ITC-BT-19

Temperatura cable (ºC): 57.13

Caída de tensión:

$$e(parcial)=2x0.3x7324/48.5x230x10=0.04\ V.=0.02\ \%$$

$$e(total)=0.11\%\ ADMIS\ (4.5\%\ MAX.)$$

Protección diferencial: Inter. Dif. Bipolar Int.: 63 A. Sens. Int.: 30 mA.

2.4.7.1. Cálculo de la línea: A. Control

- Tensión de servicio: 230 V.

- Canalización: A1-Unip.Tubos Empot.,Pared Aisl.

- Longitud: 17.5 m; Cos φ: 1; Xu (mΩ/m): 0;

- Potencia a instalar: 324 W.

- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44) 324 W.

$$I=324/230x1=1.41\ A.$$

Se eligen conductores Unipolares 2x1.5+TTx1.5mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, XLPE+Pol,RF - No propagador incendio y emisión

humos y opacidad reducida, resistente al fuego -. Desig. UNE: H07Z1-K (AS)

I.ad. a 40°C (Fc=1) 16 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Temperatura cable (ºC): 40.39

Caída de tensión:

e(parcial)=2x17.5x324/51.44x230x1.5=0.64 V.=0.28 %

e(total)=0.4% ADMIS (4.5% MAX.)

Prot. Térmica: I. Mag. Bipolar Int. 10 A.

2.4.7.2. Cálculo de la línea: TC. Comunicación

- Tensión de servicio: 230 V.

- Canalización: A1-Unip.Tubos Empot.,Pared Aisl.

- Longitud: 18 m; Cos φ: 0.8; Xu (mΩ/m): 0;

- Potencia a instalar: 3000 W.

- Potencia de cálculo: 3000 W.

I=3000/230x0.8=16.3 A.

Se eligen conductores Unipolares 2x2.5+TTx2.5mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, XLPE+Pol,RF - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida, resistente al fuego -. Desig. UNE: H07Z1-K (AS)

I.ad. a 40°C (Fc=1) 22 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 25 mm.

Temperatura cable (ºC): 67.46

Caída de tensión:

e(parcial)=2x18x3000/46.84x230x2.5=4.01 V.=1.74 %

e(total)=1.86% ADMIS (6.5% MAX.)

Prot. Térmica: I. Mag. Bipolar Int. 20 A.

2.4.7.3. Cálculo de la línea: TC. Aseos

- Tensión de servicio: 230 V.

- Canalización: A1-Unip.Tubos Empot.,Pared Aisl.

- Longitud: 9.5 m; Cos φ: 0.8; Xu (mΩ/m): 0;

- Potencia a instalar: 3000 W.

- Potencia de cálculo: 3000 W.

I=3000/230x0.8=16.3 A.

Se eligen conductores Unipolares 2x2.5mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, XLPE+Pol,RF - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida, resistente al fuego -. Desig. UNE: H07Z1-K (AS)

I.ad. a 40°C (Fc=1) 22 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 25 mm.

Temperatura cable (ºC): 67.46

Caída de tensión:

e(parcial)=2x9.5x3000/46.84x230x2.5=2.12 V.=0.92 %

e(total)=1.04% ADMIS (6.5% MAX.)

Prot. Térmica: I. Mag. Bipolar Int. 20 A.

2.4.7.4. Cálculo de la línea: TC. Vestuario

- Tensión de servicio: 230 V.

- Canalización: A1-Unip.Tubos Empot.,Pared Aisl.

- Longitud: 16.5 m; Cos φ: 0.8; Xu (mΩ/m): 0;

- Potencia a instalar: 1000 W.

- Potencia de cálculo: 1000 W.

I=1000/230x0.8=5.43 A.

Se eligen conductores Unipolares 2x2.5mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, XLPE+Pol,RF - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida, resistente al fuego -. Desig. UNE: H07Z1-K (AS)

I.ad. a 40°C (Fc=1) 22 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 25 mm.

Temperatura cable (ºC): 43.05

Caída de tensión:

e(parcial)=2x16.5x1000/50.95x230x2.5=1.13 V.=0.49 %

e(total)=0.61% ADMIS (6.5% MAX.)

Prot. Térmica: I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

2.4.8. Cálculo de la línea: Fase 3 (1)

- Tensión de servicio: 230 V.

- Canalización: C-Unip. sobre Pared

- Longitud: 0.3 m; Cos φ: 1; Xu (mΩ/m): 0;

- Potencia a instalar: 1960 W.

- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44) 1960 W.(Coef. de Simult.: 1)

I=1960/230x1=8.52 A.

Se eligen conductores Unipolares 2x6mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE+Pol,RF - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida, resistente al fuego -. Desig. UNE: RZ1-K (AS)

I.ad. a 40°C (Fc=1) 49 A. según ITC-BT-19

Temperatura cable (ºC): 41.51

Caída de tensión:

e(parcial)=2x0.3x1960/51.24x230x6=0.02 V.=0.01 %

e(total)=0.1% ADMIS (4.5% MAX.)

Protección diferencial: Inter. Dif. Bipolar Int.: 25 A. Sens. Int.: 300 mA.

2.4.8.1. Cálculo de la línea: A. Parque 66 kV

- Tensión de servicio: 230 V.

- Canalización: Galerias

- Longitud: 52.5 m; Cos φ: 1; Xu (mΩ/m): 0;

- Potencia a instalar: 1960 W.

- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44) 1960 W.

I=1960/230x1=8.52 A.

Se eligen conductores Unipolares 2x6+TTx6mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE+Pol,RF - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida, resistente al fuego -. Desig. UNE: RZ1-K (AS)

I.ad. a 40°C (Fc=1) 46 A. según ITC-BT-07

Temperatura cable (ºC): 41.72

Caída de tensión:

e(parcial)=2x52.5x1960/51.20x230x6=2.91 V.=1.27 %

e(total)=1.39% ADMIS (4.5% MAX.)

Prot. Térmica: I. Mag. Unipolar Int. 10 A.

2.4.9. Cálculo de la Línea: Fase 3 (2)

- Tensión de servicio: 230 V.

- Canalización: C-Unip. sobre Pared

- Longitud: 0.3 m; Cos φ: 1; Xu (mΩ/m): 0;

- Potencia a instalar: 2120 W.

- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44) 2120 W.(Coef. de Simult.: 1)

$$I=2120/230x1=9.22 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x6mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE+Pol,RF - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida, resistente al fuego -. Desig. UNE: RZ1-K (AS)

I.ad. a 40°C (Fc=1) 49 A. según ITC-BT-19

Temperatura cable (ºC): 41.77

Caída de tensión:

$$e(parcial)=2x0.3x2120/51.19x230x6=0.02 \text{ V.}=0.01 \%$$

$$e(total)=0.1\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Protección diferencial: Inter. Dif. Bipolar Int.: 25 A. Sens. Int.: 300 mA.

2.4.9.1. Cálculo de la línea: A. Transformadores

- Tensión de servicio: 230 V.

- Canalización: Galerias

- Longitud: 51.5 m; Cos φ: 1; Xu (mΩ/m): 0;

- Potencia a instalar: 2120 W.

- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44) 2120 W.

$$I=2120/230x1=9.22 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x6+TTx6mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE+Pol,RF - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida, resistente al fuego -. Desig. UNE: RZ1-K (AS)

I.ad. a 40°C (Fc=1) 46 A. según ITC-BT-07

Temperatura cable (ºC): 42.01

Caída de tensión:

e(parcial)=2x51.5x2120/51.14x230x6=3.09 V.=1.35 %

e(total)=1.47% ADMIS (4.5% MAX.)

Prot. Térmica: I. Mag. Unipolar Int. 10 A.

2.4.10. Cálculo de la Línea: Fase 3 (3)

- Tensión de servicio: 230 V.

- Canalización: C-Unip. sobre Pared

- Longitud: 0.3 m; Cos φ: 0.8; Xu (mΩ/m): 0;

- Potencia a instalar: 129.6 W.

- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44) 129.6 W.(Coef. de Simult.: 1)

I=129.6/230x1=0.56 A.

Se eligen conductores Unipolares 2x6mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE+Pol,RF - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida, resistente al fuego -. Desig. UNE: RZ1-K (AS)

I.ad. a 40°C (Fc=1) 49 A. según ITC-BT-19

Temperatura cable (ºC): 40.01

Caída de tensión:

e(parcial)=2x0.3x129.6/51.52x230x6=0 V.=0 %

e(total)=0.09% ADMIS (4.5% MAX.)

Protección diferencial: Inter. Dif. Bipolar Int.: 25 A. Sens. Int.: 300 mA.

2.4.10.1. Cálculo de la línea: A. Perímetro

- Tensión de servicio: 230 V.

- Canalización: Enterrados Bajo Tubo (R.Subt)

- Longitud: 196.5 m; Cos φ: 1; Xu (mΩ/m): 0;

- Potencia a instalar: 129.6 W.

- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44) 129.6 W.

$$I=129.6/230x1=0.56 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x6+TTx6mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 0.6/1 kV, XLPE+Pol,RF - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida, resistente al fuego -. Desig. UNE: RZ1-K (AS)

I.ad. a 25°C (Fc=0.8) 70.56 A. según ITC-BT-07

Diámetro exterior tubo: 63 mm.

Temperatura cable (ºC): 25

Caída de tensión:

$$e(parcial)=2x196.5x129.6/54.49x230x6=0.68 \text{ V.}=0.29 \%$$

$$e(total)=0.4\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica: I. Mag. Unipolar Int. 10 A.

2.4.11. Cálculo de la Línea: Fase 3 (4)

- Tensión de servicio: 230 V.

- Canalización: C-Unip. sobre Pared

- Longitud: 0.3 m; Cos φ: 0.8; Xu (mΩ/m): 0;

- Potencia a instalar: 3396 W.

- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44) 3396 W.(Coef. de Simult.: 1)

I=3396/230x0.8=18.46 A.

Se eligen conductores Unipolares 2x6mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, XLPE+Pol,RF - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida, resistente al fuego -. Desig. UNE: H07Z1-K (AS)

I.ad. a 40°C (Fc=1) 49 A. según ITC-BT-19

Temperatura cable (ºC): 47.09

Caída de tensión:

e(parcial)=2x0.3x3396/50.22x230x6=0.03 V.=0.01 %

e(total)=0.11% ADMIS (4.5% MAX.)

Protección diferencial: Inter. Dif. Bipolar Int.: 40 A. Sens. Int.: 30 mA.

2.4.11.1. Cálculo de la línea: A. Comunicación

- Tensión de servicio: 230 V.

- Canalización: A1-Unip.Tubos Empot.,Pared Aisl.

- Longitud: 11.5 m; Cos φ: 1; Xu (mΩ/m): 0;

- Potencia a instalar: 324 W.

- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44) 324 W.

I=324/230x1=1.41 A.

Se eligen conductores Unipolares 2x1.5+TTx1.5mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, XLPE+Pol,RF - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida, resistente al fuego -. Desig. UNE: H07Z1-K (AS)

I.ad. a 40°C (Fc=1) 16 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Temperatura cable (ºC): 40.39

Caída de tensión:

e(parcial)=2x11.5x324/51.44x230x1.5=0.42 V.=0.18 %

e(total)=0.29% ADMIS (4.5% MAX.)

Prot. Térmica: I. Mag. Bipolar Int. 10 A.

2.4.11.2. Cálculo de la línea: A. Vestuario

- Tensión de servicio: 230 V.

- Canalización: A1-Unip.Tubos Empot.,Pared Aisl.

- Longitud: 11.5 m; Cos φ: 1; Xu (mΩ/m): 0;

- Potencia a instalar: 72 W.

- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44) 72 W.

I=72/230x1=0.31 A.

Se elen conductores Unipolares 2x1.5+TTx1.5mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, XLPE+Pol,RF - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida, resistente al fuego -. Desig. UNE: H07Z1-K (AS)

I.ad. a 40°C (Fc=1) 16 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Temperatura cable (ºC): 40.02

Caída de tensión:

e(parcial)=2x11.5x72/51.51x230x1.5=0.09 V.=0.04 %

e(total)=0.15% ADMIS (4.5% MAX.)

Prot. Térmica: I. Mag. Bipolar Int. 10 A.

2.4.11.3. Cálculo de la línea: TC. Control

- Tensión de servicio: 230 V.

- Canalización: A1-Unip.Tubos Empot.,Pared Aisl.

- Longitud: 21 m; Cos φ: 0.8; Xu (mΩ/m): 0;

- Potencia a instalar: 3000 W.

- Potencia de cálculo: 3000 W.

I=3000/230x0.8=16.3 A.

Se eligen conductores Unipolares 2x2.5mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, XLPE+Pol,RF - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida, resistente al fuego -. Desig. UNE: H07Z1-K (AS)

I.ad. a 40°C (Fc=1) 22 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 25 mm.

Temperatura cable (ºC): 67.46

Caída de tensión:

e(parcial)=2x21x3000/46.84x230x2.5=4.68 V.=2.03 %

e(total)=2.14% ADMIS (6.5% MAX.)

Prot. Térmica: I. Mag. Bipolar Int. 20 A.

2.4.12. Cálculo de la línea: Fase 3 (5)

- Tensión de servicio: 230 V.

- Canalización: C-Unip. sobre Pared

- Longitud: 0.3 m; Cos φ: 0.8; Xu (mΩ/m): 0;

- Potencia a instalar: 3222.4 W.

- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44) 3222.4 W. (Coef. de Simult.: 1)

I=3222.4/230x0.8=17.51 A.

Se eligen conductores Unipolares 2x6mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, XLPE+Pol,RF - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida, resistente al fuego -. Desig. UNE: H07Z1-K (AS)

I.ad. a 40°C (Fc=1) 49 A. según ITC-BT-19

Temperatura cable (ºC): 46.39

Caída de tensión:

e(parcial)=2x0.3x3222.4/50.35x230x6=0.03 V.=0.01 %

e(total)=0.1% ADMIS (4.5% MAX.)

Protección diferencial: Inter. Dif. Bipolar Int.: 63 A. Sens. Int.: 30 mA.

2.4.12.1. Cálculo de la línea: A. Comedor

- Tensión de servicio: 230 V.

- Canalización: A1-Unip.Tubos Empot.,Pared Aisl.

- Longitud: 24.5 m; Cos φ: 1; Xu (mΩ/m): 0;

- Potencia a instalar: 288 W.

- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44) 288 W.

I=288/230x1=1.25 A.

Se eligen conductores Unipolares 2x1.5+TTx1.5mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, XLPE+Pol,RF - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida, resistente al fuego -. Desig. UNE: H07Z1-K (AS)

I.ad. a 40°C (Fc=1) 16 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Temperatura cable (ºC): 40.31

Caída de tensión:

e(parcial)=2x24.5x288/51.46x230x1.5=0.79 V.=0.35 %

e(total)=0.45% ADMIS (4.5% MAX.)

Prot. Térmica: I. Mag. Bipolar Int. 10 A.

2.4.12.2. Cálculo de la línea: A. Almacén

- Tensión de servicio: 230 V.

- Canalización: A1-Unip.Tubos Empot.,Pared Aisl.

- Longitud: 16.5 m; Cos φ: 1; Xu (mΩ/m): 0;

- Potencia a instalar: 98.4 W.

- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44) 98.4 W.

I=98.4/230x1=0.43 A.

Se eligen conductores Unipolares 2x1.5+TTx1.5mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, XLPE+Pol,RF - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida, resistente al fuego -. Desig. UNE: H07Z1-K (AS)

I.ad. a 40°C (Fc=1) 16 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Temperatura cable (ºC): 40.04

Caída de tensión:

e(parcial)=2x16.5x98.4/51.51x230x1.5=0.18 V.=0.08 %

e(total)=0.18% ADMIS (4.5% MAX.)

Prot. Térmica: I. Mag. Bipolar Int. 10 A.

2.4.12.3. Cálculo de la línea: A. Aseos

- Tensión de servicio: 230 V.

- Canalización: A1-Unip.Tubos Empot.,Pared Aisl.

- Longitud: 9.5 m; Cos φ: 1; Xu (mΩ/m): 0;

- Potencia a instalar: 336 W.

- Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-44) 336 W.

$$I=336/230x1=1.46 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x1.5+TTx1.5mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, XLPE+Pol,RF - No propagador incendio y emisión humos y opacidad reducida, resistente al fuego -. Desig. UNE: H07Z1-K (AS)

I.ad. a 40°C (Fc=1) 16 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 20 mm.

Temperatura cable (ºC): 40.42

Caída de tensión:

$$e(parcial)=2x9.5x336/51.44x230x1.5=0.36 \text{ V.}=0.16 \%$$

$$e(total)=0.26\% \text{ ADMIS (4.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica: I. Mag. Bipolar Int. 10 A.

2.4.12.4. Cálculo de la línea: TC. Pasillos

- Tensión de servicio: 230 V.

- Canalización: A1-Unip.Tubos Empot.,Pared Aisl.

- Longitud: 16.5 m; Cos φ: 0.8; Xu (mΩ/m): 0;

- Potencia a instalar: 2500 W.

- Potencia de cálculo: 2500 W.

$$I=2500/230x0.8=13.59 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 2x2.5+TTx2.5mm²Cu

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, XLPE+Pol,RF - No propagador incendio y emisión

humos y opacidad reducida, resistente al fuego -. Desig. UNE: H07Z1-K (AS)

I.ad. a 40°C (Fc=1) 22 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 25 mm.

Temperatura cable (ºC): 59.07

Caída de tensión:

e(parcial)=2x16.5x2500/48.18x230x2.5=2.98 V.=1.29 %

e(total)=1.4% ADMIS (6.5% MAX.)

Prot. Térmica: I. Mag. Bipolar Int. 16 A.

2.5. Tablas resumen de intensidades, caídas de tensión y cortocircuito

2.5.1. Intensidades y caídas de tensión

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc (m)	Sección (mm²)	I.Cálculo (A)	I.Adm.. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	D. Tubo (mm)
ACOMETIDA	32480	10	4x16Al	58.6	67	0.45	0.45	
DERIVACION IND.	32480	3	4x16Cu	58.6	66	0.08	0.09	63
Fase 1 (1)	3500	0.3	2x6Cu	15.22	49	0.01	0.11	
A. Parque 132 kV-1	3500	106.5	2x6+TTx6Cu	15.22	70.56	4.36	4.48	63
Fase 1 (2)	7328	0.3	2x10Cu	39.83	68	0.02	0.11	
A. Fachada	76	20	2x1.5+TTx1.5Cu	0.33	21	0.07	0.19	
A. Pasillos	252	15	2x1.5+TTx1.5Cu	1.1	16	0.19	0.3	20
TC. Almacén	4000	20.5	2x4+TTx4Cu	21.74	30	1.65	1.77	25
TC. Comedor	3000	25	2x2.5+TTx2.5Cu	16.3	22	2.42	2.54	20
Fase 2 (1)	3500	0.3	2x6Cu	15.22	49	0.01	0.11	
A. Parque 132 kV-2	3500	88	2x6+TTx6Cu	15.22	70.56	3.6	3.72	63
Fase 2 (2)	7324	0.3	2x10Cu	39.8	68	0.02	0.11	
A. Control	324	17.5	2x1.5+TTx1.5Cu	1.41	16	0.28	0.4	20

TC. Comunicación	3000	18	2x2.5+TTx2.5Cu	16.3	22	1.74	1.86	25
TC. Aseos	3000	9.5	2x2.5Cu	16.3	22	0.92	1.04	25
TC. Vestuario	1000	16.5	2x2.5Cu	5.43	21	0.49	0.61	25
Fase 3 (1)	1960	0.3	2x6Cu	8.52	49	0.01	0.1	
A. Parque 66 kV	1960	52.5	2x6+TTx6Cu	8.52	70.56	1.19	1.3	63
Fase 3 (2)	2120	0.3	2x6Cu	9.22	49	0.01	0.1	
A. Transformadores	2120	51.5	2x6+TTx6Cu	9.22	70.56	1.27	1.37	63
Fase 3 (3)	129.6	0.3	2x6Cu	0.56	49	0.01	0.11	
A. Perímetro	129.6	196.5	2x6+TTx6Cu	0.56	70.56	0.29	0.4	63
Fase 3 (4)	3396	0.3	2x6Cu	18.46	49	0.01	0.11	
A. Comunicación	324	11.5	2x1.5+TTx1.5Cu	1.41	16	0.18	0.29	20
A. Vestuario	72	11.5	2x1.5+TTx1.5Cu	0.31	16	0.04	0.15	20
TC. Control	3000	21	2x2.5Cu	16.3	22	2.03	2.14	25
Fase 3 (5)	3222.4	0.3	2x6Cu	17.51	49	0.01	0.1	
A. Comedor	288	24.5	2x1.5+TTx1.5Cu	1.25	16	0.35	0.45	20
A. Almacén	98.4	16.5	2x1.5+TTx1.5Cu	0.43	16	0.08	0.18	20
A. Aseos	336	9.5	2x1.5+TTx1.5Cu	1.46	16	0.16	0.26	20
TC. Pasillos	2500	16.5	2x2.5+TTx2.5Cu	13.59	22	1.29	1.4	25

2.5.2. Cortocircuito

Denominación	Longitud (m)	Sección (mm²)	Ipccl (kA)	P de C (kA)	IpccF (A)	tmcicc (sg)	I.Magnetotérmico
DERIVACION IND.	3	4x16Cu	11.72	15	4714.64	0.24	C 63
Fase 1 (1)	0.3	2x6Cu	9.47		4481.09	0.04	
A. Parque 132 kV-1	106.5	2x6+TTx6Cu	9.18	10	230.28	13.88	C 16
Fase 1 (2)	0.3	2x10Cu	9.47		4571.83	0.01	
A. Fachada	20	2x1.5+TTx1.5Cu	9.18	10	301.75	0.51	C 10
A. Pasillos	15	2x1.5+TTx1.5Cu	9.18	10	394.03	0.3	C 10
TC. Almacén	20.5	2x4+TTx4Cu	9.18	10	712.69	0.64	C 25
TC. Comedor	25	2x2.5+TTx2.5Cu	9.18	10	394.03	0.82	C 20

Fase 2 (1)	0.3	2x6Cu	9.47		4481.09	0.04	
A. Parque 132 kV-2	88	2x6+TTx6Cu	9.18	10	275.9	9.67	C 16
Fase 2 (2)	0.3	2x10Cu	9.47		4571.83	0.1	
A. Control	17.5	2x1.5+TTx1.5Cu	9.18	10	341.77	0.39	C 10
TC. Comunicación	18	2x2.5+TTx2.5Cu	9.18	10	530.22	0.45	C 20
TC. Aseos	9.5	2x2.5Cu	9.18	10	913.25	0.15	C 20
TC. Vestuario	16.5	2x2.5Cu	9.18	10	572.62	0.25	C 16
Fase 3 (1)	0.3	2x6Cu	9.47		4481.09	0.04	
A. Parque 66 kV	52.5	2x6+TTx6Cu	9.18	10	445.07	3.72	C 10
Fase 3 (2)	0.3	2x6Cu	9.47		4481.09	0.04	
A. Transformadores	51.5	2x6+TTx6Cu	9.18	10	452.89	3.59	C 10
Fase 3 (3)	0.3	2x6Cu	9.47		4481.09	0.04	
A. Perímetro	196.5	2x6+TTx6Cu	9.18	10	127.61	45.2	C 10
Fase 3 (4)	0.3	2x6Cu	9.47		4481.09	0.04	
A. Comunicación	11.5	2x1.5+TTx1.5Cu	9.18	10	501.34	0.18	C 10
A. Vestuario	11.5	2x1.5+TTx1.5Cu	9.18	10	501.34	0.18	C 10
TC. Control	21	2x2.5Cu	9.18	10	461.82	0.6	C 20
Fase 3 (5)	0.3	2x6Cu	9.47		4481.09	0.04	
A. Comedor	24.5	2x1.5+TTx1.5Cu	9.18	10	249.21	0.74	C 10
A. Almacén	16.5	2x1.5+TTx1.5Cu	9.18	10	360.92	0.35	C 10
A. Aseos	9.5	2x1.5+TTx1.5Cu	9.18	10	593.72	0.13	C 10
TC. Pasillos	16.5	2x2.5+TTx2.5Cu	9.18	10	572.62	0.39	C 16

2.5.3. Cálculo de la puesta a tierra

La resistividad del terreno es 300 Ωm.

El electrodo en la puesta a tierra del edificio, se constituye con los siguientes elementos:

- 30 m de conductor de Cu desnudo de 35mm²
- 1 pica vertical de Acero recubierto de Cu de Ø de14 mm y 2 m de longitud.

Con lo que se obtendrá una Resistencia de tierra de 17,65 Ω

Los conductores de protección, se calcularon adecuadamente y según la ITC-BT-18, en el apartado del cálculo de circuitos.

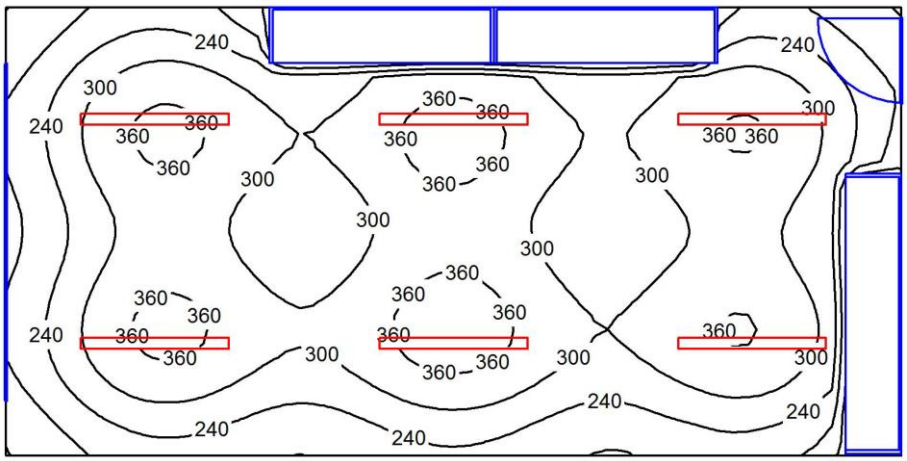
Así mismo cabe señalar que la línea principal de tierra no será inferior a 16 mm² en Cu, y la línea de enlace con tierra, no será inferior a 25 mm² en Cu.

2.6. Resultados del alumbrado interior

2.6.1. Almacén

Dimensiones	Longitud "L" (m)	8
	Anchura "A" (m)	4
	Altura "H" (m)	2,5
Iluminancia recomendada:	E (lux)	200
Luminaria escogida:	Marca	PHILIPS
	Modelo	WT470C L1300
	Nº de lámparas	1
	Montaje	Adosado
Lámpara escogida:	Modelo	LED23S/840
	Flujo luminoso (lm)	2300
	Potencia (W)	16,4
	Factor de corrección	1

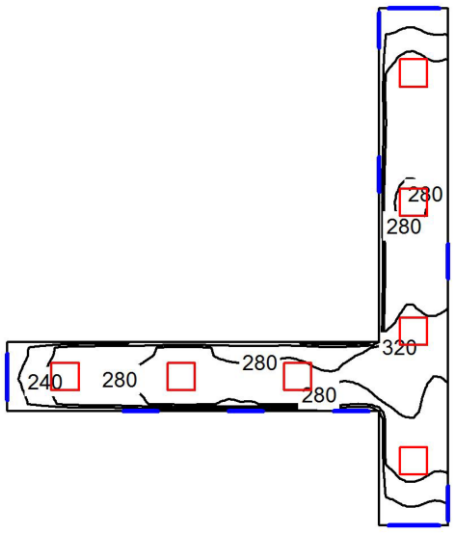
Altura del plano de trabajo:	H' (m)	0
Características reflectantes del local:	Techo (%)	70
	Pared (%)	50
	Suelo (%)	20
Factor de mantenimiento:	F_m	0,8
Nº de luminarias:	n'	6
Flujo luminoso total:	Φ_T (lm)	13800
Potencia total:	P_T (W)	98,4
Iluminancia media sobre el plano de trabajo:	E_m (lux)	290



2.6.2. Pasillos

Dimensiones	Longitud "L" (m)	11,30
	Anchura "A" (m)	9,65
	Altura "H" (m)	2,5
Iluminancia recomendada:	E (lux)	200
Luminaria escogida:	Marca	PHILIPS
	Modelo	RC125B W60L60
	Nº de lámparas	1
	Montaje	Empotrado
Lámpara escogida:	Modelo	LED34S/830
	Flujo luminoso (lm)	3400
	Potencia (W)	36
	Factor de corrección	1
Altura del plano de trabajo:	H' (m)	0

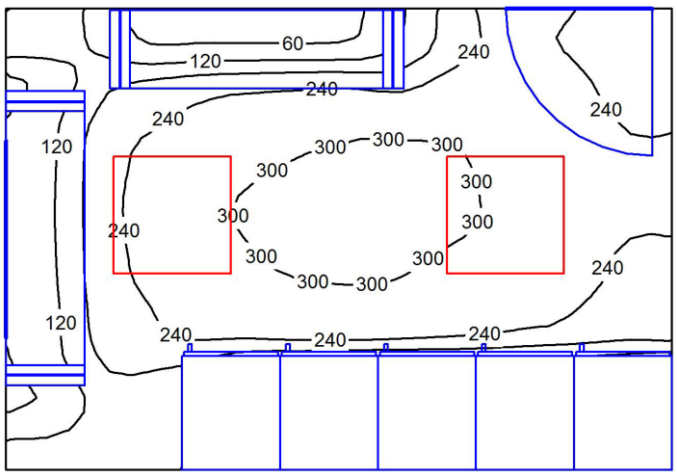
Características reflectantes del local:	Techo (%)	70
	Pared (%)	50
	Suelo (%)	20
Factor de mantenimiento:	F_m	0,8
Nº de luminarias:	n'	7
Flujo luminoso total:	Φ_T (lm)	23800
Potencia total:	P_T (W)	252
Iluminancia media sobre el plano de trabajo:	E_m (lux)	262



2.6.3. Vestuario

Dimensiones	Longitud "L" (m)	3,40
	Anchura "A" (m)	2,35
	Altura "H" (m)	2,5
Iluminancia recomendada:	E (lux)	200
Luminaria escogida:	Marca	PHILIPS
	Modelo	RC125B W60L60
	Nº de lámparas	1
	Montaje	Empotrado
Lámpara escogida:	Modelo	LED34S/830
	Flujo luminoso (lm)	3400
	Potencia (W)	36
	Factor de corrección	1
Altura del plano de trabajo:	H' (m)	0

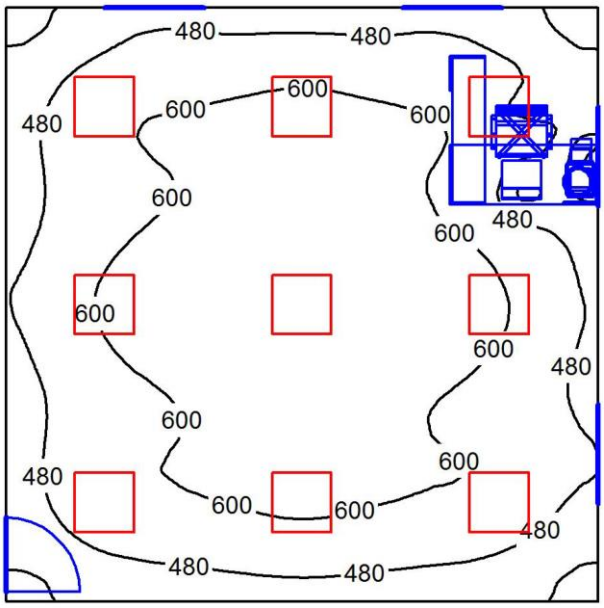
Características reflectantes del local:	Techo (%)	70
	Pared (%)	50
	Suelo (%)	20
Factor de mantenimiento:	F_m	0,8
Nº de luminarias:	n'	2
Flujo luminoso total:	Φ_T (lm)	6800
Potencia total:	P_T (W)	72
Iluminancia media sobre el plano de trabajo:	E_m (lux)	222



2.6.4. Sala de control

Dimensiones	Longitud "L" (m)	6
	Anchura "A" (m)	6
	Altura "H" (m)	2,5
Iluminancia recomendada:	E (lux)	500
Luminaria escogida:	Marca	PHILIPS
	Modelo	RC125B W60L60
	Nº de lámparas	1
	Montaje	Empotrado
Lámpara escogida:	Modelo	LED34S/830
	Flujo luminoso (lm)	3400
	Potencia (W)	36
	Factor de corrección	1
Altura del plano de trabajo:	H' (m)	0,75

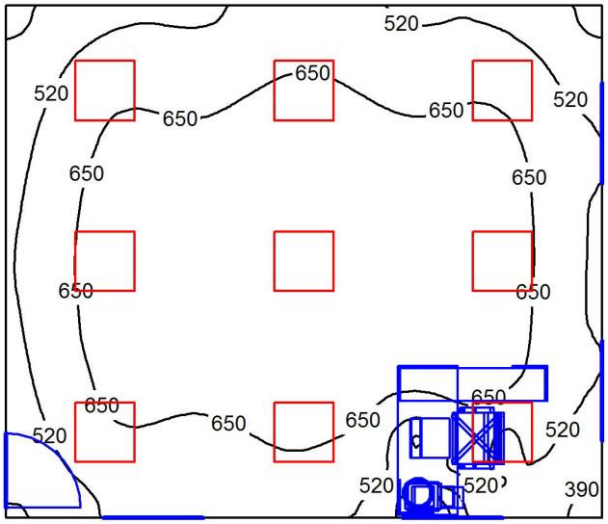
Características reflectantes del local:	Techo (%)	70
	Pared (%)	50
	Suelo (%)	20
Factor de mantenimiento:	F_m	0,8
Nº de luminarias:	n'	9
Flujo luminoso total:	Φ_T (lm)	30600
Potencia total:	P_T (W)	324
Iluminancia media sobre el plano de trabajo:	E_m (lux)	550



2.6.5. Sala de comunicación

Dimensiones	Longitud "L" (m)	6
	Anchura "A" (m)	5,15
	Altura "H" (m)	2,5
Iluminancia recomendada:	E (lux)	500
Luminaria escogida:	Marca	PHILIPS
	Modelo	RC125B W60L60
	Nº de lámparas	1
	Montaje	Empotrado
Lámpara escogida:	Modelo	LED34S/830
	Flujo luminoso (lm)	3400
	Potencia (W)	36
	Factor de corrección	1
Altura del plano de trabajo:	H' (m)	0,75

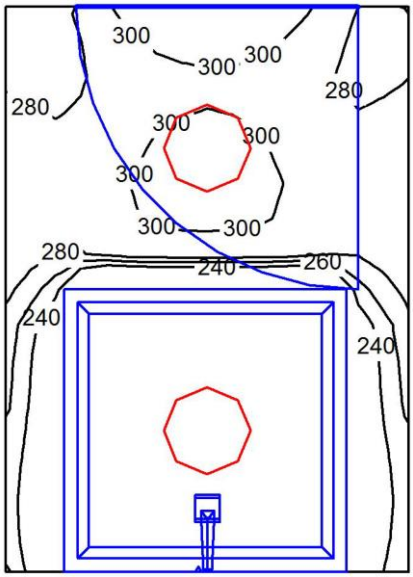
Características reflectantes del local:	Techo (%)	70
	Pared (%)	50
	Suelo (%)	20
Factor de mantenimiento:	F_m	0,8
Nº de luminarias:	n'	9
Flujo luminoso total:	Φ_T (lm)	30600
Potencia total:	P_T (W)	324
Iluminancia media sobre el plano de trabajo:	E_m (lux)	619



2.6.6. Ducha

Dimensiones	Longitud "L" (m)	1,4
	Anchura "A" (m)	1
	Altura "H" (m)	2,5
Iluminancia recomendada:	E (lux)	200
Luminaria escogida:	Marca	PHILIPS
	Modelo	DN135B D215
	Nº de lámparas	1
	Montaje	Empotrado
Lámpara escogida:	Modelo	LED20S/840
	Flujo luminoso (lm)	2000
	Potencia (W)	28
	Factor de corrección	1
Altura del plano de trabajo:	H' (m)	0

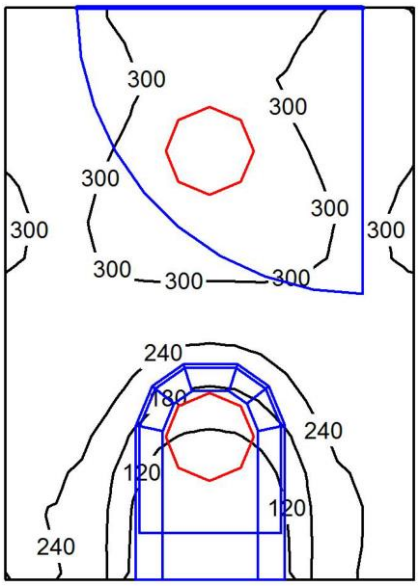
Características reflectantes del local:	Techo (%)	70
	Pared (%)	50
	Suelo (%)	20
Factor de mantenimiento:	F_m	0,8
Nº de luminarias:	n'	2
Flujo luminoso total:	Φ_T (lm)	4000
Potencia total:	P_T (W)	56
Iluminancia media sobre el plano de trabajo:	E_m (lux)	283



2.6.7. WC

Dimensiones	Longitud “L” (m)	1,4
	Anchura “A” (m)	1
	Altura “H” (m)	2,5
Iluminancia recomendada:	E (lux)	200
Luminaria escogida:	Marca	PHILIPS
	Modelo	DN135B D215
	Nº de lámparas	1
	Montaje	Empotrado
Lámpara escogida:	Modelo	LED20S/840
	Flujo luminoso (lm)	2000
	Potencia (W)	28
	Factor de corrección	1
Altura del plano de trabajo:	H’ (m)	0

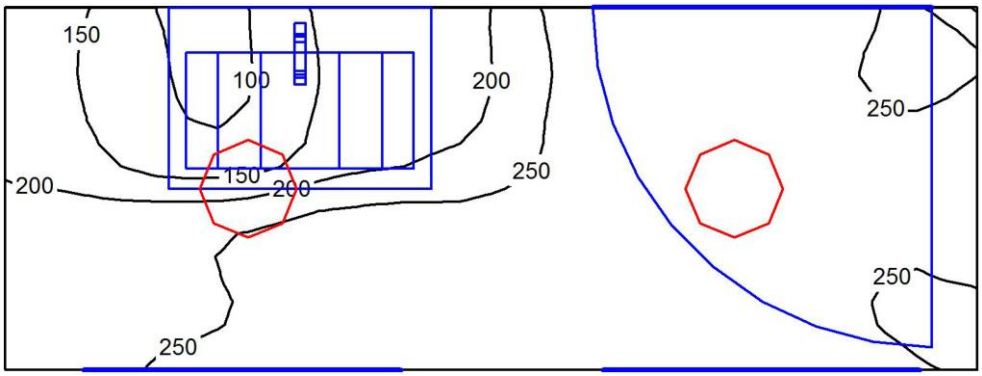
Características reflectantes del local:	Techo (%)	70
	Pared (%)	50
	Suelo (%)	20
Factor de mantenimiento:	F_m	0,8
Nº de luminarias:	n'	2
Flujo luminoso total:	Φ_T (lm)	4000
Potencia total:	P_T (W)	56
Iluminancia media sobre el plano de trabajo:	E_m (lux)	254



2.6.8. Lavabo

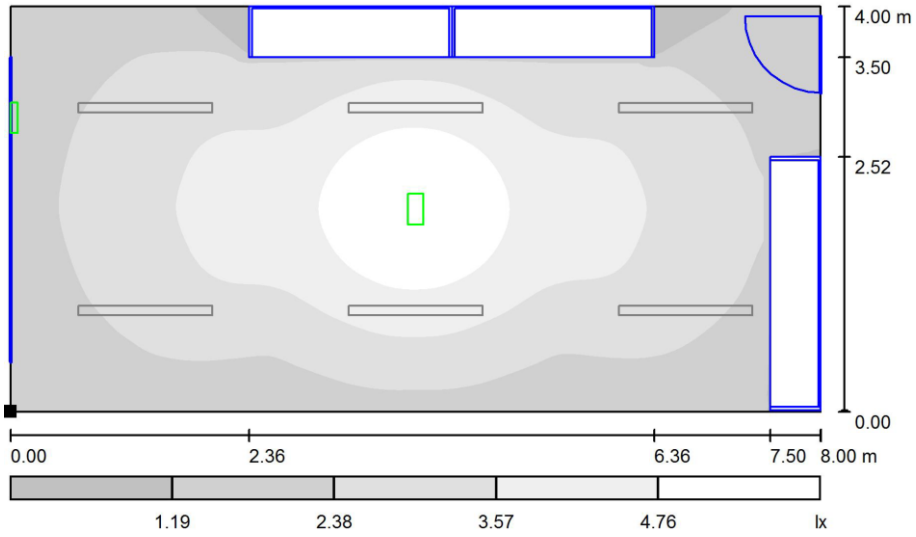
Dimensiones	Longitud "L" (m)	2,15
	Anchura "A" (m)	0,8
	Altura "H" (m)	2,5
Iluminancia recomendada:	E (lux)	200
Luminaria escogida:	Marca	PHILIPS
	Modelo	DN135B D215
	Nº de lámparas	1
	Montaje	Empotrado
Lámpara escogida:	Modelo	LED20S/840
	Flujo luminoso (lm)	2000
	Potencia (W)	28
	Factor de corrección	1
Altura del plano de trabajo:	H' (m)	0

Características reflectantes del local:	Techo (%)	70
	Pared (%)	50
	Suelo (%)	20
Factor de mantenimiento:	F_m	0,8
Nº de luminarias:	n'	2
Flujo luminoso total:	Φ_T (lm)	4000
Potencia total:	P_T (W)	56
Iluminancia media sobre el plano de trabajo:	E_m (lux)	234

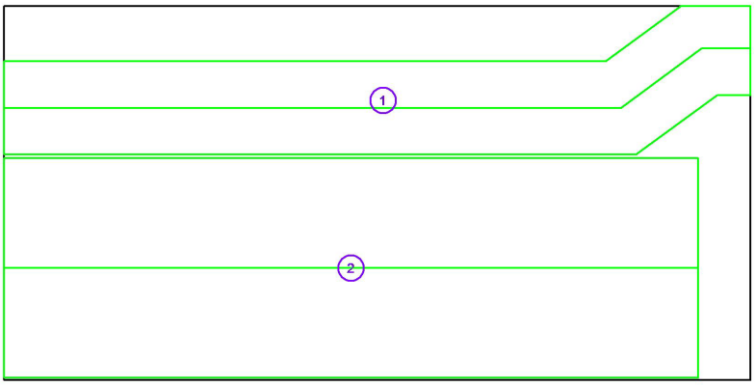


2.7. Resultados del alumbrado de emergencia

2.7.1. Almacén

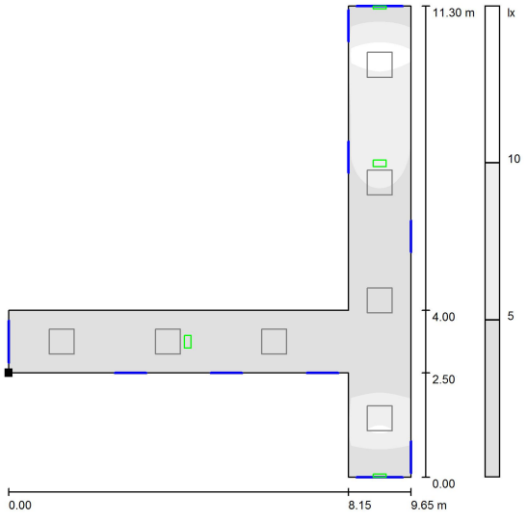


Emergencia ETAP		
Modelo	**Número de lámparas**	**Montaje**
K11/6-230 Without	1	Superficie en techo
K131/2P Single-sided foil	1	Superficie en pared

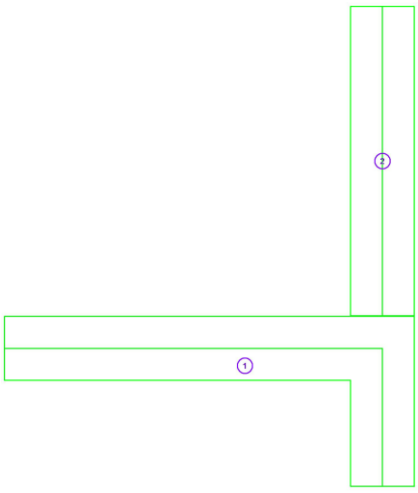


Nº de vía de evacuación	**E_{min} (lux)**
1	1,60
2	1,82

2.7.2. Pasillos

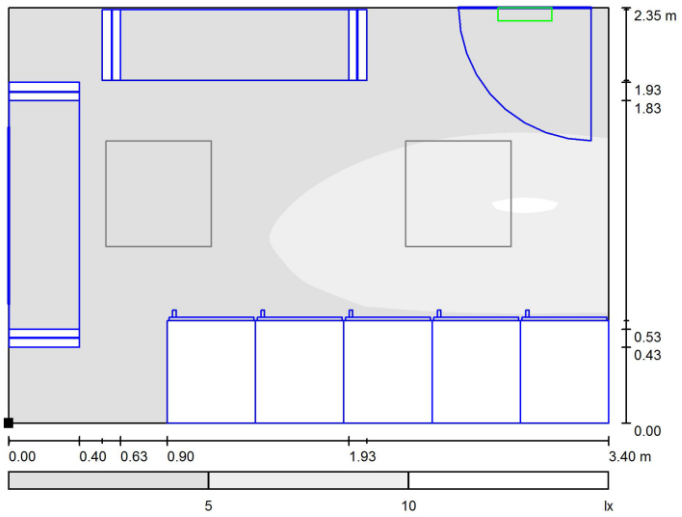


Emergencia ETAP		
Modelo	**Número de lámparas**	**Montaje**
K111/6N Without	4	Superficie en pared/techo

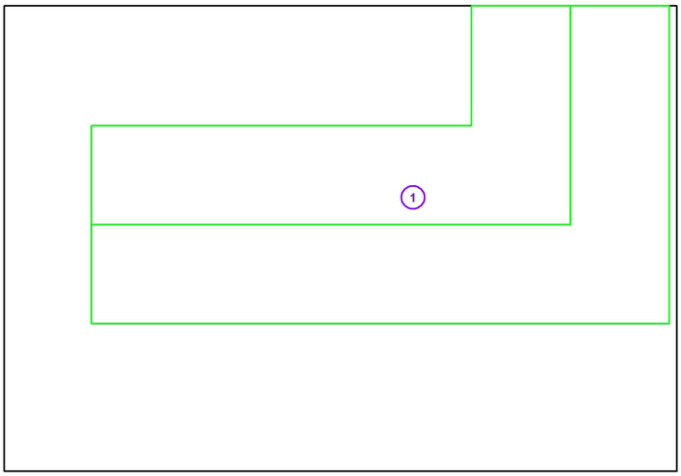


Nº de vía de evacuación	E_{min} (lux)
1	1,43
2	2,81

2.7.3. Vestuario

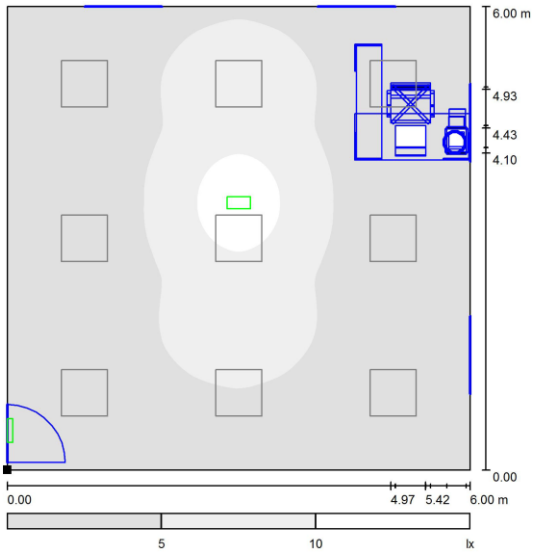


Emergencia ETAP		
Modelo	**Número de lámparas**	**Montaje**
K111/6N Without	1	Superficie en pared

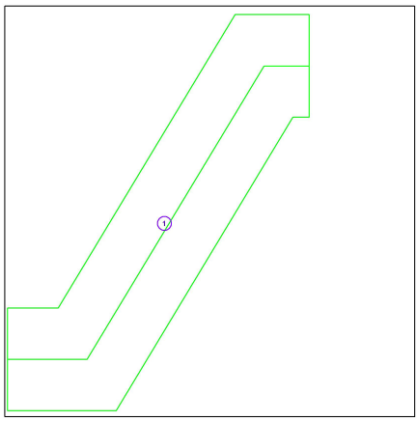


Nº de vía de evacuación	**E_{min} (lux)**
1	1,61

2.7.4. Sala de control

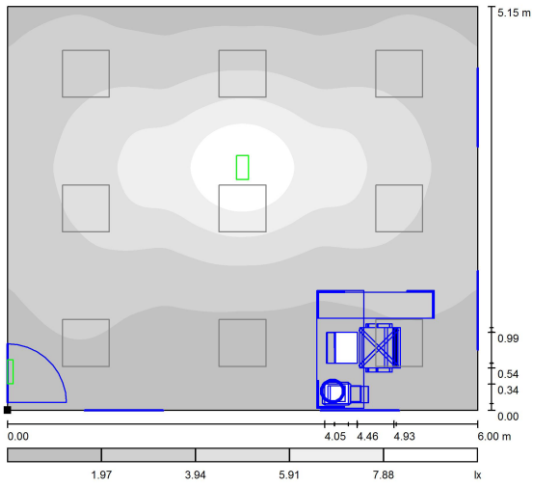


Emergencia ETAP		
Modelo	**Número de lámparas**	**Montaje**
K11/6-230 Without	1	Superficie en techo
K131/2P Single-sided foil	1	Superficie en pared

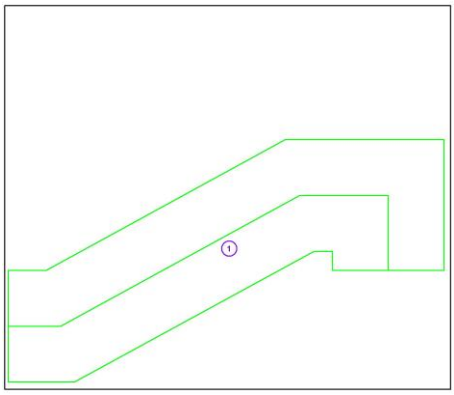


Nº de vía de evacuación	**E_{min} (lux)**
1	1,10

2.7.5. Sala de comunicación

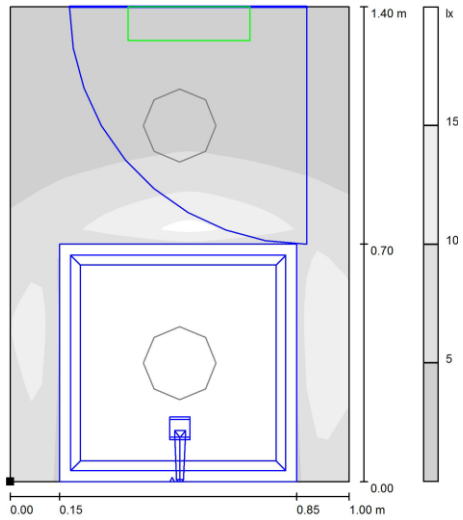


Emergencia ETAP		
Modelo	**Número de lámparas**	**Montaje**
K111/6N Without	1	Superficie en techo
K131/2P Single-sided foil	1	Superficie en pared

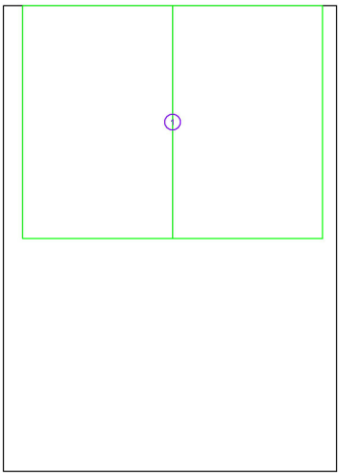


Nº de vía de evacuación	**E_{min} (lux)**
1	1,21

2.7.6. Ducha

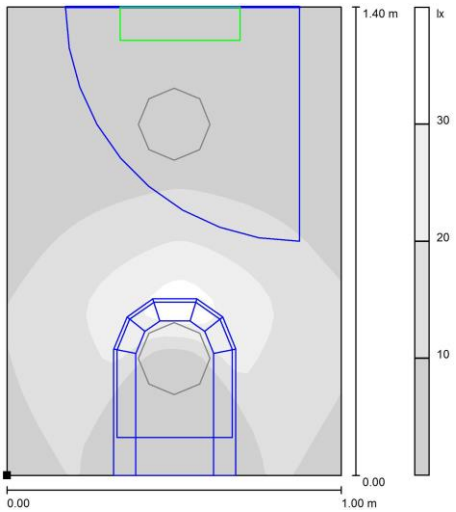


Emergencia ETAP		
Modelo	**Número de lámparas**	**Montaje**
K211/3O Without	1	Superficie en pared

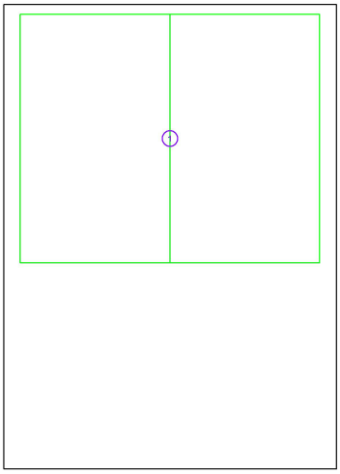


Nº de vía de evacuación	E_{min} (lux)
1	1,19

2.7.7. WC

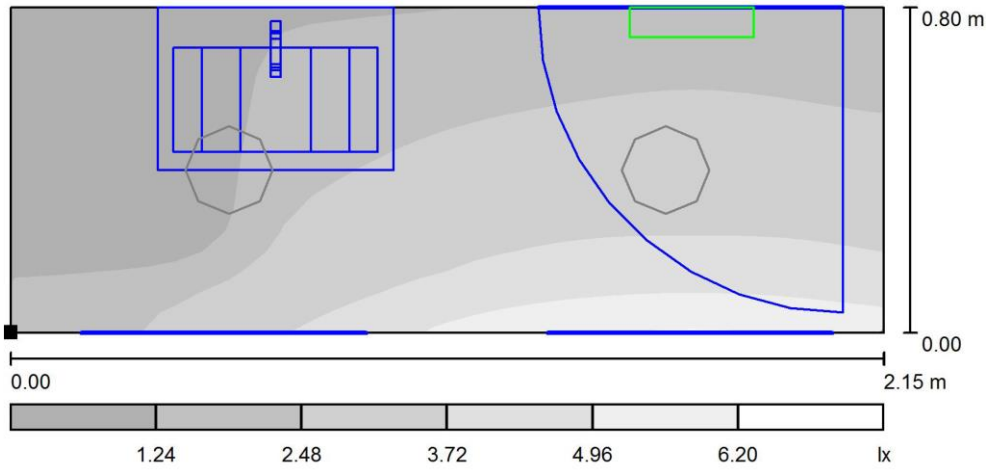


Emergencia ETAP		
Modelo	**Número de lámparas**	**Montaje**
K211/3O Without	1	Superficie en pared

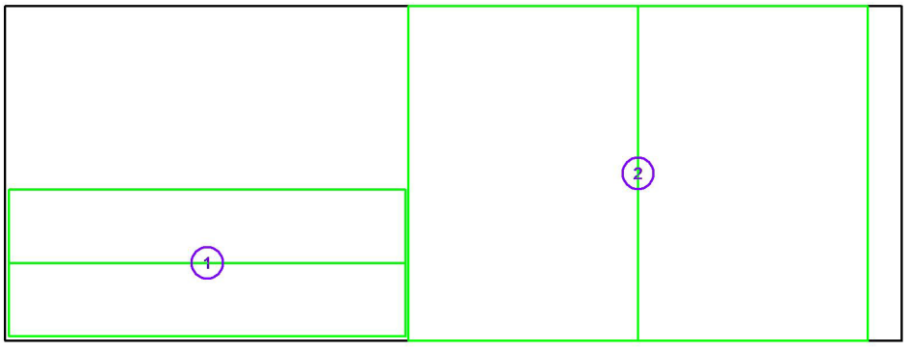


Nº de vía de evacuación	E_{min} (lux)
1	1,33

2.7.8. Lavabo



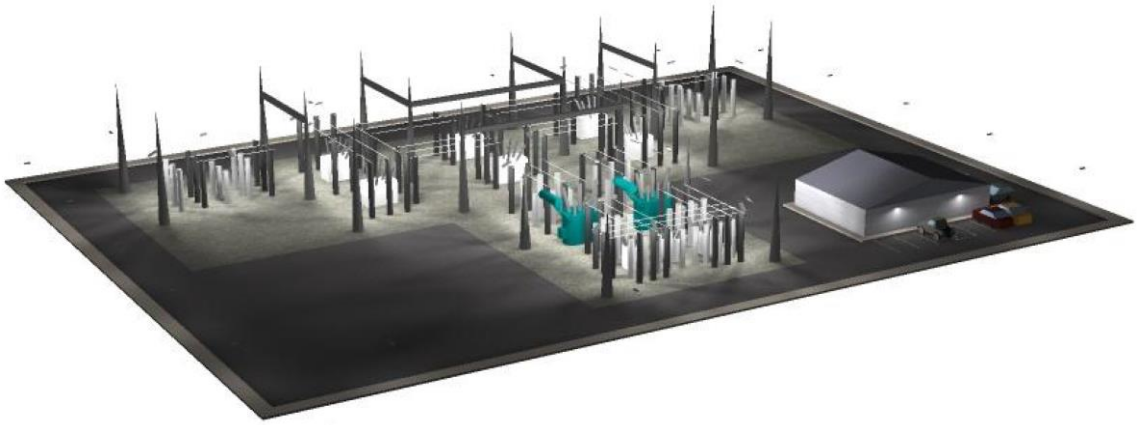
Emergencia ETAP		
Modelo	**Número de lámparas**	**Montaje**
K111/6N Without	1	Superficie en pared

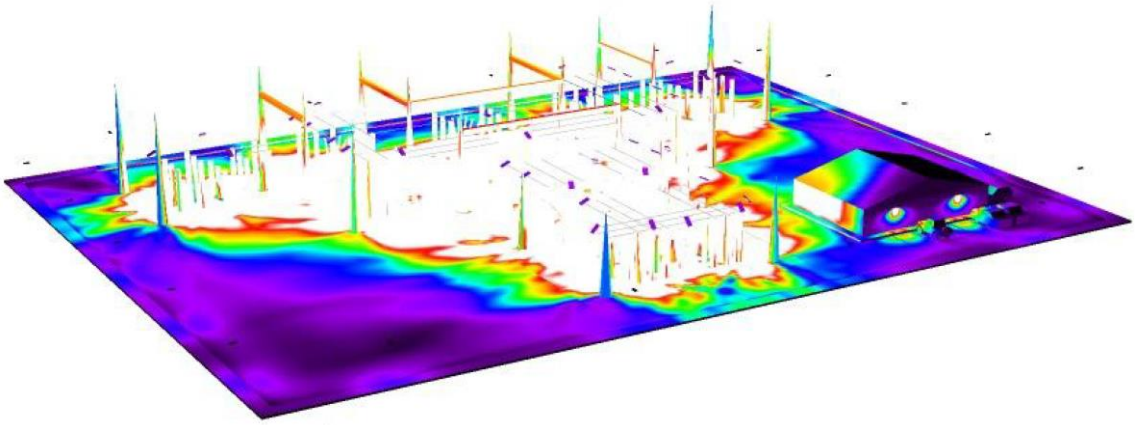


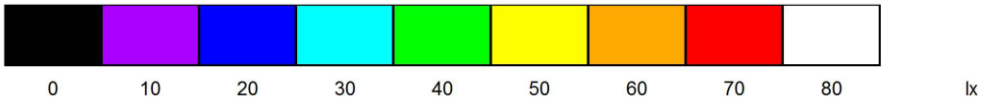
Nº de vía de evacuación	E_{min} (lux)
1	1,30
2	2,02

2.8. Resultados del alumbrado exterior

2.8.1. Vista general de la subestación





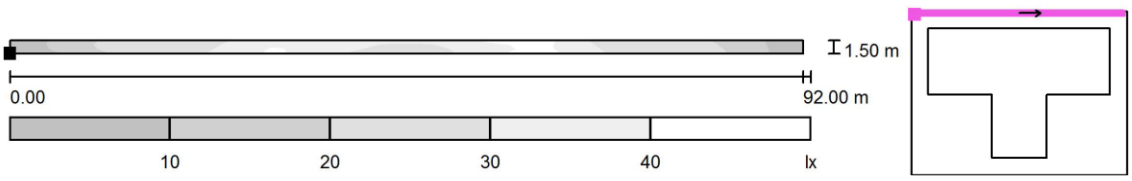


2.8.2. Acerado del perímetro

2.8.2.1. Acera Norte

Dimensiones	Longitud "L" (m)	92
	Anchura "A" (m)	1,5
Iluminancia recomendada:	E (lux)	10

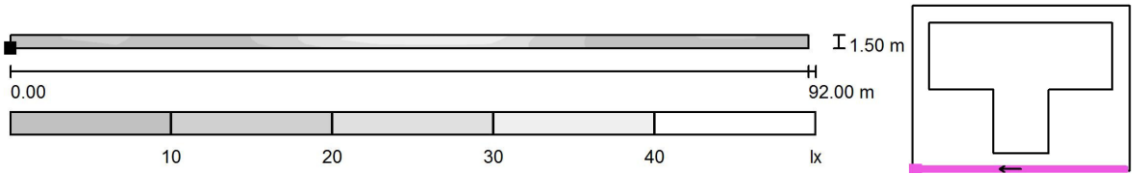
Luminaria escogida:	Marca	PHILIPS
	Modelo	BGP760 T25
	Nº de lámparas	1
	Altura (m)	4
Lámpara escogida:	Modelo	LED10-4S/740
	Flujo luminoso (lm)	1000
	Potencia (W)	7,2
	Factor de corrección	1
Factor de mantenimiento:	F_m	0,8
Nº de luminarias:	n’	4
Flujo luminoso total:	Φ_T (lm)	4000
Potencia total:	P_T (W)	28,8
Iluminancia media sobre la superficie de cálculo:	E_m (lux)	26



2.8.2.2. Acera Sur

Dimensiones	Longitud "L" (m)	92
	Anchura "A" (m)	1,5
Iluminancia recomendada:	E (lux)	10
Luminaria escogida:	Marca	PHILIPS
	Modelo	BGP760 T25
	Nº de lámparas	1
	Altura (m)	4
Lámpara escogida:	Modelo	LED10-4S/740
	Flujo luminoso (lm)	1000
	Potencia (W)	7,2
	Factor de corrección	1
Factor de mantenimiento:	F_m	0,8
Nº de luminarias:	n'	4
Flujo luminoso total:	Φ_T (lm)	4000
Potencia total:	P_T (W)	28,8

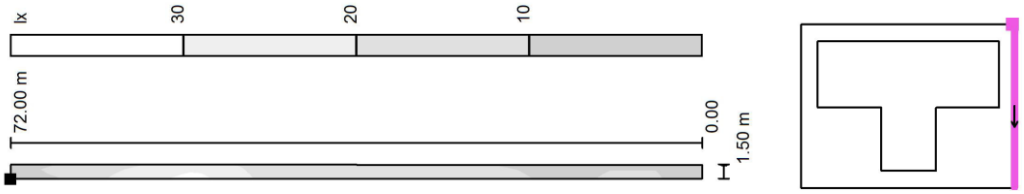
Iluminancia media sobre la superficie de cálculo:	E_m (lux)	15



2.8.2.3. Acera Este

Dimensiones	Longitud "L" (m)	72
	Anchura "A" (m)	1,5
Iluminancia recomendada:	E (lux)	10
Luminaria escogida:	Marca	PHILIPS
	Modelo	BGP760 T25
	Nº de lámparas	1
	Altura (m)	4
Lámpara escogida:	Modelo	LED10-4S/740
	Flujo luminoso (lm)	1000
	Potencia (W)	7,2
	Factor de corrección	1

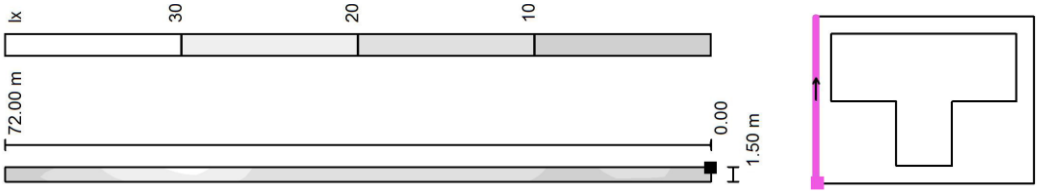
Factor de mantenimiento:	F_m	0,8
Nº de luminarias:	n’	5
Flujo luminoso total:	Φ_T (lm)	5000
Potencia total:	P_T (W)	36
Iluminancia media sobre la superficie de cálculo:	E_m (lux)	14



2.8.2.4. Acera Oeste

Dimensiones	Longitud “L” (m)	72
	Anchura “A” (m)	1,5
Iluminancia recomendada:	E (lux)	10
Luminaria escogida:	Marca	PHILIPS
	Modelo	BGP760 T25
	Nº de lámparas	1
	Altura (m)	4

Lámpara escogida:	Modelo	LED10-4S/740
	Flujo luminoso (lm)	1000
	Potencia (W)	7,2
	Factor de corrección	1
Factor de mantenimiento:	F_m	0,8
Nº de luminarias:	n’	5
Flujo luminoso total:	Φ_T (lm)	5000
Potencia total:	P_T (W)	36
Iluminancia media sobre la superficie de cálculo:	E_m (lux)	15

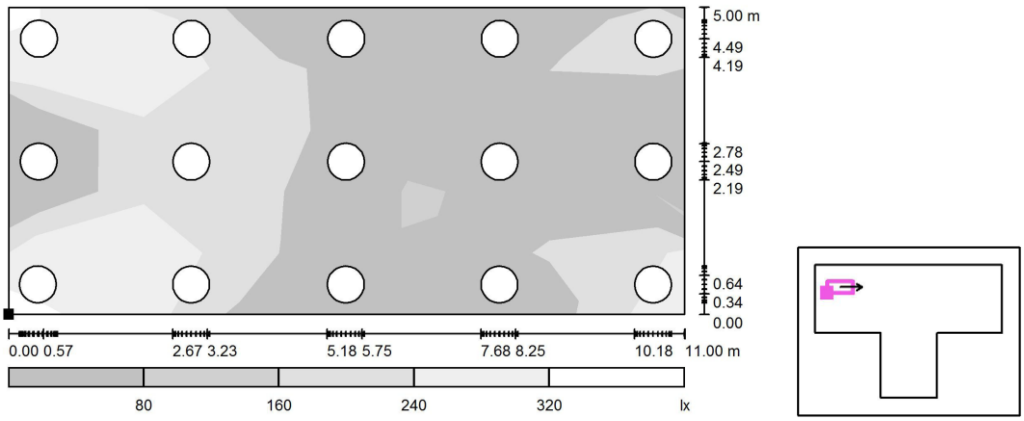


2.8.3. Parque 132 kV

2.8.3.1. Entrada de alimentación subterránea 1

Dimensiones	Longitud “L” (m)	11
	Anchura “A” (m)	5

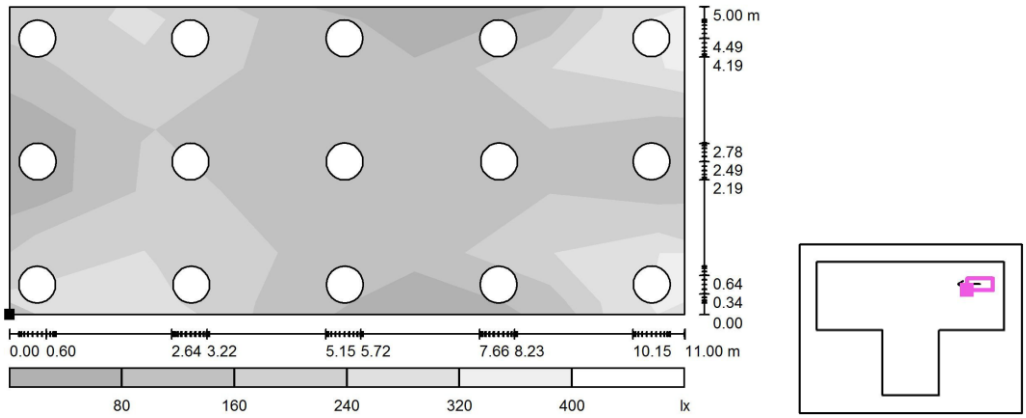
Iluminancia recomendada:	E (lux)	200
Luminaria escogida:	Marca	PHILIPS
	Modelo	BGP627 T25
	Nº de lámparas	1
	Altura (m)	6
Lámpara escogida:	Modelo	LED450-4S/740
	Flujo luminoso (lm)	45000
	Potencia (W)	280
	Factor de corrección	1
Factor de mantenimiento:	F_m	0,8
Nº de luminarias:	n'	3
Flujo luminoso total:	Φ_T (lm)	135000
Potencia total:	P_T (W)	840
Iluminancia media sobre la superficie de cálculo:	E_m (lux)	217



2.8.3.2. Entrada de alimentación subterránea 2

Dimensiones	Longitud "L" (m)	11
	Anchura "A" (m)	5
Iluminancia recomendada:	E (lux)	200
Luminaria escogida:	Marca	PHILIPS
	Modelo	BGP627 T25
	Nº de lámparas	1
	Altura (m)	6
Lámpara escogida:	Modelo	LED450-4S/740
	Flujo luminoso (lm)	45000
	Potencia (W)	280
	Factor de corrección	1

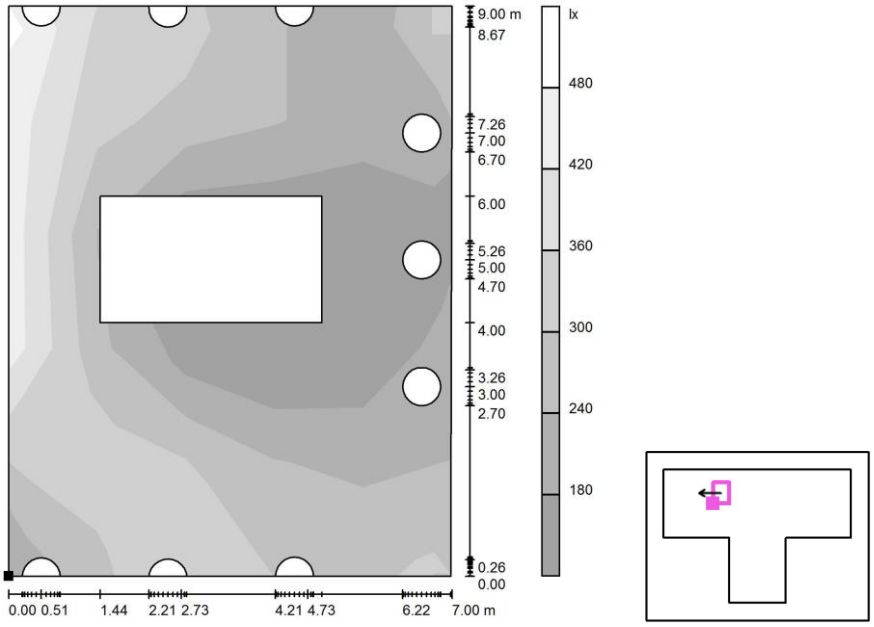
Factor de mantenimiento:	F_m	0,8
Nº de luminarias:	n’	3
Flujo luminoso total:	Φ_T (lm)	135000
Potencia total:	P_T (W)	840
Iluminancia media sobre la superficie de cálculo:	E_m (lux)	216



2.8.3.3. Interruptor 1

Dimensiones	Longitud “L” (m)	9
	Anchura “A” (m)	7
Iluminancia recomendada:	E (lux)	200

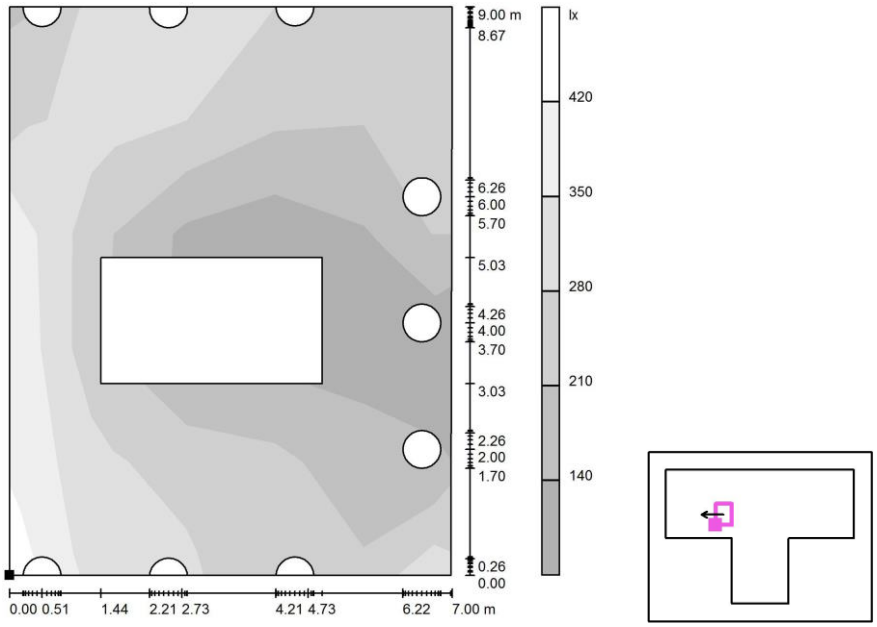
Luminaria escogida:	Marca	PHILIPS
	Modelo	BGP627 T25
	Nº de lámparas	1
	Altura (m)	7
Lámpara escogida:	Modelo	LED450-4S/740
	Flujo luminoso (lm)	45000
	Potencia (W)	280
	Factor de corrección	1
Factor de mantenimiento:	F_m	0,8
Nº de luminarias:	n’	3
Flujo luminoso total:	Φ_T (lm)	135000
Potencia total:	P_T (W)	840
Iluminancia media sobre la superficie de cálculo:	E_m (lux)	270



2.8.3.4. Interruptor 2

Dimensiones	Longitud "L" (m)	9
	Anchura "A" (m)	7
Iluminancia recomendada:	E (lux)	200
Luminaria escogida:	Marca	PHILIPS
	Modelo	BGP627 T25
	Nº de lámparas	1
	Altura (m)	7

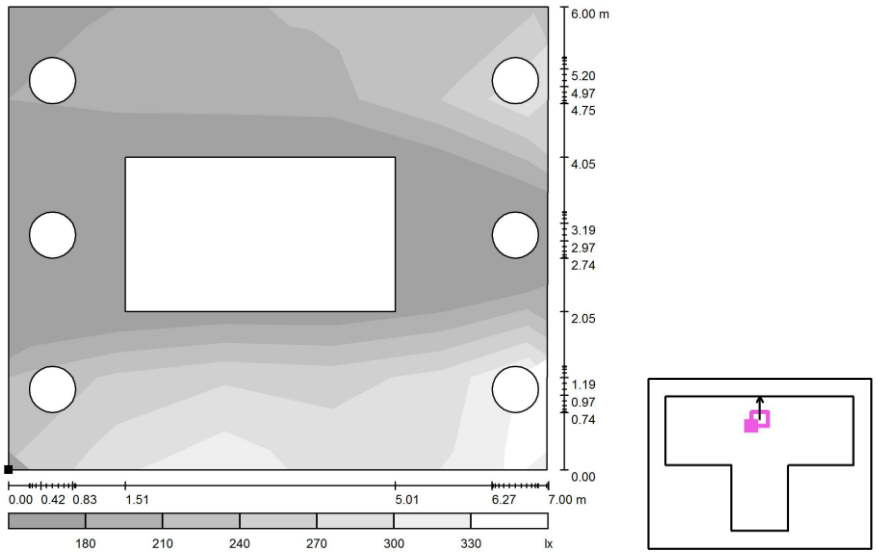
Lámpara escogida:	Modelo	LED450-4S/740
	Flujo luminoso (lm)	45000
	Potencia (W)	280
	Factor de corrección	1
Factor de mantenimiento:	F_m	0,8
Nº de luminarias:	n’	3
Flujo luminoso total:	Φ_T (lm)	135000
Potencia total:	P_T (W)	840
Iluminancia media sobre la superficie de cálculo:	E_m (lux)	246



2.8.3.5. Interruptor 3

Dimensiones	Longitud "L" (m)	7
	Anchura "A" (m)	6
Iluminancia recomendada:	E (lux)	200
Luminaria escogida:	Marca	PHILIPS
	Modelo	BGP627 T25
	Nº de lámparas	1
	Altura (m)	6
Lámpara escogida:	Modelo	LED450-4S/740
	Flujo luminoso (lm)	45000
	Potencia (W)	280
	Factor de corrección	1
Factor de mantenimiento:	F_m	0,8
Nº de luminarias:	n'	2
Flujo luminoso total:	Φ_T (lm)	90000
Potencia total:	P_T (W)	560

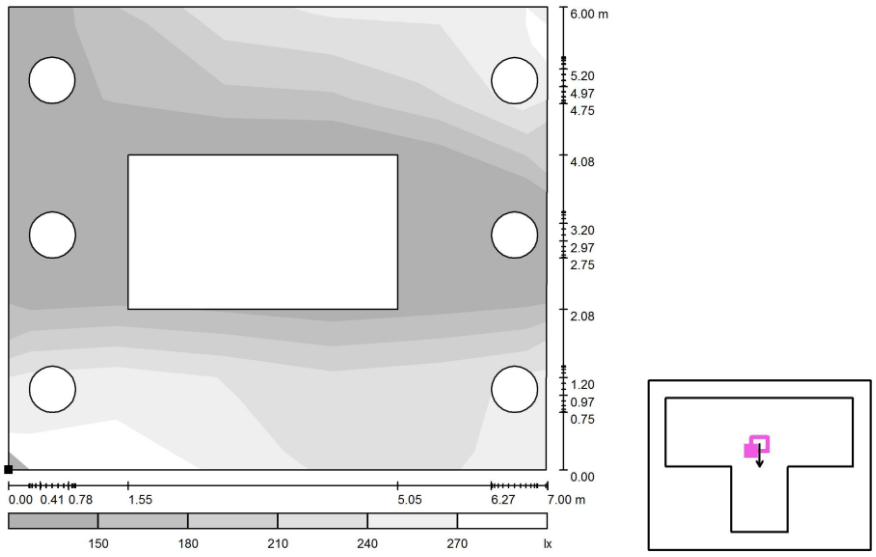
Iluminancia media sobre la superficie de cálculo:	E_m (lux)	238



2.8.3.6. Interruptor 4

Dimensiones	Longitud "L" (m)	7
	Anchura "A" (m)	6
Iluminancia recomendada:	E (lux)	200
Luminaria escogida:	Marca	PHILIPS
	Modelo	BGP627 T25
	Nº de lámparas	1
	Altura (m)	6

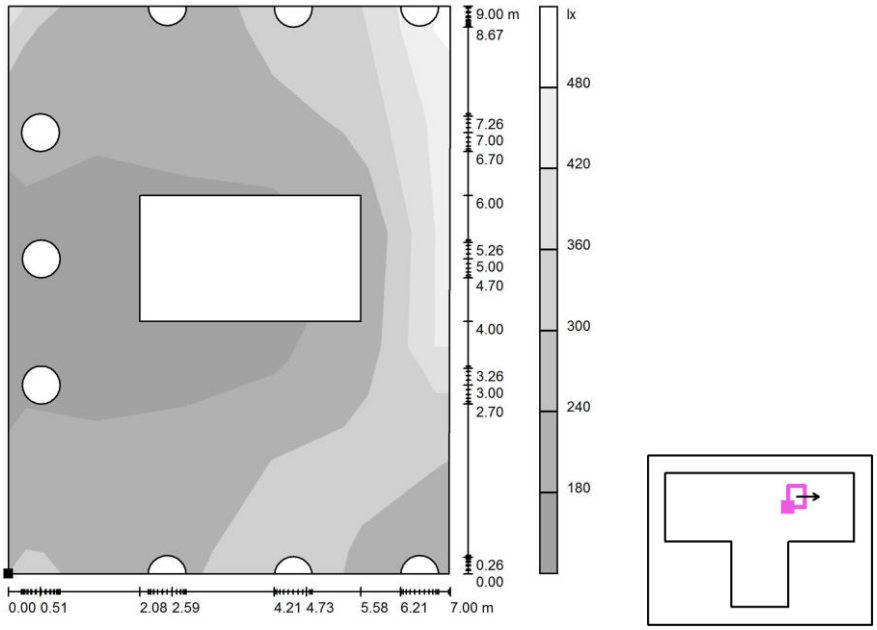
Lámpara escogida:	Modelo	LED450-4S/740
	Flujo luminoso (lm)	45000
	Potencia (W)	280
	Factor de corrección	1
Factor de mantenimiento:	F_m	0,8
Nº de luminarias:	n’	1
Flujo luminoso total:	Φ_T (lm)	45000
Potencia total:	P_T (W)	280
Iluminancia media sobre la superficie de cálculo:	E_m (lux)	238



2.8.3.7. Interruptor 5

Dimensiones	Longitud "L" (m)	9
	Anchura "A" (m)	7
Iluminancia recomendada:	E (lux)	200
Luminaria escogida:	Marca	PHILIPS
	Modelo	BGP627 T25
	Nº de lámparas	1
	Altura (m)	7
Lámpara escogida:	Modelo	LED450-4S/740
	Flujo luminoso (lm)	45000
	Potencia (W)	280
	Factor de corrección	1
Factor de mantenimiento:	F_m	0,8
Nº de luminarias:	n'	3
Flujo luminoso total:	Φ_T (lm)	135000
Potencia total:	P_T (W)	840

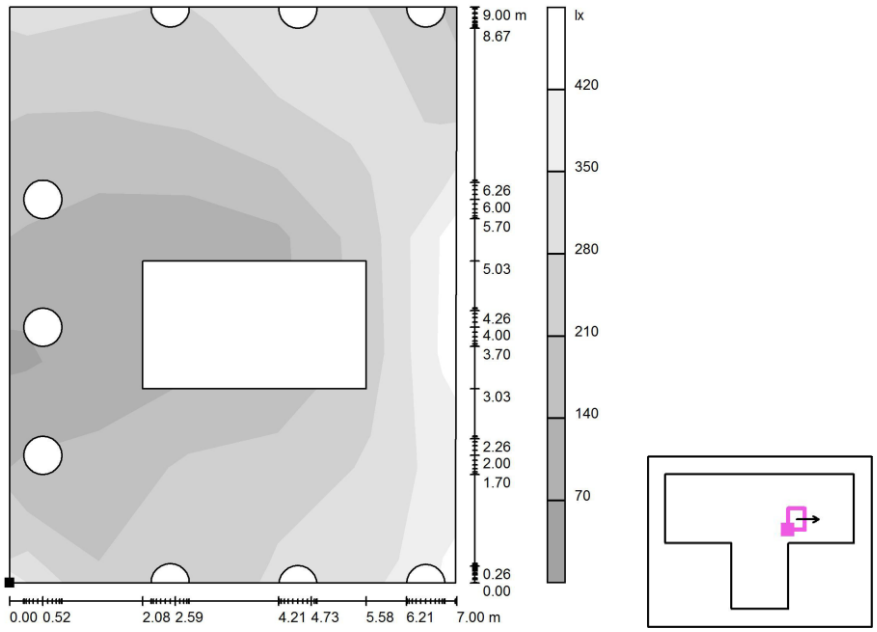
Iluminancia media sobre la superficie de cálculo:	E_m (lux)	265



2.8.3.8. Interruptor 6

Dimensiones	Longitud "L" (m)	9
	Anchura "A" (m)	7
Iluminancia recomendada:	E (lux)	200
Luminaria escogida:	Marca	PHILIPS
	Modelo	BGP627 T25
	Nº de lámparas	1
	Altura (m)	7

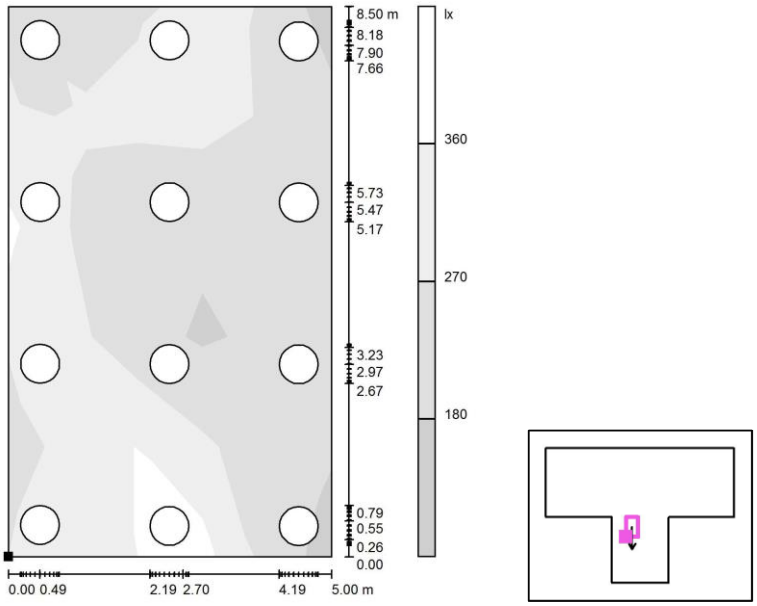
Lámpara escogida:	Modelo	LED450-4S/740
	Flujo luminoso (lm)	45000
	Potencia (W)	280
	Factor de corrección	1
Factor de mantenimiento:	F_m	0,8
Nº de luminarias:	n’	3
Flujo luminoso total:	Φ_T (lm)	135000
Potencia total:	P_T (W)	840
Iluminancia media sobre la superficie de cálculo:	E_m (lux)	240



2.8.3.9. Entrada de alimentación del transformador 1

Dimensiones	Longitud "L" (m)	8,5
	Anchura "A" (m)	5
Iluminancia recomendada:	E (lux)	200
Luminaria escogida:	Marca	PHILIPS
	Modelo	BGP627 T25
	Nº de lámparas	1
	Altura (m)	6
Lámpara escogida:	Modelo	LED450-4S/740
	Flujo luminoso (lm)	45000
	Potencia (W)	280
	Factor de corrección	1
Factor de mantenimiento:	F_m	0,8
Nº de luminarias:	n'	2
Flujo luminoso total:	Φ_T (lm)	90000
Potencia total:	P_T (W)	560

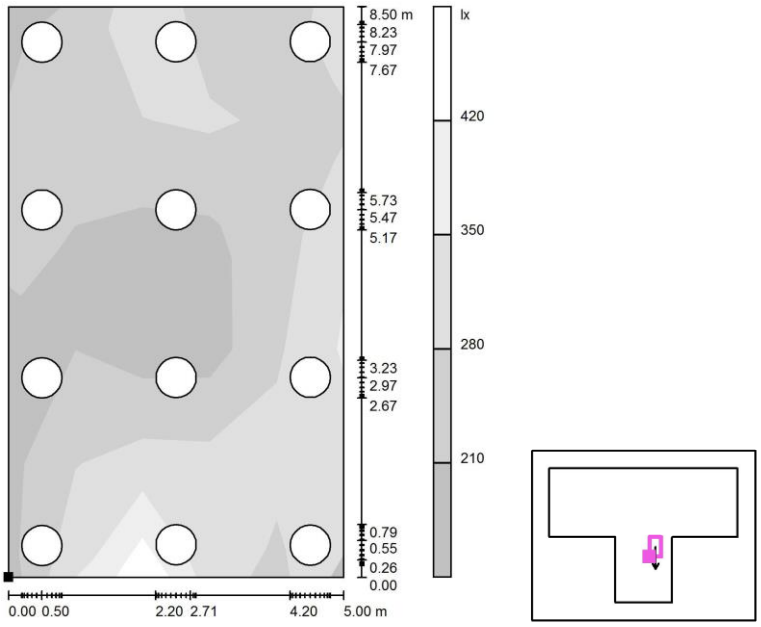
Iluminancia media sobre la superficie de cálculo:	E_m (lux)	260



2.8.3.10. Entrada de alimentación del transformador 2

Dimensiones	Longitud "L" (m)	9
	Anchura "A" (m)	7
Iluminancia recomendada:	E (lux)	200
Luminaria escogida:	Marca	PHILIPS
	Modelo	BGP627 T25
	Nº de lámparas	1
	Altura (m)	6

Lámpara escogida:	Modelo	LED450-4S/740
	Flujo luminoso (lm)	45000
	Potencia (W)	280
	Factor de corrección	1
Factor de mantenimiento:	F_m	0,8
Nº de luminarias:	n’	3
Flujo luminoso total:	Φ_T (lm)	135000
Potencia total:	P_T (W)	840
Iluminancia media sobre la superficie de cálculo:	E_m (lux)	257

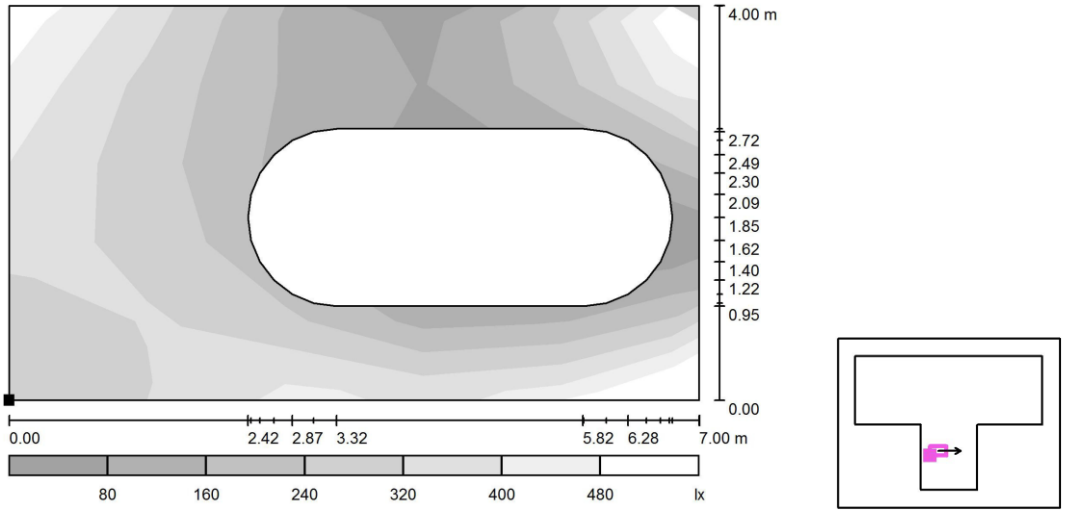


2.8.4. Transformadores

2.8.4.1. Transformador 1

Dimensiones	Longitud "L" (m)	7
	Anchura "A" (m)	4
Iluminancia recomendada:	E (lux)	200
Luminaria escogida:	Marca	PHILIPS
	Modelo	BVP651 T25
	Nº de lámparas	1
	Altura (m)	7
Lámpara escogida:	Modelo	LED800-4S/740
	Flujo luminoso (lm)	80000
	Potencia (W)	530
	Factor de corrección	1
Factor de mantenimiento:	F_m	0,8
Nº de luminarias:	n'	2
Flujo luminoso total:	Φ_T (lm)	160000
Potencia total:	P_T (W)	1060

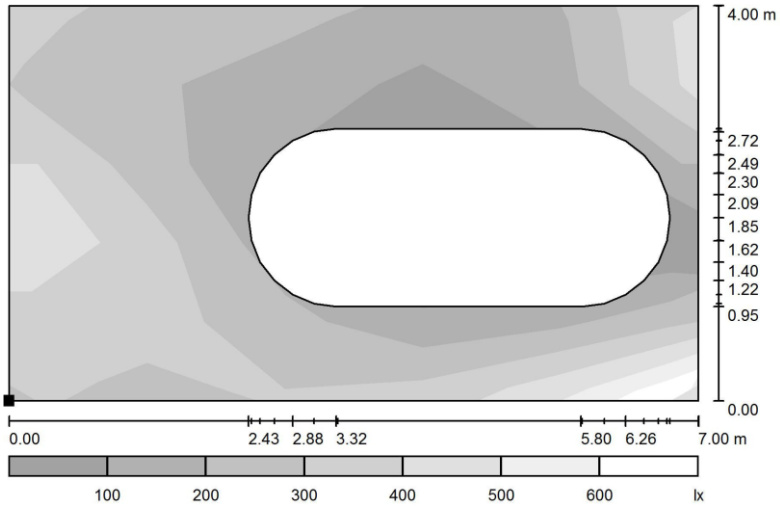
Iluminancia media sobre la superficie de cálculo:	E_m (lux)	264

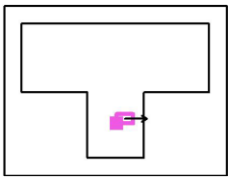


2.8.4.2. Transformador 2

Dimensiones	Longitud "L" (m)	7
	Anchura "A" (m)	4
Iluminancia recomendada:	E (lux)	200
Luminaria escogida:	Marca	PHILIPS
	Modelo	BVP651 T25
	Nº de lámparas	1
	Altura (m)	7

Lámpara escogida:	Modelo	LED800-4S/740
	Flujo luminoso (lm)	80000
	Potencia (W)	530
	Factor de corrección	1
Factor de mantenimiento:	F_m	0,8
Nº de luminarias:	n'	2
Flujo luminoso total:	Φ_T (lm)	160000
Potencia total:	P_T (W)	1060
Iluminancia media sobre la superficie de cálculo:	E_m (lux)	249



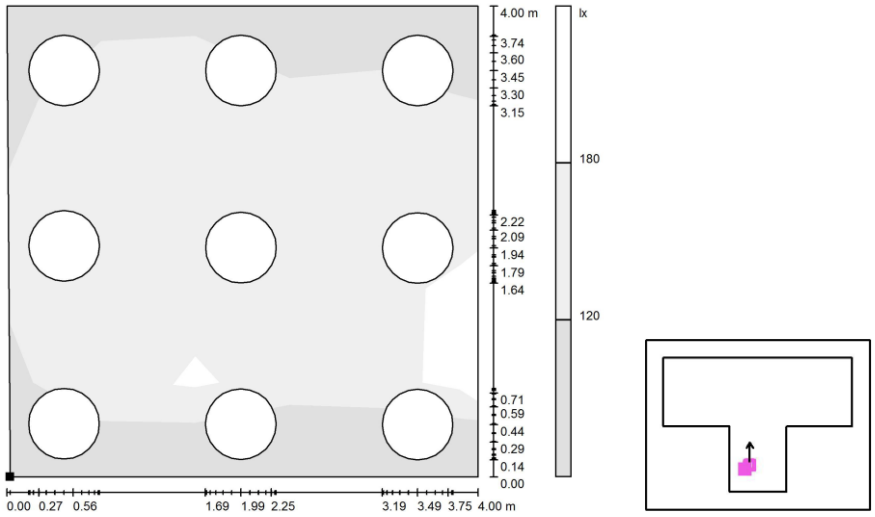


2.8.5. Parque 66 kV

2.8.5.1. Salida del transformador 1

Dimensiones	Longitud "L" (m)	4
	Anchura "A" (m)	4
Iluminancia recomendada:	E (lux)	200
Luminaria escogida:	Marca	PHILIPS
	Modelo	BGP627 T25
	Nº de lámparas	1
	Altura (m)	6
Lámpara escogida:	Modelo	LED450-4S/740
	Flujo luminoso (lm)	45000
	Potencia (W)	280
	Factor de corrección	1
Factor de mantenimiento:	F_m	0,8
Nº de luminarias:	n'	1
Flujo luminoso total:	Φ_T (lm)	45000
Potencia total:	P_T (W)	280

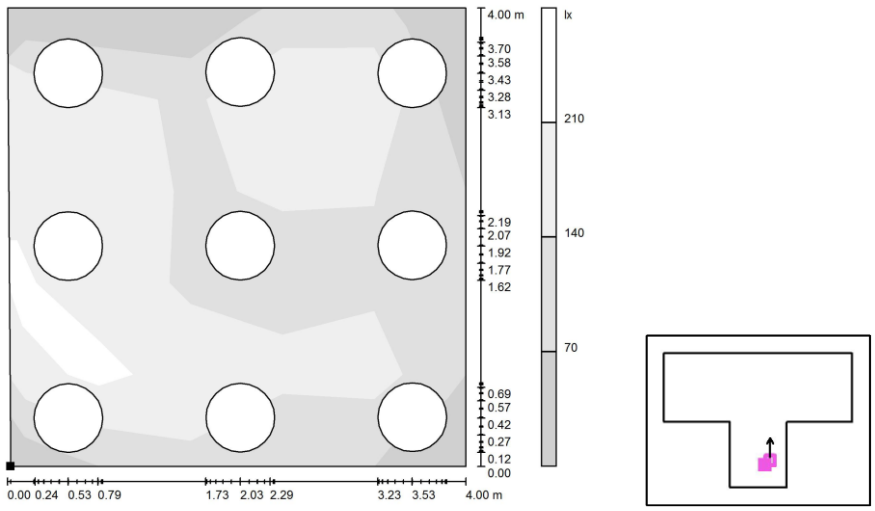
Iluminancia media sobre la superficie de cálculo:	E_m (lux)	220



2.8.5.2. Salida del transformador 2

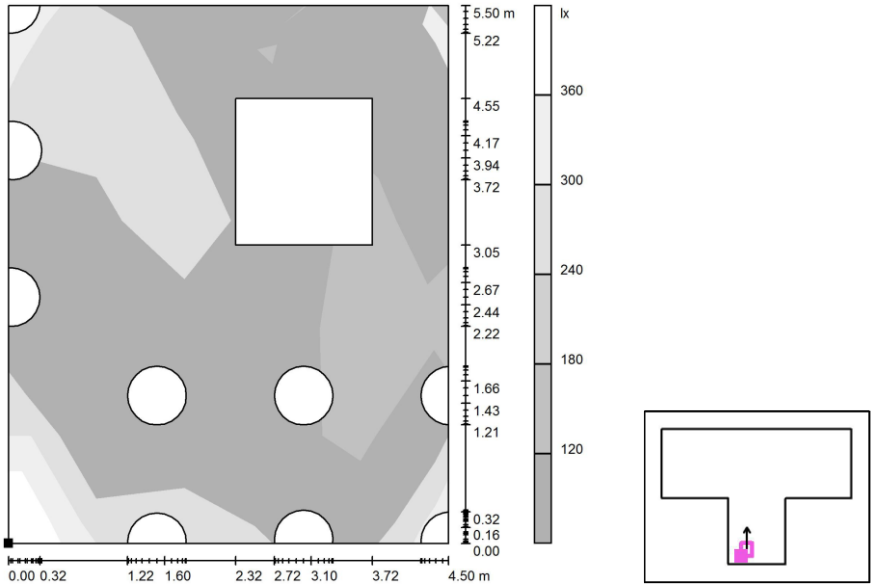
Dimensiones	Longitud "L" (m)	4
	Anchura "A" (m)	4
Iluminancia recomendada:	E (lux)	200
Luminaria escogida:	Marca	PHILIPS
	Modelo	BGP627 T25
	Nº de lámparas	1
	Altura (m)	6

Lámpara escogida:	Modelo	LED450-4S/740
	Flujo luminoso (lm)	45000
	Potencia (W)	280
	Factor de corrección	1
Factor de mantenimiento:	F_m	0,8
Nº de luminarias:	n’	1
Flujo luminoso total:	Φ_T (lm)	45000
Potencia total:	P_T (W)	280
Iluminancia media sobre la superficie de cálculo:	E_m (lux)	227



2.8.5.3. Interruptor 1

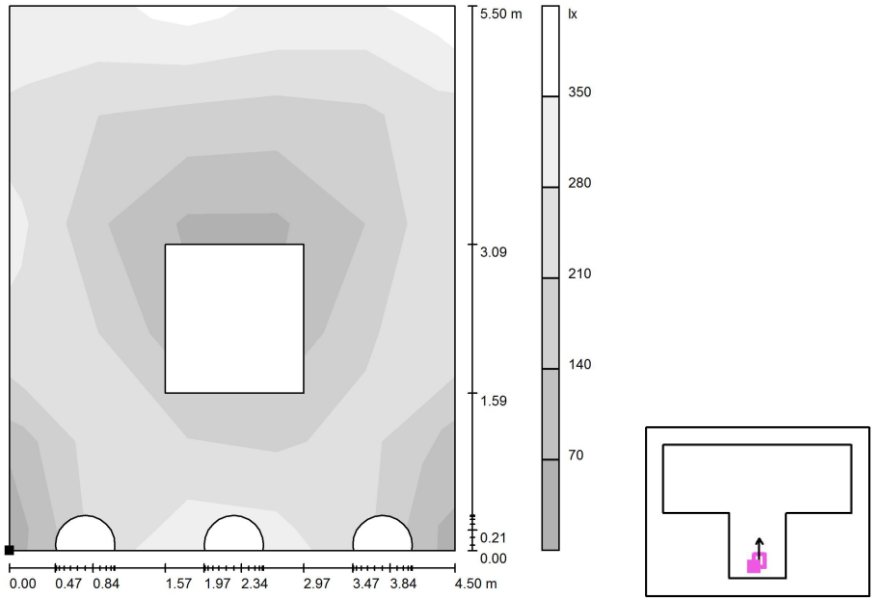
Dimensiones	Longitud "L" (m)	5,5
	Anchura "A" (m)	4,5
Iluminancia recomendada:	E (lux)	200
Luminaria escogida:	Marca	PHILIPS
	Modelo	BGP627 T25
	Nº de lámparas	1
	Altura (m)	6
Lámpara escogida:	Modelo	LED450-4S/740
	Flujo luminoso (lm)	45000
	Potencia (W)	280
	Factor de corrección	1
Factor de mantenimiento:	F_m	0,8
Nº de luminarias:	n'	2
Flujo luminoso total:	Φ_T (lm)	90000
Potencia total:	P_T (W)	560
Iluminancia media sobre la superficie de cálculo:	E_m (lux)	206



2.8.5.4. Interruptor 2

Dimensiones	Longitud "L" (m)	5,5
	Anchura "A" (m)	4,5
Iluminancia recomendada:	E (lux)	200
Luminaria escogida:	Marca	PHILIPS
	Modelo	BGP627 T25
	Nº de lámparas	1
	Altura (m)	4,5
Lámpara escogida:	Modelo	LED450-4S/740
	Flujo luminoso (lm)	45000

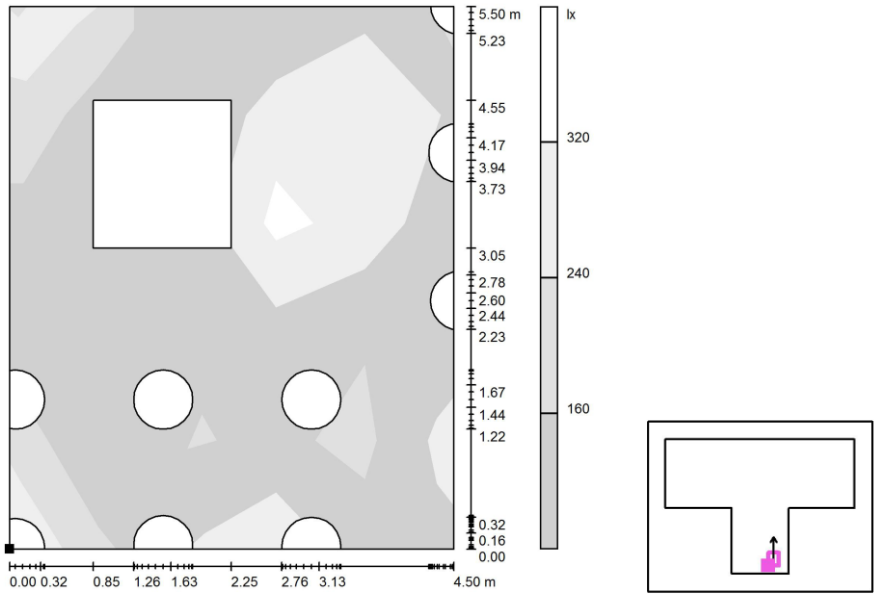
	Potencia (W)	280
	Factor de corrección	1
Factor de mantenimiento:	F_m	0,8
Nº de luminarias:	n'	1
Flujo luminoso total:	Φ_T (lm)	45000
Potencia total:	P_T (W)	280
Iluminancia media sobre la superficie de cálculo:	E_m (lux)	208



2.8.5.5. Interruptor 3

Dimensiones	Longitud "L" (m)	5,5
	Anchura "A" (m)	4,5
Iluminancia recomendada:	E (lux)	200
Luminaria escogida:	Marca	PHILIPS
	Modelo	BGP627 T25
	Nº de lámparas	1
	Altura (m)	6
Lámpara escogida:	Modelo	LED450-4S/740
	Flujo luminoso (lm)	45000
	Potencia (W)	280
	Factor de corrección	1
Factor de mantenimiento:	F_m	0,8
Nº de luminarias:	n'	2
Flujo luminoso total:	Φ_T (lm)	90000
Potencia total:	P_T (W)	560

Iluminancia media sobre la superficie de cálculo:	E_m (lux)	212

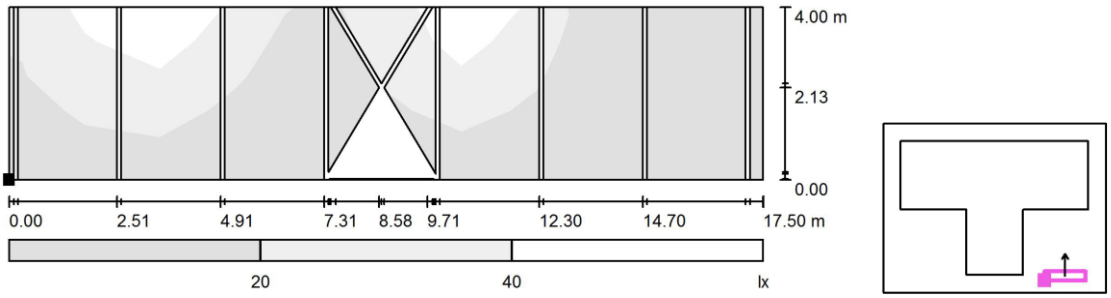


2.8.6. Aparcamientos

2.8.6.1. Aparcamiento 1

Dimensiones	Longitud "L" (m)	17,5
	Anchura "A" (m)	4
Iluminancia recomendada:	E (lux)	15
Luminaria escogida:	Marca	PHILIPS
	Modelo	BGP760 T25
	Nº de lámparas	1
	Altura (m)	2,75

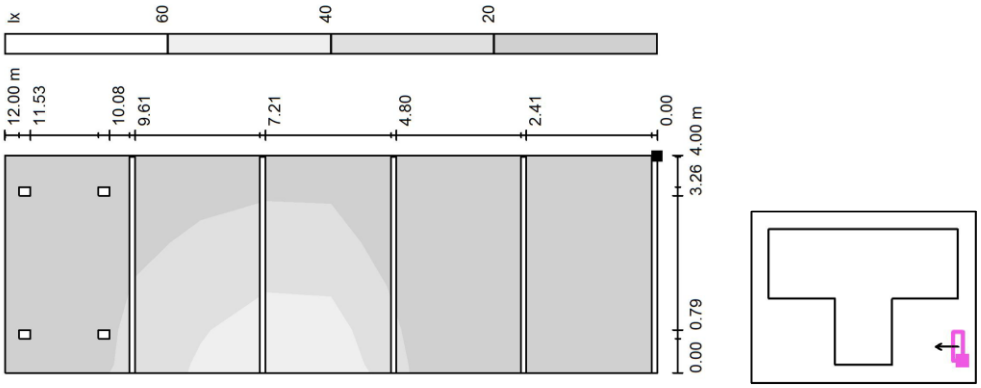
Lámpara escogida:	Modelo	LED30-4S/740
	Flujo luminoso (lm)	3000
	Potencia (W)	19
	Factor de corrección	1
Factor de mantenimiento:	F_m	0,8
Nº de luminarias:	n’	2
Flujo luminoso total:	Φ_T (lm)	6000
Potencia total:	P_T (W)	38
Iluminancia media sobre la superficie de cálculo:	E_m (lux)	18



2.8.6.2. Aparcamiento 2

Dimensiones	Longitud “L” (m)	12
	Anchura “A” (m)	4

Iluminancia recomendada:	E (lux)	15
Luminaria escogida:	Marca	PHILIPS
	Modelo	BGP760 T25
	Nº de lámparas	1
	Altura (m)	2,75
Lámpara escogida:	Modelo	LED30-4S/740
	Flujo luminoso (lm)	3000
	Potencia (W)	19
	Factor de corrección	1
Factor de mantenimiento:	F_m	0,8
Nº de luminarias:	n'	1
Flujo luminoso total:	Φ_T (lm)	3000
Potencia total:	P_T (W)	19
Iluminancia media sobre la superficie de cálculo:	E_m (lux)	15

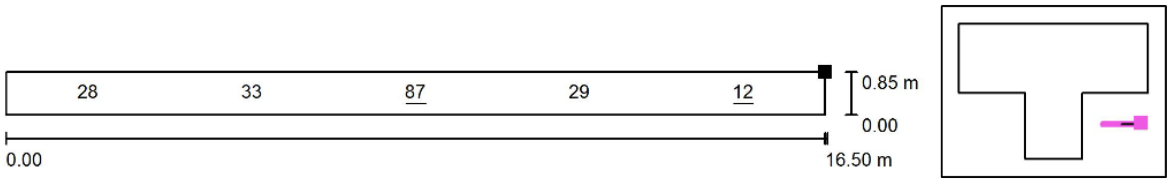


2.8.7. Acerado del edificio de mando y control

2.8.7.1. Acera Norte

Dimensiones	Longitud "L" (m)	16,5
	Anchura "A" (m)	0,85
Iluminancia recomendada:	E (lux)	10
Luminaria escogida:	Marca	PHILIPS
	Modelo	BGP760 T25
	Nº de lámparas	1
	Altura (m)	2,75
Lámpara escogida:	Modelo	LED30-4S/740
	Flujo luminoso (lm)	3000
	Potencia (W)	19
	Factor de corrección	1

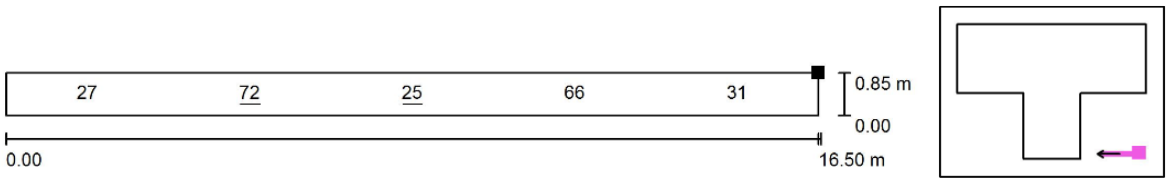
Factor de mantenimiento:	F_m	0,8
Nº de luminarias:	n'	1
Flujo luminoso total:	Φ_T (lm)	3000
Potencia total:	P_T (W)	19
Iluminancia media sobre la superficie de cálculo:	E_m (lux)	38



2.8.7.2. Acera Sur

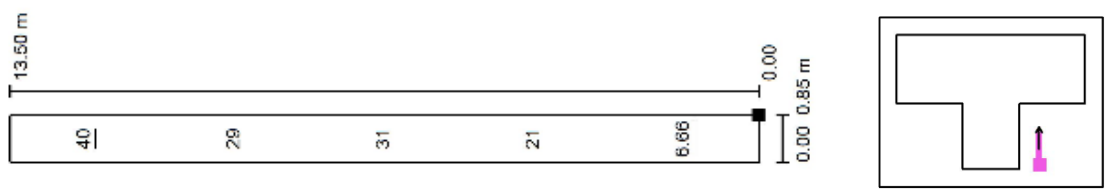
Dimensiones	Longitud "L" (m)	16,5
	Anchura "A" (m)	0,85
Iluminancia recomendada:	E (lux)	10
Luminaria escogida:	Marca	PHILIPS
	Modelo	BGP760 T25
	Nº de lámparas	1
	Altura (m)	2,75

Lámpara escogida:	Modelo	LED30-4S/740
	Flujo luminoso (lm)	3000
	Potencia (W)	19
	Factor de corrección	1
Factor de mantenimiento:	F_m	0,8
Nº de luminarias:	n'	2
Flujo luminoso total:	Φ_T (lm)	6000
Potencia total:	P_T (W)	38
Iluminancia media sobre la superficie de cálculo:	E_m (lux)	44



2.8.7.3. Acera Oeste

No se ha colocado ninguna luminaría en la zona Oeste de la acera, ya que se ha obtenido una iluminancia media de 28 lux de la iluminación de las demás luminarias colocadas en el parque de 66 kV.



ANEXO 5: ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL

1. Objeto

El presente documento tiene como objeto servir de base para la evaluación del impacto ambiental, como se contempla en el artículo 6 de la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental (Real Decreto Legislativo 1/2008 Y Ley 6/2010)

Este anexo se ha redactado cumpliendo con la reglamentación vigente, en donde se expondrán la siguiente información:

- ✓ Definición, características y ubicación del proyecto.
- ✓ Principales alternativas que se consideran y análisis de los impactos.
- ✓ Diagnóstico territorial y del medio ambiente afectado.

La finalidad de este anexo es hacer constar que dicho proyecto cumplirá con lo indicado en la Ley 7/2007, de 9 de julio, de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental, Sección 5ª, Calificación Ambiental, Art. 41 y siguientes, por la que fijan las normas al objeto de la evaluación de los efectos ambientales de determinadas actuaciones, así como la determinación de la viabilidad ambiental de las mismas y las condiciones en que deben realizarse.

2. Emplazamiento

El proyecto se localiza entre el término municipal de Andújar y el término municipal de Jaén, donde se puede apreciar en el plano de situación y emplazamiento.

En la zona de Andújar se encuentra el Parque Natural Sierra de Andújar, pero el trazado de la línea aérea proyectada no afecta al entorno del parque ya que se encuentra fuera de los límites de éste:



Imagen 1: Parque Natural Sierra de Andújar

Aunque cabe señalar que parte del trazado se encuentra ubicado en la Campiña de Jaén y a pesar de su alto valor ecológico, no está considerado como espacio protegido:



Imagen 2: Campiña de Jaén

Las partes de la que se tratan en este proyecto, no están situadas en zona de especial protección para las aves o de especial conservación definidas en el artículo 2.1.c) de la Ley 2/1989, de 18 de julio de espacios protegidos de Andalucía.

3. Características de la zona

La zona y los alrededores donde se encuentran las partes del proyecto, es una zona mixta entre formaciones arbustivas y árboles autóctonos, además de encontrarse zonas agrícolas, en especial el olivo, siendo Jaén, a nivel nacional, la zona donde se obtiene la mayor parte del aceite de oliva.

La vegetación de la zona en la que se realizará la subestación, está compuesta principalmente por plantas características de praderas y de formaciones boscosas, predominando principalmente el olivo.

La vegetación no sufre de manera significativa alteraciones por la realización del proyecto, pudiendo únicamente sufrir alguna alteración puntual debido al paso de vehículos y de la maquinaria necesaria para la realización del proyecto.

En cuanto a la fauna, existen en una gran diversidad de animales mamíferos, de diversos tamaños, ya que la presencia en sus cercanías de cultivos supone una comida fácil para ellos, pudiéndose encuentrar jabalíes, zorros, liebres y todo tipo de roedores.

También se encuntran aves de pequeño y mediano tamaño, como pueden ser cuervos, gorriones, aceituneros, etc.

4. Criterios ambientales

4.1. Suelo

Se buscarán zonas donde no haya gran erosión y de poca pendiente para evitar los elevados movimientos de tierra en la apertura de la plataforma, en las zonas de maniobra, en las bases de los apoyos, etc.

4.2. Agua

Se evitará afectar a los cursos de agua, así como a zonas en las que exista agua embalsada.

Los cruces de los cursos de agua se realizarán, preferentemente, de forma perpendicular y cumpliendo, en particular, el Reglamento del dominio Público Hidráulico.

4.3. Atmósfera

El trazado de la línea aérea tendrá en cuenta la distancia con las antenas que puedan existir en la zona para evitar interferencias.

Se evitarán las zonas pobladas donde el ruido producido por la actividad de la línea aérea, subterránea y subestación, puede llegar a ser molesto para las personas.

El efecto más significativo es la aparición de ruido debido al efecto corona, aunque no es realmente molesto si lo comparamos con otras actividades. Lo realmente molesto son los transformadores, que se proyectan en la subestación.

En cuanto a los campos eléctricos y magnéticos generados por este tipo de instalaciones, cabe destacar que es posiblemente el efecto sobre la salud más estudiado del mundo, concluyendo que no supone un riesgo para la salud pública.

4.4. Flora

La línea aérea, subterránea y subestación, deberán ir preferiblemente por zonas donde no exista flora catalogada como protegida.

Cuanto más afectada se ve la vegetación es en el caso de abrir nuevos caminos, por lo que se tendrá cuidado al escoger la ubicación de éstos.

4.5. Fauna

Para el trazado de la línea aérea, se evitarán en medida de lo posible las zonas de nidificación, dispersión, dormideros así como zonas de migración para la avifauna. Se tendrá especial consideración a las especies en peligro de extinción.

Existe riesgo de electrocución de la avifauna, pero en el caso de nuestra línea aérea y subestación, la distancia entre conductores y elementos puestos a tierra es bastante superior al tamaño medio de un ave, por lo tanto se evitará el problema.

El único riesgo para la avifauna es de colisión, que se produce contra el cable de tierra por ser poco visible al tener un diámetro menor que los conductores. Habitualmente son las especies más grandes y pesadas las que son más sensibles a este factor por su poca maniobrabilidad, ya que las pequeñas y ligeras pueden modificar el rumbo de su vuelo al ver el cable y evitarlo.

4.6. Espacios naturales protegidos

Como ya se ha mencionado anteriormente, nuestra ejecución del proyecto no atraviesa por espacios naturales protegidos.

4.7. Población y socioeconomía

En principio, la aparición de una línea eléctrica es positiva, ya que se dispone de más potencia, que puede mejorar la actividad industrial. Además, mejora la eficiencia energética con el fin de hacer un reparto de flujo más cómodo para la línea. Este análisis es clave desde el punto de vista de una planificación energética respetuosa con el medio ambiente.

La ubicación de las futuras líneas se alejará de los núcleos de población, así como de las viviendas habitadas que pudieran existir de forma dispersa por la zona.

Se evitarán trazados que perjudiquen el valor de las parcelas sobre las que se asientan.

Se minimizarán las longitudes del trazado que deban discurrir sobre concesiones mineras.

Se favorecerán los trazados sobre suelo no urbanizable, evitando zonas turísticas y de patrimonio.

4.8. Paisaje

El paisaje se verá perjudicado, ya que hay que adaptar al ojo a una serie de elementos que distorsionan el ambiente, por lo que se favorecerán las zonas menos transitadas y que tengan pocos observadores.

5. Documentación y actividades necesarias para el proyecto

5.1. Obtención de los permisos

Antes de la ejecución del proyecto, se necesitarán los permisos de los propietarios afectados en la zona de contrucción.

Normalmente esto se hace de forma amistosa, mejorando la aceptación social, pero también se puede hacer una expropiación forzosa, debido a que es una utilidad pública.

Se requiere la obtención de permiso para el acceso a las fincas, siempre que no se pueda hacer por red de carreteras o caminos rurales.

5.2. Realización de accesos

Los accesos deben estar presentes durante la vida útil de la línea aérea y de la subestación, ya que es necesario que accedan camiones de materiales, grúas, camiones hormigoneras, etc.

Siempre que sea posible se aprovecharán los accesos existentes (carreteras, caminos, etc.) mejorándolos.

Si se utilizan carreteras o caminos ya existentes, al final de la obra el contratista es el responsable de dejarlos en las condiciones que se encontraban con anterioridad a su uso; si se abren nuevos caminos, éstos deben permanecer para su uso posterior en las fases de operación y mantenimiento de la línea aérea y de la subestación.

En caso de tener que construir nuevos accesos, se hacen acuerdos con los propietarios para intentar sacar beneficio y mejorar la accesibilidad a las fincas o servir de cortafuegos.

Los accesos nuevos a construir, desde los existentes a los apoyos, se realizarán de forma que el coste económico y medioambiental sea mínimo. Para ello tendrán una anchura media de 3 m, suficiente para el paso de camiones.

Está prohibido alterar las escorrentías naturales del agua, así como realizar desmontes o terraplenes carentes de una mínima capa de tierra vegetal, que permita un enmascaramiento natural de los mismos. Cuando las características del terreno lo obliguen, se canalizarán las aguas de forma que se eviten encharcamientos y erosiones del terreno.

La creación de accesos no se añade en el presupuesto puesto que muchas veces se hace a medias con los propietarios de las fincas y no se puede tener una idea hasta que no se lleva el proyecto a cabo.

5.3. Acopio de materiales

En una zona destinada para ello se almacenan los materiales. Desde esta zona de acopio se trasladarán los materiales necesarios hasta los puntos donde se necesiten.

El almacenamiento de los materiales utilizados, se realizará sobre el propio terreno, encima de tacos de madera para evitar el contacto directo con el suelo.

Otros materiales que se acopian en la zona son las bobinas de conductores y cables de tierra, que se apilan en el entorno de los apoyos de principio o fin de una alineación o de una serie, en función de cómo se vaya a realizar el tendido.

6. Actividades del proyecto

6.1. Replanteo de los apoyos

El personal técnico determinará el marcado de los ejes y la verificación exacta de los anclajes del apoyo mediante el clavado de estaquillas. De esta forma, se marcarán los ejes necesarios para la exacta ejecución de los trabajos en lo que se refiere a excavación, presentación de anclajes y hormigonado. Esta actuación va encaminada a obtener la mejor ubicación del apoyo desde el punto de vista ambiental.

En el caso de tener que realizar un nuevo replanteo a la hora de colocar el apoyo, se deberá notificar la modificación y marcar la nueva ubicación mediante un equipo topográfico tipo GPS con estación fija de referencia y unidad móvil de precisión centimétrica.

6.2. Accesos

En todos los caminos que vayan a ser utilizados para la ejección de la línea aérea, línea subterránea y subestación, se deberán llevar a cabo los siguientes puntos:

- Señalizar el acceso a cada lugar de las instalaciones mencionadas en el proyecto (apoyos, subestación, etc.) de manera que todos los vehículos realicen las entradas y salidas por un mismo lugar y utilizando las mismas rodadas.

- Alrededor de cada elemento o lugar de las instalaciones que se mencionan, se limitará el espacio de servidumbre a ocupar para realizar los trabajos y que nunca ocupará más espacio del estrictamente necesario.

- Causar el mínimo daño posible, aunque el camino propuesto por la propiedad sea de mayor desarrollo.

- Mantener cerradas en todo momento las cercas o cancelas de propiedades atravesadas, a fin de evitar movimientos de ganado no previstos.

- Podrá utilizarse material de aportación en el acondicionamiento de pasos para el acceso con camión a los apoyos, pero cuando no esté prevista una utilización posterior de estos pasos, se efectuará la restitución de la capa vegetal que previamente se habrá retirado.

6.3. Excavación

La excavación de los apoyos, cimentaciones de la subestación, línea subterránea, etc. se realizará mediante máquina retroexcavadora. En caso de que no sea posible el acceso de estas máquinas, se efectuará la excavación manual mediante herramientas manuales.

No se utilizarán explosivos, debido a la peligrosidad de manejo y a los efectos negativos que conllevan para el medioambiente.

Al realizar la excavación, la profundidad del hoyo será la medición teórica.

El Contratista se compromete a colocar y mantener las señalizaciones y protecciones necesarias, en todos los hoyos, para evitar la caída de personas o animales, asumiendo la responsabilidad civil o criminal en que pudiera incurrirse.

Serán entubados todos los hoyos que presenten o en que puedan presentarse desprendimientos, por seguridad de las personas, y para mantener el terreno con su cohesión natural. Si penetrase agua en los hoyos, ésta deberá ser evacuada inmediatamente antes del hormigonado.

Cuando se efectúen desplazamientos de tierras, la capa vegetal arable será separada de forma que pueda ser colocada después en su yacimiento primitivo, volviéndose a dar de ésta forma su estado de suelo cultivable. La ocupación de suelo será solamente lo previsto en las dimensiones de cimentación de cada apoyo.

El sobrante de la excavación se tratará de adaptar al terreno y, si no es posible, se retirará de forma total o parcial, siempre a un vertedero autorizado.

La apertura de hoyos deberá coordinarse con el hormigonado de tal forma que el tiempo entre ambas operaciones se reduzca tanto como la consistencia del terreno lo imponga. Si las causas atmosféricas o la falta de consistencia, lo aconsejaran, puede imponerse la apertura y hormigonado inmediato, hoyo a hoyo.

En ningún caso la excavación debe adelantarse al hormigonado en más de diez días naturales, para evitar que la meteorización provoque el derrumbamiento de los hoyos, pudiéndose paralizar los trabajos de excavación si los de hormigonado no avanzan adecuadamente.

6.4. Hormigonado

El hormigonado se realizará con hormigón de planta (resistencia característica de 150 kp/cm^2 a los 28 días, con una cantidad mínima de cemento por m^3 de 200 kg) mediante camión hormigonera. En los casos en los que no sea posible el acceso del mismo, el hormigón se realizará in situ a pie de hoyo.

El hormigonado se efectuará vertiendo el hormigón en masa directamente en la excavación y se realizarán con luz diurna.

6.5. Zanjas

Las dimensiones de las zanjas, así como los tipos de las mismas, quedan reflejadas en las secciones de los distintos tipos de zanjas que utilizaremos en la ejecución de esta obra y que se acompañan en el correspondiente apartado de Planos.

Se realizarán mediante máquina retroexcavadora y en caso de que no sea posible el acceso de estas máquinas, se efectuará la excavación manual mediante herramientas manuales.

Las tierras procedentes de la excavación se retirarán diariamente, ya que no se utilizarán para el relleno posterior.

Para la demolición de pavimentos se emplearán compresores insonorizados y cuando se trate de calzadas con morteros asfálticos u hormigones en masa se efectuará previamente un corte con disco.

Se tomarán, las medidas oportunas para no tapar los registros de los servicios colindantes con las zanjas, así como la protección de los árboles que hubiere.

Toda la zanja estará vallada a ambos lados de la misma con vallas metálicas sin solución de continuidad y con cuidado orden de alineación, para evitar caídas de personas o animales y se dispondrán las señalizaciones necesarias y de iluminación nocturna.

7. Medidas preventivas y correctoras

Se escogerá el trazado de la línea aérea, subterránea y ubicación de la subestación que produzca menos impacto ambiental.

Como medidas preventivas destacar:

- Elevación de apoyos en zonas que mantengan arbolado.
- Estudio de apoyos determinados, para intentar moverlos a zona más favorable.

- Utilización de carreteras ya existentes, y en caso de apertura de acceso se hará en zonas con poca pendiente.
- Todos los vehículos irán por la misma rodada, para evitar daños al suelo.
- Se colocarán plataformas móviles en el cruce de los cursos de agua de carácter permanente y en todos aquellos casos en que sea necesario.
- Si se detectase la existencia de algún resto arqueológico, se procederá a la paralización de la obra y a informar a la autoridad competente.
- Si fuese preceptivo se realizaría el montaje con pluma en aquellas zonas con presencia de vegetación autóctona a preservar.

Y como medidas correctoras:

- Se llevará a cabo la restauración de la vegetación que haya sido afectada.
- Se repararán los caminos que hayan sido construidos.
- Se colocarán salvapájaros siempre que sea necesario.
- Se llevará un seguimiento de la línea para ver si se producen colisiones.

8. Programa de vigilancia ambiental (PVA)

El programa de vigilancia ambiental establece un sistema que garantice el cumplimiento de las medidas preventivas y correctoras, las expresadas en este estudio de impacto ambiental, como las que vayan surgiendo a lo largo del proyecto y del tiempo.

La falta de inspección ambiental incrementa la probabilidad de que aumenten los impactos ambientales, teniendo en cuenta que la mayor parte de las actuaciones tendentes a minimizarlos son de tipo preventivo, debiéndolas asumir esencialmente quien está ejecutando los trabajos.

El objetivo del PVA consiste en definir el modo de seguimiento de las actuaciones y describir el tipo de informes, su frecuencia y su período de emisión.

El PVA tendrá, además, otras funciones adicionales, como permitir el control de la magnitud de ciertos impactos cuya predicción resulta difícil de realizar durante la fase de proyecto, así como la redacción de nuevas medidas correctoras, en el caso de que las ya aplicadas no sean suficientes.

9. Almacenamiento de materias primas peligrosas

9.1. Objeto

El objeto del aparatado es el de establecer las condiciones para el almacenamiento y gestión de las materias primas peligrosas, que deben cumplir las instalaciones eléctricas.

9.2. Tipos de materias primas peligrosas

Las materias primas peligrosas son aquellas cuya utilización, manipulación o almacenamiento presenta grave riesgo de afecciones y daños a personas, instalaciones o al medio ambiente.

Todas las materias primas utilizadas en los procesos de distribución y calificadas como peligrosas en la legislación vigente, serán:

- Gases comprimidos, licuados y disueltos a presión envasados en botellas (SF6, acetileno, dióxido de carbono, etc.).
- Productos petrolíferos (aceites y grasas).
- Productos químicos almacenados en sacos, garrafas, bidones y contenedores (disolventes, pinturas, etc.).

9.3. Almacenamiento

Se establecerán unos puntos de almacenamiento los cuales deberán ser cubiertos, limpios y bien iluminados, donde se conserven adecuadamente los materiales y que han de constar con los siguientes elementos:

- Cubeto de retención de posibles derrames.
- Separación entre sustancias incompatibles.

Las condiciones de almacenamiento deben cumplir:

- El almacenamiento de las materias primas peligrosas debe estar separado de los residuos.
- Todas las sustancias se han de almacenar de manera que puedan ser accesibles con facilidad, evitando lugares incómodos para no aumentar los riesgos en su manipulación y espaciándolas para facilitar su inspección.
- Se etiquetarán adecuadamente aquellos envases y contenedores que estuvieran incorrectamente etiquetados o sin etiqueta, indicando la clase de producto que contienen.
- No se abandonarán, verterán o realizarán depósitos incontrolados, de estas sustancias.
- El recinto de almacenamiento estará suficientemente ventilado.
- Si se cumple la fecha de caducidad de alguna sustancia, será considerada como residuo, aplicándole la normativa sobre la gestión de residuos peligrosos.
- Los botellones estarán apilados, agrupándolos de acuerdo a la sustancia que contengan y protegidos por una cadena o similar que evite su caída accidental.

9.4. Gestión de las materias primas peligrosas

Para la gestión de las materias primas peligrosas se tendrá en cuenta lo siguiente:

- Control sobre la caducidad del producto
- Prevención de fugas y derrames en las operaciones de carga, descarga y transferencia.
- Atención a las normas de seguridad establecidas, así como las especificaciones del fabricante para el uso de estas sustancias, disponiendo de los elementos adecuados para su control o neutralización en caso de derrame accidental.
- Hojas de seguridad y análisis del producto, obtenidas por el fabricante o proveedor y un análisis del producto (cuando corresponda) que podrá incluir los siguientes conceptos:
    - Condiciones de almacenamiento y conservación.
    - Dosis letal mínima.
    - Valores límites biológicos.
    - Índice de riesgo ambiental.
    - Fecha de caducidad del producto.

9.5. Inspección del almacén de materias primas peligrosas

El responsable del almacén realizará al menos una inspección semestral

La inspección se basa en realizar una serie de verificaciones que tienen como objeto identificar potenciales desvíos en la gestión de materiales peligrosos.

Ante la identificación de incumplimientos o propuestas de mejora, el responsable de almacén o la persona que él designe para realizar la verificación, deberá completar el registro de no conformidades y propuestas de mejora.

10. Generación, almacenamiento y eliminación de residuos peligrosos

10.1. Objeto

El objeto del apartado es definir el modo de realizar la gestión de residuos peligrosos generados en las instalaciones eléctricas.

La gestión de residuos está basada en la recogida, el almacenamiento, el transporte, la valorización y/o eliminación de los residuos, incluida la vigilancia de estas actividades, así como la vigilancia de los lugares de depósito o vertido después de su cierre. Para una mejor comprensión sobre la importancia de la gestión de residuos peligosos.

10.2. Ámbito de aplicación

Es de aplicación a todas las instalaciones de la empresa que generen y almacenen residuos peligrosos como son:

- Líneas de transporte y distribución
- Subestaciones y sentros de transformación
- Redes de baja tensión

10.3. Tipos de residuos

Los residuos peligrosos son aquellos que figuran en la lista de residuos peligrosos, así como los envases que los hayan contenido y los que hayan sido clasificados como peligrosos por la normativa comunitaria.

Los distintos residuos industriales peligrosos que se gestionan se definirán a continuación.

10.3.1. Aceites usados

Los aceites usados recogidos en las Subestaciones Transformadoras se almacenan en tanques o bidones debidamente etiquetados.

El responsable de gestión de aceites usados mantiene un registro con indicaciones relativas a la cantidad, calidad, origen, localización y fechas de entrega y recepción de los aceites usados retirados.

Se evitará la mezcla de aceite contaminado con PCB, aislándolo en su recipiente original y evitando la contaminación de tanques o bidones de mayor tamaño.

De forma periódica o cuando lo indiquen los servicios productores de los mismos, son recogidos por un gestor autorizado para su posterior destrucción o valorización.

Los aceites usados recogidos en las instalaciones de alta tensión son enviados a su correspondiente almacén de zona donde se disponen en los bidones o tanques según el método de retirada establecido en cada caso.

10.3.2. Disolventes usados

Se dispone para la recogida de disolventes usados, de bidones etiquetados adecuadamente para los disolventes halogenados y para los disolventes no halogenados.

Cuando lo requieren los servicios productores de los mismos son trasladados al Almacén de RPs, para su centralización y almacenamiento. Desde este punto son recogidos por un gestor autorizado para su posterior destrucción o valorización.

10.3.3. Trapos, papel, serrines, filtros y otros absorbentes contaminados con aceites y grasas

Los absorbentes generados son recogidos en bidones identificados como absorbentes en la etiqueta. Para la recogida puntual, se dispone de bidones que se encuentran distribuidos en los servicios productores de estos tipos de residuos.

Dichos residuos, de forma periódica o cuando lo indiquen los servicios productores de los mismos son trasladados al Almacén de RPs para su centralización y almacenamiento. Desde este punto son recogidos por un gestor autorizado para su posterior destrucción o valorización.

10.3.4. Productos químicos caducados

El silicagel con cobalto desechado, que se genera en subestaciones, es depositado en un contenedor apropiado que será remitido al almacén.

En los centros laborales y almacenes de zona pueden almacenarse, de forma esporádica, productos químicos caducados (productos limpieza, disolventes, grasas, etc.). Una vez detectados serán tratados como residuos peligrosos. Estos residuos serán transportados, dentro de sus envases originales, hasta el Almacén de RPs. Se almacenaran por separado en contenedores adecuados (bidones plásticos homologados) y serán recogidos por un gestor externo autorizado.

10.3.5. Transformadores y otros equipos usados que contengan aceite dieléctrico

Los transformadores, condensadores y otros equipos especiales con aceite son transportados hasta el almacén que le corresponda. Una vez allí se determina su utilidad (conservación, reparación o retirada)

Los transformadores y demás equipos considerados como desechables son almacenados por separado y en condiciones adecuadas en los correspondientes almacenes de zona.

Los transformadores de AT, debido al peso del equipo y al volumen de aceite que contienen, son recogidos directamente por el gestor en la subestación donde se encuentran instalados.

10.3.6. Residuos de instalaciones con SF6

Los residuos procedentes de instalaciones con SF6 (partículas recogidas) así como los elementos y materiales de seguridad utilizados en su manipulación, se disponen en contenedores plásticos, no inflamables con cierres de seguridad.

Los aparatos que los contenían son limpiados y enviados a gestor para su posterior reutilización o reciclaje.

Los interruptores o cabinas de SF6 selladas que se retiren de operación por fin de su vida útil, se trasladaran al almacén que les corresponda, para su retirada por el fabricante en el momento de realizar nuevos suministros.

En el gas retirado de las instalaciones de SF6 con recuperación o reposición, se recogerá en botellas identificando según su calidad la posibilidad de reutilización. En los casos que tengan la consideración de residuos peligrosos se identificarán como tales para su retirada.

10.3.7. Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEEs)

Los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos que contienen componentes peligrosos como interruptores de mercurio, vidrio de tubos catódicos, aparatos de aire acondicionado, etc. son depositados en contenedores adecuados y desde allí se envían a almacén de la zona para su posterior recogida por un gestor autorizado.

En caso de que el volumen lo justifique se podrá recoger directamente en el centro generador por el gestor autorizado.

En el caso de aparatos específicos, como contadores y otros equipos de tensión inferior a 1 kV, se trasladaran a los almacenes reguladores para que sean retirados por los fabricantes en el momento de la realización de un nuevo suministro, y considerando los acuerdos establecidos con cada uno de los suministradores.

10.4. Recogida selectiva y traslado de residuos

Los operarios de mantenimiento son los responsables de recoger en contenedores adecuados los residuos peligrosos por ellos generados y transportarlos directamente a los almacenes de residuos peligrosos.

Las pequeñas cantidades de aceite usado que se produzcan en las labores de mantenimiento, se recogen en un bidón destinado a tal efecto, hasta que el mismo este completo para su traslado al centro que corresponda. El mismo procedimiento se sigue para los disolventes y otros productos líquidos que se desechen.

Se procurara que la zona donde estén ubicados los puntos de recogida con los contenedores temporales este a cubierto, sobre suelo impermeable y que los contenedores que contengan líquidos se hallen situados sobre cubetos de recogida de posibles derrames.

Desde estos puntos de recogida, los residuos peligrosos, se envían a los almacenes de residuos peligrosos de cada zona. De forma general, serán los mismos servicios generadores de los residuos quienes trasladen los residuos al Almacén RP.

En algunos casos concretos, es el servicio de almacenes el encargado de trasladar, previa solicitud del servicio productor, los residuos hasta el correspondiente almacén. Se tomarán las medidas necesarias a fin de evitar el daño en los recipientes y embalajes. La carga siempre irá cubierta y se asegurará la misma con el fin de evitar movimientos o que pueda ser golpeada durante el transporte, en especial en recorridos de difícil acceso o en mal estado.

En caso de que sea necesario un transportista autorizado para traslado de residuos este será gestionado directamente desde el centro productor, evitando cualquier traslado con riesgo de incumplimiento de la normativa.

10.5. Almacenamiento

Los residuos permaneceran en el almacenamiento temporal, hasta la retirada definitiva por parte del gestor autorizado. En cualquier caso, los residuos no pueden permanecer almacenados por más de seis meses.

El almacén de residuos peligrosos debe estar separado del resto por un cerramiento y debidamente identificado.

El suelo será estanco, impermeable y con pendiente, con el fin de que si se produce algún derrame se pueda drenar el líquido vertido a un lugar seguro.

10.6. Registro de los residuos

El responsable del almacén de residuos peligrosos actualizará la Base de Datos de control de almacenamiento o libro de registro de residuos peligrosos cada vez que haya una entrada de nuevos residuos o que vayan a ser retirados por el gestor autorizado.

La base de datos consta de dos partes, una para registro de control del almacenamiento y otra para registro de los residuos peligrosos entregados a gestor (Libro de Registro):

- Registro de control del almacenamiento: deberá constar los siguientes apartados:

    - Almacén
    - Tipo de residuo
    - Tipo de embase
    - Cantidad de entrada, de salida y almacenada
    - Fecha de entrada, de salida y de límite legal de almacenamiento

- Registro de residuos peligrosos entregados al gestor: deberá constar los siguientes apartados:

    - Fecha de retirada
    - Centro productor de donde procede el residuo
    - Tipo de residuo
    - Cantidad retirada en kg
    - Nº de justificante de entrega o documento de control y seguimiento
    - Código de los residuos
    - Datos del gestor:
        - ✓ Nombre y apellidos
        - ✓ DNI
        - ✓ Nº de autorización
        - ✓ Matrícula del vehículo que ha efectuado la retirada (en el caso de utilizar un remolque aportar también la matrícula)

10.7. Envasado y etiquetado de los residuos peligrosos

Los envases que contengan residuos peligrosos estarán envasados de manera precintable y etiquetados de forma clara, legible e indeleble.

10.8. Retirada de los residuos peligrosos por el gestor autorizado

El responsable del almacén de residuos peligrosos supervisa la operación de carga, comprobando que:

- La carga se realiza exclusivamente con los envases que corresponden.
- La carga se realiza correctamente y siguiendo las normas de seguridad adecuadas.

Una vez finalizada la operación de carga, el responsable del almacén de residuos exigirá al gestor los justificantes de entrega de residuos, realizando las siguientes actuaciones:

- Recoger el albarán de entrega.
- Recoger el documento Justificante de Entrega, para los residuos que tienen como destino un centro de tratamiento o depósito intermedio de la Comunidad Autónoma.

El responsable del Almacén sellará y firmará la casilla correspondiente al residuo del Documento de Control de Recogida de Residuos Peligrosos.

Los justificantes de retirada deben estar cumplimentados en su totalidad, tanto los datos correspondientes al gestor como al productor. Si no fuera posible la cumplimentación del justificante por parte del gestor en el instante de la recepción de los residuos, por ejemplo, no se puede determinar el peso exacto de la partida, se exigirá el justificante de entrega sin el peso, indicando "pendiente de peso", y se mandará una copia del mismo junto con una copia del albarán al Responsable Territorial de Medio Ambiente y con posterioridad, el gestor enviará los datos que se añadirán al justificante correspondiente.

11. Consideración de impactos ambientales

11.1. Recursos empleados

Tanto los materiales de construcción como las materias utilizadas en la fabricación de los componentes del proyecto son habituales. No se utilizan en ningún caso materias primas raras o que por su extracción o producción generan una alteración grave del ecosistema.

En consecuencia, podemos valorar que desde el punto de vista de los materiales que se han empleado, el impacto puede catalogarse como poco significativo.

11.2. Impacto sobre la flora y la fauna

Como ya se apuntaba anteriormente en las características ambientales de la zona, se ha evitado las zonas boscosas presentes en la zona, desarrollándose el proyecto en zonas donde predomina el cultivo del olivar, sobre los cuales las alteraciones por este tipo de obras es mínimo, no causando daños irreversibles o una gran magnitud.

El impacto sobre la fauna es prácticamente nulo, salvo en los casos de grandes aves, donde se ha cumplido con lo que establece el RD 1432/2008, de 29 de agosto, por el que se establecen medidas para la protección de la avifauna contra la colisión y la electrocución en líneas eléctricas y subestaciones de alta tensión.

La valoración del impacto de este apartado es poco significativa.

11.3. Equilibrios ecológicos

Las líneas eléctricas, tanto aérea como subterránea, así como la subestación de intemperie de 132/66 kV, no afecta a ningún hábitat ecológico destacable, ya que en la zona en la que se va a desarrollar el proyecto, no existen hábitats ni ecosistemas que se vean afectados por el desarrollo del mismo, no generando en ningún caso una degradación, alteración grave o irreversible del entorno.

El impacto sobre los equilibrios ecológicos es nada significativo.

11.4. Paisaje

La alteración del paisaje es medio, por el emplazamiento escogido y por tratarse de una subestación y línea eléctrica de alta tensión, en la que se colocará un número elevado de unidades o equipos, y no se favorecerá el enmascaramiento con el entorno de la nueva instalación.

La realización de este proyecto no produce interferencias en la visualización de monumentos o paisajes naturales.

La valoración del impacto sobre el paisaje es significativa.

ANEXO 6: AVIFAUNA

1. Objeto

Se establece como objeto el cumplimiento del Decreto 178/2006, de 10 de octubre, por el que se establecen normas de protección de la avifauna para las instalaciones eléctricas de alta tensión, así como utilizar las medidas correctoras previstas establecidas en el Decreto 194/1990, de 19 de junio, que estableció una serie de medidas tendentes a eliminar, o al menos minimizar, los impactos negativos que las instalaciones de transformación, transporte y distribución de energía eléctrica tienen sobre la avifauna en el ámbito los espacios incluidos en el Inventario de Espacios Naturales Protegidos de Andalucía.

Por tanto, se redacta este anexo en el que se describen el resumen de las medidas y condiciones consideradas en el presente proyecto para la protección de la avifauna, con objeto de obtener la autorización administrativa del organismo competente para la construcción de las instalaciones que en él se detallan.

2. Emplazamiento

Como ya se ha comentado en el anexo 5, el proyecto se localiza entre el término municipal de Andújar y el término municipal de Jaén.

En la zona de Andújar se encuentra el Parque Natural Sierra de Andújar, pero el trazado de la línea aérea proyectada no afecta al entorno del parque ya que se encuentra fuera de los límites de éste.

Tambíen se ha comentado que parte del trazado se encuentra ubicado en la Campiña de Jaén, que a pesar de su alto valor ecológico, no está considerado como espacio protegido:

Las partes de la que se tratan en este proyecto, no están situadas en zona de especial protección para las aves o de especial conservación definidas en el artículo 2.1.d) de la Ley 2/1989, de 18 de julio de espacios protegidos de Andalucía.

Igualmente no se describen áreas de conservación de rapaces que puedan afectar al trazado del presente proyecto.

3. Medidas adoptadas

3.1. Antielectrocución

3.1.1. Apoyos de suspensión

Para obtener las distancias que no produzcan electrocución a las aves en los apoyos con aisladores verticales, el Decreto nos establece que entre el conductor y la zona de posada sobre la cruceta debe establecerse una distanciá de 0,75 m y entre conductores una distancia de 1,5 m.

Para hallar la distancia entre la zona de posada y el conductor se ha tomado la longitud de la cadena de suspensión más corta, que será de 1,538 m, en el caso más desfavorable de que un ave se posase por encima de la zona del asilador, en el conductor más elevado del apoyo, la distancia es mayor de la distancia de 0,75 m. En el caso de posarse un ave entre las crucetas, se ha tomado la distancia más corta obtenida en los apoyos de suspensión, siendo de 4 m. Tomando la longitud de su cadena, siendo la más larga de todos los aopoyos de suspensión, de 1,972 m, si un ave se posase entre ambos aisladores quedaría una distancia de 2.028 m, siendo la distancia mayor a la de 0,75 m.

Para hallar la distancia entre conductores, se tomará la distancia más corta, que como se ha comentado anteriormente será de 4m, la cual es mayor a la distancia de 1,5 m establecida.

Analizando los resultados, se puede ver que los valores obtenidos son superiores a los establecidos por el Decreto, por tanto no se deberá tomar ninguna medida correctora al respecto.

3.1.2. Apoyos de amarre, anclaje, principio y final de línea

En el caso de apoyos con aisladores horizontales, el Decreto nos establece que entre el conductor y la zona de posada sobre la cruceta debe establecerse una distanciá de 1 m.

Para hallar la distancia entre la zona de posada y el conductor se ha tomado la longitud de la cadena de amarre más corta, que será de 1,720 m, en el caso de posarse un ave en el extremo de la cruceta, estará a una distancia mayor de 1 m establecido por el Decreto, por tanto no se deberá tomar ninguna medida correctora al respecto.

3.2. Anticolisión

Al no encontrarse la línea aérea en una zona de migración de aves, no se precisan medidas correctoras para la protección de las aves.

ANEXO 7: ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

ÍNDICE

MEMORIA 743

1. Objeto 743

2. Datos del estudio de seguridad y salud 743

3. Datos de la obra 744

3.1. Descripción técnica del proyecto 744

3.2. Situación 744

3.3. Accesos y vallado 745

3.4. Interferencias y servicios afectados 745

3.5. Suministro de energía eléctrica 745

3.6. Suministro de agua potable 745

3.7. Vertido de aguas residuales 746

4. Análisis de riesgos y su prevención 746

4.1. Actividades en la obra 746

4.1.1. Excavación 746

4.1.2. Cimentación 748

4.1.3. Encofrado y desencofrado 749

4.1.4. Manipulación de cargas manualmente 750

4.1.5. Izado de cargas 752

4.1.6. Trabajos en altura 753

4.1.7. Albañilería 754

4.1.8. Electricidad 756

4.1.9. Fontanería 759

4.1.10. Acabados 760

4.2. Maquinaria pesada 761

4.2.1. Para el movimiento de tierras 761
4.2.2. Para la elevación 763
4.3. Máquinas herramientas manuales 765
4.3.1. Accionadas por motores de combustión 765
4.3.2. Neumáticas 766
4.3.3. Eléctricas 767
4.4. Elemento auxuliar: Escaleras 768
4.5. Relativos al entorno 770
5. Instalaciones provisionales 770
5.1. Eléctrica 770
5.2. Contra incendios 773
5.3. Aseos 773
5.4. Vestuarios 774
6. Medicina preventiva y asistencial 774
6.1. Reconocimientos médicos 774
6.2. Asistencia a accidentados 774
6.2.1. Centros asistenciales 774
6.2.2. Botiquín de primeros axilios 775
PLIEGO DE CONDICIONES 775
1. Legislación aplicable a la obra 775
2. Equipos de protección 776
2.1. Equipos de protección individual 777
2.2. Equipos de protección colectivos 777
3. Señalización de la obra 778
4. Seguridad en la obra 778

5. Plan de seguridad y salud 778

5.1. Obligaciones del contratista adjudicatario en materia de seguridad y salud 779

5.2. Formación e información a los trabajadores 779

5.3. Coordinador de seguridad y salud 780

5.4. Condiciones de seguridad de los medios auxiliares, máquinas y equipos 781

6. Subcontratación 782

7. Acciones a seguir en caso de accidente laboral 782

8. Seguro de responsabilidad civil y patronal 783

9. Libro de incidencias 784

PLANOS 784

PRESUPUESTO 794

1. Unidades de obra 794

2. Mediciones y presupuesto 797

3. Resumen del presupuesto 799

MEMORIA

1. Objeto

Este Estudio de Seguridad y Salud establece las medidas de Seguridad que deben adoptarse en los trabajos de obra civil y montaje electromecánico a realizar en la instalación. Facilitando la aplicación que la Dirección Facultativa debe realizar de tales medidas, conforme establece el R.D. 1627/97 por el que se establecen disposiciones mínimas de Seguridad en las Obras de Construcción. En estas normas se menciona que tiene carácter obligatorio el Estudio de Seguridad y Salud en las obras que tengan alguno de los siguientes supuestos:

- ✓ Que el presupuesto de ejecución de la obra por contrata sea igual o superior 450.759 €.
- ✓ Que la duración estimada de la obra sea superior a 30 días laborables, empleando en algún momento a más de 20 trabajadores.
- ✓ Que el volumen de mano de obra estimada, entendiendo por tal la suma de los días de trabajo del total de los trabajadores sea superior a 500.
- ✓ Que se trate de obras de túneles o galerías, conducciones subterráneas y presas.

En base a lo indicado en el párrafo anterior, se elabora el presente Estudio de Seguridad y Salud, que establece durante la realización de la obra, los medios y condiciones precisas para la prevención de riesgos de accidentes laborales y enfermedades profesionales.

El presente Estudio tiene carácter obligatorio y contractual para todas las empresas que participan en el desarrollo de la obra.

La empresa contratista quedará obligada a elaborar un Plan de seguridad y salud en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen, en función de su propio sistema de ejecución de la obra, las previsiones contenidas en este Estudio.

2. Datos del estudio de seguridad y salud

El Estudio de Seguridad y Salud está destinado al proyecto “Diseño de una línea aérea a132 kV y subestación 132/66 kV” y la redacción de éste recae sobre D. RAFAEL MARTÍNEZ ALBA.

3. Datos de la obra

3.1. Descripción técnica del proyecto

Se ralizará la construcción de una nueva línea eléctrica aérea de 132 kV, de doble circuito con conductor LA-180, para alimentar de manera subterránea a una subestación reductora tipo AIS de 132/66 kV.

En el apoyo fin de línea, donde se ralizará conversión aéreo-subterránea, irá equipado con los herrajes, terminales y autoválvulas.

El tramo subterráneo tendrá una longitud de 20 m. Estará compuesta por un conductor de sección de 630 mm^2 de aluminio con aislamiento XLPE, el cual irá entubado por un tubo corrugado.

El parque de 132 kV tendrá una configuración en interruptor, mientras que el parque de 66 kV tendrá una configuración en una barra y con tres salidas de alimentación.

Las unidades de obra más relevantes son:

- Excavación y hormigonado de apoyos.
- Armado e izado de los apoyos
- Tendido de conductores de fase y de tierra, y conexiónes
- Ejecución de obra civil para conductores subterráneos (zanjas, cámaras de empalme, etc.)
- Tendido de cables aislados y ejecución de empalmes y terminales.
- Conexiones de la parte aérea con la subterránea
- Montaje de la subestación eléctrica

La obra se ejecutará previsiblemente en 10 meses y se considerará una punta máxima de 12 trabajadores, con una media de 8 trabajadores en obra, aunque todas estas actividades podrán solaparse adecuadamente para reducir en lo posible el plazo total de ejecución de la obra, si bien corresponderá al Contratista la concreción de todas estas circunstancias a la vista del desarrollo real de las diversas actividades programadas, la climatología, las entregas de materiales, etc.

3.2. Situación

La línea aérea será proyetada entre los términos municipales de Andújar y Jaén, mientras que la línea subterránea y la subestación estarán situados en el término de Jaén. La ubicación y emplazamiento del proyecto se puede ver en el apartado de Planos.

3.3. Accesos y vallado

Con antelación al inicio de los trabajos, se dispondrá de un vallado perimetral provisional del recinto de obras, son el fin de evitar que cualquier persona ajena a la obra tenga fácil acceso a la misma.

Los accesos de materiales y para el personal, estarán debidamente señalizados y en dichos accesos, en sitio visible, se colocarán carteles prohibiendo la entrada a personas ajenas a la obra.

3.4. Interferencias y servicios afectados

Cuando en un mismo centro de trabajo desarrollen actividades trabajadores de dos o más empresas, éstas deberán cooperar en la aplicación de la normativa sobre prevención de riesgos laborales. A tal fin, establecerán los medios de coordinación que sean necesarios en cuanto a la protección y prevención de riesgos laborales y la información sobre los mismos a sus respectivos trabajadores, según los términos previstos en los artículos 18 y 24 de la Ley de Prevención de Riesgos, este último referente a Coordinación de actividades empresariales.

Antes de iniciar los trabajos, el contratista encargado de los mismos, deberá informarse de la existencia o situación de las diversas canalizaciones de servicios existentes, tales como electricidad, agua, gas, etc, así como su zona de influencia.

En caso de encontrarse con ellas, se deberán señalizar convenientemente, se protegerán con medios adecuados y, si fuese necesario, se deberá entrar en contacto con el responsable del servicio que afecte al área de los trabajos para decidir de común acuerdo las medidas preventivas a adoptar, o en caso extremo, solicitar la suspensión temporal del suministro del elemento en cuestión.

3.5. Suministro de energía eléctrica

La acometida eléctrica a las obras será realizada por cuenta de la propiedad, proporcionando un punto de enganche en el lugar de emplazamiento de las mismas.

No obstante, en caso excepcional en que se proyectara alguna instalación, se realizará cumpliendo con la reglamentación vigente que se aplique.

3.6. Suministro de agua potable

Se consultará a la propiedad sobre la posible conexión en el emplazamiento de la obra para suministro de agua. En caso de que el suministro no pueda realizarse, se dispondrán de los medios necesarios para abastecerse de manera externa antes del comienzo de la obra.

3.7. Vertido de aguas residuales

En caso de no existir red de alcantarillado, se dispondrá de una fosa séptica provisional con capacidad adecuada, desde el principio de las obras a la cual se conducirán las aguas sucias de los servicios higiénicos.

4. Análisis de riesgos y su prevención

Para el análisis de riesgos y medidas de prevención a adoptar, se dividirán las obras en una serie de trabajos por especialidades o unidades constructivas y se definirán una serie pautas, de equipos técnicos y de medios auxiliares necesarios para llevar a cabo la ejecución de las mismas.

De acuerdo con lo establecido en el R.D. 1627/97, en el presente Estudio de Seguridad y Salud es intención definir, además de los riesgos previsibles inherentes a la ejecución de la obra, los riesgos y sus correspondientes medidas correctoras a considerar en relación con los trabajos de reparación, conservación, entretenimiento y mantenimiento de las obras una vez terminadas y durante el posterior proceso de utilización.

Los riesgos que aparecen en las operaciones de mantenimiento y conservación son muy similares a los que aparecen durante el proceso constructivo.

4.1. Actividades en la obra

4.1.1. Excavación

Los riesgos asociados a esta actividad serán:

- Caídas al mismo nivel
- Caídas a distinto nivel
- Caída de objetos por desplome o derrumbamiento
- Caída de objetos en manipulación
- Caída de objetos desprendidos
- Pisadas sobre objetos
- Golpes por objetos o herramientas
- Proyección de fragmentos o partículas
- Atrapamiento por vuelco de máquinas o vehículos
- Choque contra objetos móviles
- Sobreesfuerzos
- Exposición al ruido
- Exposición a las altas temperaturas

Las medidas de prevención que se aplicarán serán las siguientes:

- Antes del inicio de los trabajos, se inspeccionará la zona de trabajo con el fin de detectar posibles grietas o movimientos del terreno.
- Durante el movimiento de tierras, se prohibirá trabajar o permanecer observando dentro del radio de acción del brazo de la máquina.
- Se adoptarán las precauciones necesarias para evitar derrumbamientos, según la naturaleza y condiciones del terreno.
- Cuando la profundidad de la zanja o excavación sea igual o superior a los 2 m, se protegerán los bordes de coronación mediante una barandilla reglamentaria situada a una distancia mínima de 2 m del borde y estarán correctamente señalizados para evitar caídas a distinto nivel del personal de obra.
- Deberán eliminarse los árboles y arbustos cuyas raíces hayan quedado al descubierto, mermando la estabilidad propia y del corte efectuado del terreno.
- Se prohibirá el acopio de tierras o de materiales a menos de 2 m del borde de la excavación para evitar sobrecargas y posibles vuelcos del terreno.
- Mientras se está realizando el vertido del hormigón, se vigilarán los encofrados y se reforzarán los puntos débiles. En caso de fallo, lo más recomendable es parar el vertido y no reanudarlo hasta que el comportamiento del encofrado sea el requerido.
- Las zonas de trabajo dispondrán de acceso fácil y seguro y se mantendrán, en todo momento, limpias y ordenadas tomándose las medidas necesarias para que el suelo no esté o no resulte peligroso.
- Si los trabajos requieren iluminación, se efectuará mediante torretas aisladas con toma de tierra en las que se instalarán proyectores de intemperie alimentados a través de un cuadro eléctrico general de la obra.
- Si los trabajos requieren iluminación portátil, ésta se realizará mediante lámparas a 24 V. Los portátiles estarán provistos de rejilla protectora, carcasa y mango aislados eléctricamente.
- La circulación de vehículos se realizará a un máximo de aproximación al borde de cimentación no superior a los 4 m.
- Las herramientas de mano se llevarán enganchadas con mosquetón, para evitar el riesgo de caídas de las mismas a otro nivel.
- Se prohíbe situar a los operarios detrás de los camiones hormigoneras durante el retroceso.
- Se instalará un cable de seguridad amarrado a puntos sólidos en el que enganchar el mosquetón del arnés de seguridad en los tajos de riesgo de caída en altura.
- No se apilarán materiales en zonas de tránsito, retirando los objetos que impidan el paso por las mismas.

Los equipos de protección individual (EPI) a utilizar serán:

- Casco de seguridad
- Gafas de protección

- Mascarillas de protección
- Guantes de trabajo
- Guantes de goma para el trabajo con el hormigón
- Botas de seguridad con puntera y plantilla reforzada en acero
- Protecciones auditivas
- Ropa de protección

4.1.2. Cimentación

Los riesgos asociados a esta actividad serán:

- Caídas al mismo nivel
- Caídas a distinto nivel
- Caída de objetos por desplome o derrumbamiento
- Caída de objetos en manipulación
- Caída de objetos desprendidos
- Pisadas sobre objetos
- Golpes por objetos o herramientas
- Proyección de fragmentos o partículas
- Atrapamiento por vuelco de máquinas o vehículos
- Choque contra objetos móviles
- Sobreesfuerzos
- Exposición al ruido
- Exposición a las altas temperaturas

Las medidas de prevención que se aplicarán serán las siguientes:

- Antes del inicio de los trabajos, se inspeccionará la zona de trabajo con el fin de detectar posibles grietas o movimientos del terreno.
- Se deberá revisar el estado de las zanjas a intervalos regulares en aquellos casos en los que puedan recibir empujes por proximidad de caminos transitados por vehículos y en especial si en la proximidad se establecen tajos con uso de martillos neumáticos, compactaciones por vibraciones o paso de maquinaria para el movimiento de tierras.
- Cuando la profundidad de la zanja o excavación sea igual o superior a los 2 m, se protegerán los bordes de coronación mediante una barandilla reglamentaria situada a una distancia mínima de 2 m del borde y estarán correctamente señalizados para evitar caídas a distinto nivel del personal de obra.
- Las zonas de trabajo dispondrán de acceso fácil y seguro y se mantendrán, en todo momento, limpias y ordenadas tomándose las medidas necesarias para que el suelo no esté o no resulte peligroso.

- Mientras se está realizando el vertido del hormigón, se vigilarán los encofrados y se reforzarán los puntos débiles. En caso de fallo, lo más recomendable es parar el vertido y no reanudarlo hasta que el comportamiento del encofrado sea el requerido.
- Si los trabajos requieren iluminación, se efectuará mediante torretas aisladas con toma de tierra en las que se instalarán proyectores de intemperie alimentados a través de un cuadro eléctrico general de la obra.
- Si los trabajos requieren iluminación portátil, ésta se realizará mediante lámparas a 24 V. Los portátiles estarán provistos de rejilla protectora, carcasa y mango aislados eléctricamente.
- La circulación de vehículos se realizará a un máximo de aproximación al borde de cimentación no superior a los 4 m.
- Se prohíbe situar a los operarios detrás de los camiones hormigoneras durante el retroceso.
- No se apilarán materiales en zonas de tránsito, retirando los objetos que impidan el paso por las mismas.

Los equipos de protección individual (EPI) a utilizar serán:

- Casco de seguridad
- Gafas de protección
- Mascarillas de protección
- Guantes de trabajo
- Guantes de goma para el trabajo con el hormigón
- Botas de seguridad con puntera y plantilla reforzada en acero
- Ropa de protección

4.1.3. Encofrado y desencofrado

Los riesgos asociados a esta actividad serán:

- Caídas al mismo nivel
- Caídas a distinto nivel
- Caída de objetos en manipulación
- Caída de objetos desprendidos
- Pisadas sobre objetos
- Golpes/cortes por objetos o herramientas
- Proyección de fragmentos o partículas
- Derrumbamientos

Las medidas de prevención que se aplicarán serán las siguientes:

- Los encofrados podrán ser de madera o metálicos, pero los apeos deberán hacerse con puntales metálicos, prohibiéndose los puntales de madera.
- Los encofrados sólo se podrán montar o desmontar bajo vigilancia, control y dirección de una persona competente.
- Los encofrados, los soportes temporales y los apuntalamientos deberán proyectarse, calcularse, montarse y mantenerse de manera que puedan soportar sin riesgo las cargas a que sean sometidas.
- El acopio de madera, tanto nueva como usada, así como de encofrados metálicos, deberá ocupar el menor espacio posible, estando debidamente clasificada y no estorbando en los accesos y zonas de paso.
- Se advertirá del riesgo de caída a distinto nivel al personal que deba caminar sobre el entablado.
- Se recomienda evitar pisar por los tableros excesivamente alabeados, que deberán desecharse de inmediato antes de su utilización.
- Se recomienda caminar apoyando los pies en dos tableros diferentes a la vez, es decir, sobre juntas.
- El desprendimiento de los tableros se ejecutará mediante uña metálica, realizando la operación desde una zona ya desencofrada.
- No se podrá dar por terminada la operación de desencofrar un tablón, mientras en el mismo sigan quedando clavos o puntas.
- Los clavos existentes en la madera ya usada, se sacarán inmediatamente después del desencofrado, retirando lo que pudiera haber quedado suelto por el suelo mediante barrido y apilado.
- Concluido el desencofrado, se apilarán los tableros ordenadamente para su transporte sobre las bateas emplintadas, sujetas con sogas atadas.
- Las herramientas de mano se llevarán enganchadas con mosquetón o se empleará una bolsa portaherramientas.
- Los puntales metálicos deformados se retirarán del uso sin intentar enderezarlos para su reutilización.

Los equipos de protección individual (EPI) a utilizar serán:

- Casco de seguridad
- Gafas de protección
- Mascarillas de protección
- Guantes de trabajo
- Botas de seguridad con puntera, plantilla reforzada en acero y suela antideslizante
- Ropa de protección

4.1.4. Manipulación de cargas manualmente

Los riesgos asociados a esta actividad serán:

- Caídas al mismo nivel
- Caídas a distinto nivel
- Caída de objetos en manipulación
- Pisadas sobre objetos
- Golpes/cortes por objetos o herramientas
- Choques contra objetos móviles/inmóviles
- Sobreesfuerzos
- Contactos eléctricos

Las medidas de prevención que se aplicarán serán las siguientes:

- Para levantar una carga hay que aproximarse a ella. El centro de gravedad del operario deberá estar lo más próximo que sea posible y por encima del centro de gravedad de la carga.
- El equilibrio es imprescindible para levantar una carga correctamente, sólo se consigue si los pies están bien situados.
- La técnica segura del levantamiento será:
    - Situar el peso cerca del cuerpo.
    - Mantener la espalda plana.
    - No doblar la espalda mientras levanta la carga.
    - Usar los músculos más fuertes, como son los de los brazos, piernas y muslos.

- Para sentir mejor un objeto al cogerlo, lo correcto es hacerlo con la palma de la mano y la base de los dedos. Para cumplir este principio y tratándose de objetos pesados, se puede, antes de cogerlos, prepararlos sobre calzos para facilitar la tarea de meter las manos y situarlas correctamente.
- Las cargas deberán levantarse manteniendo la columna vertebral recta y alineada.
- La torsión del tronco, sobre todo si se realiza mientras se levanta la carga, puede igualmente producir lesiones. En este caso, es preciso descomponer el movimiento en dos tiempos: primero levantar la carga y luego girar todo el cuerpo moviendo los pies a base de pequeños desplazamientos. O bien, antes de elevar la carga, orientarse correctamente en la dirección de marcha que luego tomaremos, para no tener que girar el cuerpo.
- Se utilizarán los músculos de las piernas para dar el primer impulso a la carga que vamos a levantar. Para ello flexionaremos las piernas, doblando las rodillas, sin llegar a sentarnos en los talones, pues entonces resulta difícil levantarse (el muslo y la pantorrilla deben formar un ángulo de más de 90º)
- Los músculos de las piernas deberán utilizarse también para empujar un vehículo, un objeto, etc.
- En la medida de lo posible, los brazos deberán trabajar a tracción simple, es decir, estirados. Los brazos deberán mantener suspendida la carga, pero no elevarla.
- La carga se llevará de forma que no impida ver lo que tenemos delante de nosotros y que estorbe lo menos posible al andar de forma natural.

- Para transportar una carga, ésta deberá mantenerse pegada al cuerpo, sujetándola con los brazos extendidos, no flexionados.
- La utilización del peso de nuestro propio cuerpo para realizar tareas de manutención manual permitirá reducir considerablemente el esfuerzo a realizar con las piernas y brazos. El peso del cuerpo puede ser utilizado:

    - Empujando para desplazar un móvil (carretilla por ejemplo), con los brazos extendidos y bloqueados para que nuestro peso se transmita íntegro al móvil.
    - Tirando de una caja o un bidón que se desea tumbar, para desequilibrarlo.
    - Resistiendo para frenar el descenso de una carga, sirviéndonos de nuestro cuerpo como contrapeso.

- Para depositar en un plano inferior algún objeto que se encuentre en un plano superior, se aprovechará su peso y nos limitaremos a frenar su caída.
- Para levantar una carga que luego va a ser depositada sobre el hombro, deberán encadenarse las operaciones, sin pararse, para aprovechar el impulso que hemos dado a la carga para despegarla del suelo.
- Se mantendrán libres de obstáculos y paquetes los espacios en los que se realiza la toma de cargas.
- El suelo se mantendrá limpio para evitar el riesgo de caídas al mismo nivel.
- Los recorridos, una vez cogida la carga, serán lo más cortos posibles.
- Nunca deberán tomarse las cajas o paquetes estando en situación inestable o desequilibrada, por lo que será conveniente preparar la carga antes de cogerla.
- Si los paquetes o cargas pesan más de 50 kg., aproximadamente, la operación de movimiento manual se realizará por dos operarios.
- En cada hora de trabajo deberá tomarse algún descanso o pausa.

Los equipos de protección individual (EPI) a utilizar serán:

- Casco de seguridad
- Guantes de trabajo
- Cinturón de banda ancha de cuero para las vértebras dorsolumbares
- Botas de seguridad con puntera reforzada en acero y suela antideslizante
- Ropa de protección

4.1.5. Izado de cargas

Los riesgos asociados a esta actividad serán:

- Caída de objetos en manipulación
- Choques contra objetos móviles/inmóviles

- Atrapamientos por/entre objetos
- Sobreesfuerzos

Las medidas de prevención que se aplicarán serán las siguientes:

- Los accesorios de elevación resistirán los esfuerzos a que estén sometidos durante el funcionamiento. Este requisito deberá cumplirse igualmente durante el transporte, montaje y desmontaje.
- Los accesorios de elevación deberán ser tales que resistan los fallos debidos a la fatiga o al desgaste y que puedan soportar sin deformación permanente o defecto visible las sobrecargas debidas a las pruebas estáticas.
- Los accesorios de elevación deberán elegirse teniendo en cuenta las condiciones ambientales de trabajo que el fabricante haya previsto, especialmente en lo que respecta a la corrosión, abrasión, choques, sensibilidad al frío y envejecimiento.
- En caso de observarse alguna anomalía en el accesorio de elevación deberá ser reemplazado.

Los equipos de protección individual (EPI) a utilizar serán:

- Casco de seguridad
- Guantes de trabajo
- Botas de seguridad con puntera reforzada en acero y suela antideslizante
- Ropa de protección

4.1.6. Trabajos en altura

Los riesgos asociados a esta actividad serán:

- Caídas al mismo nivel
- Caídas a distinto nivel
- Caída de objetos en manipulación
- Golpes/cortes por objetos o herramientas
- Choques contra objetos móviles/inmóviles

Las medidas de prevención que se aplicarán serán las siguientes:

- Los trabajos en altura no serán realizados por aquellas personas cuya condición física les cause vértigo o altere su sistema nervioso, padezcan ataques de epilepsia o sean susceptibles, por cualquier motivo, de desvanecimientos o alteraciones peligrosas.

- Todos los trabajadores deben de disponer, previo al inicio de los trabajos, de formación adecuada para realizar trabajos en altura y conocer los procedimientos específicos de seguridad para la realización de los trabajos.
- Se emplearán en todo momento los medios auxiliares (andamios, escaleras, etc.) adecuados para realizar este tipo de trabajos, los cuales cumplirán con lo estipulado en este Estudio de Seguridad.
- Los trabajos en altura sólo podrán efectuarse, en principio, con la ayuda de equipos concebidos para tal fin o utilizando dispositivos de protección colectiva, tales como barandillas, plataformas o redes de seguridad. Si por la naturaleza del trabajo ello no fuera posible, deberá disponerse de medios de acceso seguros y utilizarse cinturones de seguridad con anclaje u otros medios de protección equivalentes.
- Si por motivos de la localización de la zona de trabajo no se emplearan medios auxiliares, el trabajador deberá usar arnés de seguridad amarrado a algún punto fijo de la estructura.
- El acceso a los puestos de trabajo se efectuará por los accesos previstos, y no usando medios alternativos no seguros.
- Las barandillas serán resistentes, tendrán una altura mínima de 90 centímetros y dispondrán de un reborde de protección, un pasamanos y una protección intermedia que impidan el paso o deslizamiento de los trabajadores.
- La estabilidad y solidez de los elementos de soporte y el buen estado de los medios de protección deberán verificarse previamente a su uso, posteriormente de forma periódica y cada vez que sus condiciones de seguridad puedan resultar afectadas por una modificación, período de no utilización o cualquier otra circunstancia.
- No se comenzará un trabajo en altura si el material de seguridad no es idóneo, no está en buenas condiciones o sencillamente no se tiene.
- Nunca se deben improvisar las plataformas de trabajo, sino que se construirán de acuerdo con la normativa legal vigente.
- Al trabajar en lugares elevados no se arrojarán herramientas ni materiales. Se pasarán de mano en mano o se utilizará una cuerda o capazo para estos fines.
- En el caso de existir riesgo de caída de materiales a nivel inferior, se balizará, o si no es posible, se instalarán señales alertando del peligro en toda la zona afectada.
- Si por necesidad del trabajo hay que retirar momentáneamente alguna protección colectiva, debe reponerse antes de ausentarse.
- Las herramientas deben llevarse en bolsas adecuadas que impidan su caída fortuita y nos permitan utilizar las dos manos en los desplazamientos.
- Las plataformas de trabajo se mantendrán limpias y ordenadas, evitando sobrecargarlas en exceso.

4.1.7. Albañilería

Los riesgos asociados a esta actividad serán:

- Caídas al mismo nivel
- Caídas a distinto nivel

- Caída de objetos en manipulación
- Caída de objetos desprendidos
- Pisadas sobre objetos
- Golpes/cortes por objetos o herramientas
- Proyección de fragmentos o partículas
- Sobreesfuerzos
- Contactos eléctricos

Las medidas de prevención que se aplicarán serán las siguientes:

- Se comprobará al comienzo de cada jornada el estado de los medios auxiliares que van a ser utilizados en los trabajos.
- Las zonas de trabajo estarán convenientemente iluminados. De no ser así se instalarán fuentes de luz adicionales, con rejilla de protección y una tensión de alimentación de 24 V.
- Las operaciones de carga, descarga y traslado, ya sea manual o mecánicamente, se realizarán siguiendo las recomendaciones de los procedimientos de seguridad específicos que les sean de aplicación.
- Los medios auxiliares serán instalados siguiendo las recomendaciones de los procedimientos de seguridad específicos que les sean de aplicación.
- Se pondrá especial atención en la utilización de las herramientas cortantes. No obstante, se seguirán las recomendaciones de los procedimientos de seguridad específicos que les sean de aplicación.
- El lugar de trabajo se mantendrá ordenado, limpio y señalizado en todo momento, así como el lugar destinado al almacenamiento de materiales.
- Cuando se vaya a proceder a la colocación de peldaños o rodapiés en las escaleras, se acotarán los pisos inferiores de las zonas donde se esté trabajando, para evitar que circule nadie por lugares con riesgo de caída de objetos.
- Las máquinas herramientas seguirán las recomendaciones de los procedimientos de seguridad específicos que les sean de aplicación.

Los equipos de protección individual (EPI) a utilizar serán:

- Casco de seguridad
- Gafas de protección
- Mascarillas de protección
- Guantes de trabajo
- Guantes de goma
- Botas de seguridad con puntera, plantilla reforzada en acero y suela antideslizante
- Bolsa portaherramientas
- Ropa de trabajo

4.1.8. Electricidad

Los riesgos asociados a esta actividad serán:

- Caídas al mismo nivel
- Caídas a distinto nivel
- Contactos eléctricos directos e indirectos
- Electrocuciones
- Incendios

Las medidas de prevención que se aplicarán serán las siguientes:

- Todos los trabajos se realizarán según lo establecido en el Real Decreto 614/01, de 8 de Junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la seguridad y salud de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- Todas aquellas partes de una instalación eléctrica sobre la que vayan a realizarse trabajos, deberán disponer de un espacio adecuado de trabajo, de medios de acceso de iluminación.
- Los materiales inflamables deben mantenerse alejados de fuentes de arco eléctrico.
- Durante la realización de cualquier trabajo u operación, se colocará una señalización adecuada para llamar la atención sobre los riesgos más significativos.
- Si existen elementos en tensión cuyas zonas de peligro sean accesibles (no se han colocado pantallas, barreras envolventes o protectores aislantes), se deberá:

    - Delimitar la zona de trabajo respecto a las zonas de peligro mediante la colocación de obstáculos o gálibos cuando exista el menor riesgo de que puedan ser invadidas, aunque sea sólo de forma accidental. Esta señalización se colocará antes de iniciar los trabajos.
    - Informar a los trabajadores directa o indirectamente implicados, de los riesgos existentes, la situación de los elementos en tensión, los límites de la zona de trabajo y cuantas precauciones y medidas de seguridad deban adoptar para no invadir la zona de peligro, comunicándoles la necesidad de que ellos, a su vez, informen sobre cualquier circunstancia que muestre la insuficiencia de las medidas adoptadas.

- Los procedimientos de trabajos en tensión solo se llevarán a cabo una vez suprimidos los riesgos de incendio o explosión.
- Se debe asegurar que el trabajador se encuentra en una posición estable, para permitirle tener las dos manos libres.
- Los operarios utilizarán equipos de protección individual apropiados y no llevarán objetos metálicos, tales como anillos, relojes, cadenas, pulseras, etc.

- Los trabajos en lugares donde la comunicación sea difícil, por su orografía, confinamiento u otras circunstancias, deberán realizarse estando presentes, al menos, dos trabajadores con formación en materia de primeros auxilios.
- Para el trabajo en tensión se adoptarán medidas de protección para prevenir la descarga eléctrica y el cortocircuito. Se tendrán en cuenta todos los diferentes potenciales presentes en el entorno de la zona de trabajo.
- Las herramientas, equipos y materiales deben ser actos a las características eléctricas donde se esté efectuando el trabajo.
- Para los trabajos en el interior de edificios, las condiciones atmosféricas no se han de tener en cuenta a menos que exista riesgo de sobretensiones que provengan de instalaciones exteriores y siempre que la visibilidad en la zona de trabajo sea adecuada.
- Cuando las condiciones ambientales requieran la paralización del trabajo, el personal debe dejar la instalación y los dispositivos aislantes y aislados en posición segura. Los operarios deben también retirarse de la zona de trabajo de forma segura.
- Todo trabajo en las proximidades de líneas eléctricas o elementos en tensión será ordenado y dirigido por el jefe del trabajo, que será un trabajador cualificado, el cual será el responsable de que se cumplan las distancias de seguridad, y podrán ser realizados por trabajadores autorizados. Se define como trabajador autorizado aquella persona que ha sido autorizada por el empresario para realizar determinados trabajos con riesgo eléctrico, en base a su capacidad para hacerlos de forma correcta y se define como trabajador cualificado aquella persona que posee conocimientos especializados en materia de instalaciones eléctricas, debido a su formación acreditada, profesional o universitaria, o a su experiencia certificada de 2 o más años.
- Cuando se utilicen grúas o aparatos elevadores, se respetarán las distancias mínimas de seguridad, para evitar no sólo el contacto sino también la excesiva cercanía a líneas con tensión (según criterios del R.D. 614/2001, Anexo V, Trabajos en Proximidad). El personal que no opere estos equipos, permanecerá alejado de ellos.
- En trabajos en líneas, se colocarán tantos equipos de puesta a tierra y en cortocircuito como posibles fuentes de tensión confluyan en el lugar de trabajo, siendo estos equipos de Puesta a Tierra de características adecuadas a la tensión de la línea, según criterios del R.D. 614/2001.
- Es obligatorio el uso de equipos de protección adecuados al riesgo de cada trabajo, tales como: banquetas o alfombrillas aislantes, pértigas, guantes, casco, pantalla facial, herramienta aislada, así como cualquier otro elemento de protección, tanto individual como colectivo, homologado.
- Cuando en la proximidad de los trabajos haya partes activas, se aislarán convenientemente mediante vainas, capuchones, mantas aisladas, etc... en todos los conductores, incluido el neutro.
- Las distancias de seguridad para trabajar próximos a líneas eléctricas o elementos con tensión mantendrán las siguientes distancias de seguridad, quedando terminantemente prohibido realizar trabajos sin respetar estas distancias:

U_n	D_{PEL-1}	D_{PEL-2}	D_{PROX-1}	D_{PROX-2}
≤ 1	50	50	70	300
3	62	52	112	300
6	62	53	112	300
10	65	55	115	300
15	66	57	116	300
20	72	60	122	300
30	82	66	132	300
45	98	73	148	300
66	120	85	170	300
110	160	100	210	500
132	180	110	330	500
220	260	160	410	500
380	390	250	540	700

Nota: Las distancias para valores de tensión intermedios se calcularán por interpolación lineal.

En donde:

- U_n : Tensión nominal de la instalación (kV)
- D_{PEL-1}: Distancia hasta el límite exterior de la zona de peligro cuando exista el riesgo de sobretensión por rayo (cm)
- D_{PEL-2}: Distancia hasta el límite exterior de la zona de peligro cuando no exista el riesgo de sobretensión por rayo (cm)
- D_{PROX-1}: Distancia hasta el límite exterior de la zona de proximidad cuando resulte posible delimitar con precisión la zona de trabajo y controlar que ésta no se sobrepasa durante la realización del mismo (cm)
- D_{PROX-2}: Distancia hasta el límite exterior de la zona de proximidad cuando no resulte posible delimitar con precisión la zona de trabajo y controlar que ésta no se sobrepasa durante la realización del mismo (cm)

- El trabajador puede entrar, en la zona de proximidad sin entrar en la zona de peligro, bien sea con una parte de su cuerpo, herramientas, equipos, dispositivos o materiales que manipula.

Los equipos de protección individual (EPI) a utilizar serán:

- Casco de seguridad
- Guantes de trabajo
- Guantes eléctricos

- Pantalla de protección facial
- Arnés de seguridad
- Botas de seguridad con puntera reforzada en acero y suela antideslizante
- Ropa de protección

4.1.9. Fontanería

Los riesgos asociados a esta actividad serán:

- Caídas al mismo nivel
- Caídas a distinto nivel
- Caída de objetos en manipulación
- Caída de objetos desprendidos
- Pisadas sobre objetos
- Golpes/cortes por objetos o herramientas
- Proyección de fragmentos o partículas
- Sobreesfuerzos
- • Choque contra objetos móviles/inmóviles
- • Atrapamiento por vuelco de máquinas o vehículos
- • Exposición a ambientes pulvígenos

Las medidas de prevención que se aplicarán serán las siguientes:

- El transporte de tramos de tuberías a hombro por un solo hombre se realizará inclinando la carga hacia atrás, de tal forma que el extremo que va por delante supere la altura de un hombre, para evitar golpes y choques con objetos y con otros operarios.
- Se mantendrán limpios de cascotes y recortes los tajos de trabajo. Se limpiarán conforme se avance en los mismos, apilando el escombro para su posterior vertido por las trompas.
- Se prohíbe soldar con plomo en lugares cerrados. Siempre que se deba soldar con plomo se establecerá una corriente de ventilación de aire para evitar el riesgo inhalación de productos tóxicos.
- La iluminación eléctrica mediante portátiles se realizará mediante mecanismos estancos de seguridad, con mango aislante y rejilla de protección de la bombilla y una tensión de alimentación de 24 V.
- Para los trabajos de soldadura se seguirán las recomendaciones de seguridad de los procedimientos específicos.
- El transporte de aparatos sanitarios se efectuará a hombro, apartando cuidadosamente los aparatos rotos así como sus fragmentos.

Los equipos de protección individual (EPI) a utilizar serán:

- Casco de seguridad
- Gafas de protección
- Mascarillas de protección
- Guantes de trabajo
- Guantes de goma
- Botas de seguridad con puntera, plantilla reforzada en acero y suela antideslizante
- Bolsa portaherramientas
- Ropa de trabajo

4.1.10. Acabados

Los riesgos asociados a esta actividad serán:

- Caídas al mismo nivel
- Caídas a distinto nivel
- Caída de objetos en manipulación
- Caída de objetos desprendidos
- Pisadas sobre objetos
- Golpes/cortes por objetos o herramientas
- Proyección de fragmentos o partículas
- Sobreesfuerzos
- Contactos eléctricos

Las medidas de prevención que se aplicarán serán las siguientes:

- Se comprobará al comienzo de cada jornada el estado de los medios auxiliares que van a ser utilizados en los trabajos.
- Los vidrios de grandes dimensiones se montarán con ayuda de ventosas.
- En las operaciones de almacenamiento, transporte y colocación, los vidrios se mantendrán en posición vertical.
- La colocación y montaje de los vidrios se realizará desde la parte interior de las estructuras de los edificios.
- Los fragmentos de vidrio o recortes realizados se retirarán inmediatamente de las inmediaciones del lugar de trabajo, así como de las zonas de paso.
- Se tendrá siempre en cuenta que las pinturas pueden llevar compuestos molestos, tóxicos o inflamables.
- Cuando se pinte en el interior de espacios cerrados se dispondrá de una renovación del aire de los mismos, a la frecuencia que se determine con anterioridad al comienzo de los trabajos.
- Cuando se pinte a pistola se usarán gafas panorámicas estancas y antiempañantes y respiradores con filtro para gases orgánicos y prefiltro mecánico.

- Se prohibirá pintar y pulverizar en sitios donde pueden aparecer llamas, chispas o zonas muy calientes, sin disminuir previamente la carga de fuego existente en la zona.
- Se prohibirá fumar o comer en las estancias en las que se pinte con pinturas que contengan disolventes orgánicos o pigmentos tóxicos. Asimismo, será obligatorio lavarse bien con abundante agua y jabón antes de comer y fumar.
- Se prohibirá el uso de aire comprimido para la limpieza de ropas y de la piel.
- Se prohibirá el uso de oxígeno u otro gas para pulverizar líquidos inflamables y especialmente pintura.
- Cuando se vaya a proceder a la colocación de peldaños o rodapiés en las escaleras, se acotarán los pisos inferiores de las zonas donde se esté trabajando, para evitar que circule nadie por lugares con riesgo de caída de objetos.
- Las zonas de trabajo estarán convenientemente iluminados. De no ser así se instalarán fuentes de luz adicionales, con rejilla de protección y una tensión de alimentación de 24 V.
- Las operaciones de carga, descarga y traslado, ya sea manual o mecánicamente, se realizarán siguiendo las recomendaciones de los procedimientos de seguridad específicos que les sean de aplicación.
- Los medios auxiliares serán instalados siguiendo las recomendaciones de los procedimientos de seguridad específicos que les sean de aplicación.
- Se pondrá especial atención a la utilización de las herramientas cortantes. No obstante, se seguirán las recomendaciones de los procedimientos de seguridad específicos que les sean de aplicación.
- El lugar de trabajo se mantendrá limpio y señalizado, lo mismo que el destinado al corte de cristales, cerámica, etc y el lugar de almacenamiento de materiales.
- Las herramientas de corte se encontrarán en perfecto estado de mantenimiento.
- Las máquinas herramientas siguiendo las recomendaciones de los procedimientos de seguridad específicos que les sean de aplicación.

Los equipos de protección individual (EPI) a utilizar serán:

- Casco de seguridad
- Gafas de protección
- Guantes de trabajo
- Guantes anticorte
- Botas de seguridad con puntera, plantilla reforzada en acero y suela antideslizante
- Bolsa portaherramientas
- Ropa de trabajo

4.2. Maquinaria pesada

4.2.1. Para el movimiento de tierras

Los riesgos asociados a esta actividad serán:

- Caídas al mismo nivel
- Caídas a distinto nivel
- Caída de objetos en manipulación
- Choque/atropello contra objetos móviles/inmóviles
- Atrapamiento por vuelco de máquinas o vehículos
- Exposición a ambientes pulvígenos
- Contactos eléctricos

Las medidas de prevención que se aplicarán serán las siguientes:

- Todos los vehículos y toda maquinaria para movimiento de tierras y para manipulación de materiales deberán:

    - Estar bien proyectados y construidos, teniendo en cuenta, en la medida de lo posible, los principios de la ergonomía.
    - Estar equipados con extintor timbrado y con las revisiones al día, para caso de incendio.
    - Mantenerse en buen estado de funcionamiento.
    - Utilizarse correctamente.

- Los conductores y personal encargado de vehículos y maquinarias para movimiento de tierras y manipulación de materiales deberán recibir una formación especial.
- Se hará una comprobación periódica de los elementos de la máquina.
- La máquina sólo será utilizada por personal capacitado.
- No se trabajará con la máquina en situación de semiavería. Se reparará primero y después se reanudará el trabajo.
- No libere los frenos de la máquina en posición parada si antes no ha instalado los calzos de inmovilización de las ruedas.
- Antes de iniciar cada turno de trabajo, compruebe que funcionan todos los mandos correctamente.
- No olvide ajustar el asiento para que pueda alcanzar los controles sin dificultad.
- No se podrá fumar durante la carga de combustible ni se comprobará con llama el llenado del depósito.
- Se deberá desplazar a velocidades muy moderadas, especialmente en lugares de mayor riesgo, tales como pendientes, rampas, bordes de excavación, cimentaciones, etc.
- En la maniobra de marcha atrás, el operario conductor extremará las condiciones de seguridad. A su vez, la máquina estará dotada de señalización acústica, al menos, o luminosa y acústica cuando se mueva en este sentido.
- El inicio de las maniobras se señalizará y se realizarán con extrema precaución.

Los equipos de protección individual (EPI) a utilizar serán:

- Casco de seguridad
- Gafas de protección
- Guantes de trabajo
- Mascarilla de protección contra ambientes pulvígenos
- Botas de seguridad con puntera, plantilla reforzada en acero y suela antideslizante
- Ropa de trabajo

4.2.2. Para la elevación

Los riesgos asociados a esta actividad serán:

- Caídas al mismo nivel
- Caídas a distinto nivel
- Caída de objetos en manipulación
- Choque/atropello contra objetos móviles/inmóviles
- Atrapamiento por vuelco de máquinas o vehículos
- Contactos eléctricos

Las medidas de prevención que se aplicarán serán las siguientes:

- Todos los trabajos se deberán ajustar a las características de la grúa: carga máxima, longitud de pluma, carga en punta contrapeso. A tal fin, deberá existir un cartel suficientemente visible con las cargas máximas permitidas.
- El gancho de izado deberá disponer de limitador de ascenso, y dispondrá de pestillo de seguridad en perfecto estado.
- La armadura de la grúa deberá estar conectada a tierra.
- En caso de elevación de palets, se hará disponiendo de dos eslingas por debajo de la plataforma de madera. Nunca se utilizará el fleje del palet para colocar en él el gancho de la grúa.
- Está prohibido totalmente el transporte de personas en la grúa, así como arrastrar cargas, tirar de ellas en sesgo y arrancar las que estén enclavadas.
- El servicio de la grúa necesita además del maquinista, otros operarios que se encargan de enganchar y realizar las señales pertinentes para asegurar sutransporte en condiciones de seguridad. Estos últimos son el enganchador y el señalista, siendo frecuentemente ambos la misma persona. Las condiciones que deben cumplir estos operarios y su misión son los siguientes:

    - Maquinista: No podrá padecer defectos de sus capacidades audiovisuales, así como ningún defecto fisiológico que afecte al funcionamiento de la máquina a su cargo. Además, poseerá de una formación suficiente para realizar las tareas

específicas a su puesto de trabajo. asimismo, debe ser consciente de su responsabilidad, evitando sobrevolar la carga donde haya personas, manejando los mandos con movimientos suaves y vigilando constantemente la carga, dando señales de aviso en caso de observar anomalías. Antes de empezar la jornada diaria de trabajo, el maquinista verificará los siguientes puntos:

- ✓ Comprobar el funcionamiento de los frenos.
- ✓ Comprobar las partes sujetas al desgaste, como zapatas de freno, cojinetes y superficies de fricción de rodillos.
- ✓ Comprobar el funcionamiento de limitadores y contactores.
- ✓ Comprobar los topes, gancho y trinquetes.
- ✓ Comprobar los lastres y contrapesos.
- ✓ Comprobar la tensión de los cables cuando este arriostrada.

Una vez por semana, deberá hacer las siguientes revisiones:

- ✓ Comprobar el estado de los cables y atender a su mantenimiento, debiendo ser repuestos en cuanto se observe un hilo roto.
- ✓ Comprobar los niveles de aceite en las cajas reductoras y el engrase de todos sus elementos especialmente los de giro.
- ✓ Comprobar el estado de las eslingas, ondillas y aparejos de elevación general.

- Enganchador: Es el operario que hace el enganchado de la carga y se encargará de:

  - ✓ Comprobar el estado de las eslingas, ganchos y cadenas.
  - ✓ Cuidará que el amarre de las cargas sea correcto, observando que están bien repartidas y equilibradas.
  - ✓ Impedirá el acceso de personas al radio de acción de la grúa.
  - ✓ En caso de transporte de cargas lineales, tales como vigas y tablones, se utilizarán cuerdas para guiarlas en su traslado.

- Señalista: Cuando las cargas a transportar estén fuera del alcance de la vista del maquinista, existirán una o varias personas que, mediante un código de señales de maniobra, hagan las señales pertinentes para que las operaciones se hagan con la debida seguridad. Esta persona deberá cumplir las siguientes normas:

  - ✓ Dirigirá la elevación y transporte de las cargas, evitando que tropiecen con obstáculos.

- ✓ Se colocará de modo que pueda ver en todo momento la carga, y al mismo tiempo, que el gruista pueda verle a él y advertir sus señales.
- ✓ Impedirá que se encuentren personas en la vertical de la carga en todo su recorrido.
- ✓ Detendrá la operación cuando observe alguna anomalía.

Los equipos de protección individual (EPI) a utilizar serán:

- Casco de seguridad
- Guantes de trabajo
- Botas de seguridad con puntera, plantilla reforzada en acero y suela antideslizante
- Ropa de trabajo

4.3. Máquinas herramientas manuales

4.3.1. Accionadas por motores de combustión

Los riesgos asociados a esta actividad serán:

- Caídas al mismo nivel
- Caídas a distinto nivel
- Golpes/Cortes por objetos y herramientas
- Proyección de fragmentos/partículas
- Exposición al ruido
- Exposición a ambientes pulvígenos
- Atrapamientos por/entre objetos

Las medidas de prevención que se aplicarán serán las siguientes:

- Sólo pueden emplearse al aire libre o en locales perfectamente ventilados, al objeto de evitar la concentración de monóxido de carbono.
- Se deberá mantener siempre en buen estado las herramientas de combustión, limpiando periódicamente los conductos de combustión, boquillas y dispositivos de ignición o disparo, etc.
- El llenado del depósito de carburante deberá hacerse con el motor parado para evitar el riesgo de inflamación espontánea de los vapores de la gasolina.
- Dado el elevado nivel de ruido que producen los motores de explosión, es conveniente la utilización de protección auditiva cuando se manejen este tipo de máquinas.

Los equipos de protección individual (EPI) a utilizar serán:

- Casco de seguridad
- Guantes de trabajo
- Gafas de protección
- Mascarillas de protección
- Protecciones auditivas
- Botas de seguridad con puntera, plantilla reforzada en acero y suela antideslizante
- Ropa de trabajo

4.3.2. Neumáticas

Los riesgos asociados a esta actividad serán:

- Caídas al mismo nivel
- Caídas a distinto nivel
- Golpes/Cortes por objetos y herramientas
- Proyección de fragmentos/partículas
- Exposición al ruido
- Exposición a ambientes pulvígenos
- Atrapamientos por/entre objetos

Las medidas de prevención que se aplicarán serán las siguientes:

- Antes de la acometida del aires deberá realizarse:

  - ✓ La purga de las condiciones de aire.
  - ✓ La verificación del estado de los tubos flexibles y de los manguitos de empalme.
  - ✓ El examen de la situación de los tubos flexibles (que no existan bucles, codos, o dobleces que obstaculicen el paso del aire).

- Las mangueras de aire comprimido se deben situar de forma que no se tropiece con ellas ni puedan ser dañadas por vehículos.
- Los gatillos de funcionamiento de las herramientas portátiles accionadas por aire comprimido deben estar colocados de manera que reduzcan al mínimo la posibilidad de hacer funcionar accidentalmente la máquina.
- Las herramientas deben estar acopladas a las mangueras por medio de resortes, pinzas de seguridad o de otros dispositivos que impidan que dichas herramientas salten.
- No se debe usar la manguera de aire comprimido para limpiar el polvo de las ropas o para quitar las virutas.

- Al usar herramientas neumáticas siempre debe cerrarse la llave de aire de las mismas antes de abrir la de la manguera.
- Nunca debe doblarse la manguera para cortar el aire cuando se cambie la herramienta.
- Verificar las fugas de aire que puedan producirse por las juntas, acoplamientos defectuosos o roturas de mangueras o tubos.
- Aún cuando no trabaje la máquina neumática, no deja de tener peligro si está conectada a la manguera de aire.
- No debe apoyarse con todo el peso del cuerpo sobre la herramienta neumática, ya que puede deslizarse y caer contra la superficie que se está trabajando.
- Las condiciones a tener en cuenta después de la utilización serán:

    - ✓ Cerrar la válvula de alimentación del circuito de aire.
    - ✓ Abrir la llave de admisión de aire de la máquina, de forma que se purgue el circuito.
    - ✓ Desconectar la máquina.

Los equipos de protección individual (EPI) a utilizar serán:

- Casco de seguridad
- Guantes de trabajo
- Gafas de protección
- Mascarillas de protección
- Protecciones auditivas
- Botas de seguridad con puntera, plantilla reforzada en acero y suela antideslizante
- Ropa de trabajo

4.3.3. Eléctricas

Los riesgos asociados a esta actividad serán:

- Caídas al mismo nivel
- Caídas a distinto nivel
- Golpes/Cortes por objetos y herramientas
- Proyección de fragmentos/partículas
- Exposición al ruido
- Exposición a ambientes pulvígenos
- Atrapamientos por/entre objetos

Las medidas de prevención que se aplicarán serán las siguientes:

- Se comprobará periódicamente el estado de las protecciones, tales como cable de tierra no seccionado, fusibles, disyuntor, transformadores de seguridad, interruptor magnetotérmico de alta sensibilidad, doble aislamiento, etc.
- No se utilizará nunca herramienta portátil desprovista de enchufe y se revisarán periódicamente este extremo.
- No se arrastrarán los cables eléctricos de las herramientas portátiles, ni se dejarán tirados por el suelo. Se deberán revisar y rechazar los que tengan su aislamiento deteriorado.
- Se deberá comprobar que las aberturas de ventilación de las máquinas estén perfectamente despejadas.
- La desconexión nunca se hará mediante un tirón brusco.
- A pesar de la apariencia sencilla, todo operario que maneje estas herramientas debe estar adiestrado en su uso.
- Se desconectará la herramienta para cambiar de útil y se comprobará que está parada.
- No se utilizarán prendas holgadas que favorezcan los atrapamientos.
- Si se trabaja en locales húmedos, se adoptarán las medidas necesarias, guantes aislantes, taburetes de madera, transformador de seguridad, etc.
- Si el nivel sonoro es superiora los 80 decibelios, deberán adoptarse las recomendaciones establecidas en el R.D. 1316/1.989, de 27 de octubre, sobre medidas de protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de su exposición al ruido.

Los equipos de protección individual (EPI) a utilizar serán:

- Casco de seguridad
- Guantes de trabajo
- Gafas de protección
- Mascarillas de protección
- Protecciones auditivas
- Botas de seguridad con puntera, plantilla reforzada en acero y suela antideslizante
- Ropa de trabajo

4.4. Elemento auxuliar: Escaleras

Los riesgos asociados a esta actividad serán:

- Caídas al mismo nivel
- Caídas a distinto nivel
- Golpes/choques con objetos

Las medidas de prevención que se aplicarán serán las siguientes:

- Antes de utilizar una escalera manual es preciso asegurarse de su buen estado, rechazando aquéllas que no ofrezcan garantías de seguridad.
- Hay que comprobar que los largueros son de una sola pieza, sin empalmes, que no falta ningún peldaño, que no hay peldaños rotos o flojos o reemplazados por barras, ni clavos salientes.
- Todas las escaleras estarán provistas en sus extremos inferiores, de zapatas antideslizantes.
- No se usarán escaleras metálicas cuando se lleven a cabo trabajos en instalaciones en tensión.
- El transporte de una escalera ha de hacerse con precaución, para evitar golpear a otras personas, mirando bien por donde se pisa para no tropezar con obstáculos. La parte delantera de la escalera deberá de llevarse baja.
- Se prohíbe apoyar la base de las escaleras de mano sobre lugares u objetos poco firmes que puedan mermar la estabilidad de este medio auxiliar.
- Antes de iniciar la subida deberá comprobarse que las suelas del calzado no tienen barro, grasa, ni cualquier otra sustancia que pueda producir resbalones.
- El ascenso y descenso a través de la escalera de mano se efectuará frontalmente, es decir, mirando directamente hacia los largueros que se están utilizando.
- La escalera tendrá una longitud tal, que sobrepase 1 m por encima del punto o la superficie a donde se pretenda llegar. La longitud máxima de las escaleras manuales no podrá sobrepasar los 5 m. sin un apoyo intermedio, en cuyo caso podrá alcanzar la longitud de 7 m. Para alturas mayores se emplearán escaleras especiales.
- No se podrán empalmar dos escaleras sencillas.
- En la proximidad de puertas y pasillos, si es necesario el uso de una escalera, se hará teniendo la precaución de dejar la puerta abierta para que sea visible y además protegida para que no pueda recibir golpe alguno.
- No se pondrán escaleras por encima de mecanismos en movimiento o conductores eléctricos desnudos. Si es necesario, antes se deberá haber parado el mecanismo en movimiento o haber suprimido la energía del conductor.
- Las escaleras de mano simples se colocarán, en la medida de lo posible, formando un ángulo de 75º con la horizontal.
- Siempre que sea posible, se amarrará la escalera por su parte superior. En caso de no serlo, habrá una persona en la base de la escalera.
- Queda prohibida la utilización de la escalera por más de un operario a la vez.
- Si han de llevarse herramientas o cualquier otro objeto, deberán usarse bolsas portaherramientas o cajas colgadas del cuerpo, de forma que queden las manos libres para poder asirse a ella
- Para trabajar con seguridad y comodidad hay que colocarse en el escalón apropiado, de forma que la distancia del cuerpo al punto de trabajo sea suficiente y permita mantener el equilibrio. No se deberán ocupar nunca los últimos peldaños.

- Trabajando sobre una escalera no se tratarán de alcanzar puntos alejados que obliguen al operario a estirarse, con el consiguiente riesgo de caída. Se deberá desplazar la escalera tantas veces como sea necesario.
- Los trabajos a más de 3,5 m de altura desde el punto de operación al suelo, que requieran movimientos o esfuerzos peligrosos para la estabilidad del trabajador, solo se efectuarán si se utiliza cinturón de seguridad o se adoptan medidas de protección alternativas.
- Se prohíbe el transporte y manipulación de cargas por o desde escaleras de mano cuando por su peso o dimensiones puedan comprometer la seguridad del trabajador.
- Las escaleras de mano deberán mantenerse en perfecto estado de conservación, revisándolas periódicamente y retirando de servicio aquéllas que no estén en condiciones.
- Cuando no se usen, las escaleras deberán almacenarse cuidadosamente y no dejarlas abandonadas sobre el suelo, en lugares húmedos, etc.

4.5. Relativos al entorno

Como riesgo en los trabajos relativos al entorno se destaca los cruzamientos con carreteras.

Si durante la ejecución de estos cruzamientos es necesaria la adopción de medidas de seguridad especiales, se deben desarrollar en el plan de seguridad y salud que desarrolle el contratista.

Respecto a los riesgos debidos a la orografía del terreno, se establece la necesidad de que los trabajadores nunca se encuentren solos en la ejecución de los trabajos, así como que dispongan de algún medio de comunicación efectivo para pedir auxilio en los casos necesarios. Por cada grupo de trabajo existirá una persona con formación en primeros auxilios.

5. Instalaciones provisionales

5.1. Eléctrica

Se procederá al montaje de la instalación provisional eléctrica de la obra desde el punto de toma fijado por la propiedad.

La acometida será preferiblemente subterránea, disponiendo de un armario de protección en módulos normalizados, dotados de contadores en energía activa y reactiva, si así se requiriese.

Se pondrá el cuadro general de mando y protección, dotado de seccionador general de corte automático, interruptor omnipolar y protección contra faltas a tierra, sobrecargas y cortocircuito, mediante interruptores magnetotérmicos y relé diferencial de 300 mA de sensibilidad.

Además en los cuadros parciales se pondrán diferenciales de 30 mA. El cuadro estará constituido de manera que impida el contacto con los elementos en tensión.

Del cuadro general saldrán los distintos circuitos para alimentación de los cuadros secundarios donde se conectarán las herramientas portátiles de los zaonas de tranajo. Estos cuadros serán de instalación móvil, según necesidades de obra y cumplirán las condiciones exigidas para instalaciones a la intemperie, estandocolocados estratégicamente con el fin de disminuir en lo posible la longitud y el número de líneas.

Los riesgos asociados a esta actividad serán:

- Caídas al mismo nivel
- Caídas a distinto nivel
- Pisadas sobre objetos
- Golpes/Cortes por objetos y herramientas
- Contactos eléctricos

Las medidas de prevención que se aplicarán serán las siguientes:

- Solamente el personal capacitado podrá operar en los equipos eléctricos, sean cuadros de maniobra, de puesta en marcha de motores, etc.
- Los trabajadores antes de trabajar con un conductor eléctrico, cable o cualquier parte de la instalación, se deberá comprobar la ausencia de voltaje con los aparatos adecuados y se pondrán a tierra y en cortocircuito.
- El tramo aéreo entre el cuadro general de protección y los cuadros para máquinas será tensado con piezas especiales sobre apoyos; si los conductores no pueden soportar la tensión mecánica prevista, se emplearán cables fiadores con una resistencia de rotura de 800 kg, fijando a estos el conductor con abrazaderas.
- Los conductores, en caso de ir por el suelo, no serán pisados ni se colocarán materiales sobre ellos; al atravesar zonas de paso estarán protegidos adecuadamente.
- El tendido de los cables y mangueras se efectuará a una altura mínima de 2 m en los lugares peatonales y de 5 m en los de vehículos, medidos sobre el nivel del pavimento, como norma general.
- Las mangueras eléctricas, en su camino ascendente a través de la escalera, estarán agrupadas y ancladas a elementos firmes en la vertical.
- Se sustituirán inmediatamente las mangueras que presenten algún deterioro en la capa aislante de protección.
- Si es posible, se enterrarán los cables eléctricos en los pasos de vehículos, señalizando el paso del cable mediante una cubierta permanente de tablones. La profundidad mínima de la zanja será de 40 cm, y el cable irá además protegido en el interior de un tubo rígido.
- La distribución general desde el cuadro general de obra a los cuadros secundarios se efectuará mediante manguera antihumedad.
- Los empalmes entre mangueras se ejecutarán mediante conexiones normalizadas estancas.
- El trazado de las mangueras de suministro eléctrico no coincidirá con el de suministro provisional de agua.

- Los cuadros eléctricos serán metálicos de tipo para intemperie, con puerta y cerrojo de seguridad (con llave), según norma UNE 20.324, tendrán la carcasa conectada a tierra y poseerán adherida sobre la puerta una señal normalizada de riesgo eléctrico.
- Los cuadros eléctricos se colgarán de tableros de madera recibidos a los paramentos verticales o bien a pies derechos firmes. Si es necesario que sean móviles deberán ser autoportantes.
- Los interruptores se instalarán en el interior de cajas normalizadas, provistas de puerta de entrada con cerradura de seguridad y poseerán adherida sobre su puerta una señal normalizada de riesgo eléctrico.
- Las cajas de interruptores serán colgadas, bien de los paramentos verticales, bien de pies derechos estables.
- Las tomas de corriente de los cuadros se efectuarán de los cuadros de distribución, mediante clavijas normalizadas blindadas y siempre que sea posible con enclavamiento.
- Cada toma de corriente suministrará energía eléctrica a un solo aparato, máquina o máquina-herramienta.
- Las partes metálicas de todo equipo eléctrico dispondrán de toma de tierra.
- La toma de tierra se efectuará a través de la pica o placa de cada cuadro general.
- El punto de conexión de la pica estará protegido en el interior de una arqueta practicable.
- El hilo de toma de tierra siempre estará protegido con macarrón en colores amarillo y verde. Se prohíbe terminantemente utilizarlo para otros usos.
- Las tomas de tierra de cuadros eléctricos generales distintos, serán independientes eléctricamente.
- El neutro de la instalación estará puesto a tierra.
- La instalación de alumbrado general se realizarán para las instalaciones provisionales de obra, de primeros auxilios y casetas, estando protegida por interruptores automáticos magnetotérmicos.
- En la instalación de alumbrado estarán separados los circuitos de valla, acceso a zonas de trabajo, escaleras, almacenes, etc.
- Los aparatos portátiles que sea necesario emplear serán estancos al agua y estarán convenientemente aislados.
- Las derivaciones de conexión a máquinas se realizarán con terminales de presión, disponiendo las mismas de mando de marcha y parada.
- Estas conexiones, al ser portátiles, no estarán sometidas a tracción mecánica que origine su rotura.
- Las lámparas para alumbrado general y sus accesorios se situarán a una distancia mínima de 2,5 m del piso o suelo; las que se pueden alcanzar con facilidad estarán protegidas con una cubierta resistente.
- Existirá una señalización sencilla y clara a la vez, prohibiendo la entrada a personas no autorizadas a los locales donde esté instalado el equipo eléctrico, así como el manejo de aparatos eléctricos a personas no designadas para ello.
- Igualmente se darán instrucciones sobre las medidas a adoptar en caso de incendio o accidente de origen eléctrico.

Los equipos de protección individual (EPI) a utilizar serán:

- Casco de seguridad
- Guantes de trabajo
- Guantes aislantes
- Botas de seguridad con puntera, plantilla reforzada en acero y suela antideslizante
- Ropa de trabajo

5.2. Contra incendios

Las causas que propician la aparición de un incendio en una obra no son distintas de las que lo generan en otro lugar.

La existencia de una fuente de ignición (hogueras, trabajos de soldadura, conexiones eléctricas, cigarrillos, etc.), junto a una sustancia combustible (carburante para maquinaria, pinturas, etc.), puesto que el oxígeno está presente en todos los casos.

Por todo ello, se realizará una revisión y comprobación periódica de la instalación eléctrica provisional, así como el correcto acopio de sustancias combustibles con los envases perfectamente cerrados e identificados, a lo largo de la ejecución de la obra.

Los medios de extinción serán extintores portátiles de dióxido de carbono y/o de polvo seco. Los caminos de evacuación estarán libres de obstáculos, de aquí la importancia del orden y limpieza en todas las zonas de trabajo.

Todas estas medidas, han sido consideradas para que el personal extinga el fuego en la fase inicial, si es posible, o disminuya sus efectos hasta la llegada de los bomberos, los cuales, si es necesario, serán avisados inmediatamente.

Las medidas de prevención que se aplicarán serán las siguientes:

- Orden y limpieza separando los escombros del material combustible para su mejor control.
- Vigilancia y detección de posibles focos de incendio.
- Revisión periódica de extintores.
- Prohibición de fumar en lugares de mayor peligro de incendio.
- Señalización de las zonas de peligro de incendio.
- Cartel en sitio visible con el teléfono de bomberos.

5.3. Aseos

Por cada 10 trabajadores los aseos estarán equipados como mínimo por:

- 1 lavabo con espejo, agua corriente fría y caliente.
- 1 ducha con agua corriente fría y caliente.
- 1 inodoro con carga y descarga automática de agua, con papel higiénico
- Perchas y jaboneras.

5.4. Vestuarios

La sala destinada a los vestuarios estará lo suficientemente dimensionada para cubrir las necesidades previstas.

Cada módulo para 25 trabajadores estará equipado como mínimo con:

- 2 m^2 por cada trabajador.
- 1 taquilla metálica con cerradura y espejo, por cada trabajador.
- Bancos de madera

6. Medicina preventiva y asistencial

6.1. Reconocimientos médicos

Los trabajadores antes de su entrada en la obra deberán haber pasado un reconocimiento médico, siendo realizado anualmente.

Asimismo, cuando los trabajadores vayan a realizar tareas que entrañen riesgos especiales (por ejemplo trabajos en altura) deberán pasar un reconocimiento médico específico que les habilite para realizar dichas tareas.

El resultado de estos reconocimientos está clasificado acorde a los dos siguientes grupos:

- Apto para todo tipo de trabajo.
- Apto con ciertas limitaciones.

6.2. Asistencia a accidentados

6.2.1. Centros asistenciales

Para atención del personal en caso de accidente se contratarán los servicios asistenciales adecuados.

Se dispondrá en la obra, en sitio bien visible, una lista con los teléfonos y direcciones de los centros asignados.

6.2.2. Botiquín de primeros axilios

Se dispondrá un botiquín de primeros auxilios en obra, en el vestuario o en la oficina, el cual estará a cargo de una persona capacitada designada por la empresa, con medios necesarios para efectuar las curas de urgencia en caso de accidente.

Deberá contener:

- Agua oxigenada
- Alcohol de 96 grados
- Guantes esterilizados
- Betadine
- Mercromina o cristalmina
- Gasa estéril
- Algodón
- Esparadrapo antialérgico
- Vendas
- Torniquetes antihemorrágicos
- Apósitos adhesivos
- Analgésicos
- Paracetamol
- Jeringas con aguja desechable.
- Termómetro clínico

El material empleado se repondrá inmediatamente y al menos una vez al mes, se hará una revisión general del botiquín, desechando aquellos elementos que estén en mal estado o caducados.

La ubicación del botiquín debe estar suficientemente señalizada.

PLIEGO DE CONDICIONES

1. Legislación aplicable a la obra

- Ley 31/1995 de 8 de noviembre de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 39/1997, de 17 de Enero por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.
- Real Decreto 780/1998, de 30 de abril, por el que se modifica el Real Decreto 39/1997, de 17 de Enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.
- Real Decreto 1627/1997, de 24 de Octubre, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- Ley 8/1998, de 7 de Abril, sobre Infracciones y Sanciones en el Orden Social.

- Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación (R.D. 3275/1982) e Instrucciones Técnicas Complementarias.
- Reglamento de líneas eléctricas aéreas de alta tensión (R.D. 3151/68).
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (R.D. 842/2002 de 2 de agosto).
- Real Decreto 614/2001, de 8 de Junio, por el que se establecen las disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- Reglamento de seguridad en máquinas (R.D. 1495/86).
- Reglamento de Instalaciones de Protección contra incendios (R.D. 1.942/93).
- Real Decreto 786/2001, de 6 de Julio, por el que se aprueba el Reglamento de Seguridad contra incendios en los establecimientos industriales.
- Real Decreto 485/1997, de 14 de Abril, sobre Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Real Decreto 486/1997, de 14 de Abril, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Real Decreto 487/1997, de 14 de Abril, sobre Disposiciones mínimas relativas a la manipulación manual de cargas.
- Real Decreto 488/1997, de 14 de abril, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a trabajos con equipos que incluyen pantallas de visualización.
- Real Decreto 773/1997, de 30 de Mayo, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- Real Decreto 1316/1989, de 27 de Octubre, sobre protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de la exposición al ruido durante el trabajo.
- Real Decreto 1215/1997, de 18 de Julio, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de equipos de trabajo.
- Real Decreto 374/2001, de 6 de Abril, sobre protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos.
- Real Decreto 664/1997, de 12 de Mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo.
- Ley General de la Seguridad Social.

Y todas aquellas Normas o Reglamentos en vigor durante la ejecución de las obras que pudieran no coincidir con las vigentes en la fecha de redacción de este Estudio de Seguridad.

2. Equipos de protección

Los equipos de protección tanto individual como colectiva que se utilicen, deberán reunir los requisitos establecidos en las disposiciones legales o reglamentarias que les sean de aplicación y en particular relativos a su diseño, fabricación, uso y mantenimiento.

2.1. Equipos de protección individual

Se especifica como condición expresa que todos los equipos de protección individual utilizables en esta obra, tendrán la marca “CE”, según las normas de Equipos de Protección Individual.

Su utilización se realizará cumpliendo con el contenido del Real Decreto 773/1.997, de 30 de mayo: Utilización de equipos de protección individual.

Los equipos de protección individual que cumplan con la indicación expresada en el punto primero de este apartado, tienen autorizado su uso durante su período de vigencia.

Todo equipo de protección individual en uso que esté deteriorado o roto, será reemplazado de inmediato, quedando constancia en la oficina de obra del motivo del cambio y el nombre de la empresa y de la persona que recibe el nuevo equipo de protección individual, con el fin de dar la máxima seriedad posible a la utilización de estas protecciones.

Las variaciones de medición de los equipos de protección individual que puedan aparecer en cada plan de seguridad y salud que presenten los diversos contratistas, deberán justificarse técnicamente ante el Coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra. Si la justificación no es aceptada, el plan no podrá ser aprobado.

Se recuerda, que en aplicación de los Principios de Acción Preventiva de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, no puede ser sustituida una protección colectiva prevista en este Estudio de Seguridad y Salud por el uso de equipos de protección individual.

2.2. Equipos de protección colectivos

Las diversas protecciones colectivas a utilizar en la obra tendrán una calidad adecuada a las prestaciones exigidas, debiendo garantizar su eficacia mediante certificado del fabricante o bien por cálculos y ensayos justificativos realizados al efecto.

Las protecciones colectivas se ajustarán a lo dispuesto en las Disposiciones Legales y Reglamentos Vigentes.

Todos los elementos de protección colectiva, tendrán fijado un periodo de vida útil, desechándose al término del mismo.

Si por cualquier circunstancia, sea desgaste, uso o deterioro por acción mecánica, un elemento de protección colectiva sufriera algún deterioro, se repondrá de inmediato, haciendo caso omiso de su periodo de vida útil.

Los trabajadores serán debidamente instruidos respecto a la correcta utilización de los diferentes elementos de protección colectiva.

Las protecciones colectivas estarán disponibles en obra para su oportuna utilización en las respectivas zonas donde puedan ser necesitadas.

3. Señalización de la obra

Esta señalización cumplirá con lo contenido en el Real Decreto 485 /97 de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización y seguridad en el trabajo, que desarrolla los preceptos específicos sobre esta materia contenidos en la Ley 31/95 de 8 de noviembre de Prevención de Riesgos Laborales.

4. Seguridad en la obra

De acuerdo con lo establecido en la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales y en el Real Decreto 39/1997 por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, la empresa que ejecute el proyecto deberá contar con un Servicio de Prevención propio o contratado, o trabajador designado, que asesoren e impulsen las actividades y medidas preventivas recogidas en el Plan de Seguridad y Salud desarrollado en base a este Estudio de Seguridad.

La empresa adjudicataria nombrará a un responsable de Seguridad, que podrá coincidir o no con su jefatura de obra, que será quien la represente ante el Coordinador de Seguridad y Salud en la ejecución del proyecto y será el encargado de velar por el cumplimiento de todo lo estipulado en el Plan de Seguridad y Salud.

Dependiendo de la presencia del responsable de Seguridad en las obras y de acuerdo a lo que se establezca en el Plan de Seguridad, será necesario la designación de un Vigilante de Seguridad que lo represente, y el cual estará permanentemente en obra.

5. Plan de seguridad y salud

En aplicación del presente Estudio de Seguridad y Salud, cada contratista que intervenga en la obra, elaborará su correspondiente Plan de Seguridad y Salud, en el cual analizará y desarrollará las previsiones contenidas en el mismo en función de su propio sistema de ejecución de la obra.

El contratista incluirá en su Plan de Seguridad las propuestas y medidas alternativas de prevención que considere oportunas, indicando la correspondiente justificación técnica, si bien, no podrá implicar disminución de los niveles de protección previstos en el Estudio de Seguridad y Salud.

El Plan de Seguridad y Salud elaborado por el contratista, deberá ser aprobado, previamente al inicio de los trabajos, por el Coordinador de Seguridad y Salud en fase de ejecución.

Podrá ser modificado en función del proceso de ejecución de la obra, evolución de los trabajos o bien de las posibles incidencias que pudieran surgir durante el desarrollo de los trabajos. La modificación realizada deberá ser aprobada por el Coordinador de Seguridad y Salud en fase de ejecución.

Constituirá el elemento básico para identificar y evaluar los riesgos, de manera que permita planificar una acción preventiva.

Quienes intervengan en la ejecución de la obra, así como aquellas personas con responsabilidades en materia de prevención de riesgos laborales, representantes de los trabajadores, etc…, podrán presentar por escrito y de forma razonada las sugerencias y alternativas que estimen oportunas. A tal efecto, el Plan de Seguridad y Salud estará en la obra a disposición permanente de los mismos.

5.1. Obligaciones del contratista adjudicatario en materia de seguridad y salud

- Cumplir y hacer cumplir en la obra, todas las obligaciones exigidas por la legislación vigente del Estado Español y sus Comunidades Autónomas, referida a la seguridad y salud en el trabajo y concordantes, de aplicación a la obra.
- Elaborar en el menor plazo posible y siempre antes de comenzar la obra, un plan de seguridad cumpliendo con el R. D. 1.627/1.997 de 24 de octubre., que respetará el nivel de prevención definido en todos los documentos de este Estudio de Seguridad y Salud.
- Presentar el plan de seguridad para su aprobación por parte del Coordinador de seguridad y salud durante la ejecución de la obra, antes del comienzo de la misma, incluyendo todas las modificaciones y/o observaciones que éste pueda sugerirle.
- Formar e informar sobre el contenido del plan de seguridad y salud aprobado, a todos los trabajadores propios, subcontratistas y autónomos de la obra y hacerles cumplir con las medidas de prevención en él expresadas. Por parte de las subcontratas, se firmará un documento de adhesión al Plan de Seguridad de la contrata principal.
- Entregar a todos los trabajadores de la obra independientemente de su afiliación empresarial principal, subcontratada o autónoma, los equipos de protección individual definidos en el plan de seguridad y salud aprobado, para que puedan usarse de forma inmediata y eficaz.
- Cumplir fielmente con lo expresado en el pliego de condiciones particulares del plan de seguridad y salud aprobado, en el apartado: “acciones a seguir en caso de accidente laboral”.

5.2. Formación e información a los trabajadores

Cada contratista adjudicatario está legalmente obligado a formar en un método de trabajo correcto y seguro a todo el personal a su cargo, de tal forma que los trabajadores que realicen trabajos en

las obras deberán tener conocimiento de los riesgos propios de su actividad laboral, así como de las conductas a observar en determinadas maniobras, del uso correcto de las protecciones colectivas y de los equipos de protección individual necesarios.

Asimismo todos los trabajadores deberán conocer y estar informados sobre el Plan de Seguridad y Salud específico de la obra, como paso previo a su incorporación al trabajo.

El adjudicatario acreditará que el personal que aporte, posee la formación, la experiencia y el nivel profesional adecuado a los trabajos a realizar. Esta acreditación se indicará especialmente y de forma diferenciada con respecto al resto de los trabajadores, para los trabajadores autorizados y cualificados según criterios del R.D. 614/2001.

Los trabajos que se realicen en tensión y en lugares donde la comunicación sea difícil, por su orografía, confinamiento u otras circunstancias, deberán realizarse estando presentes, al menos, dos trabajadores con formación en materia de primeros auxilios, según criterios del R.D. 614/2001.

5.3. Coordinador de seguridad y salud

Cuando en la ejecución de la obra intervenga más de una empresa, o una empresa y trabajadores autónomos o diversos trabajadores autónomos, el promotor antes del inicio de los trabajos o tan pronto como se constate dicha circunstancia, designará a un Coordinador de seguridad y salud durante la ejecución de la obra.

El Coordinador de seguridad y salud durante la ejecución de la obra deberá desarrollar las siguientes funciones:

- Coordinar la aplicación de los principios generales de prevención y seguridad tomando las decisiones técnicas y de organización con el fin de planificar los distintos trabajos o fases de trabajo que vayan a desarrollarse simultáneamente o sucesivamente y estimar la duración requerida para la ejecución de estos distintos trabajos o fases de trabajo.
- Coordinar las actividades de la obra para garantizar que los contratistas y, en su caso, los subcontratistas y trabajadores autónomos apliquen de manera coherente y responsable los principios de la acción que se recogen en el artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales durante la ejecución de la obra.
- Aprobar el plan de seguridad y salud elaborado por el contratista y, en su caso, las modificaciones introducidas en el mismo. La Dirección Facultativa asumirá ésta función cuando no sea necesaria la designación de coordinador.
- Organizar la coordinación de actividades empresariales prevista en el artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
- Coordinar las acciones y funciones de control de la aplicación correcta de los métodos de trabajo.
- Adoptar las medidas necesarias para que sólo las personas autorizadas puedan acceder a la obra. La Dirección Facultativa asumirá esta función cuando no sea necesaria la designación de coordinador.

5.4. Condiciones de seguridad de los medios auxiliares, máquinas y equipos

De acuerdo con el art. 41 de la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales, los contratistas obtendrán de los fabricantes y proveedores todas las especificaciones técnicas, normas y material impreso que incluyan las correspondientes características técnicas de toda la maquinaria, equipos, herramientas, dispositivos y equipos de protección personal a utilizar en las obras.

La información facilitada por los fabricantes y proveedores deberá incluir:

- Instrucciones sobre los procedimientos para el funcionamiento y uso de máquinas, equipos, herramientas, dispositivos o equipos de protección individual.
- Procedimientos de mantenimiento y conservación de máquinas, equipos, herramientas, dispositivos o equipos de protección individual.

Los contratistas mantendrán en todo momento en la base de operaciones de su zona de obras copias de los manuales y especificaciones impresas (en adelante, la información técnica) especificadas en el párrafo anterior.

Todos los empleados de los contratistas recibirán información y formación sobre el contenido de los manuales técnicos pertinentes al trabajo que realizan.

Cada contratista facilitará a todos sus empleados el equipo de protección seguridad y salud mínimo recogido en las normas que anteceden. Asimismo, deberá mantener copias de dichas normas en la base de operaciones de la obra.

El encargado de la obra será el responsable de la recepción de la maquinaria y medios auxiliares, comprobando a su llegada a obra el buen estado de los mismos, con todos sus componentes y de acuerdo con lo solicitado, así como, verificará que cumple la legislación vigente en materia de seguridad y salud que le afecte.

Se prohíbe el montaje de los medios auxiliares, máquinas y equipos, de forma parcial; es decir, omitiendo el uso de alguno o varios de los componentes con los que se comercializan para su función.

El uso, montaje y conservación de los medios auxiliares, máquinas y equipos, se hará siguiendo estrictamente las condiciones de montaje y utilización segura, contenidas en el manual de uso editado por su fabricante.

Todos los medios auxiliares, máquinas y equipos a utilizar en la obra, tendrán incorporados sus propios dispositivos de seguridad exigibles por aplicación de la legislación vigente. Se prohíbe expresamente la introducción en el recinto de la obra, de medios auxiliares, máquinas y equipos que no cumplan la condición anterior.

Si el mercado de los medios auxiliares, máquinas y equipos, ofrece productos con la marca “CE”, cada contratista adjudicatario, en el momento de efectuar el estudio para presentación de la oferta

de ejecución de la obra, debe tenerlos presentes e intentar incluirlos, porque son por si mismos, más seguros que los que no la poseen.

6. Subcontratación

Sin previa autorización escrita de la empresa encargada del proyecto, ejecución de la obra y propietaria de la nueva instalación, el contratista no podrá ceder o traspasar a terceros obligaciones o derechos nacidos del pedido o contrato. Para la cesión, esta dará su conformidad a la selección del subcontratista.

El contratista será responsable único, ante la empresa propietaria, de la realización de la obra en su totalidad, independientemente de las responsabilidades que él pueda exigir a sus suministradores o subcontratistas.

7. Acciones a seguir en caso de accidente laboral

Cuando un trabajador de una empresa contratada conozca la existencia de un accidente, procurará el auxilio inmediato que esté a su alcance y lo comunicará, a la mayor brevedad posible a la asistencia médica más cercana o al Jefe de obra del contratista y/o a la Dirección Facultativa

El Jefe de obra tomará las medidas a su alcance para evitar daños mayores a las personas e instalaciones.

Cada contratista adjudicatario, en cumplimiento del Anexo IV, punto 14, del R.D.1.627/1.997, tendrá en cuenta los siguientes principios sobre primeros auxilios:

- El accidentado es lo primero. Se le atenderá de inmediato con el fin de evitar el agravamiento o progresión de las lesiones.
- En caso de caídas a distinto nivel y de accidentes de carácter eléctrico, se supondrá siempre, que pueden existir lesiones graves y en consecuencia, se extremarán las precauciones de atención primaria en la obra, aplicando las técnicas especiales para la inmovilización del accidentado hasta la llegada de la ambulancia y de reanimación en el caso de accidente eléctrico.
- En caso de gravedad manifiesta, se evacuará al herido en camilla y ambulancia; se evitarán en lo posible, según el buen criterio de las personas que atiendan primariamente al accidentado, la utilización de los transportes particulares, por lo que implican de riesgo e incomodidad para el accidentado.
- Comunicará, a través del Plan de seguridad y salud que elabore, el nombre y dirección del centro asistencial más próximo previsto para la asistencia sanitaria de los accidentados.

- Instalará carteles informativos en la obra que suministren a los trabajadores y resto de personas participantes en la obra, la información necesaria para conocer el centro asistencial, su dirección, teléfonos de contacto, mutua de accidentes concertada, etc.

Los accidentes serán notificados a la autoridad laboral en los plazos y términos requeridos por las normas oficiales en el plazo de 24 horas.

Esta comunicación se realizará a través de teléfono u otro medio análogo, con especificación de los siguientes datos:

- Razón social
- Domicilio
- Teléfono de empresa
- Nombre del trabajador accidentado
- Dirección del lugar del accidente
- Breve descripción del mismo.

8. Seguro de responsabilidad civil y patronal

La empresa contratista se responsabilizará de cumplir y hacer cumplir cuantas disposiciones legales relativas a seguridad y salud, medio ambiente y otras en general, les sean de aplicación en el desarrollo de las actividades contratadas.

El contratista concertará a sus expensas, y por la cantidad necesaria (mínimo 600.000 €), el seguro de Responsabilidad Civil que cubra los posibles daños a Iberinco, su personal e instalaciones, y a terceros, derivados de la realización de las obras contratadas, así como la responsabilidad legalmente exigible por los daños ocasionados por el error o negligencia en la gestión de la seguridad.

Igualmente, habrá de concertar el de Responsabilidad Civil Patronal (mínimo 150.000 € por víctima) que cubra a su propio personal y al de sus subcontratistas, comprometiéndose a ampliar el alcance de los mismos si en opinión de la oficina técnica del propietario, en este caso, lo decidiera preciso.

Los vehículos de propulsión mecánica autorizados a circular por vías públicas, estarán obligatoriamente asegurados, como mínimo, con la garantía de Responsabilidad Civil ilimitada durante su permanencia en el recinto de la obra. En caso de tratarse de camiones deberá contratarse una póliza que cubra la Responsabilidad Civil de la carga o en su defecto, deberá presentarse copia de la Póliza de responsabilidad civil general de la empresa propietaria del camión, en la que se garantice dicha cobertura.

9. Libro de incidencias

Para cada proyecto de obra existirá con fines de control y seguimiento del plan de seguridad y salud un libro de incidencias que constará de hojas por duplicado, habilitado al efecto.

Dicho libro será facilitado por el Colegio profesional al que pertenezca el técnico que haya aprobado el plan de seguridad y salud, tal y como se recoge en el Real Decreto 1.627/1.997 de 24 de octubre por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en la obras de construcción.

Deberá mantenerse siempre en la obra, y estará en poder del Coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra, o cuando no fuera necesaria la designación de coordinador, en poder de la Dirección Facultativa.

El coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra está legalmente obligado a tenerlo a disposición de: la Dirección Facultativa de la obra, encargado de seguridad, Comité de seguridad y salud, Inspección de Trabajo y Técnicos y Organismos de prevención de riesgos laborales de las Comunidades Autónomas.

Efectuada una anotación en el mismo, el Coordinador de seguridad (o Dirección Facultativa cuando no deba ser designado Coordinador), estará obligado a remitir, en el plazo de veinticuatro horas, una copia a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social de la provincia en que se realiza la obra.

PLANOS



DESIGNACIÓN

CARTEL GENÉRICO DE OBRA

PLANO Nº 1

TÍTULO Y SITUACIÓN

DISEÑO DE UNA LÍNEA AÉREA A 132 kV Y SUBESTACIÓN 132/66 kV
CARRETERA A-311, PTO KM 4 (JAÉN)

PROMOTOR

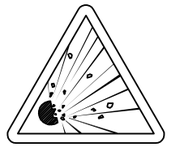
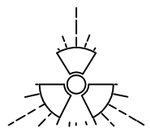
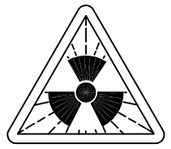
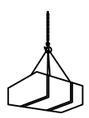
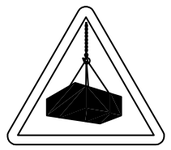
DPTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA DE LA UNIERSIDAD DE JAÉN

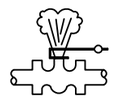
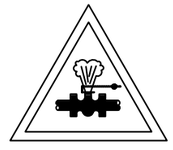
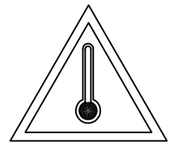
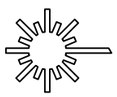
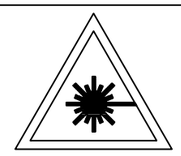
FIRMA

FECHA 05/07/19

AUTOR
MARTÍNEZ ALBA, RAFAEL
INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL EN ELECTRICIDAD
UNIVERSIDAD DE JAÉN - JAÉN

ESCALA S/E

SIGNIFICADO DE LA SEÑAL	SIMBOLO	COLORES			SEÑAL DE SEGURIDAD
		DEL SIMBOLO	DE SEGURIDAD	DE CONTRASTE	
RIESGO DE INCENDIO MATERIAS INFLAMABLES		NEGRO	AMARILLO	NEGRO	
RIESGO DE INCENDIO MATERIAS EXPLOSIVAS		NEGRO	AMARILLO	NEGRO	
RIESGO DE RADIACION MATERIAL RADIOACTIVO		NEGRO	AMARILLO	NEGRO	
RIESGO DE CARGAS SUSPENDIDAS		NEGRO	AMARILLO	NEGRO	
RIESGO DE INTOXICACION SUSTANCIAS TOXICAS		NEGRO	AMARILLO	NEGRO	
RIESGO DE CORROSION SUSTANCIAS CORROSIVAS		NEGRO	AMARILLO	NEGRO	

SIGNIFICADO DE LA SEÑAL	SIMBOLO	COLORES			SEÑAL DE ADVERTENCIA
		DEL SIMBOLO	DE SEGURIDAD	DE CONTRASTE	
CAIDAS AL MISMO NIVEL		NEGRO	AMARILLO	NEGRO	
ALTA PRESION		NEGRO	AMARILLO	NEGRO	
ALTA TEMPERATURA		NEGRO	AMARILLO	NEGRO	
BAJA TEMPERATURA		NEGRO	AMARILLO	NEGRO	
RADIACIONES LASER		NEGRO	AMARILLO	NEGRO	
CARRETILLAS DE MANUTENCION		NEGRO	AMARILLO	NEGRO	

Establecimiento de las dimensiones de una señal hasta una distancia de 50 metros:

$$S \geqslant \frac{L^2}{2000}$$

Siendo L la distancia en metros desde donde se puede ver la señal y S la superficie en metros de la señal.

DESIGNACIÓN

SEÑALES DE PELIGRO

PLANO Nº 2

TÍTULO Y SITUACIÓN

DISEÑO DE UNA LÍNEA AÉREA A 132 kV Y SUBESTACIÓN 132/66 kV
CARRETERA A-311, PTO KM 4 (JAÉN)

PROMOTOR

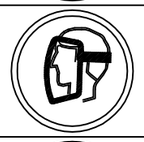
DPTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA DE LA UNIVERSIDAD DE JAÉN

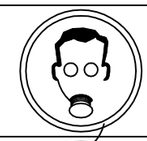
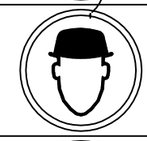
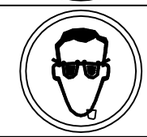
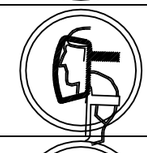
FIRMA

FECHA 05/07/19

AUTOR
MARTÍNEZ ALBA, RAFAEL
INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL EN ELECTRICIDAD
UNIVERSIDAD DE JAÉN - JAÉN

ESCALA S/E

SIGNIFICADO DE LA SEÑAL	SIMBOLO	COLORES			SEÑAL DE SEGURIDAD
		DEL SIMBOLO	DE SEGURIDAD	DE CONTRASTE	
USO OBLIGATORIO DE CINTUROS DE SEGURIDAD		BLANCO	AZUL	BLANCO	
USO OBLIGATORIO DE GAFAS O PANTALLA		BLANCO	AZUL	BLANCO	
OBLIGACION DE LAVARSE LAS MANOS		BLANCO	AZUL	BLANCO	
USO OBLIGATORIO DE CALZAADO ANTIESTATICO		BLANCO	AZUL	BLANCO	
EMPUJAR NO ARRASTRAR		BLANCO	AZUL	BLANCO	
USO OBLIGATORIO OBLIGATORIO DE PANTALLA		BLANCO	AZUL	BLANCO	
USO OBLIGATORIO DE PROTECTOR AJUSTABLE		BLANCO	AZUL	BLANCO	

SIGNIFICADO DE LA SE¥AL	SIMBOLO	COLORES			SE¥AL DE SEGURIDAD
		DEL SIMBOLO	DE SEGURIDAD	DE CONTRASTE	
PROTECCION OBLIGATORIA DE VIAS RESPIRATORIAS		BLANCO	AZUL	BLANCO	
PROTECCION OBLIGATORIA DE LA CABEZA		BLANCO	AZUL	BLANCO	
PROTECCION OBLIGATORIA DEL OIDO		BLANCO	AZUL	BLANCO	
PROTECCION OBLIGATORIA DE LA VISTA		BLANCO	AZUL	BLANCO	
PROTECCION OBLIGATORIA DE LAS MANOS		BLANCO	AZUL	BLANCO	
PROTECCION OBLIGATORIA DE LOS PIES		BLANCO	AZUL	BLANCO	
USO OBLIGATORIO OBLIGATORIO DE PANTALLA		BLANCO	AZUL	BLANCO	
USO OBLIGATORIO OBLIGATORIO DE PROTECTOR AJUSTABLE		BLANCO	AZUL	BLANCO	

Establecimiento de las dimensiones de una señal hasta una distancia de 50 metros:

$$S \geq \frac{l^2}{2000}$$

Siendo L la distancia en metros desde donde se puede ver la señal y S la superficie en metros de la señal

DESIGNACIÓN

SEÑALES DE OBLIGACIÓN

PLANO Nº

3

TÍTULO Y SITUACIÓN

DISEÑO DE UNA LÍNEA AÉREA A 132 kV Y SUBESTACIÓN 132/66 kV
CARRETERA A-311, PTO KM 4 (JAÉN)

PROMOTOR

DPTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA DE LA UNIVERSIDAD DE JAÉN

FIRMA

FECHA

05/07/19

AUTOR

MARTÍNEZ ALBA, RAFAEL
INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL EN ELECTRICIDAD
UNIVERSIDAD DE JAÉN - JAÉN

ESCALA

S/E



DESIGNACIÓN

PROTECCIONES INDIVIDUALES

PLANO Nº 4

TÍTULO Y SITUACIÓN

DISEÑO DE UNA LÍNEA AÉREA A 132 kV Y SUBESTACIÓN 132/66 kV
CARRETERA A-311, PTO KM 4 (JAÉN)

PROMOTOR

DPTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA DE LA UNIERSIDAD DE JAÉN

FIRMA

FECHA 05/07/19

AUTOR
MARTÍNEZ ALBA, RAFAEL
INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL EN ELECTRICIDAD
UNIVERSIDAD DE JAÉN - JAÉN

ESCALA S/E

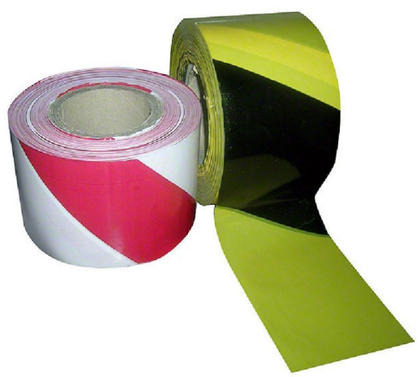


h 110 cm

VALLA AUTÓNOMA NORMALIZADA DE PVC



CONO REFLECTANTE



CINTA DE BALIZAMIENTO



LÁMPARA INTERMITENTE

DESIGNACIÓN
PROTECCIONES COLECTIVAS

PLANO Nº
5

TÍTULO Y SITUACIÓN
DISEÑO DE UNA LÍNEA AÉREA A 132 kV Y SUBESTACIÓN 132/66 kV
CARRETERA A-311, PTO KM 4 (JAÉN)

PROMOTOR
DPTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA DE LA UNIVERSIDAD DE JAÉN

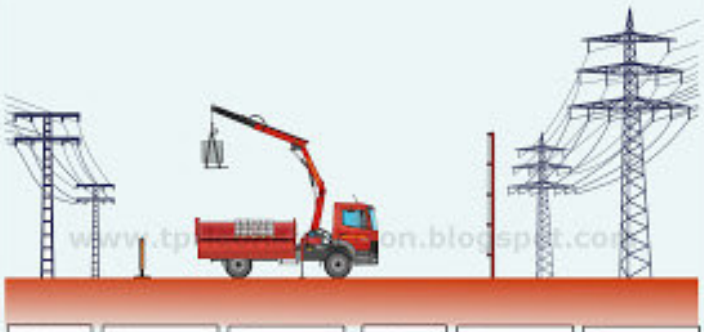
FIRMA

FECHA
05/07/19

AUTOR
MARTÍNEZ ALBA, RAFAEL
INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL EN ELECTRICIDAD
UNIVERSIDAD DE JAÉN - JAÉN

ESCALA
S/E

Distancias limite de las zonas de trabajo (Real Decreto 614/2001)



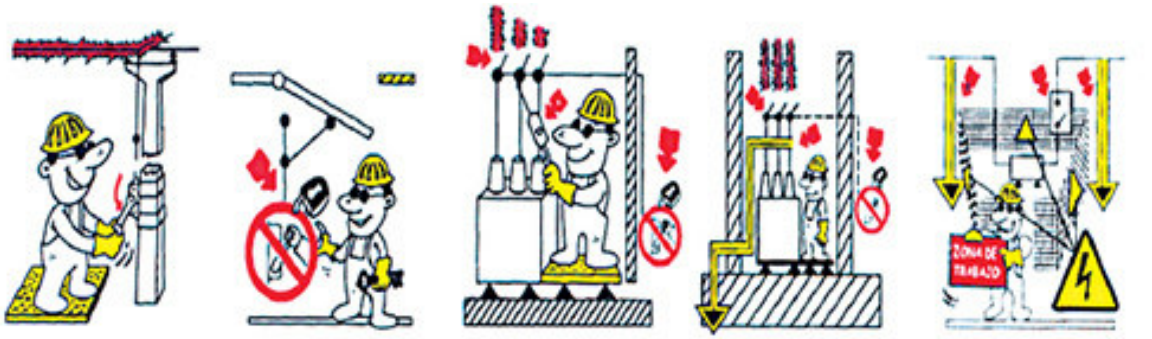
U_n (kV)	D_{PROX-1} (cm)	D_{PROX-2} (cm)	U_n (kV)	D_{PROX-1} (cm)	D_{PROX-2} (cm)
≤ 1	70	300	45	148	300
3	112	300	66	170	300
6	112	300	110	210	500
10	115	300	132	330	500
15	116	300	220	410	500
20	122	300	380	540	700
30	132	300			

U_n = Tensión nominal de la instalación (kV)

D_{PROX-1} = distancia hasta el límite esterior de la zona de proximidad cuando resulte posible delimitar con precisión la zona de trabajo y controlar que esta no se sobrepasa durante la realización del mismo (cm)

D_{PROX-2} = distancia hasta el límite exterior de la zona de proximidad cuando no resulte posible delimitar con precisión la zona de trabajo y controlar que ésta no se sobrepasa durante la realización del mismo (cm)

LAS 5 REGLAS DE ORO



1. Desconectar
2. Prevenir cualquier posible realimentación
3. Verificar la ausencia de tensión
4. Poner a tierra y en cortocircuito
5. Proteger frente a elementos en tensión y señalizar la zona

DESIGNACIÓN

DISTANCIAS DE SEGURIDAD EN ZONAS DE TENSIÓN

PLANO Nº 6

TÍTULO Y SITUACIÓN

DISEÑO DE UNA LÍNEA AÉREA A 132 kV Y SUBESTACIÓN 132/66 kV
CARRETERA A-311, PTO KM 4 (JAÉN)

PROMOTOR

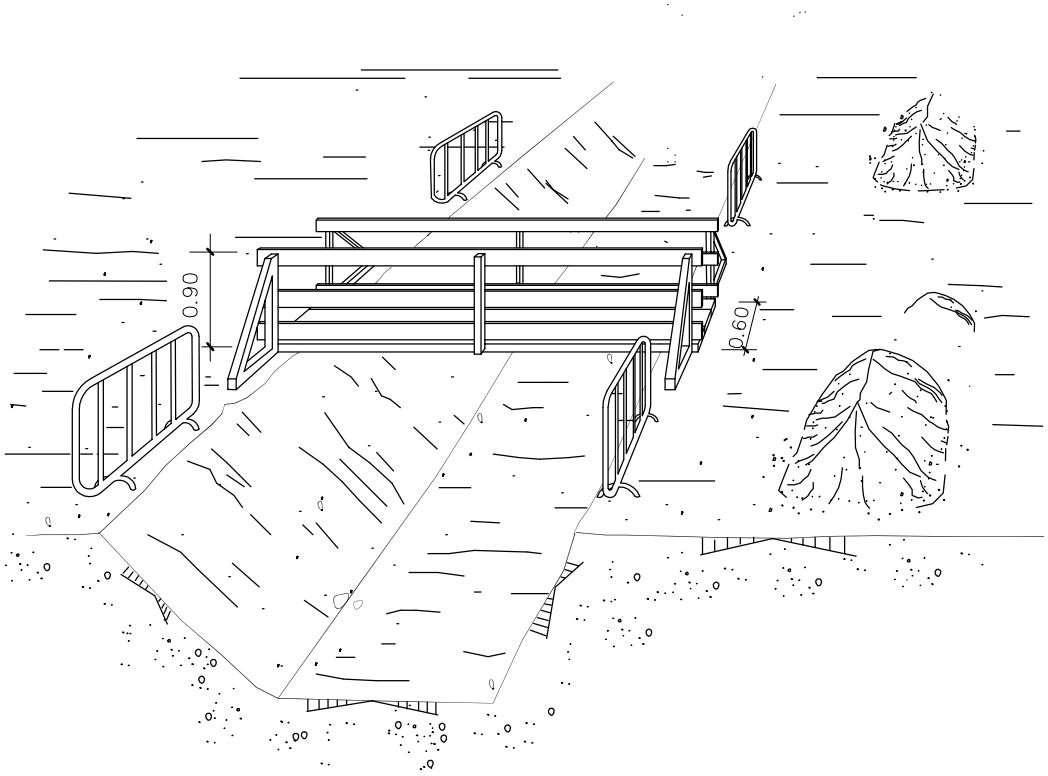
DPTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA DE LA UNIVERSIDAD DE JAÉN

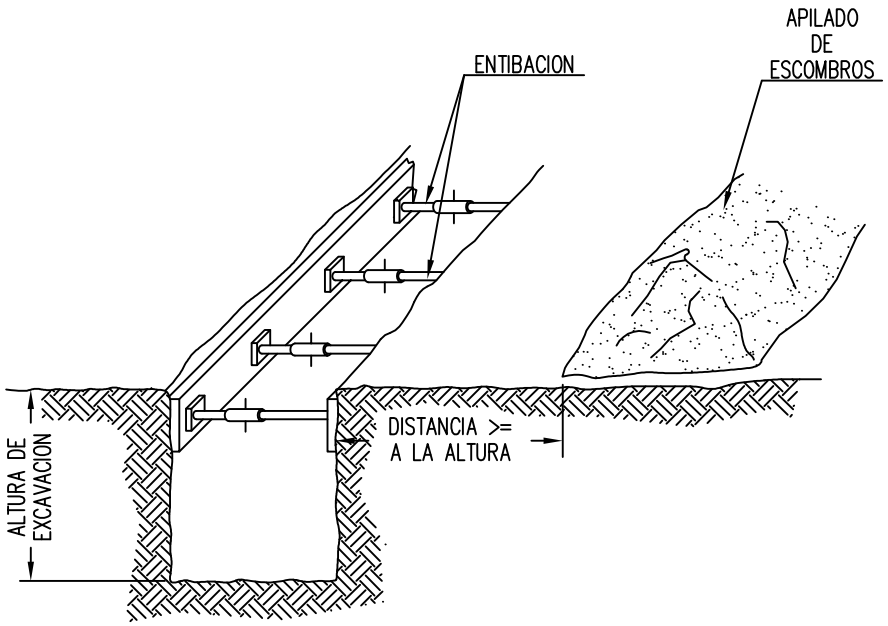
FIRMA

FECHA 05/07/19

AUTOR
MARTÍNEZ ALBA, RAFAEL
INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL EN ELECTRICIDAD
UNIVERSIDAD DE JAÉN - JAÉN

ESCALA S/E





DESIGNACIÓN

SEGURIDAD EN ZANJAS

PLANO Nº

7

TÍTULO Y SITUACIÓN

DISEÑO DE UNA LÍNEA AÉREA A 132 kV Y SUBESTACIÓN 132/66 kV
CARRETERA A-311, PTO KM 4 (JAÉN)

PROMOTOR

DPTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA DE LA UNIVERSIDAD DE JAÉN

FIRMA

FECHA

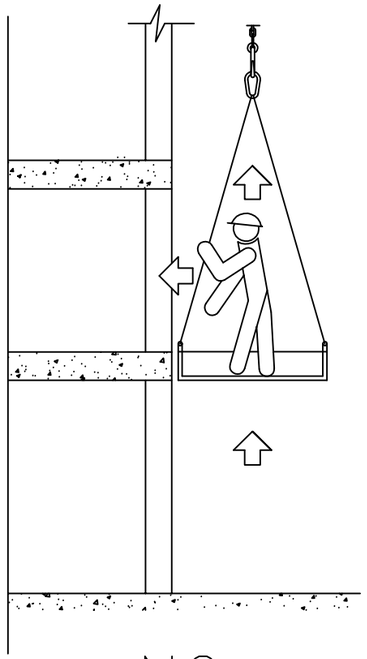
05/07/19

AUTOR

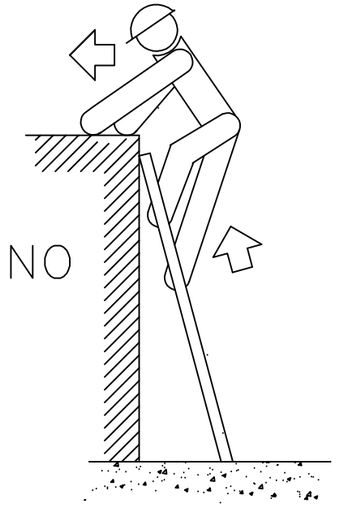
MARTÍNEZ ALBA, RAFAEL
INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL EN ELECTRICIDAD
UNIVERSIDAD DE JAÉN - JAÉN

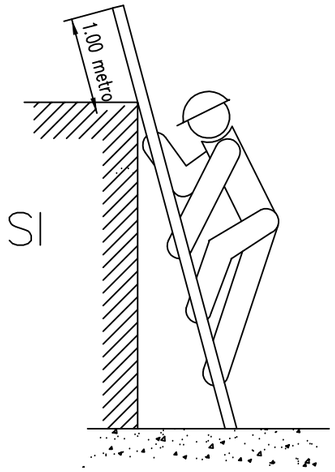
ESCALA

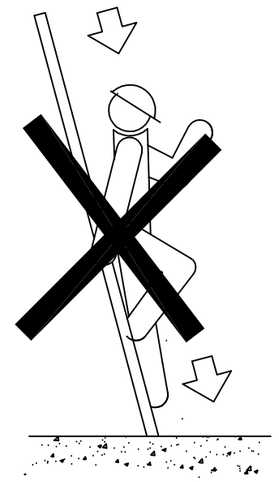
S/E

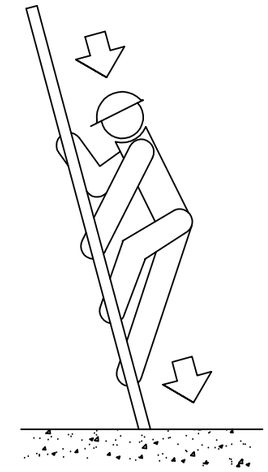


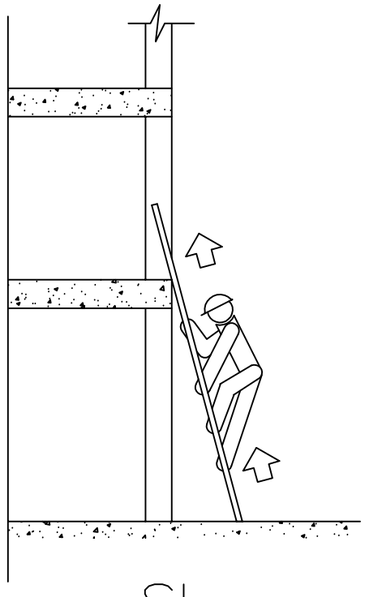
NO



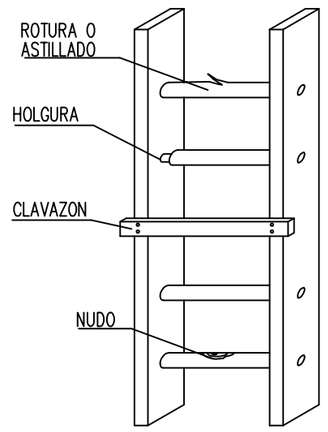




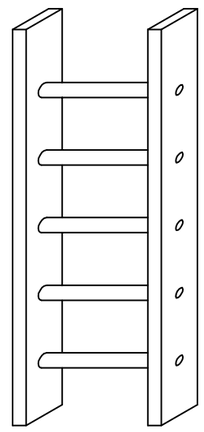




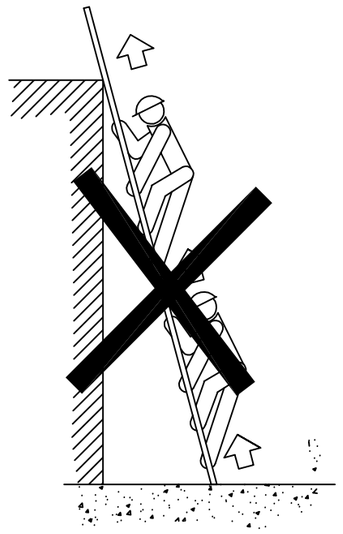
SI



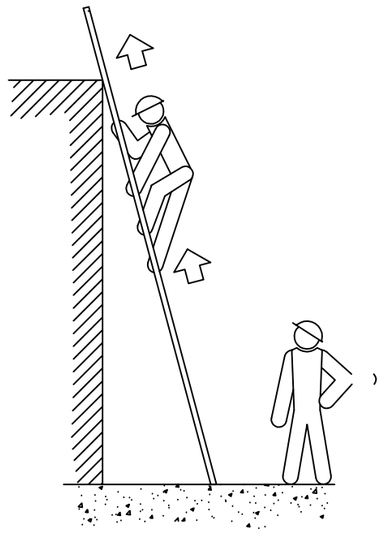
NO



SI



NO



SI

DESIGNACIÓN

SEGURIDAD CON ESCALERAS

PLANO Nº

8

TÍTULO Y SITUACIÓN

DISEÑO DE UNA LÍNEA AÉREA A 132 kV Y SUBESTACIÓN 132/66 kV
CARRETERA A-311 PTO KM 4 (JAÉN)

PROMOTOR

DPTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA DE LA UNIVERSIDAD DE JAÉN

FIRMA

FECHA

05/07/19

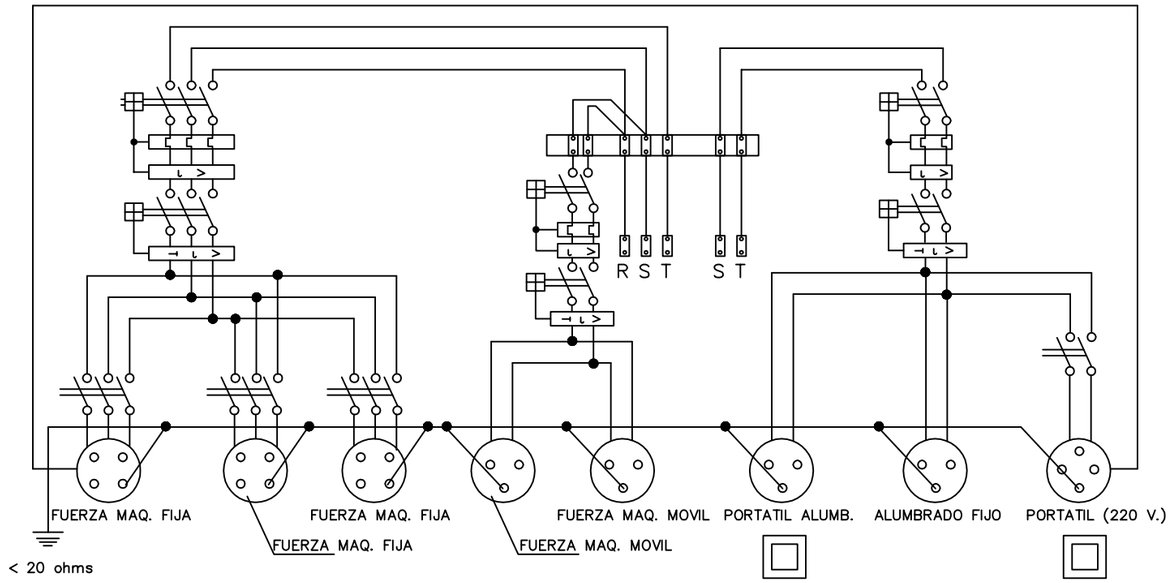
AUTOR

MARTÍNEZ ALBA, RAFAEL
INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL EN ELECTRICIDAD
UNIVERSIDAD DE JAÉN - JAÉN

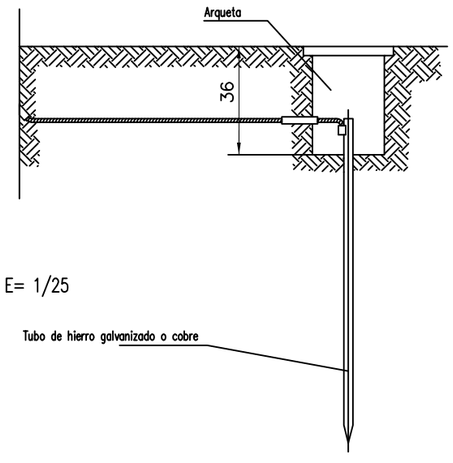
ESCALA

S/E

ESQUEMA UNIFILAR DEL CUADRO ELECTRICO DE OBRA

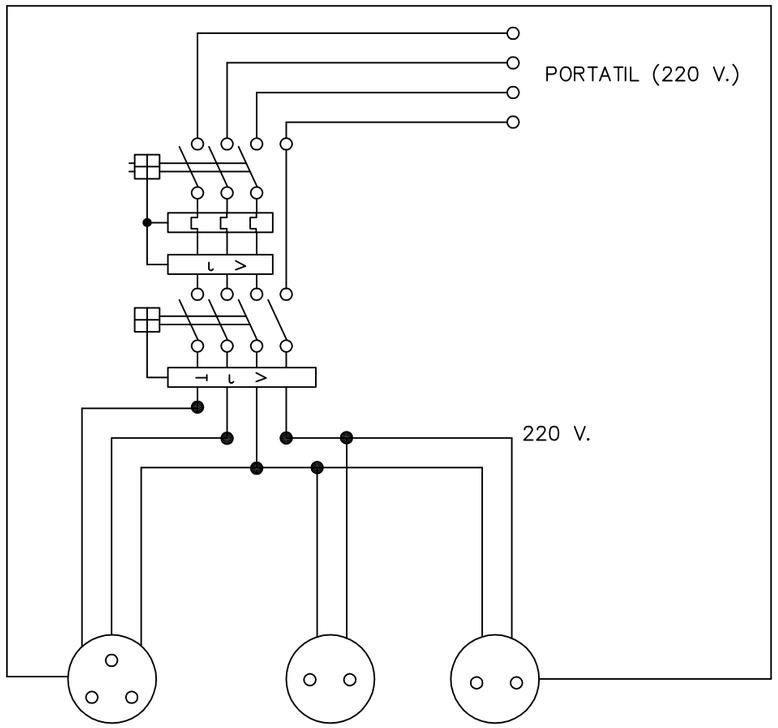


DETALLE DE ARQUETA O REGISTRO DE LA TOMA DE TIERRA



Las picas de acero galvanizado seran como minimo de 25 mm. de diametro.
Las picas de cobre seran como minimo de 14 mm. de diametro.
Si se colocan perfiles de acero galvanizado, estos tendran como minimo 60 mm. de lado.
Los cables de union entre electrodos o entre electrodos y el cuadro electrico de obra, no tendran una seccion inferior a 16 mm2.
Los conductores de proteccion estaran incluidos en la manguera que alimenta las maquinas a proteger y se distinguira por el color de su aislamiento, es decir amarillo/verde.
La seccion del conductor de proteccion sera como minimo la indicada en la siguiente tabla, para un conductor del mismo metal que el de los conductores activos y que este ubicado en el mismo cable o canalizacion que estos ultimos.
Si el conductor de proteccion no estuviera ubicado en el mismo cable que los conductores activos, la seccion minima obtenida en la tabla debera ser como minimo 4 mm2.

Seccion de los conductores de fase de la instalacion S (mm2)	Sección mínima de los conductores de proteccion Sp (mm2)
$S \leq 16$	S
$16 < S \leq 35$	16
$S > 35$	S/2



HERRAMIENTAS PORTATILES

Cuadro con proteccion frente a cortocircuitos y corrientes de defecto.
Se instalara en las plantas o zonas en donde se precise su utilizacion.

ESQUEMA UNIFILAR DEL CUADRO AUXILIAR ELECTRICO DE OBRA PARA MAQUINARIA PORTATIL.

DESIGNACIÓN
INSTALACIÓN ELÉCTRICA PROVISIONAL

PLANO Nº
9

TÍTULO Y SITUACIÓN
DISEÑO DE UNA LÍNEA AÉREA A 132 kV Y SUBESTACIÓN 132/66 kV
CARRETERA A-311, PTO KM 4 (JAÉN)

PROMOTOR
DPTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA DE LA UNIVERSIDAD DE JAÉN

FIRMA

FECHA
05/07/19

AUTOR
MARTÍNEZ ALBA, RAFAEL
INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL EN ELECTRICIDAD
UNIVERSIDAD DE JAÉN - JAÉN

ESCALA
S/E

PRESUPUESTO

1. Unidades de obra

CÓDIGO	CANTIDAD	UD	DESCRIPCIÓN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
CAPÍTULO 1 PREVENCIÓN Y FORMACIÓN						
PRE		**Ud**	**PREVENCIÓN**			
19WPR	1,000	Ud	Reuniones de prevención	124,00	124,00	
			TOTAL PARTIDA			**124,00**
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CIENTO VEINTICUATRO EUROS						
FOR		**Ud**	**FORMACIÓN**			
19WFR	1,000	Ud	Formación en seguridad	137,00	137,00	
			TOTAL PARTIDA			**137,00**
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CIENTO TREINTA Y SIETE EUROS						
CAPÍTULO 2 SERVICIO MÉDICO						
MED		**Ud**	**RECONOCIMIENTO MÉDICO 12 MESES**			
HW00400	1,000	Ud	Reconocimiento médico específico anual por obrero	22,00	22,00	
			TOTAL PARTIDA			**22,00**
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de VEINTIDOS EUROS						
CAPÍTULO 3 PROTECCIONES INDIVIDUALES						
CAB		**Ud**	**EPI CABEZA**			
HC01520	1,000	Ud	Casco de seguridad	78,05	78,05	
HC03320	1,000	Ud	Gafas anti-inpacto de policarbonato	14,73	14,73	
HC00550	1,000	Ud	Par de tapones anti-ruido de silicona	7,59	7,59	
HC05230	1,000	Ud	Mascarilla de ambientes pulvígenos	2,64	2,64	
HC03333	1,000	Ud	Pantalla para el arco eléctrico	21,62	21,62	
			TOTAL PARTIDA			**124,63**
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CIENTO VEINTICUATRO EUROS con SESENTA Y TRES CÉNTIMOS						
MAN		**Ud**	**EPI MANOS**			
HC04210	1,000	Ud	Par de guantes para riesgos mecánicos	2,35	2,35	
HC04820	1,000	Ud	Par de guantes aislantes de 30000V	40,62	40,62	
			TOTAL PARTIDA			**42,97**
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CUARENTA Y DOS EUROS con NOVENTA Y SIETE CÉNTIMOS						
PIE		**Ud**	**EPI PIES**			
HC00620	1,000	Ud	Par de botas de segurirdad con planta y puntera de metal	24,20	24,20	
			TOTAL PARTIDA			**24,20**
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de VEINTICUATRO EUROS con VEINTE CÉNTIMOS						
CUE		**Ud**	**EPI CUERPO**			
HC01800	1,000	Ud	Cinturón antilumbago	10,84	10,84	
HC02200	1,000	Ud	Arnés de seguridad	55,92	55,92	
HC01610	1,000	Ud	Traje de protección para la lluvia	4,65	4,65	
HC01600	1,000	Ud	Chaleco reflectante	2,50	2,50	
			TOTAL PARTIDA			**73,91**
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de SETENTA Y TRES EUROS con NOVENTA Y UN CÉNTIMOS						

CÓDIGO	CANTIDAD	UD	DESCRIPCIÓN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE

CAPÍTULO 4 PROTECCIONES COLECTIVAS

VALL		**Ud**	**VALLADO**			
HS03401	20,000	Ud	Valla autónoma normalizada de PVC	14,25	285,00	
HS02800	400,000	M	Cinta de balizamiento	1,18	472,00	
			TOTAL PARTIDA			**757,00**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de SETECIENTOS CINCUENTA Y SIETE EUROS

SEÑA		**Ud**	**SEÑALIZACIÓN**			
HS00100	15,000	Ud	Cono de balizamiento reflectante 0,5 m	15,24	228,60	
HS03100	10,000	Ud	Lámpara intermitente	35,16	351,60	
HS01000	5,000	Ud	Señales de peligro y advertencia	78,91	394,55	
			TOTAL PARTIDA			**974,75**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de NOVECIENTOS SETENTA Y CUATRO EUROS con SETENTA Y CINCO CÉNTIMOS

CAPÍTULO 5 LOCALES PREFABRICADOS

08EAA00001		**Ud**	**ACOMETIDA DE ELECTRICIDAD**			
IE13400	1,000	Ud	Acometida eléctrica para local	285,78	285,78	
			TOTAL PARTIDA			**285,78**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOSCIENTOS OCHENTA Y CINCO EUROS con SETENTA Y OCHO CÉNTIMOS

08FAA90001		**Ud**	**ACOMETIDA DE AGUA**			
IF91600	1,000	Ud	Acometida de agua para local	494,05	494,05	
			TOTAL PARTIDA			**494,05**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CUATROCIENTOS NOVENTA Y CUATRO EUROS con CINCO CÉNTIMOS

19LPS90011		**Ud**	**CASETA PREF. MOD. 15 m2 PRIM. AUXILIOS DE 6 A 12 MESES**			
01TLL90100	30,000	M2	Limpieza y desbroce del terreno con medios mecánicos	0,18	5,40	
02PBB00002	1,080	M3	Excavación de pozo con medios manuales, profundidad máx de 1,5 m	51,03	55,11	
17TTT00100	1,350	M3	Retirada de tierras inertes a vertedero autorizado	4,04	5,45	
05HET00001	3,600	M2	Encofrado metálico en pilares	7,79	28,04	
05HED00051	3,600	M2	Desencofrado elementos de hormigón	1,89	6,80	
05HAC00010	55,000	Kg	Acero en barras corrugadas tipo B 400 S	1,16	63,80	
05ACW00051	6,000	Kg	Acero S 275 JR en placa de anclaje a muro	2,17	13,02	
03HMM00002	1,080	M3	Hormigón den masa HM-20/P/40/I en cimientos	67,52	72,92	
05HHP00003	0,270	M3	Hormigón para armar HA-25/P/20/IIa en pilares	73,71	19,90	
HL00750	0,189	Ud	Caseta modulada de primeros auxilios de 15 m2	5.522,25	1.043,71	
IC00050	1,000	Ud	Aire acondicionado inverter 3000 frg/h	842,54	842,54	
WW00500	200,000	Ud	Trabajos complementarios	0,30	60,00	
			TOTAL PARTIDA			**2.216,69**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOS MIL DOSCIENTOS DIECISEIS EUROS con SESENTA Y NUEVE CÉNTIMOS

CÓDIGO	CANTIDAD	UD	DESCRIPCIÓN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
19LPC90016		**Ud**	**CASETA PREF. MOD. 15 m2 COMEDOR DURACIÓN DE 6 A 12 MESES**			
01TLL90100	30,000	M2	Limpieza y desbroce del terreno con medios mecánicos	0,18	5,40	
02PBB00002	1,080	M3	Excavación de pozo con medios manuales, profundidad máx de 1,5 m	51,03	55,11	
17TTT00100	1,350	M3	Retirada de tierras inertes a vertedero autorizado	4,04	5,45	
05HET00001	3,600	M2	Encofrado metálico en pilares	7,79	28,04	
05HED00051	3,600	M2	Desencofrado elementos de hormigón	1,89	6,80	
05HAC00010	55,000	Kg	Acero en barras corrugadas tipo B 400 S	1,16	63,80	
05ACW00051	6,000	Kg	Acero S 275 JR en placa de anclaje a muro	2,17	13,02	
03HMM00002	1,080	M3	Hormigón den masa HM-20/P/40/I en cimientos	67,52	72,92	
05HHP00003	0,270	M3	Hormigón para armar HA-25/P/20/IIa en pilares	73,71	19,90	
HL00300	0,189	u	Caseta modulada comedor de 15 m2	4.203,17	794,40	
WW00500	200,000	Ud	Trabajos complementarios	0,30	60,00	
			TOTAL PARTIDA			**1.124,84**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de MIL CIENTO VEINTICUATRO EUROS con OCHENTA Y CUATRO CÉNTIMOS

19LPV90016		**Ud**	**CASETA PREF. MOD. 15 m2 VEST. DURACIÓN DE 6 A 12 MESES**			
01TLL90100	30,000	M2	Limpieza y desbroce del terreno con medios mecánicos	0,18	5,40	
02PBB00002	1,080	M3	Excavación de pozo con medios manuales, profundidad máx de 1,5 m	51,03	55,11	
17TTT00100	1,350	M3	Retirada de tierras inertes a vertedero autorizado	4,04	5,45	
05HET00001	3,600	M2	Encofrado metálico en pilares	7,79	28,04	
05HED00051	3,600	M2	Desencofrado elementos de hormigón	1,89	6,80	
05ACW00051	6,000	Kg	Acero S 275 JR en placa de anclaje a muro	2,17	13,02	
05HAC00010	55,000	Kg	Acero en barras corrugadas tipo B 400 S	1,16	63,80	
03HMM00002	1,080	M3	Hormigón den masa HM-20/P/40/I en cimientos	67,52	72,92	
05HHP00003	0,270	M3	Hormigón para armar HA-25/P/20/IIa en pilares	73,71	19,90	
HL00600	0,189	u	Caseta modulada vestuario de 15 m2	4.964,38	938,27	
WW00500	200,000	Ud	Trabajos complementarios	0,30	60,00	
			TOTAL PARTIDA			**1.268,71**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de MIL DOSCIENTOS SESENTA Y OCHO EUROS con SETENTA Y UN CÉNTIMOS

19LPA90016		**Ud**	**CASETA PREF. MOD. 15 m2 ASEOS DURACIÓN DE 6 A 12 MESES**			
01TLL90100	30,000	M2	Limpieza y desbroce del terreno con medios mecánicos	0,18	5,40	
02PBB00002	1,080	M3	Excavación de pozo con medios manuales, profundidad máx de 1,5 m	51,03	55,11	
17TTT00100	1,350	M3	Retirada de tierras inertes a vertedero autorizado	4,04	5,45	
05HET00001	3,600	M2	Encofrado metálico en pilares	7,79	28,04	
05HED00051	3,600	M2	Desencofrado elementos de hormigón	1,89	6,80	
05HAC00010	55,000	Kg	Acero en barras corrugadas tipo B 400 S	1,16	63,80	
05ACW00051	6,000	Kg	Acero S 275 JR en placa de anclaje a muro	2,17	13,02	
03HMM00002	1,080	M3	Hormigón den masa HM-20/P/40/I en cimientos	67,52	72,92	
05HHP00003	0,270	M3	Hormigón para armar HA-25/P/20/IIa en pilares	73,71	19,90	
HL00100	0,189	u	Caseta modulada aseos de 15 m2	6.288,21	1.188,47	
WW00500	200,000	Ud	Trabajos complementarios	0,30	60,00	
			TOTAL PARTIDA			**1.518,91**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de MIL QUINIENTOS DIECIOCHO EUROS con NOVENTA Y UN CÉNTIMOS

CÓDIGO	CANTIDAD	UD	DESCRIPCIÓN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE

CAPÍTULO 6 PRIMEROS AUXILIOS

BOT		Ud	BOTIQUÍN			
AOX	1,000	Ud	Agua oxigenada de 1 l	1,60	1,60	
ALC	1,000	Ud	Alcohol 96º de 1 l	3,14	3,14	
YOD	1,000	Ud	Betadine de 50 ml	0,95	0,95	
CRI	1,000	Ud	Cristalmina de 125 ml	11,49	11,49	
GAS	1,000	Ud	Gasas estériles de 5x5 cm 50ud	2,85	2,85	
ALG	1,000	Ud	Algodón de 500 g	2,94	2,94	
ESP	1,000	Ud	Esparadrapo de 5x0,25 m	1,05	1,05	
VEN	1,000	Ud	Venda elástica de 10x0,15 m	1,32	1,32	
TOR	1,000	Ud	Torniquete portátil	15,00	15,00	
APO	1,000	Ud	Apósito adhesivo 10x6 cm 25ud	2,56	2,56	
ANA	1,000	Ud	Analgésico antiinflamatorio 10ud	8,96	8,96	
PAR	1,000	Ud	Paracetamol 1 g 20ud	2,55	2,55	
JER	1,000	Ud	Jeringa de 5 ml con aguja desechable 20ud	2,34	2,34	
TER	1,000	Ud	Termómetro clínico digital	2,95	2,95	
			TOTAL PARTIDA			**59,70**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CINCUENTA Y NUEVE EUROS con SETENTA CÉNTIMOS

CAPÍTULO 7 CONTRA INCENDIOS

EXT		Ud	EXTINTORES			
EXT-POL	1,000	Ud	Extintor de polvo de 6 kg tipo ABC	22,61	22,61	
EXT-CO2	1,000	Ud	Extintor de CO2 de 2 kg	30,99	30,99	
			TOTAL PARTIDA			**53,60**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CINCUENTA Y TRES EUROS con SESENTA CÉNTIMOS

2. Mediciones y presupuesto

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
	CAPÍTULO 1 PREVENCIÓN Y FORMACIÓN			
PRE	**Ud PREVENCIÓN**			
		1,00	124,00	124,00
FOR	**Ud FORMACIÓN**			
		1,00	137,00	137,00
	TOTAL CAPÍTULO 1 PREVENCIÓN Y FORMACIÓN			**261,00**
	CAPÍTULO 2 SERVICIO MÉDICO			
MED	**Ud RECONOCIMIENTO MÉDICO 12 MESES**			
		12,00	22,00	264,00
	TOTAL CAPÍTULO 2 SERVICIO MÉDICO			**264,00**

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
	CAPÍTULO 3 PROTECCIONES INDIVIDUALES			
CAB	Ud EPI CABEZA			
		12,00	124,63	1.495,56
MAN	Ud EPI MANOS			
		12,00	42,97	515,64
PIE	Ud EPI PIES			
		12,00	24,20	290,40
CUE	Ud EPI CUERPO			
		12,00	73,91	886,92
	TOTAL CAPÍTULO 3 PROTECCIONES INDIVIDUALES			**3.188,52**
	CAPÍTULO 4 PROTECCIONES COLECTIVAS			
VALL	Ud VALLADO			
		1,00	757,00	757,00
SEÑA	Ud SEÑALIZACIÓN			
		1,00	974,75	974,75
	TOTAL CAPÍTULO 4 PROTECCIONES COLECTIVAS.....			**1.731,75**
	CAPÍTULO 5 LOCALES PREFABRICADOS			
08EAA00001	Ud ACOMETIDA DE ELECTRICIDAD			
		1,00	285,78	285,78
08FAA90001	Ud ACOMETIDA DE AGUA			
		1,00	494,05	494,05
19LPS90011	Ud CASETA PREF. MOD. 15 m2 PRIM. AUXILIOS DE 6 A 12 MESES			
		1,00	2.216,69	2.216,69
19LPC90016	Ud CASETA PREF. MOD. 15 m2 COMEDOR DURACIÓN DE 6 A 12 MESES			
		1,00	1.124,84	1.124,84
19LPV90016	Ud CASETA PREF. MOD. 15 m2 VEST. DURACIÓN DE 6 A 12 MESES			
		1,00	1.268,71	1.268,71
19LPA90016	Ud CASETA PREF. MOD. 15 m2 ASEOS DURACIÓN DE 6 A 12 MESES			
		1,00	1.518,91	1.518,91
	TOTAL CAPÍTULO 5 LOCALES PREFABRICADOS.....			**6.908,98**

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
	CAPÍTULO 6 PRIMEROS AUXILIOS			
BOT	Ud BOTIQUÍN			
		3,00	59,70	179,10
	TOTAL CAPÍTULO 6 PRIMEROS AUXILIOS			**179,10**
	CAPÍTULO 7 CONTRA INCENDIOS			
EXT	Ud EXTINTORES			
		3,00	53,60	160,80
	TOTAL CAPÍTULO 7 CONTRA INCENDIOS			**160,80**
	TOTAL.....			**12.694,15**

3. Resumen del presupuesto

CAPITULO	RESUMEN	EUROS
1	PREVENCIÓN Y FORMACIÓN	261,00
2	SERVICIO MÉDICO.....	264,00
3	PROTECCIONES INDIVIDUALES	3.188,52
4	PROTECCIONES COLECTIVAS.....	1.731,75
5	LOCALES PREFABRICADOS.....	6.908,98
6	PRIMEROS AUXILIOS	179,10
7	CONTRA INCENDIOS.....	160,80
	TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL	**12.694,15**

13,00 % Gastos generales.....	1.650,24	
6,00 % Beneficio industrial.....	761,65	
SUMA DE G.G. y B.I.		2.411,89
21,00 % I.V.A.	3.172,27	3.172,27
TOTAL PRESUPUESTO GENERAL		**18.278,31**

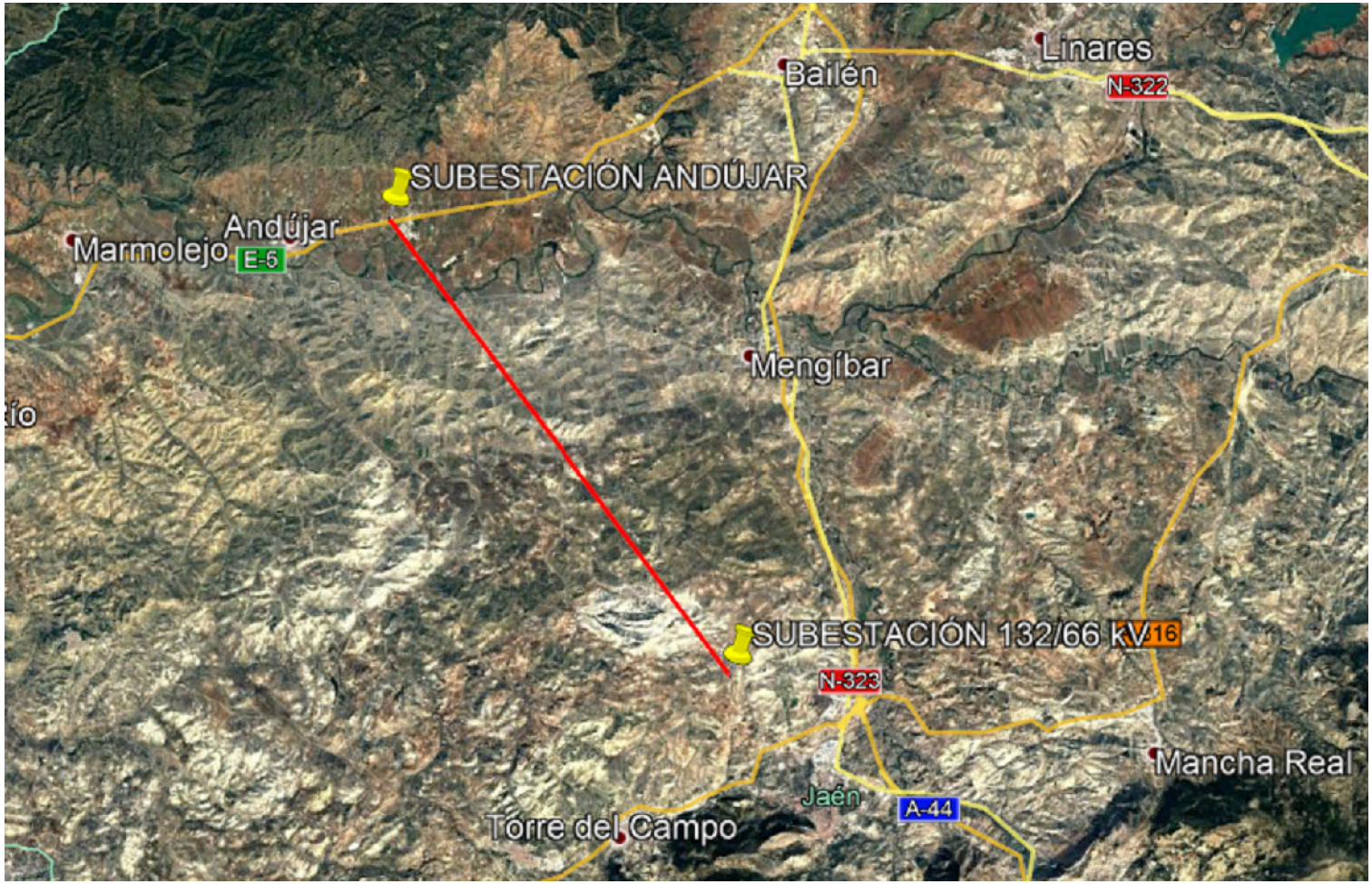
Asciende el presupuesto general a la expresada cantidad de ***DIECIOCHO MIL DOSCIENTOS SETENTA Y OCHO EUROS con TREINTA Y UN CÉNTIMOS***

JAÉN a 05 de Julio de 2019.

LA PROPIEDAD

LA DIRECCION FACULTATIVA

PLANOS



DESIGNACIÓN

SITUACIÓN LÍNEA AÉREA DE 132 kV Y SUBESTACIÓN 132/66 kV

PLANO Nº

1

TÍTULO Y SITUACIÓN

DISEÑO DE UNA LÍNEA AÉREA A 132 kV CON SUBESTACIÓN 132/66 kV

CARRETERA A-311, PTO KM 4 (JAÉN)

PROMOTOR

DPTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA DE LA UNIVERSIDAD DE JAÉN

FIRMA

FECHA

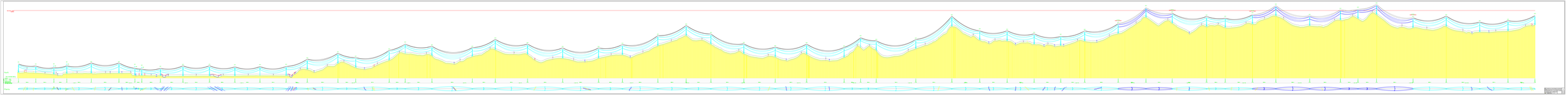
05/07/19

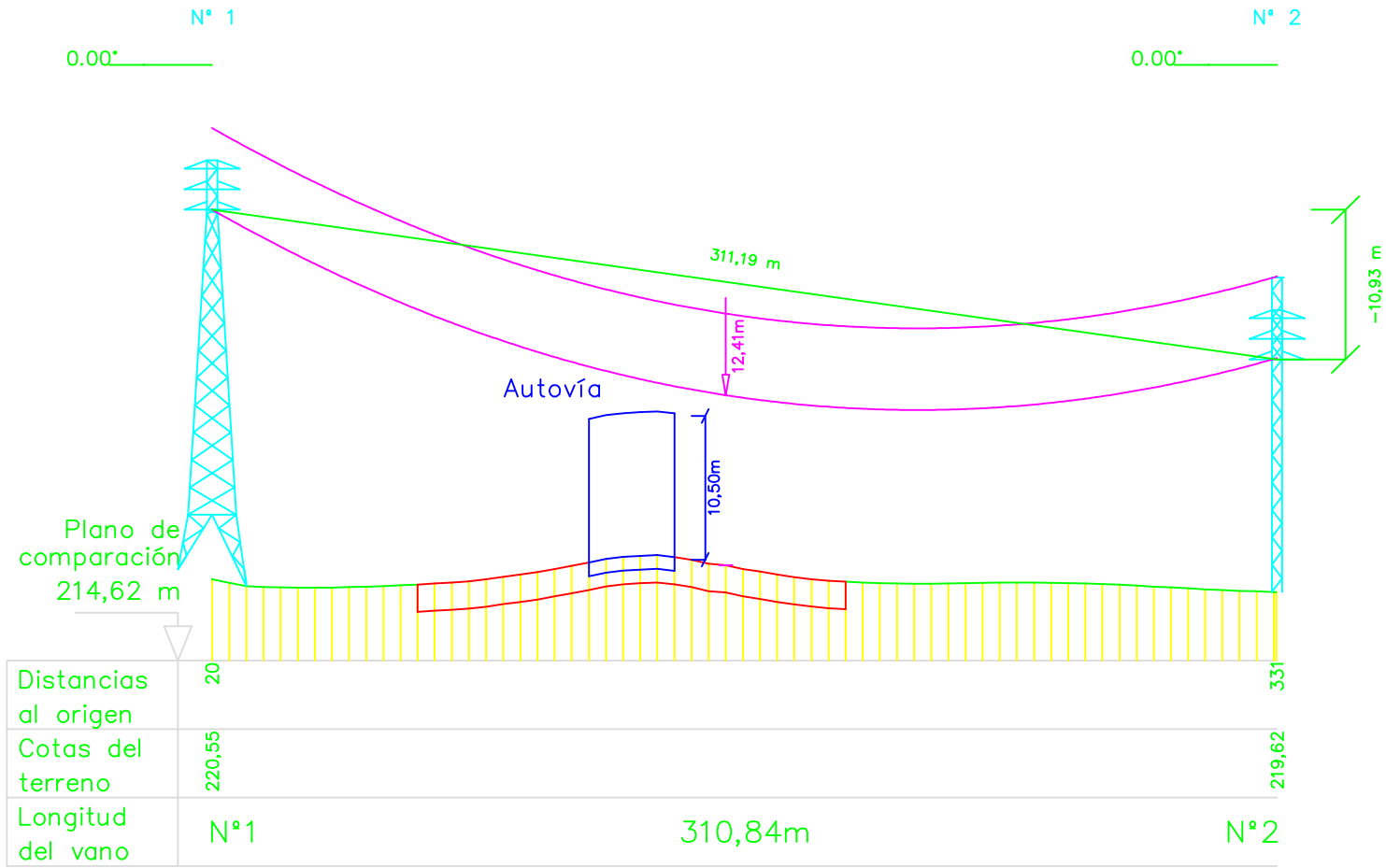
ESCALA

S/E

AUTOR

MARTÍNEZ ALBA, RAFAEL
INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL EN ELECTRICIDAD
UNIVERSIDAD DE JAÉN - JAÉN


Rock
Soil
Water table
Bedrock
Fill
Mining
Geology
Mine Entry
Mine Entry
Mine Entry



DESIGNACIÓN

CRUZAMIENTO DEL VANO Nº1 CON AUTOVÍA

PLANO Nº

3

TÍTULO Y SITUACIÓN

DISEÑO DE UNA LÍNEA AÉREA A 132 kV Y SUBESTACIÓN 132/66 kV

CARRETERA A-311, PTO KM 4 (JAÉN)

PROMOTOR

DPTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA DE LA UNIVERSIDAD DE JAÉN

FIRMA

FECHA

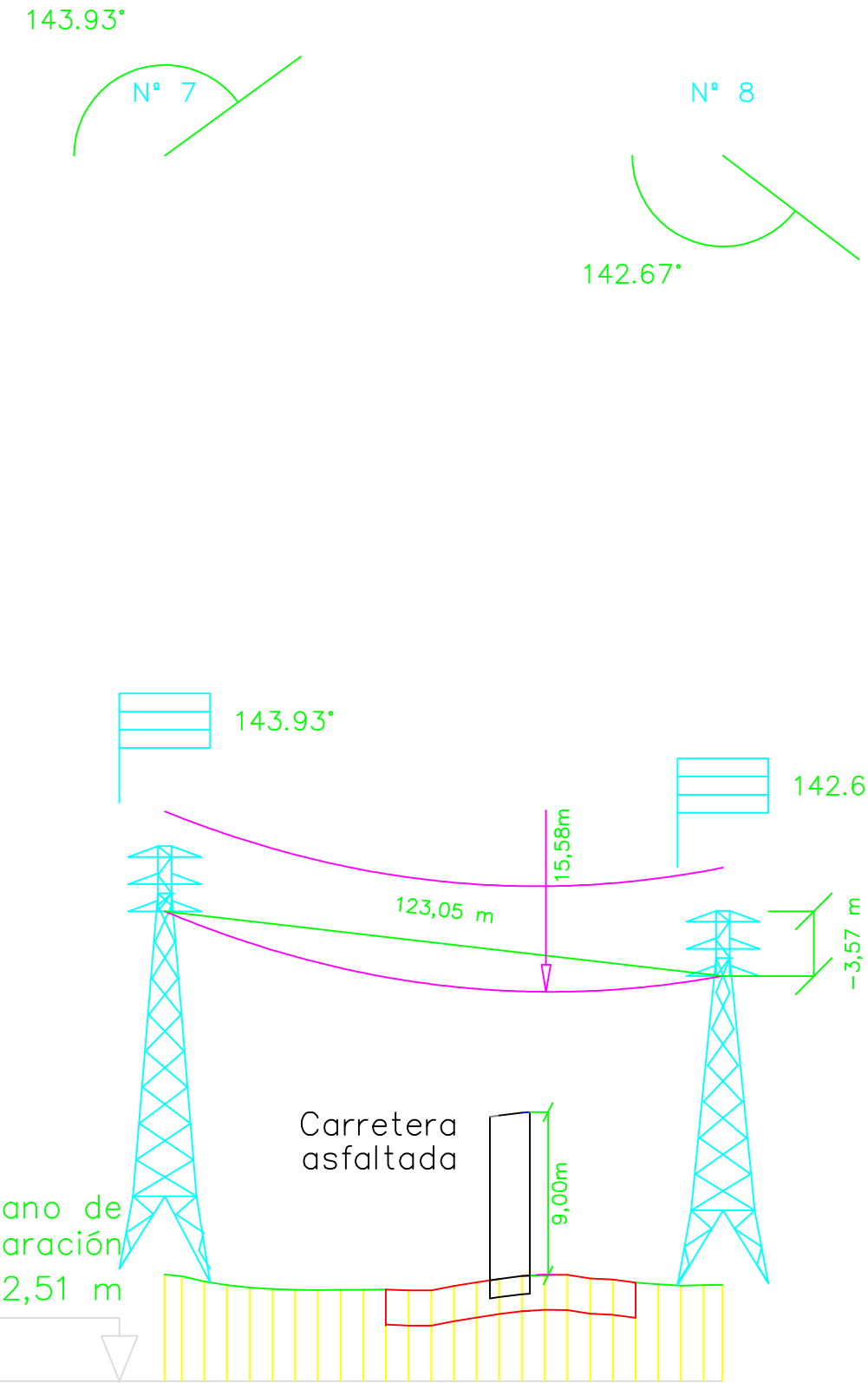
05/07/19

AUTOR

MARTÍNEZ ALBA, RAFAEL
INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL EN ELECTRICIDAD
UNIVERSIDAD DE JAÉN - JAÉN

ESCALA

H:1/2000 V:1/500



DESIGNACIÓN

CRUZAMIENTO DEL VANO Nº7 CON CARRETERA ASFALTADA

PLANO Nº

4

TÍTULO Y SITUACIÓN

DISEÑO DE UNA LÍNEA AÉREA A 132 kV Y SUBESTACIÓN 132/66 kV

CARRETERA A-311, PTO KM 4 (JAÉN)

PROMOTOR

DPTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA DE LA UNIVERSIDAD DE JAÉN

FIRMA

FECHA

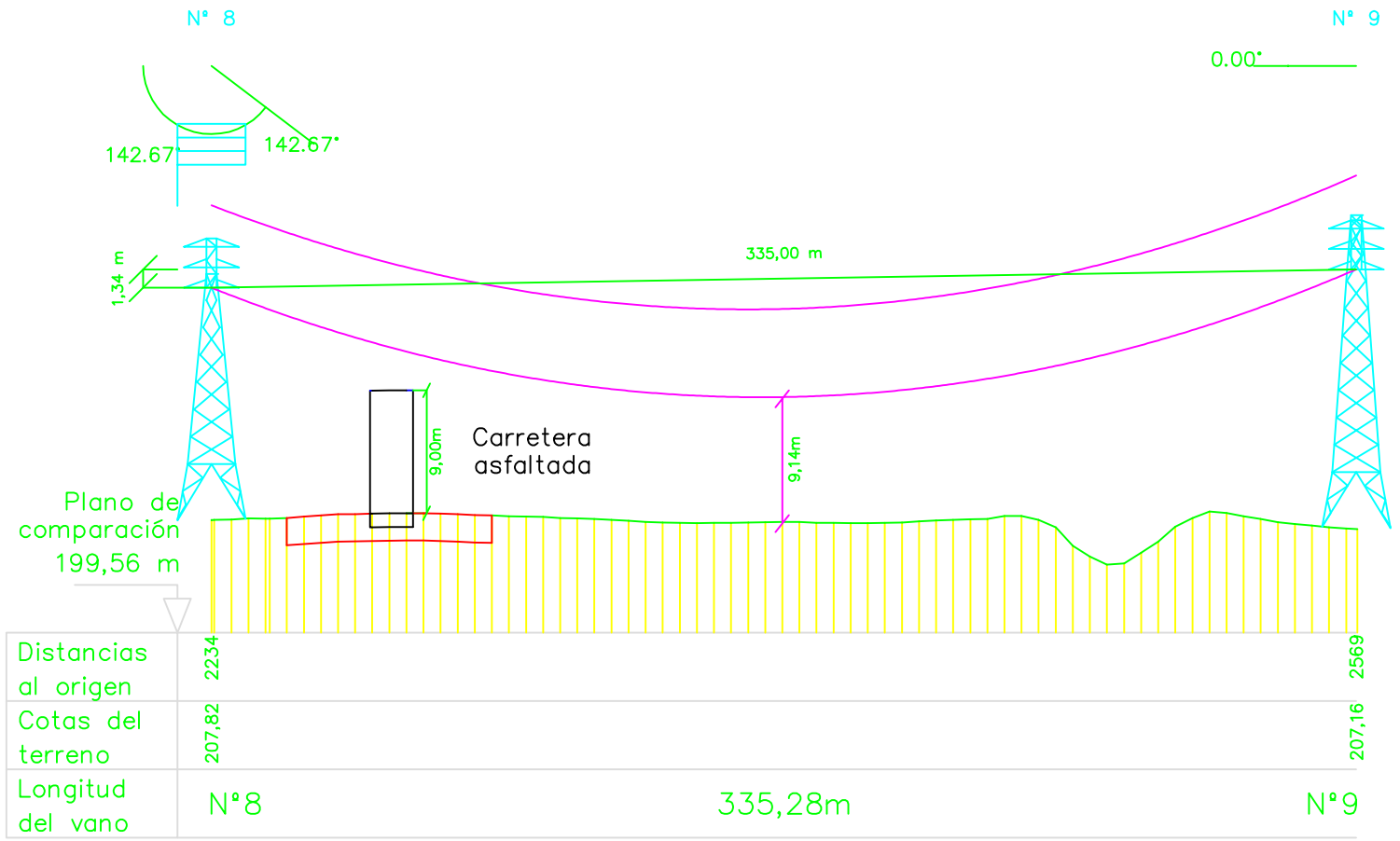
05/07/19

AUTOR

MARTÍNEZ ALBA, RAFAEL
INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL EN ELECTRICIDAD
UNIVERSIDAD DE JAÉN - JAÉN

ESCALA

H:1/2000 V:1/500



DESIGNACIÓN

CRUZAMIENTO DEL VANO Nº8 CON CARRETERA ASFALTADA

PLANO Nº

5

TÍTULO Y SITUACIÓN

DISEÑO DE UNA LÍNEA AÉREA A 132 kV Y SUBESTACIÓN 132/66 kV
CARRETERA A-311, PTO KM 4 (JAÉN)

PROMOTOR

DPTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA DE LA UNIVERSIDAD DE JAÉN

FIRMA

FECHA

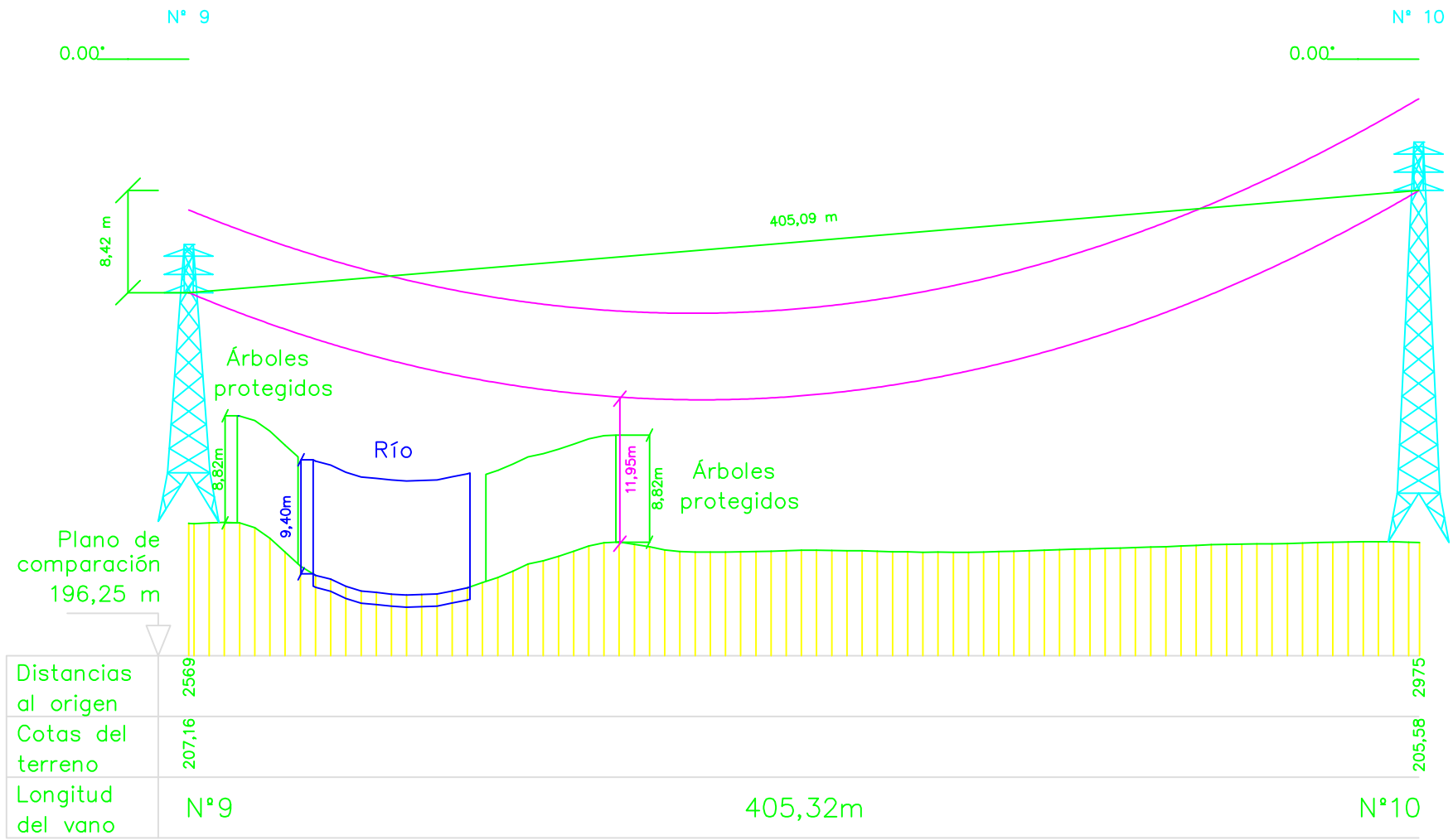
05/07/19

AUTOR

MARTÍNEZ ALBA, RAFAEL
INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL EN ELECTRICIDAD
UNIVERSIDAD DE JAÉN - JAÉN

ESCALA

H:1/2000 V:1/500



DESIGNACIÓN

CRUZAMIENTO DEL VANO Nº9 CON ÁRBOLES PROTEGIDOS Y RÍO

PLANO Nº

6

TÍTULO Y SITUACIÓN

DISEÑO DE UNA LÍNEA AÉREA A 132 kV Y SUBESTACIÓN 132/66 kV

CARRETERA A-311, PTO KM 4 (JAÉN)

PROMOTOR

DPTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA DE LA UNIVERSIDAD DE JAÉN

FIRMA

FECHA

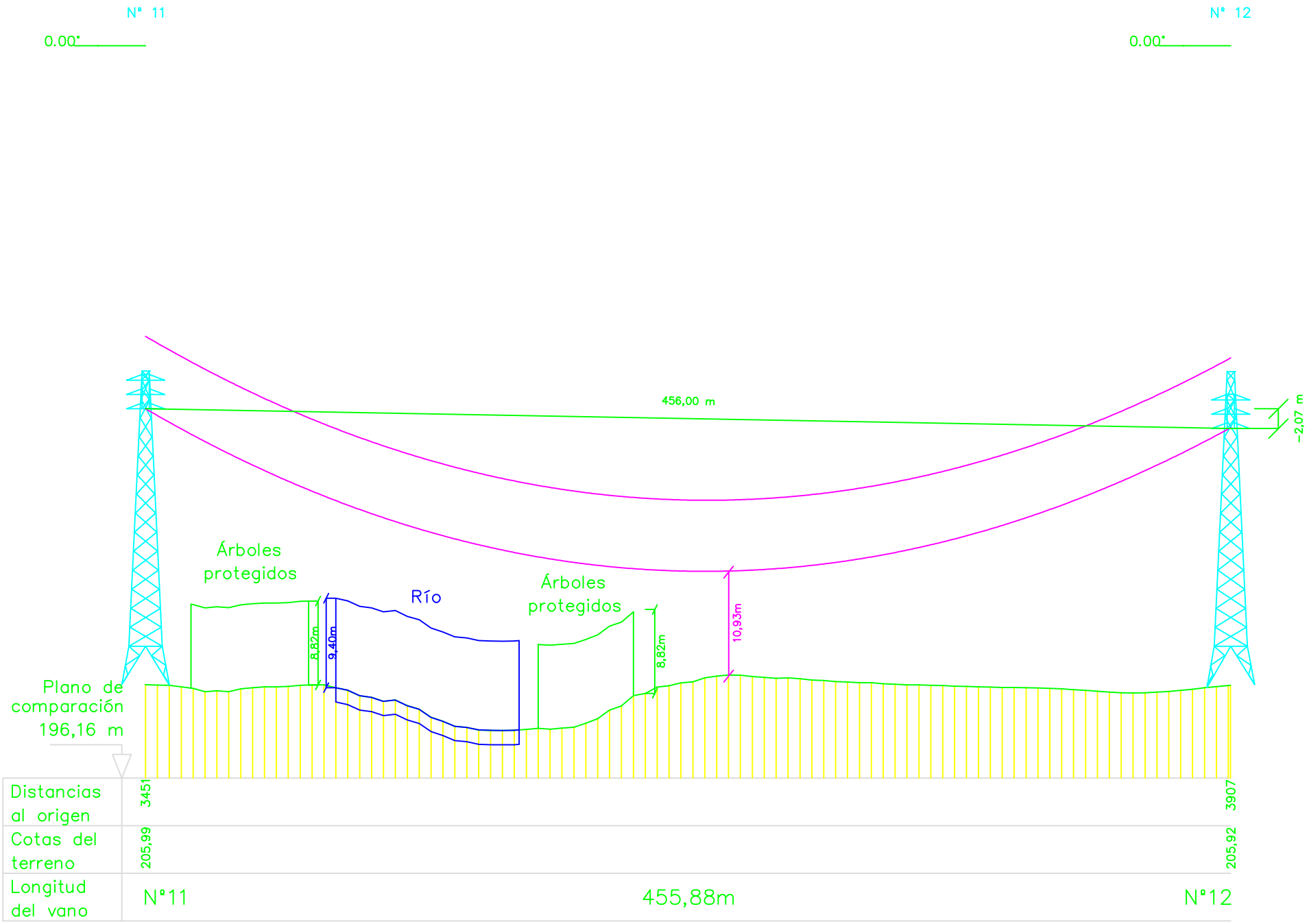
05/07/19

AUTOR

MARTÍNEZ ALBA, RAFAEL
INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL EN ELECTRICIDAD
UNIVERSIDAD DE JAÉN - JAÉN

ESCALA

H:1/2000 V:1/500



DESIGNACIÓN

CRUZAMIENTO DEL VANO Nº 11 CON ÁRBOLES PROTEGIDOS Y RÍO

PLANO Nº

7

TÍTULO Y SITUACIÓN

DISEÑO DE UNA LÍNEA AÉREA A 132 kV Y SUBESTACIÓN 132/66 kV
CARRETERA A-311, PTO KM 4 (JAÉN)

PROMOTOR

DPTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA DE LA UNIVERSIDAD DE JAÉN

FIRMA

FECHA

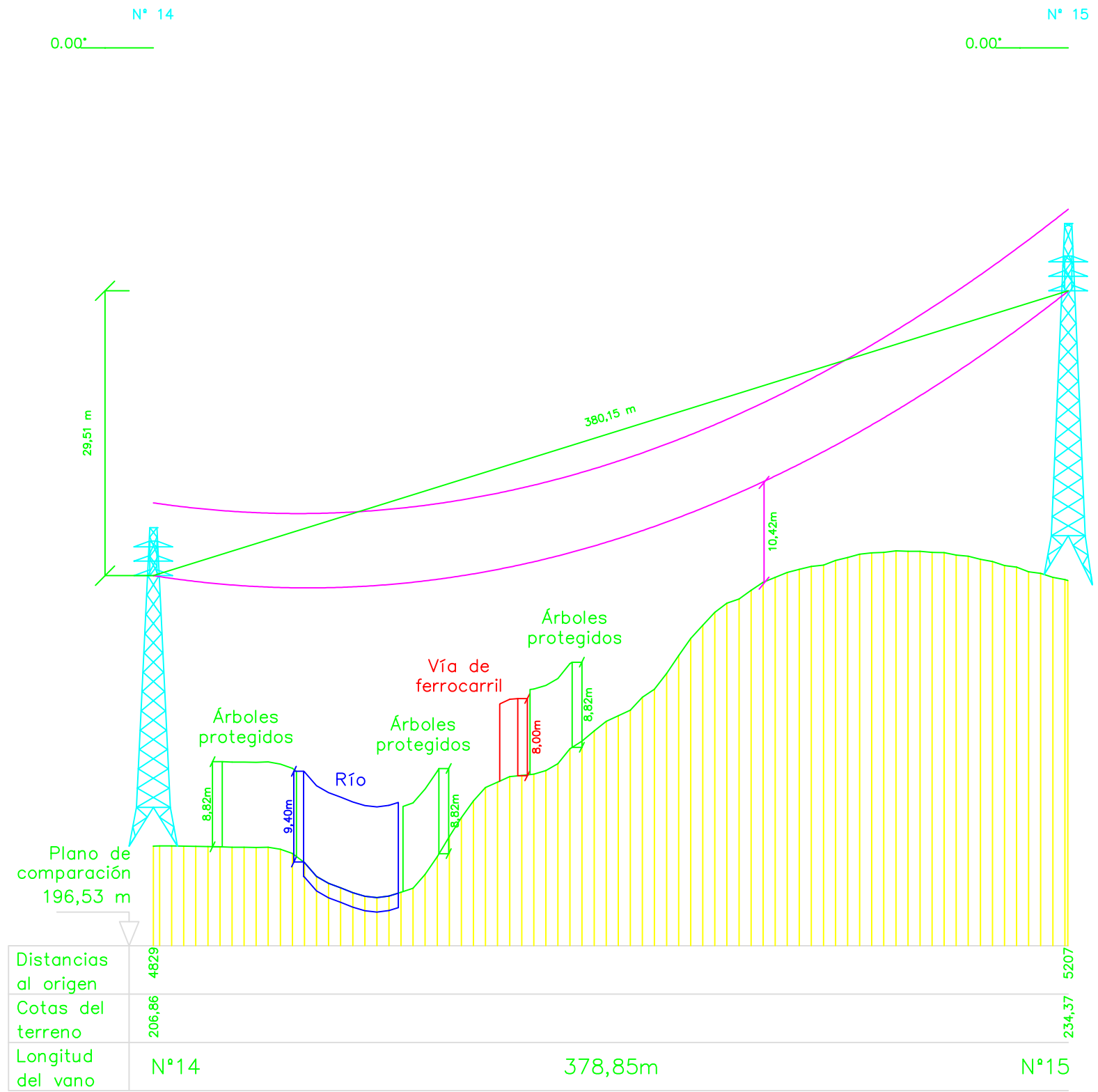
05/07/19

AUTOR

MARTÍNEZ ALBA, RAFAEL
INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL EN ELECTRICIDAD
UNIVERSIDAD DE JAÉN - JAÉN

ESCALA

H:1/2000 V:1/500



DESIGNACIÓN

CRUZAMIENTO DEL VANO Nº 14 CON ÁRBOLES PROTEGIDOS, RÍO Y VÍA DE FERROCARRIL

PLANO Nº 8

TÍTULO Y SITUACIÓN

DISEÑO DE UNA LÍNEA AÉREA A 132 kV Y SUBESTACIÓN 132/66 kV
CARRETERA A-311, PTO KM 4 (JAÉN)

PROMOTOR

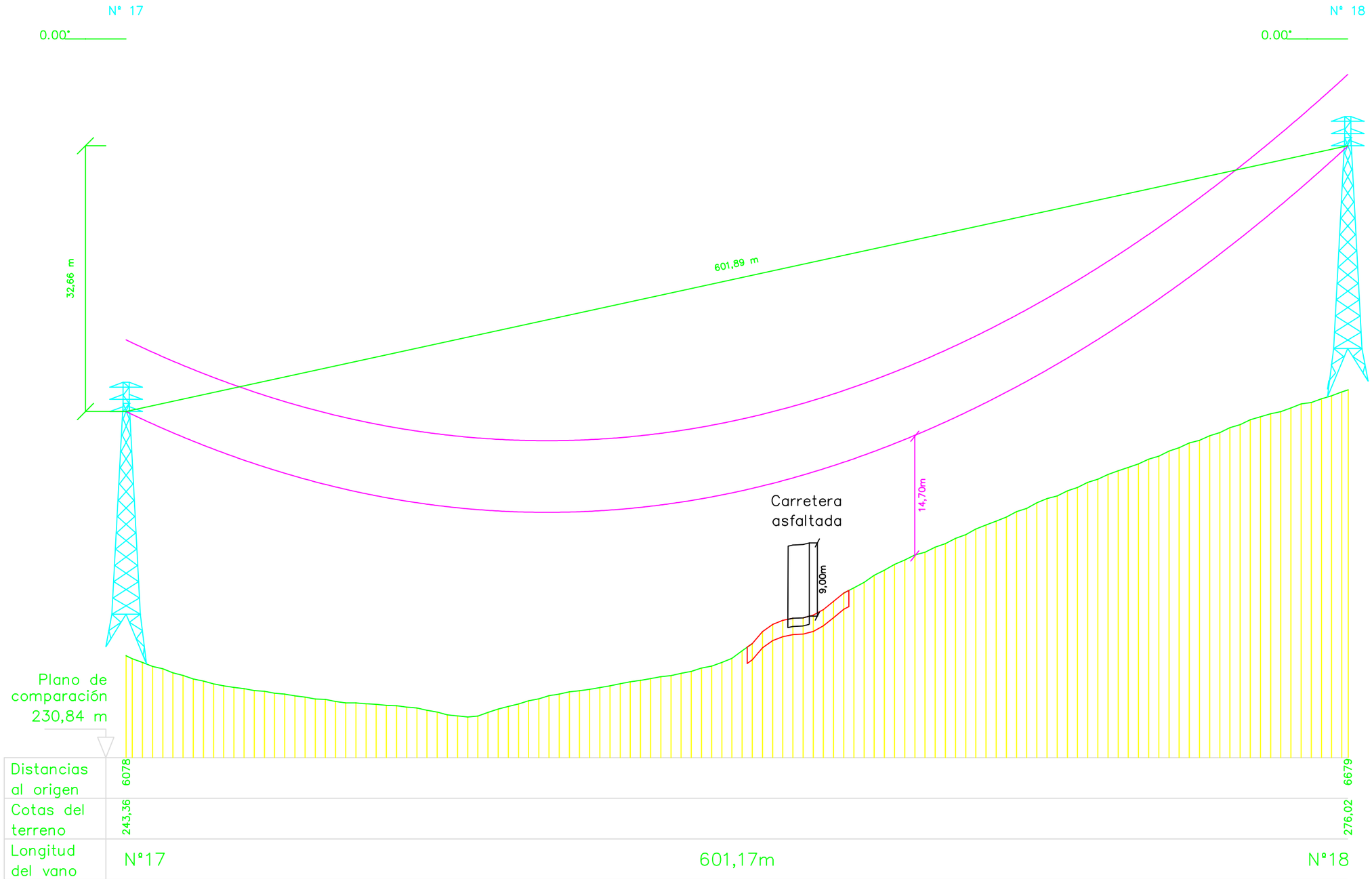
DPTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA DE LA UNIVERSIDAD DE JAÉN

FIRMA

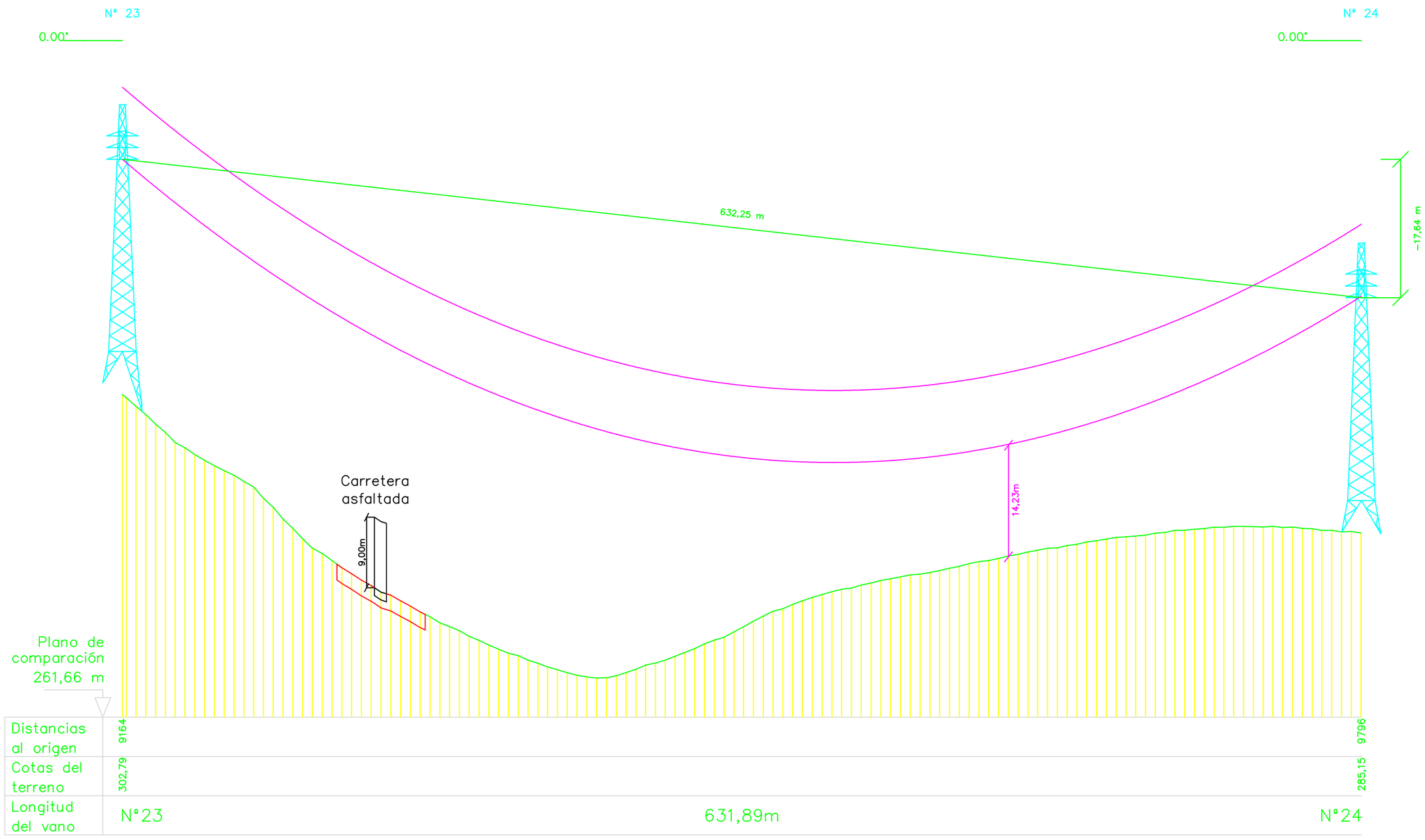
FECHA 05/07/19

ESCALA H:1/2000 V:1/500

AUTOR
MARTÍNEZ ALBA, RAFAEL
INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL EN ELECTRICIDAD
UNIVERSIDAD DE JAÉN - JAÉN



DESIGNACIÓN	CRUZAMIENTO DEL VANO Nº 17 CON CARRETERA ASFALTADA
PLANO Nº	9
TÍTULO Y SITUACIÓN	DISEÑO DE UNA LÍNEA AÉREA A 132 kV Y SUBESTACIÓN 132/66 kV CARRETERA A-311, PTO KM 4 (JAÉN)
PROMOTOR	DPTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA DE LA UNIVERSIDAD DE JAÉN
FIRMA	
FECHA	05/07/19
AUTOR	MARTÍNEZ ALBA, RAFAEL INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL EN ELECTRICIDAD UNIVERSIDAD DE JAÉN - JAÉN
ESCALA	H:1/2000 V:1/500



DESIGNACIÓN

CRUZAMIENTO DEL VANO Nº 23 CON CARRETERA ASFALTADA

PLANO Nº

10

TÍTULO Y SITUACIÓN

DISEÑO DE UNA LÍNEA AÉREA A 132 kV Y SUBESTACIÓN 132/66 kV
CARRETERA A-311, PTO KM 4 (JAÉN)

PROMOTOR

DPTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA DE LA UNIVERSIDAD DE JAÉN

FIRMA

FECHA

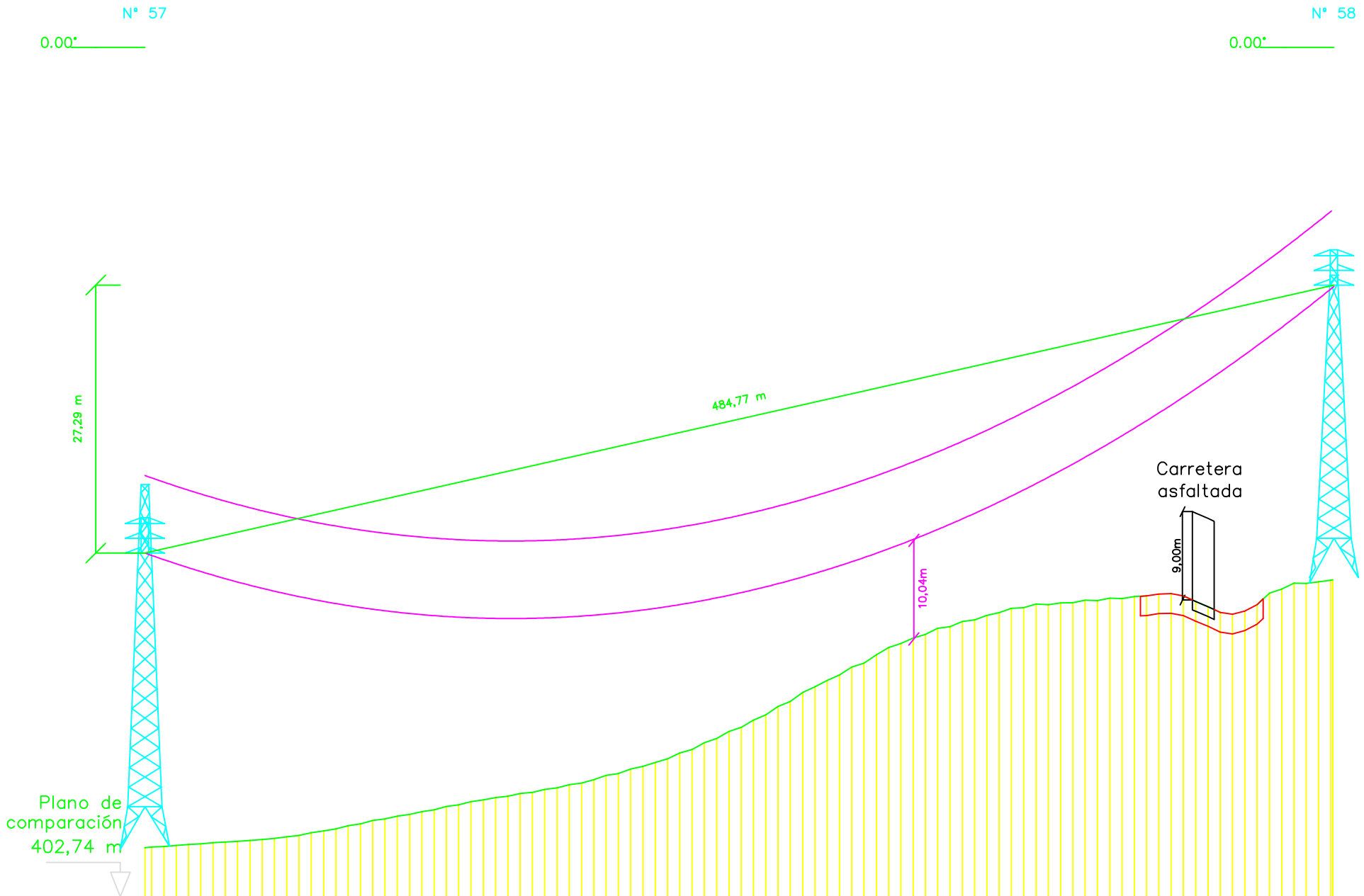
05/07/19

AUTOR

MARTÍNEZ ALBA, RAFAEL
INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL EN ELECTRICIDAD
UNIVERSIDAD DE JAÉN - JAÉN

ESCALA

H:1/2000 V:1/500



DESIGNACIÓN

CRUZAMIENTO DEL VANO Nº 57 CON CARRETERA ASFALTADA

PLANO Nº

11

TÍTULO Y SITUACIÓN

DISEÑO DE UNA LÍNEA AÉREA A 132 kV Y SUBESTACIÓN 132/66 kV
CARRETERA A-311, PTO KM 4 (JAÉN)

PROMOTOR

DPTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA DE LA UNIVERSIDAD DE JAÉN

FIRMA

FECHA

05/07/19

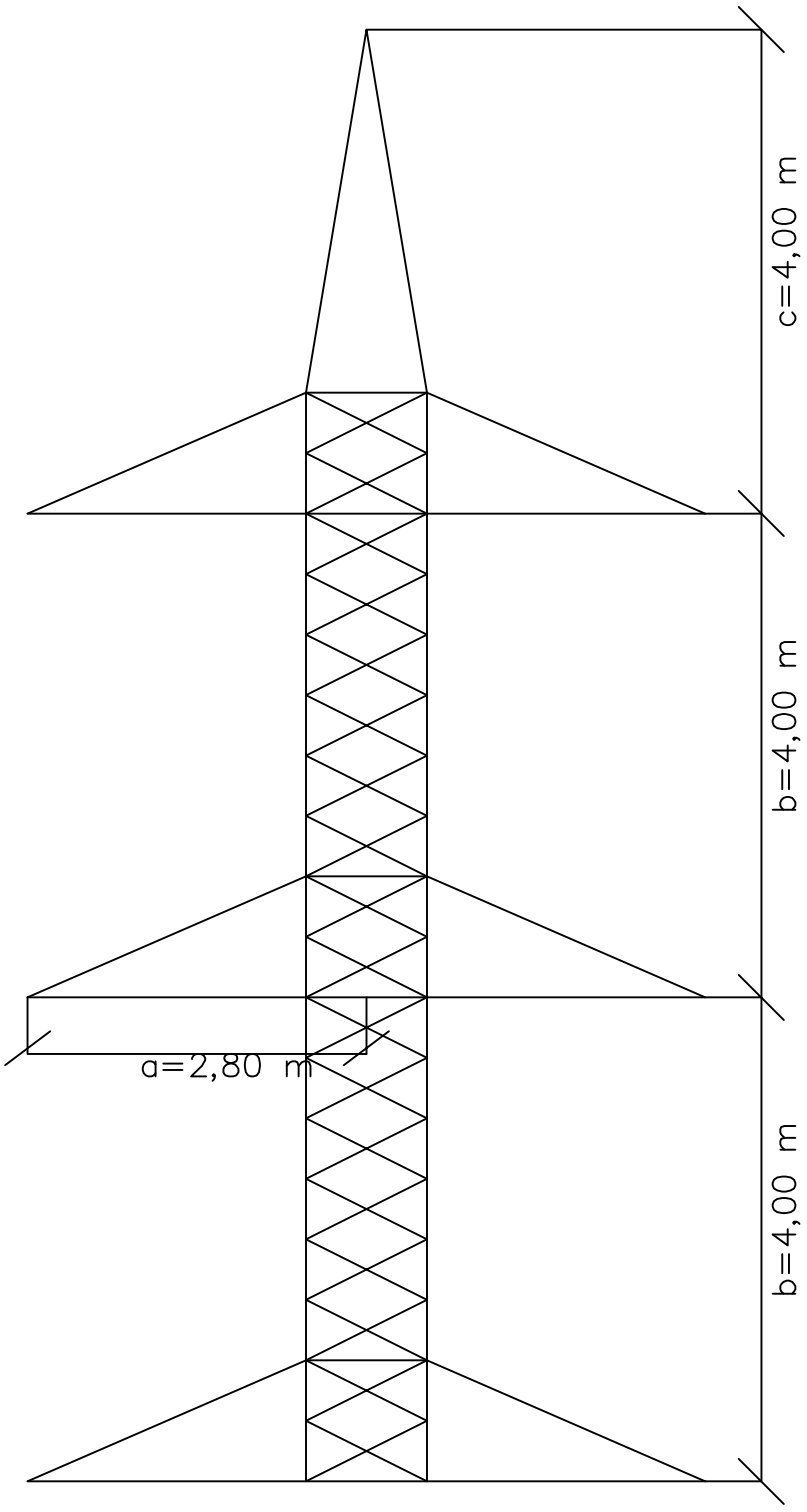
AUTOR

MARTÍNEZ ALBA, RAFAEL
INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL EN ELECTRICIDAD
UNIVERSIDAD DE JAÉN - JAÉN

ESCALA

H:1/2000 V:1/500

Armado DC–40



DESIGNACIÓN

ARMADO DE DOBLE CIRCUITO

PLANO Nº

12

TÍTULO Y SITUACIÓN

DISEÑO DE UNA LÍNEA AÉREA A 132 kV Y SUBESTACIÓN 132/66 kV
CARRETERA A-311, PTO KM 4 (JAÉN)

PROMOTOR

DPTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA DE LA UNIVERSIDAD DE JAÉN

FIRMA

FECHA

05/07/19

AUTOR

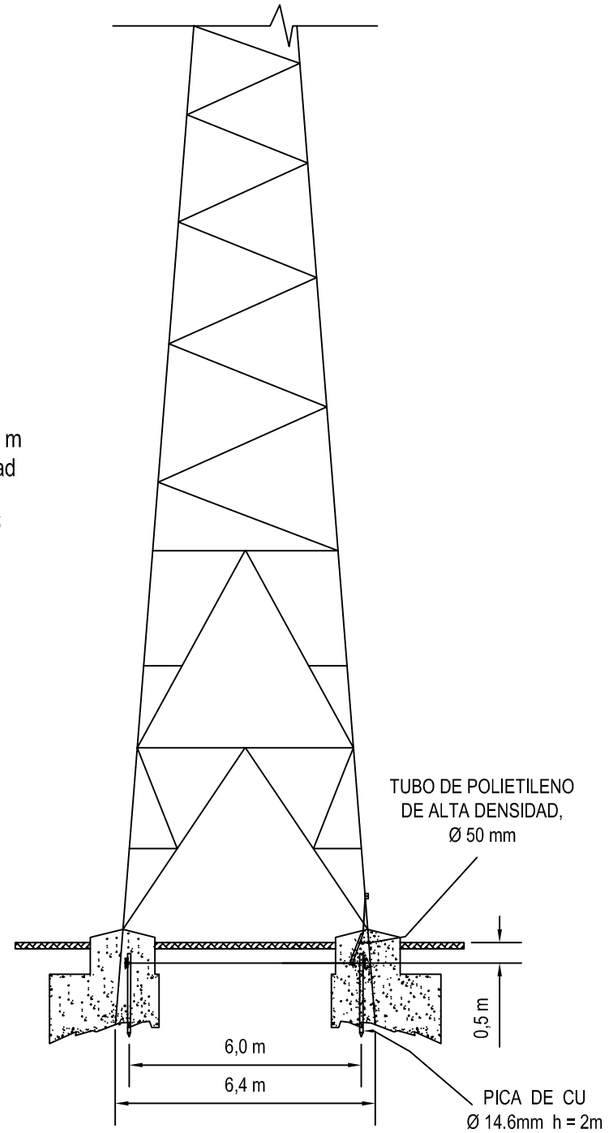
MARTÍNEZ ALBA, RAFAEL
INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL EN ELECTRICIDAD
UNIVERSIDAD DE JAÉN - JAÉN

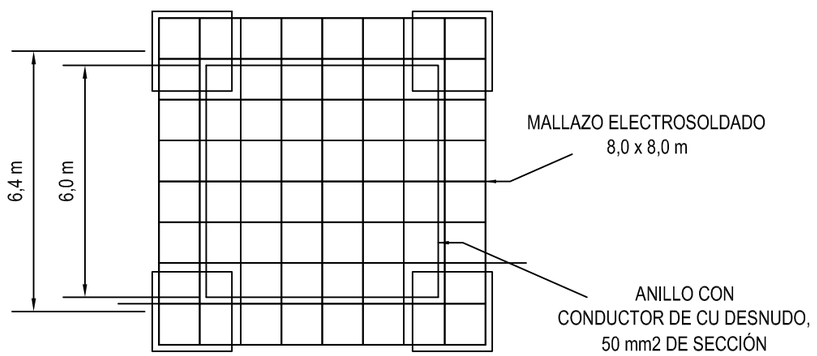
ESCALA

S/E

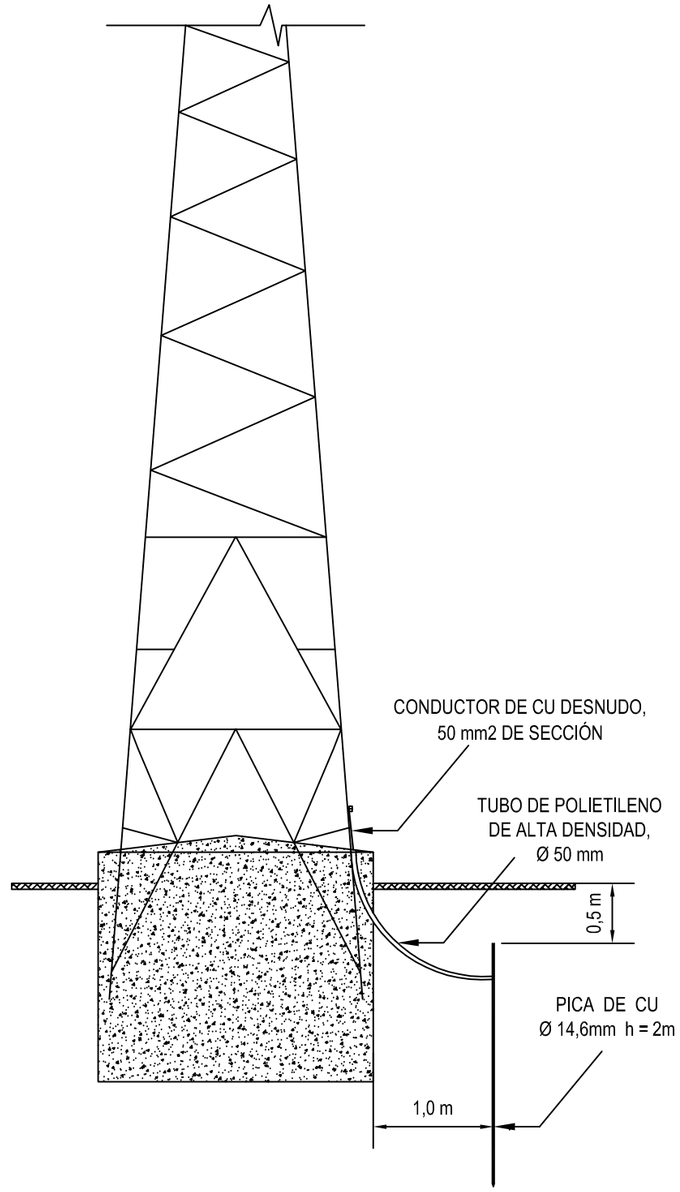
MÉTODO UNESA:
60-60/5/42

- Puesta a tierra en anillo 6,0 x 6,0 m
- Situado el anillo a una profundidad de 0,5 m
- Formada con 4 picas de Cu de Ø 14,6mm y 2,0 m de longitud





CIMENTACIÓN FRACCIONADA Y
PUESTA A TIERRA DE APOYO FRECUENTADO



CIMENTACIÓN MONOBLOQUE Y
PUESTA A TIERRA DE APOYO NO FRECUENTADO

DESIGNACIÓN
CIMENTACIONES Y PUESTAS A TIERRA EN APOYOS

PLANO Nº
13

TÍTULO Y SITUACIÓN
DISEÑO DE UNA LÍNEA AÉREA A 132 kV Y SUBESTACIÓN 132/66 kV
CARRETERA A-311, PTO KM 4 (JAÉN)

PROMOTOR
DPTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA DE LA UNIVERSIDAD DE JAÉN

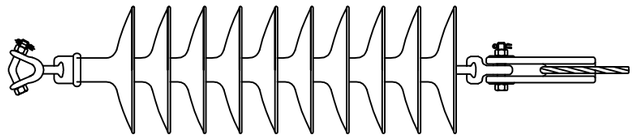
FIRMA

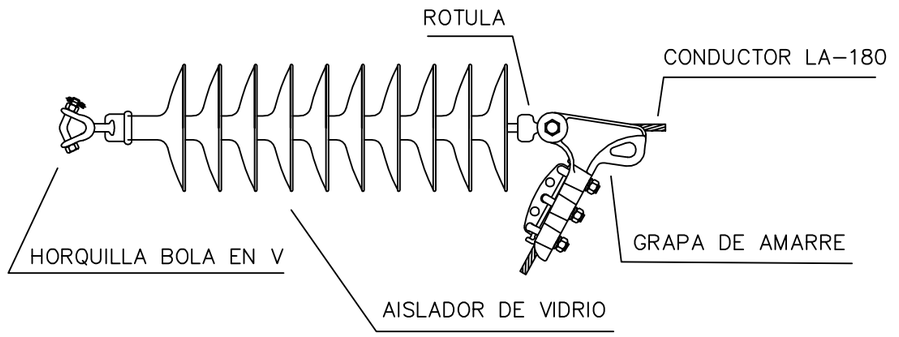
FECHA
05/07/19

AUTOR
MARTÍNEZ ALBA, RAFAEL
INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL EN ELECTRICIDAD
UNIVERSIDAD DE JAÉN-JAÉN

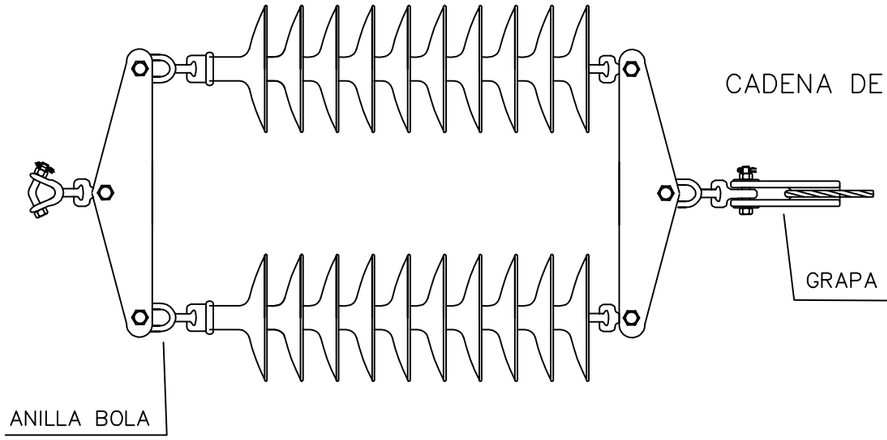
ESCALA
S/E

CADENA DE AMARRE SIMPLE

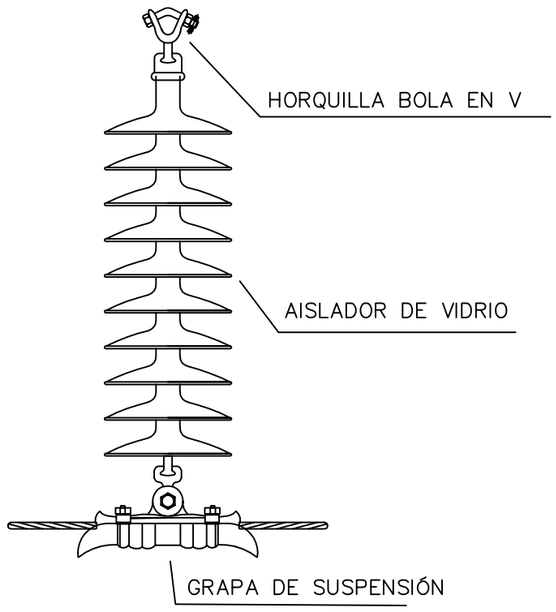


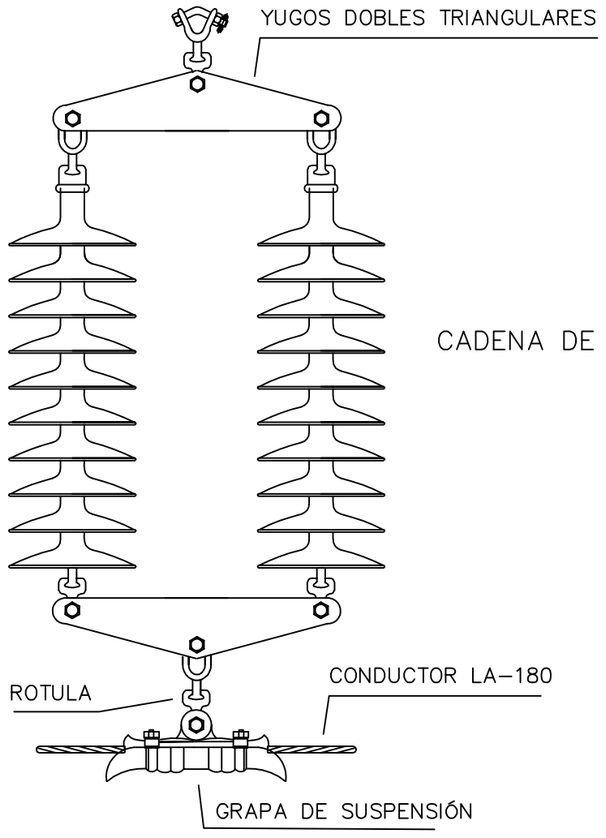


CADENA DE AMARRE DOBLE



CADENA DE SUSPENSIÓN SIMPLE





CADENA DE SUSPENSIÓN DOBLE

DESIGNACIÓN

CADENAS DE AISLADORES

PLANO Nº 14

TÍTULO Y SITUACIÓN

DISEÑO DE UNA LÍNEA AÉREA A 132 kV Y SUBESTACIÓN 132/66 kV
CARRETERA A-311, PTO KM 4 (JAÉN)

PROMOTOR

DPTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA DE LA UNIVERSIDAD DE JAÉN

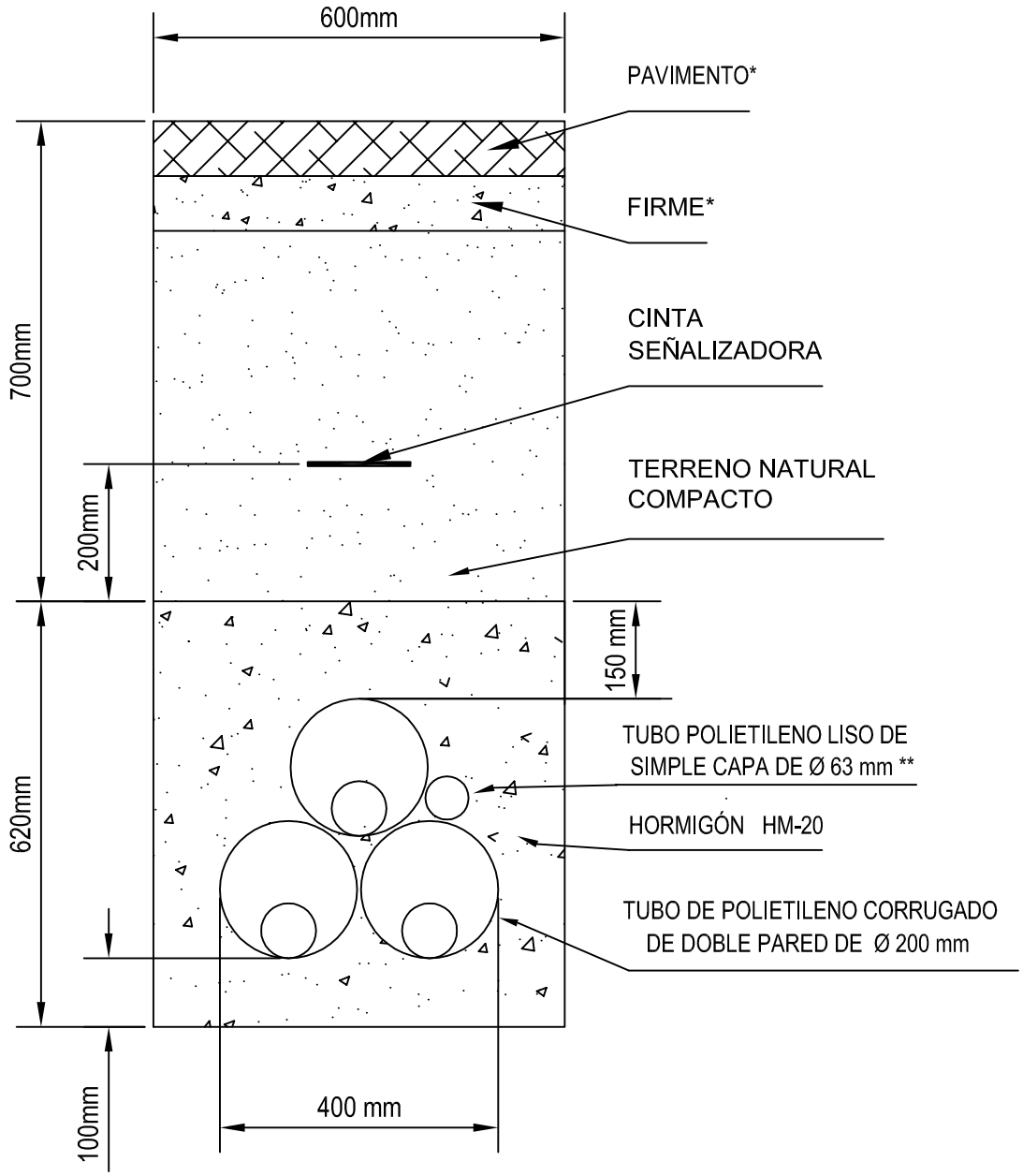
FIRMA

FECHA 05/07/19

AUTOR
MARTÍNEZ ALBA, RAFAEL
INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL EN ELECTRICIDAD
UNIVERSIDAD DE JAÉN - JAÉN

ESCALA S/E

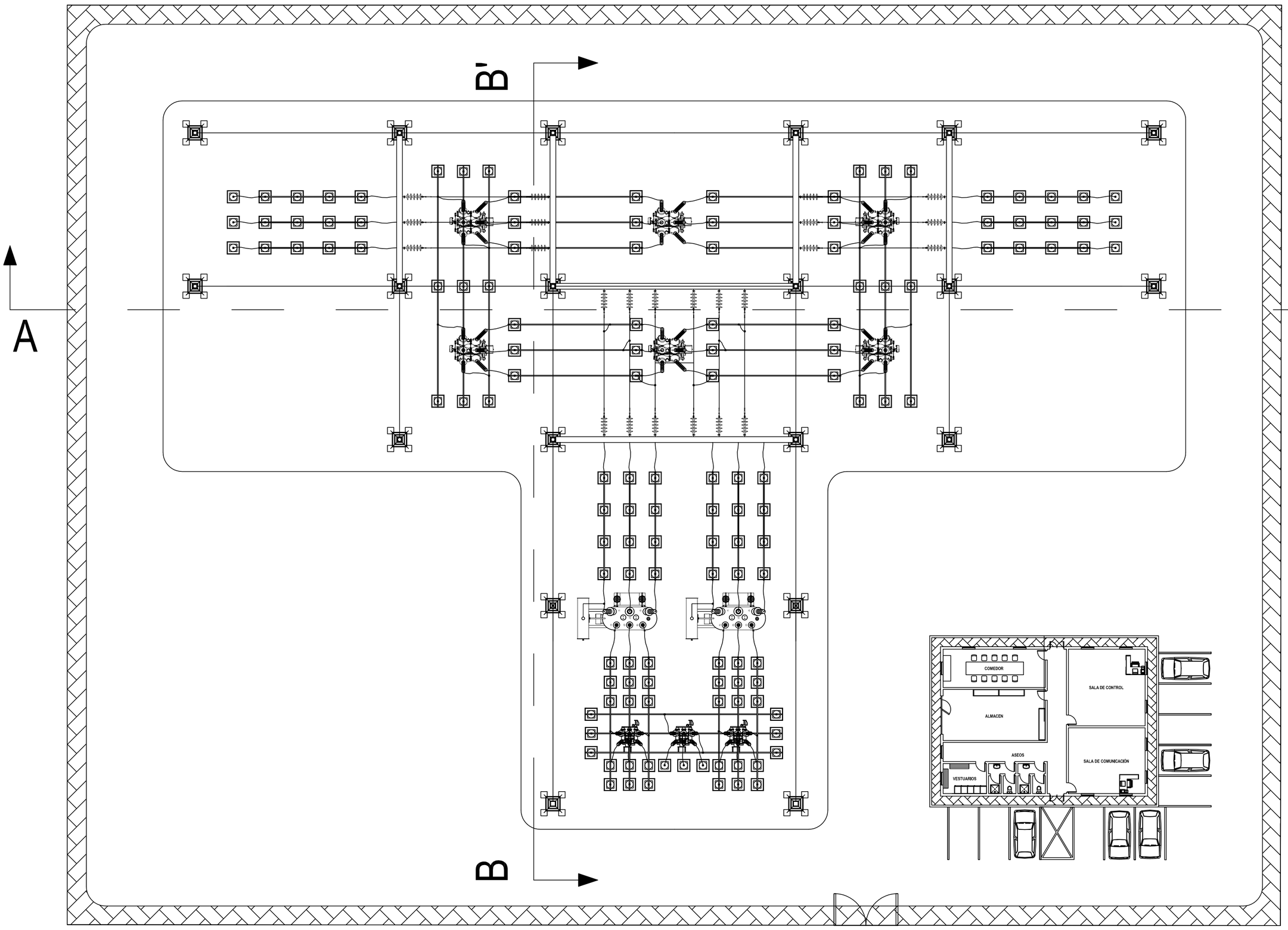
ZANJA SIMPLE CIRCUITO BAJO CALZADA O ACERA PARA TUBO DE Ø 200 mm

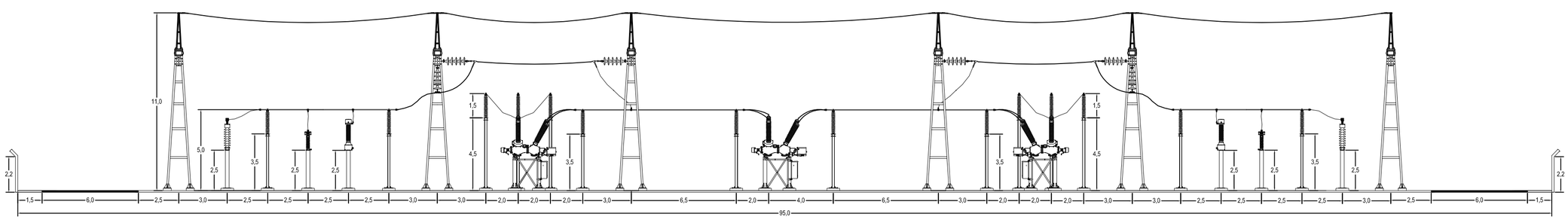


* Reposición de pavimentos de acuerdo con las disposiciones de los municipios y demás organismos afectados

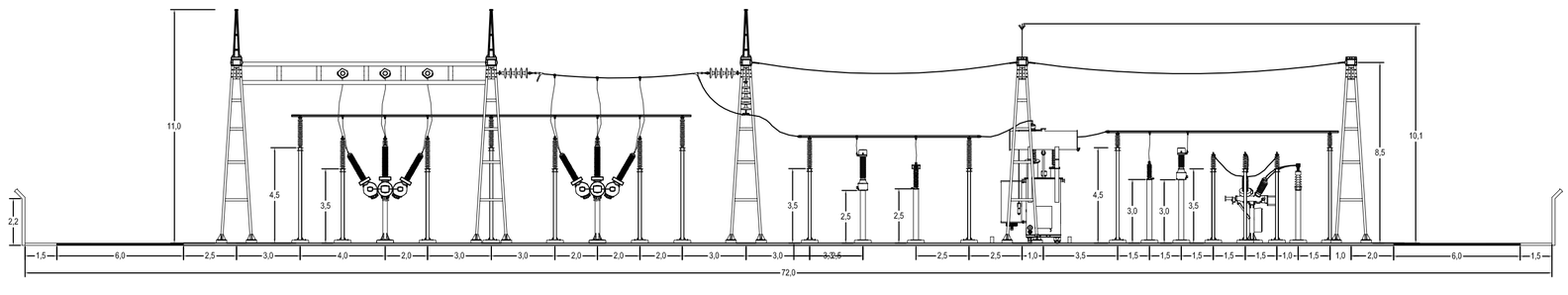
** Para la instalación de fibra óptica y para puesta a tierra "Solid Bonding"

DESIGNACIÓN: DETALLE DE ZANJA PARA LÍNEA SUBTERRÁNEA DE 132 kV	PLANO Nº: 15
TÍTULO Y SITUACIÓN: DISEÑO DE UNA LÍNEA AÉREA A 132 kV Y SUBESTACIÓN 132/66 kV CARRETERA A-311, PTO KM 4 (JAÉN)	
PROMOTOR: DPTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA DE LA UNIVERSIDA DE JAÉN	FIRMA:
	FECHA: 05/07/19
AUTOR: MARTÍNEZ ALBA, RAFAEL INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL EN ELECTRICIDAD UNIVERSIDAD DE JAÉN-JAÉN	ESCALA: 1/10





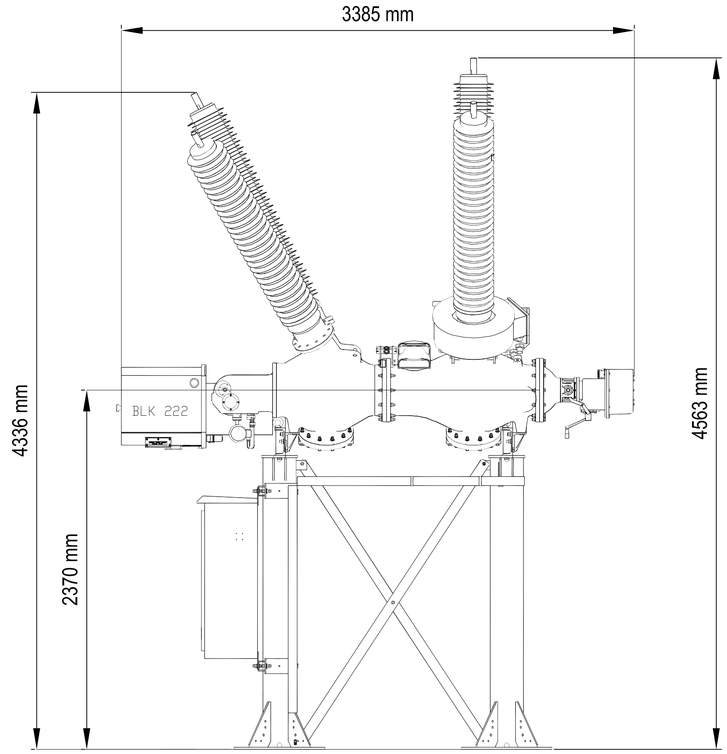
Sección A-A'

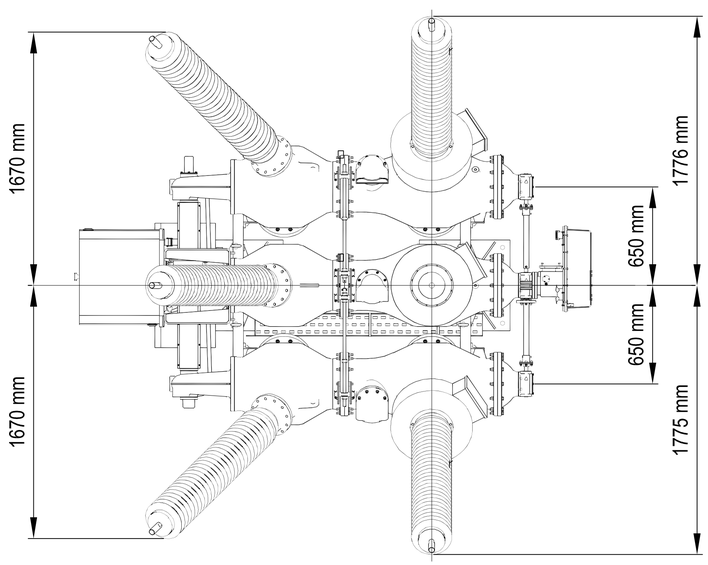


Sección B-B'

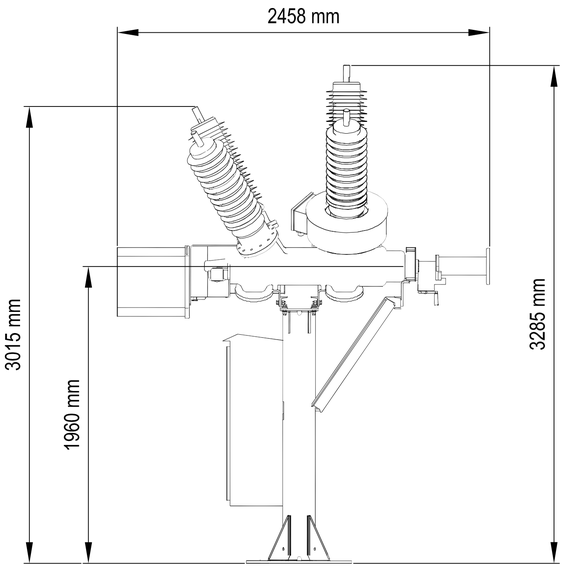
DESIGNACIÓN: PLANTA SUBESTACIÓN 132/66 kV	PLANO Nº: 16
TÍTULO Y SITUACIÓN: DISEÑO DE UNA LÍNEA AÉREA A 132 kV Y SUBESTACIÓN 132/66 kV CARRETERA A-311, PTO KM 4 (JAÉN)	
PROMOTOR: DPTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA DE LA UNIVERSIDAD DE JAÉN	FIRMA:
AUTOR: MARTÍNEZ ALBA, RAFAEL INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL EN ELECTRICIDAD UNIVERSIDAD DE JAÉN - JAÉN	FECHA: 05/07/19 ESCALA: 1/200

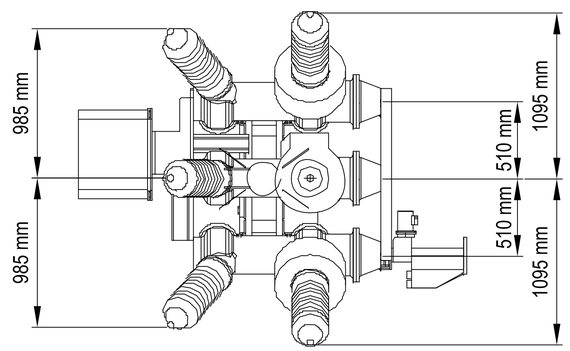
PASS M0 145 kV





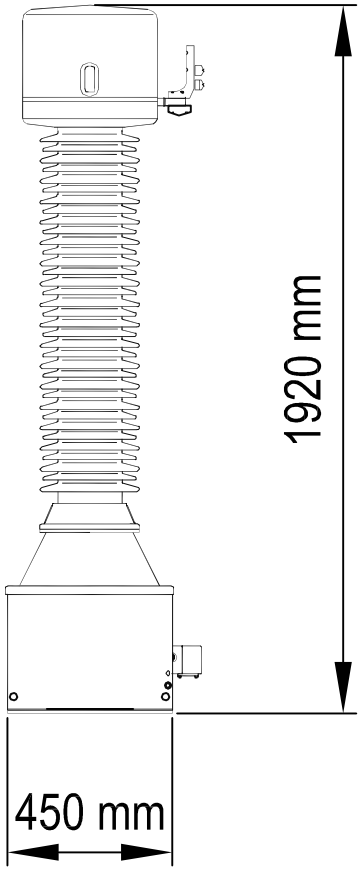
PASS M00 72.5 kV



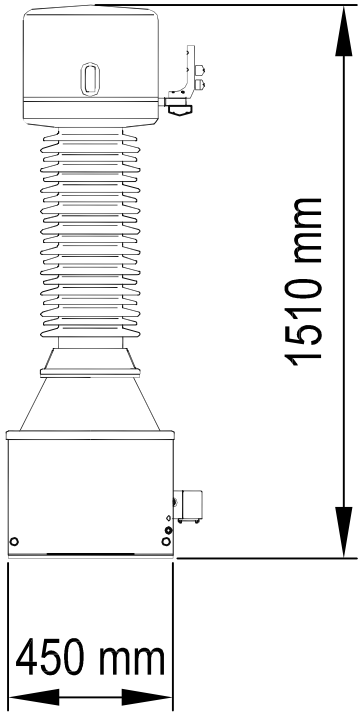


DESIGNACIÓN: MÓDULOS HÍBRIDOS COMPACTOS		PLANO Nº: 17
TÍTULO Y SITUACIÓN: DISEÑO DE UNA LÍNEA AÉREA A 132 kV Y SUBESTACIÓN 132/66 kV CARRETERA A-311, PTO KM 4 (JAÉN)		
PROMOTOR: DPTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA DE LA UNIVERSIDAD DE JAÉN	FIRMA	FECHA: 05/07/19
AUTOR: MARTÍNEZ ALBA, RAFAEL INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL EN ELECTRICIDAD UNIVERSIDAD DE JAÉN-JAÉN		ESCALA: 1/20

DDB-145



DDB-72



DESIGNACIÓN

TRANSFORMADORES DE TENSIÓN CAPACITIVOS

PLANO Nº

18

TÍTULO Y SITUACIÓN

DISEÑO DE UNA LÍNEA AÉREA A 132 kV Y SUBESTACIÓN 132/66 kV
CARRETERA A-311, PTO KM 4 (JAÉN)

PROMOTOR

DPTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA DE LA UNIVERSIDAD DE JAÉN

FIRMA

FECHA

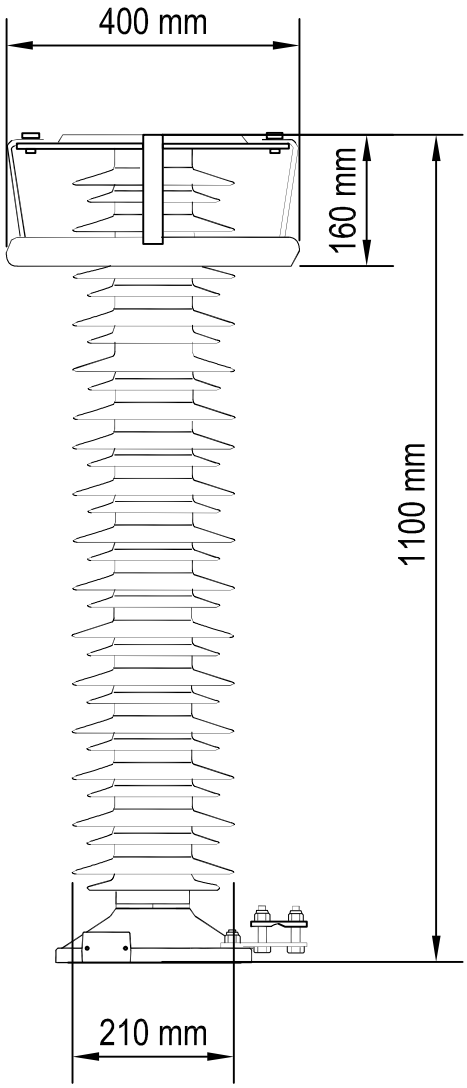
05/07/19

AUTOR
MARTÍNEZ ALBA, RAFAEL
INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL EN ELECTRICIDAD
UNIVERSIDAD DE JAÉN-JAÉN

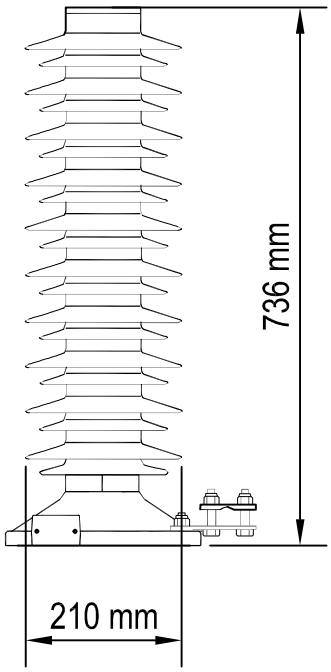
ESCALA

1/20

PEXLIM Q108-XH145



PEXLIM Q60-XV072



DESIGNACIÓN

AUTOVÁLVULAS

PLANO Nº

19

TÍTULO Y SITUACIÓN

DISEÑO DE UNA LÍNEA AÉREA A 132 kV Y SUBESTACIÓN 132/66 kV
CARRETERA A-311, PTO KM 4 (JAÉN)

PROMOTOR

DPTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA DE LA UNIVERSIDAD DE JAÉN

FIRMA

FECHA

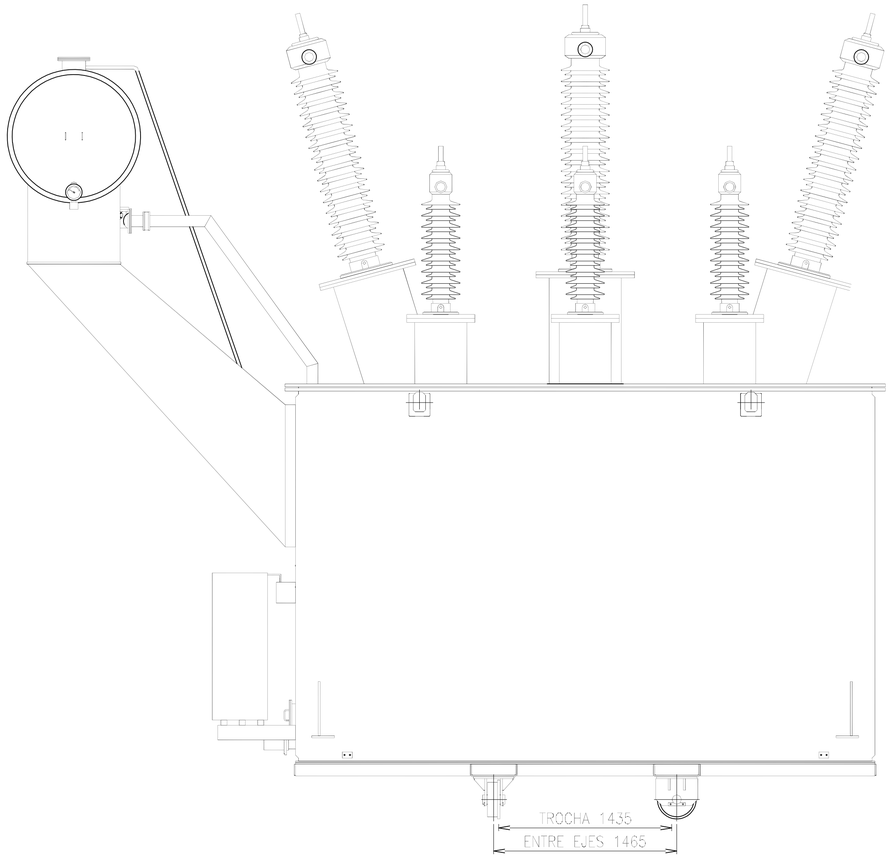
05/07/19

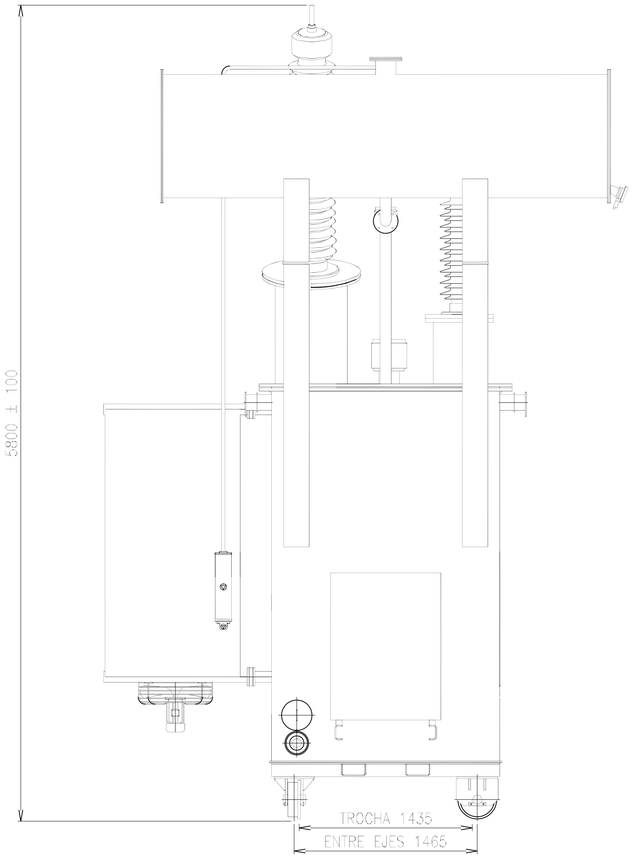
AUTOR

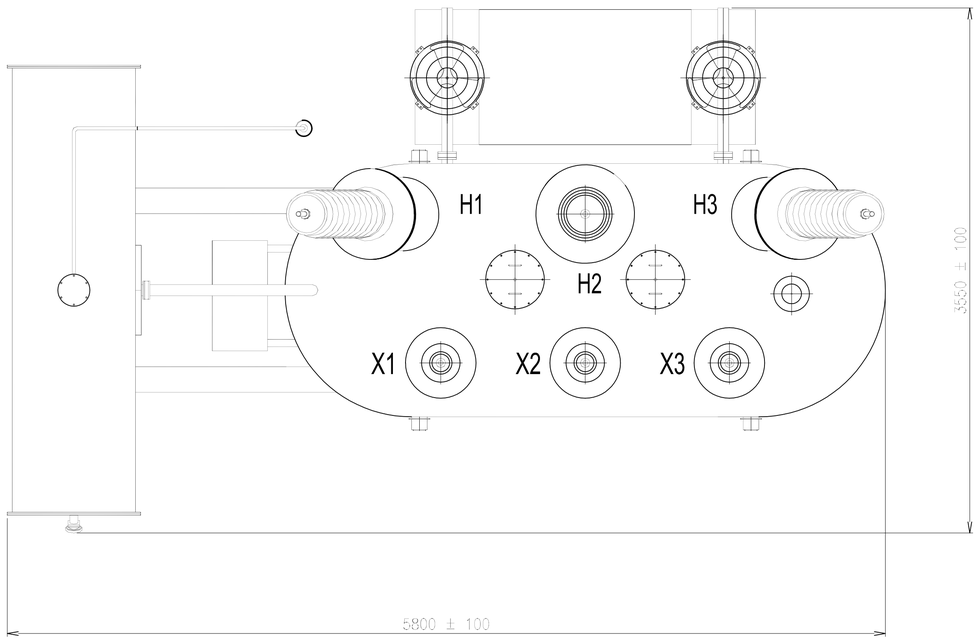
MARTÍNEZ ALBA, RAFAEL
INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL EN ELECTRICIDAD
UNIVERSIDAD DE JAÉN-JAÉN

ESCALA

1/10







PESOS APROXIMADOS (kg)		
PARTE ACTIVA		24160
ESTANQUE Y ACCESÓRIOS		10850
ACEITE	11000 l	9790
TOTAL		44800
PESO APROXIMADO PARA TRANSPORTE		35800
DIMENSIONES PARA TRANSPORTE (mm)		
ALTO		3650
ANCHO		2100
LARGO		4500

DESIGNACIÓN
TRANSFORMADOR DE POTENCIA 132/66 kV, 40 MVA

PLANO Nº
20

TÍTULO Y SITUACIÓN
DISEÑO DE UNA LÍNEA AÉREA A 132 kV Y SUBESTACIÓN 132/66 kV
CARRETERA A-311, PTO KM 4 (JAÉN)

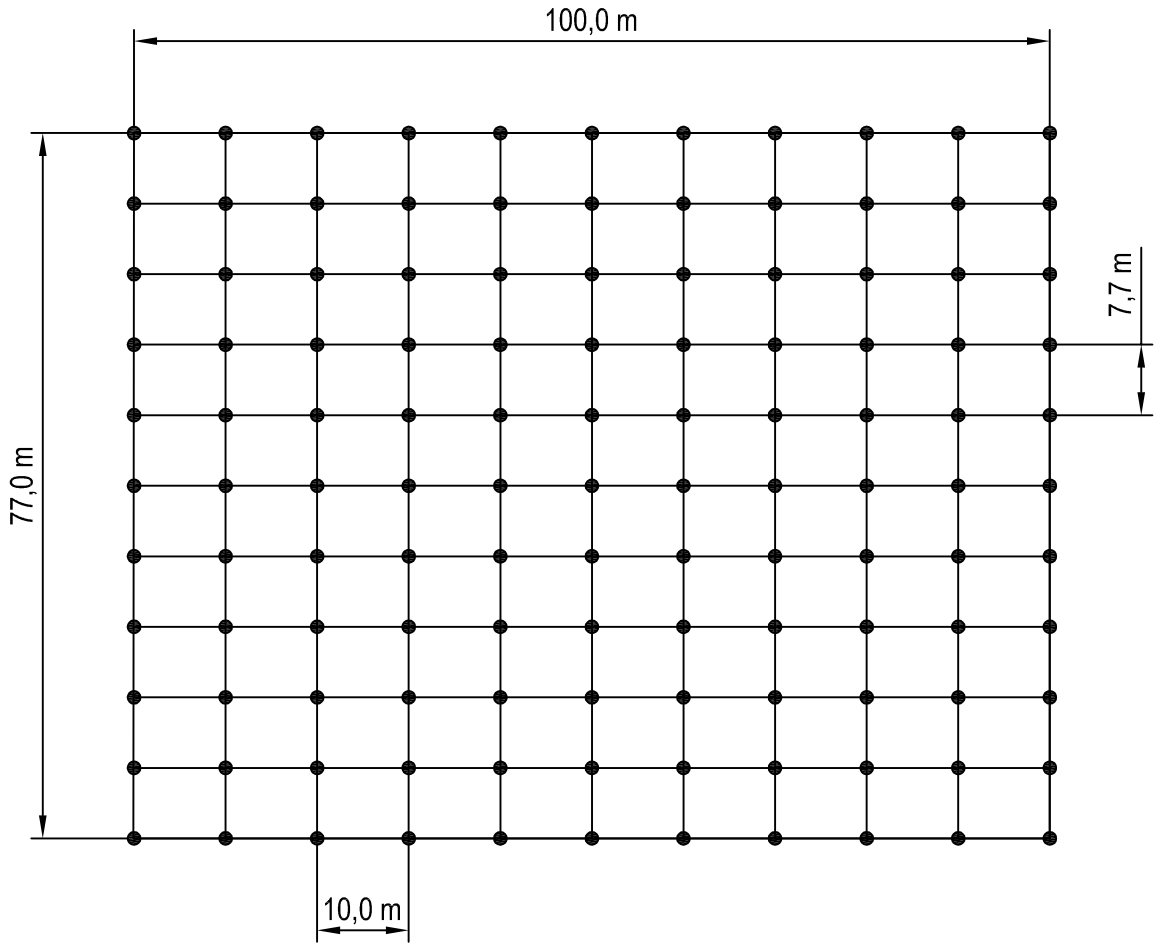
PROMOTOR
DPTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA DE LA UNIVERSIDAD DE JAÉN

FIRMA

FECHA
05/07/19

AUTOR
MARTÍNEZ ALBA, RAFAEL
INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL EN ELECTRICIDAD
UNIVERSIDAD DE JAÉN - JAÉN

ESCALA
1/20



Red de tierra inferior, realizada con conductor de cobre desnudo de 120 mm2 de sección, formando una malla que cubre toda la superficie de la cimentación de la subestación. La unión entre los conductores que forman la malla se hará mediante soldadura aluminotérmica.

DESIGNACIÓN

RED DE TIERRA INFERIOR

PLANO Nº

21

TÍTULO Y SITUACIÓN

DISEÑO DE UNA LÍNEA AÉREA A 132 kV Y SUBESTACIÓN 132/66 kV
CARRETERA A-311, PTO KM 4 (JAÉN)

PROMOTOR

DPTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA DE LA UNIVERSIDAD DE JAÉN

FIRMA

FECHA

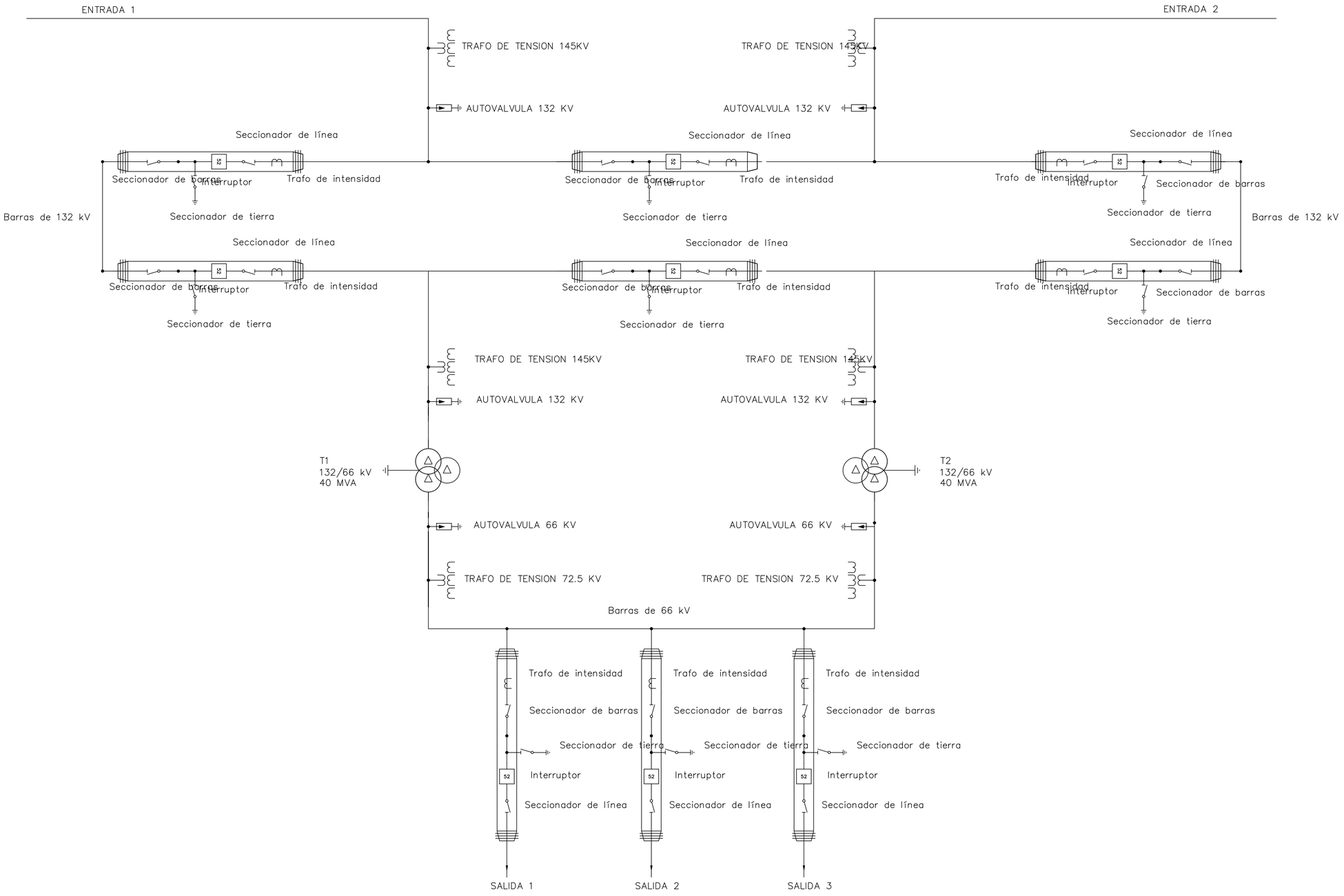
05/07/19

AUTOR

MARTÍNEZ ALBA, RAFAEL
INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL EN ELECTRICIDAD
UNIVERSIDAD DE JAÉN - JAÉN

ESCALA

S/E



DESIGNACIÓN

ESQUEMA UNIFILAR SUBESTACIÓN 132/66 kV

PLANO Nº

22

TÍTULO Y SITUACIÓN

DISEÑO DE UNA LÍNEA AÉREA A 132 kV Y SUBESTACIÓN 132/66 kV
CARRETERA A-311, PTO KM 4 (JAÉN)

PROMOTOR

DPTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA DE LA UNIVERSIDAD DE JAÉN

FIRMA

FECHA

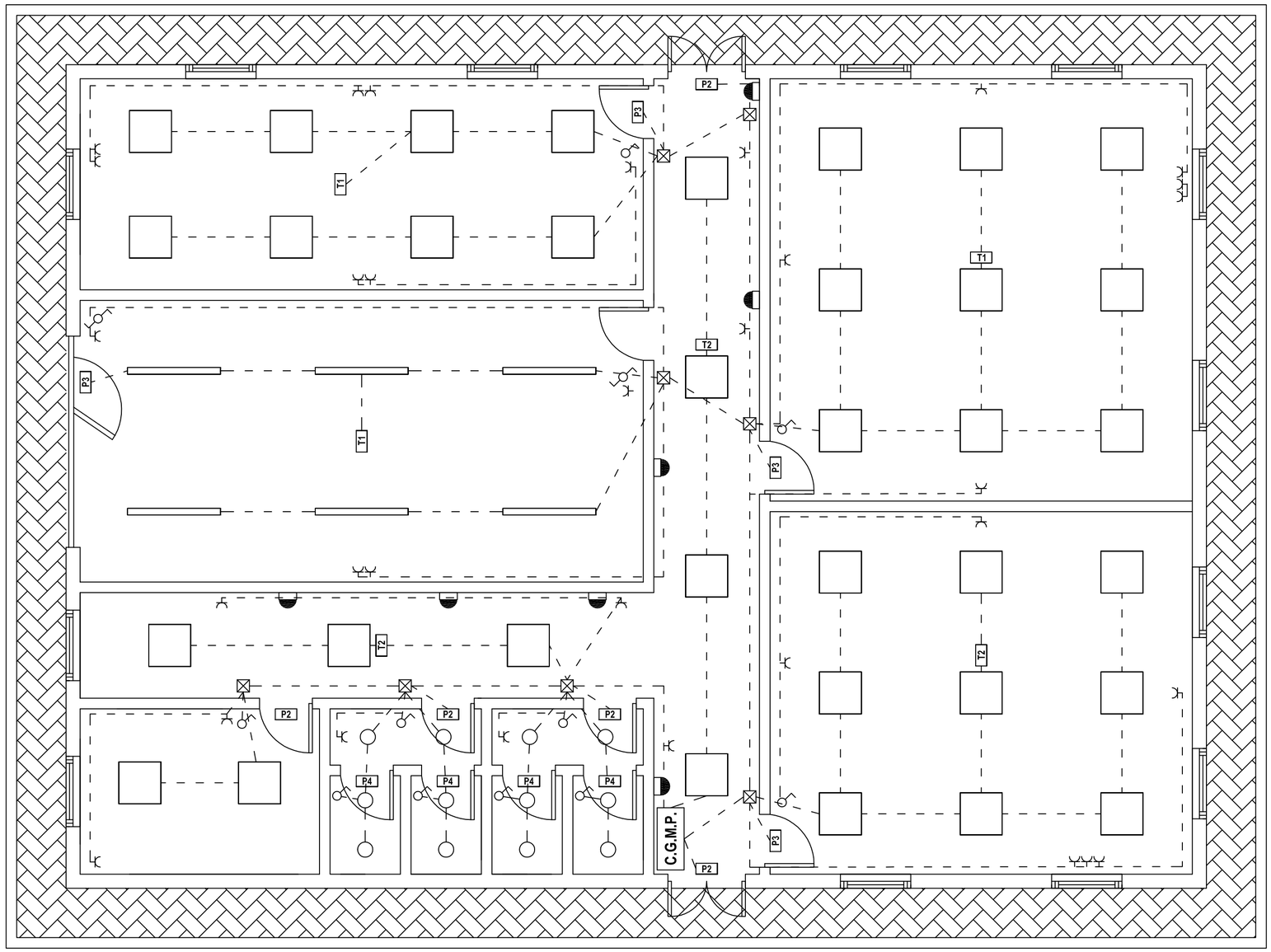
05/07/19

AUTOR

MARTÍNEZ ALBA, RAFAEL
INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL EN ELECTRICIDAD
UNIVERSIDAD DE JAÉN - JAÉN

ESCALA

S/E



LEYENDA

- Cuadro General de Mando y Protección C.G.M.P.
- Interruptor
- Interruptor sensor de movimiento
- Conmutador
- Toma de corriente
- Caja de registro
- Downlight DN135 D215
- Pantalla RC125B W60L60
- Pantalla estanca WT470C L1300
- Emergencia K11/6-230 en techo T1
- Emergencia K111/6N Without en techo T2
- Emergencia K111/6N Without en pared P2
- Emergencia K131/2P Single sided foil en pared P3
- Emergencia K211/3O Without en pared P4

DESIGNACIÓN
INSTALACIÓN ELÉCTRICA DEL EDIFICIO DE MANDO Y CONTROL

PLANO Nº
23

TÍTULO Y SITUACIÓN
DISEÑO DE UNA LÍNEA AÉREA A 132 Y SUBESTACIÓN 132/66 kV
CARRETERA A-311, PTO KM 4 (JAÉN)

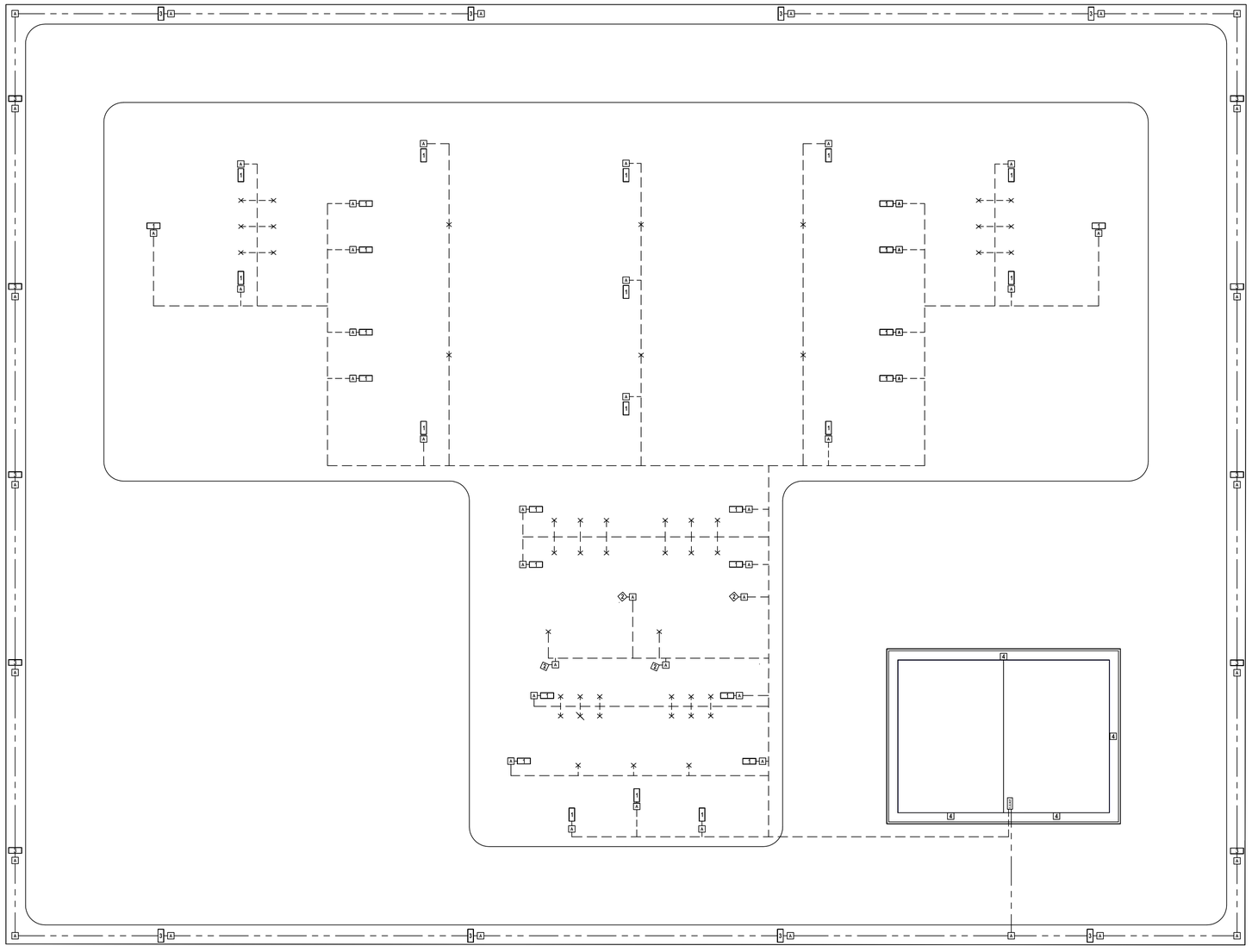
PROMOTOR
DPTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA DE LA UNIVERSIDAD DE JAÉN

FIRMA

FECHA
05/07/19

AUTOR
MARTÍNEZ ALBA, RAFAEL
INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL EN ELECTRICIDAD
UNIVERSIDAD DE JAÉN - JAÉN

ESCALA
1/50

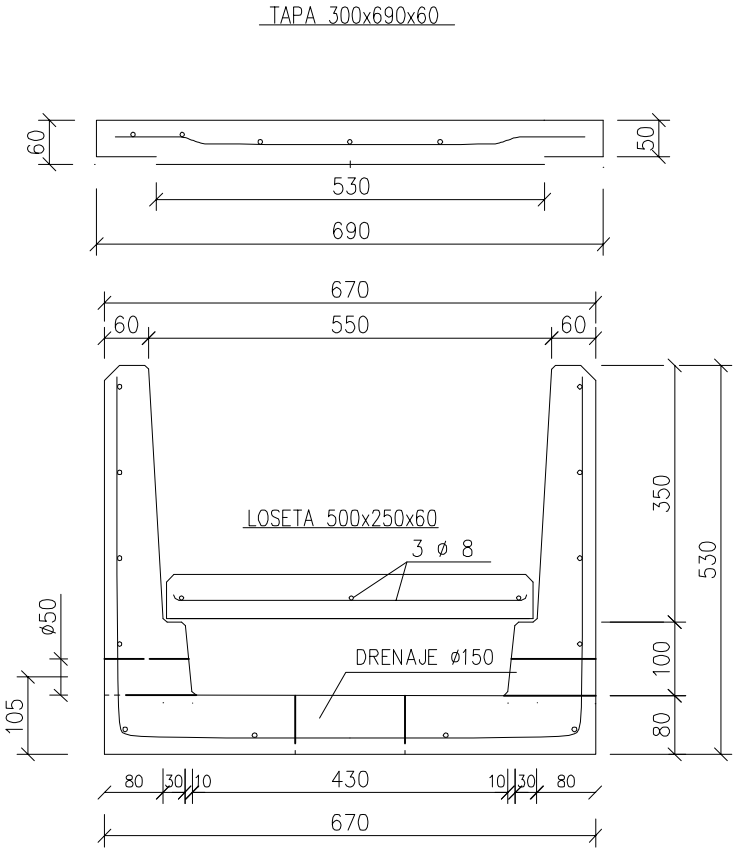


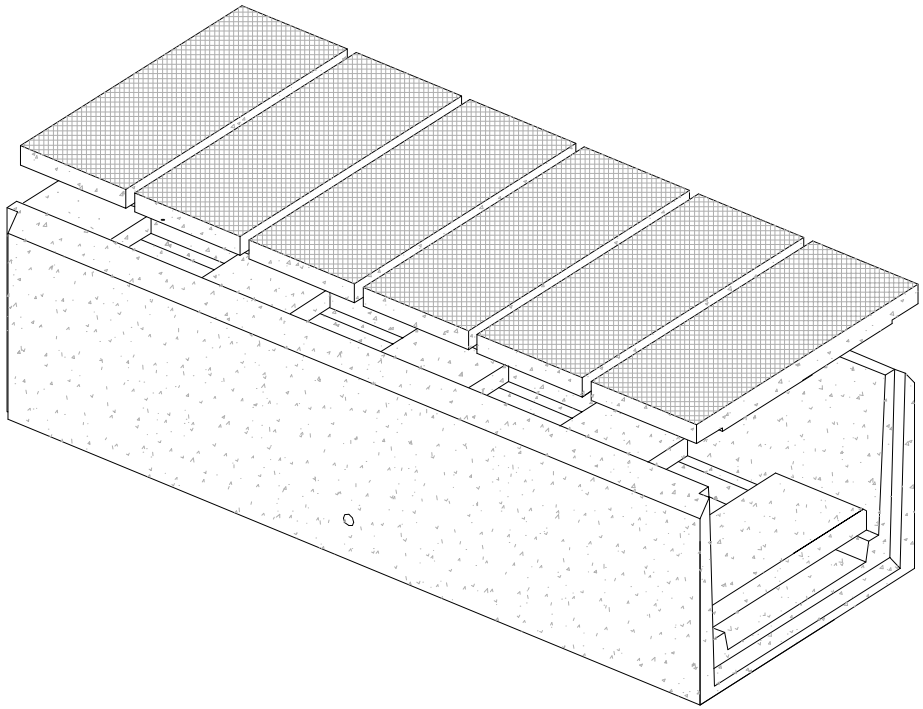
LEYENDA

Canalización subterránea bajo tubo

- **Canalización de hormigón con drenaje**
- **Arqueta de hormigón** A
- **Punto de conexón de la aparamenta**
- **BGP627 T25 LED450-4S** 1
- **BVP651 T25 LED800-4S** 2
- **BGP760 T25 LED10-4S** 3
- **BGP760 T25 LED30-4S** 4

DESIGNACIÓN	INSTALACIÓN ELÉCTRICA EXTERIOR DE LA SUBESTACIÓN
PLANO Nº	24
TÍTULO Y SITUACIÓN	DISEÑO DE UNA LÍNEA AÉREA A 132 kV Y SUBESTACIÓN 132/66 kV CARRETERA A-311, PTO KM 4 (JAÉN)
PROMOTOR	DPTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA DE LA UNIVERSIDAD DE JAÉN
FIRMA	
FECHA	05/07/19
AUTOR	MARTÍNEZ ALBA, RAFAEL INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL EN ELECTRICIDAD UNIVERSIDAD DE JAÉN - JAÉN
ESCALA	1/200





DESIGNACIÓN

CANAL DE HORMIGÓN CON DRENAJE DE AGUA

PLANO Nº 25

TÍTULO Y SITUACIÓN

DISEÑO DE UNA LÍNEA AÉREA A 132 kV Y SUBESTACIÓN 132/66 kV

CARRETERA A-311, PTO KM 4 (JAÉN)

PROMOTOR

DPTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA DE LA UNIVERSIDAD DE JAÉN

FIRMA

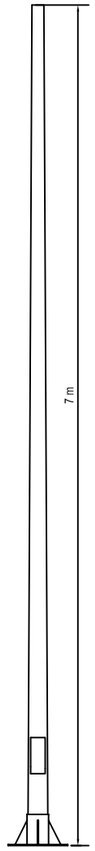
FECHA 05/07/19

AUTOR

MARTÍNEZ ALBA, RAFAEL
INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL EN ELECTRICIDAD
UNIVERSIDAD DE JAÉN - JAÉN

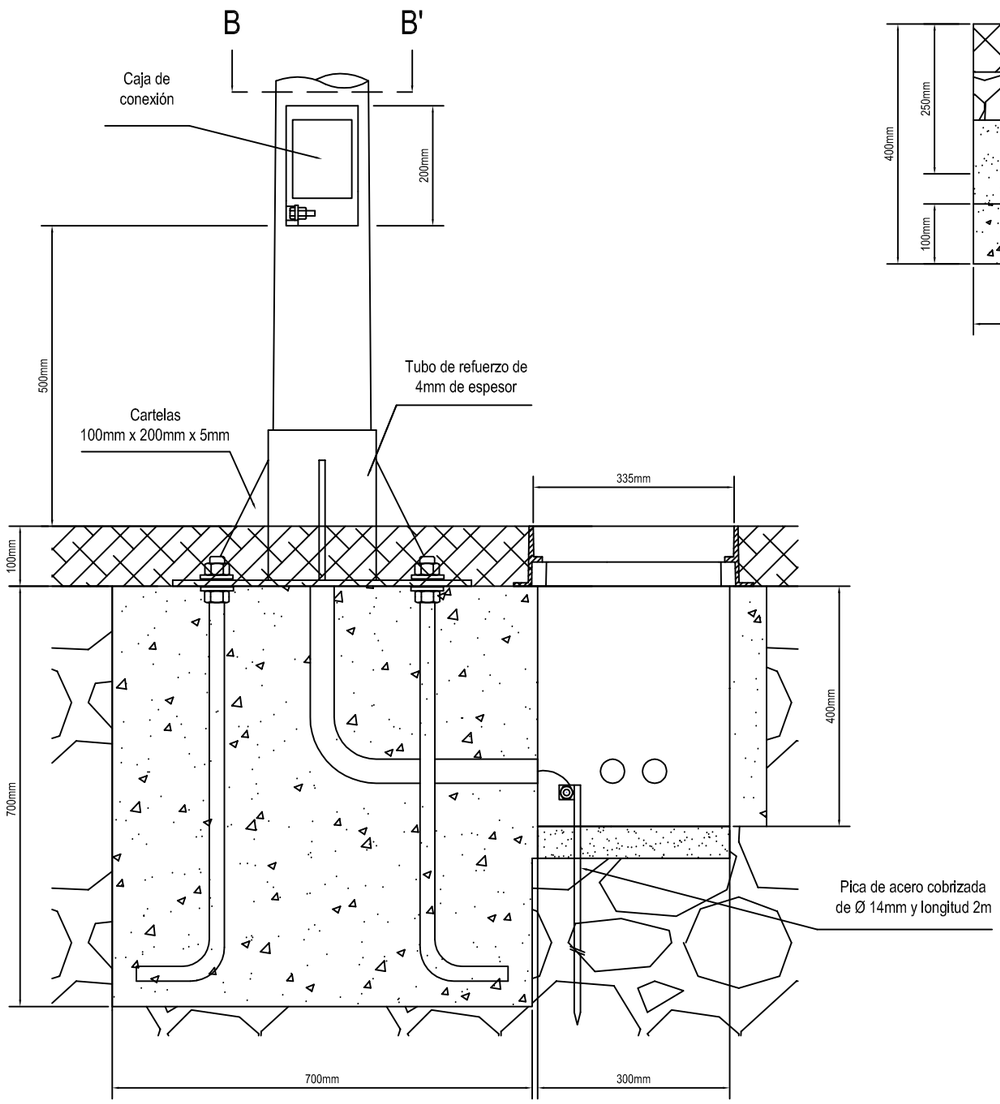
ESCALA 1/10

BÁCULO

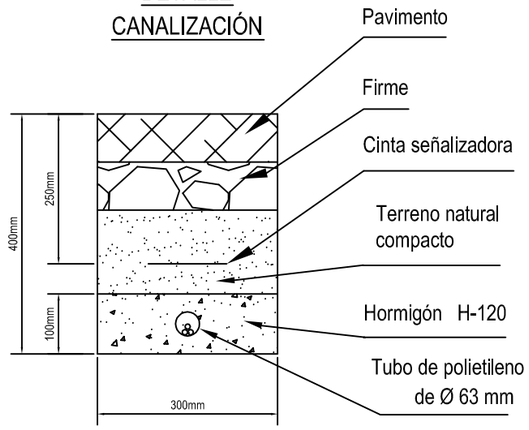


ESCALA
1/5

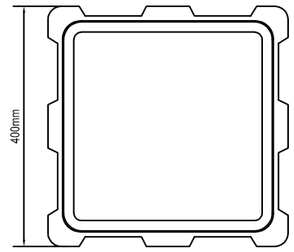
DETALLE DE LA CIMENTACIÓN Y LA ARQUETA

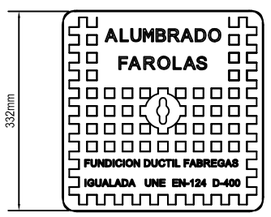


DETALLE CANALIZACIÓN



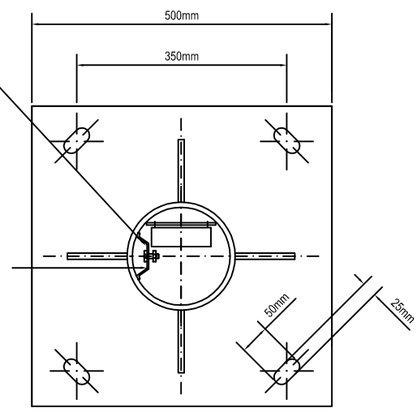
TAPA ARQUETA





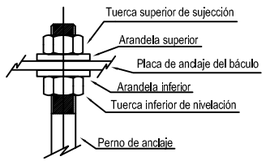
Fundicón ductil GGG40 de clase D-400, acabado en pintura negra asfáltica (UNE EN-124)

Conexión para puesta a tierra



B-B'

DETALLE TORNILLOS DE NIVELACIÓN PARA COLUMNA



ESCALA
5/1

DESIGNACIÓN
DETALLE DE ARQUETA ALUMBRADO EXTERIOR, BÁCULO Y PUESTA A TIERRA

PLANO Nº
26

TÍTULO Y SITUACIÓN
DISEÑO DE UNA LÍNEA AÉREA A 132 kV Y SUBESTACIÓN 132/66 kV
CARRETERA A-311, PTO KM 4 (JAÉN)

PROMOTOR
DPTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA DE LA UNIVERSIDAD DE JAÉN

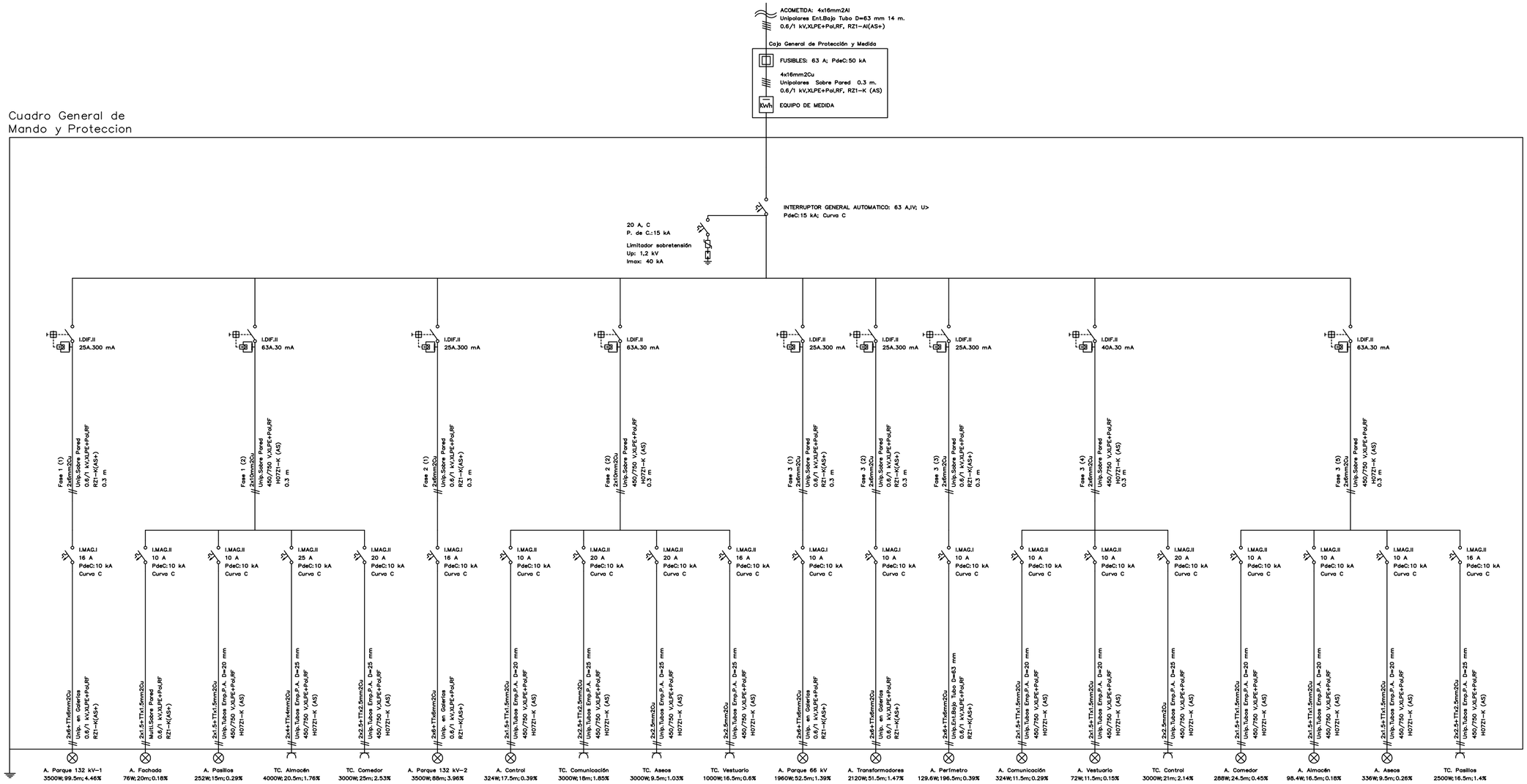
FIRMA

FECHA
05/07/19

AUTOR
MARTÍNEZ ALBA, RAFAEL
INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL EN ELECTRICIDAD
UNIVERSIDAD DE JAÉN-JAÉN

ESCALA
1/10

Cuadro General de
Mando y Proteccion



DESIGNACIÓN: ESQUEMA ELÉCTRICO UNIFILAR EDIFICIO DE MANDO Y CONTROL		PLANO Nº: 27
TÍTULO Y SITUACIÓN: DISEÑO DE UNA LÍNEA AÉREA A 132 kV YSUBESTACIÓN 132/66 kV CARRETERA A-311, PTO KM 4 (JAÉN)		
PROMOTOR: DPTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA DE LA UNIVERSIDAD DE JAÉN	FIRMA	FECHA: 05/07/19
AUTOR: MARTÍNEZ ALBA, RAFAEL INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL EN ELECTRICIDAD UNIVERSIDAD DE JAÉN - JAÉN		ESCALA: S/E

PLIEGO DE CONDICIONES

1. Objeto

El objeto del presente Pliego de Condiciones es aportar la información necesaria para definir los materiales y equipos y su correcto montaje, por lo que se han considerado los siguientes aspectos.

- Normativa: Los equipos y su montaje será conforme a la normativa legal y de referencia.
- Gestión de Calidad: El Plan de Calidad recoge las características técnicas de los equipos y su montaje. Además, la certificación ISO-9000 asegura la calidad de la instalación construida.
- Gestión medioambiental: Con el objeto de minimizar los impactos puedan acarrear la construcción y funcionamiento de la instalación.
- Seguridad Laboral: Para asegurar que tanto el montaje como la explotación de los equipos de esta instalación cumplen con las medidas de seguridad requeridas.

2. Normativa

Todas las obras del proyecto, además de lo prescrito en el presente Pliego de Condiciones se ejecutarán cumpliendo las normas y recomendaciones en su última edición ó revisión que les sean de aplicación y estén vigentes en el momento del inicio de las mismas.

Entre ellas se tendrán en cuenta las siguientes:

- Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación e Instrucciones Técnicas Complementarias del MIE.
- Reglamento Electrotécnico para BT del MIE.
- Reglamento de Verificaciones Eléctricas y Regularidad en el suministro de Energía.
- Reglamento de Líneas Eléctricas Aéreas de AT del MIE.
- Normas “UNE”, “IEC” y aplicables.
- Código Técnico de la Edificación RD314/2006.
- Real Decreto Legislativo 1/1995, de 24 de marzo, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley del Estatuto de los Trabajadores.
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba los Reglamentos de los Servicios de Prevención.
- Decreto 2065/1974, de 30 de mayo, por el que se aprueba el Texto Refundido de la Ley General de la Seguridad Social.
- Real Decreto 2001/1983, de 28 de julio, sobre regulación de la jornada de trabajo, jornadas especiales y descansos.
- Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- Resolución de 4 de mayo de 1992, por la que se aprueba el Convenio Colectivo General del Sector de la Construcción.

3. Obra civil

3.1. Condiciones generales de los materiales

3.1.1. Agua

Cumplirá como mínimo las condiciones impuestas en el artículo 27 de la EHE. No se utilizarán aguas del mar o aguas salinas análogas, tanto para amasar como para curar hormigones y se rechazarán, salvo justificación especial, todas aquellas aguas que no cumplan las siguientes condiciones:

- Un PH ≥ 5.
- Contenido de sulfato ≤ 1g/l.
- Contenido de Ion Cloro ≤ 3g/l para HA ó HM y ≤ 1g/l para HP.
- Sustancias orgánicas solubles en éter en cantidad ≤ 15g/l.

3.1.2. Áridos

Los áridos serán de cantera, río o bien procedentes de machaqueo, debiendo ser limpios y exentos de tierra-arcilla o materia orgánica. El tamaño máximo del árido estará limitado por el tamiz 40 UNE y su proporción de mezcla definida por porcentaje en peso de cada uno de los diversos tamaños utilizados.

Deberán encontrarse saturados y superficialmente secos, a fin de obtener un hormigón de la máxima compacidad, manejable, sin segregación, bien ligado y de la resistencia exigida.

Los áridos cumplirán como mínimo las condiciones en el artículo 28 de la EHE.

3.1.3. Cementos

El tipo de cemento utilizado para la ejecución de los hormigones, “cemento de la clase resistente 32,5 N/mm2 o superior”, se determinará teniendo en cuenta entre otros factores la aplicación del hormigón, las condiciones ambientales a las que va a estar expuesto y las dimensiones de las piezas y cumplirá como mínimo las condiciones exigidas en la RC-97 y artículo 26 de la EHE.

3.1.4. Morteros

El mortero de junta delgada se puede emplear cuando las piezas sean rectifiquen o moldeen y permitan construir el muro con tendeles de espesor entre 1 y 3 mm.

Los morteros ordinarios pueden especificarse por:

- Resistencia: se designan por la letra M seguida de la resistencia a compresión en N/mm2

- Dosificación en volumen: se designan por la proporción, en volumen, de los componentes fundamentales (por ejemplo 1:1:5 cemento, cal y arena). La elaboración incluirá las adiciones, aditivos y cantidad de agua.

El mortero ordinario para fábricas convencionales no será inferior a M1.

El mortero ordinario para fábrica armada o pretensada, los morteros de junta delgada y los morteros ligeros, no serán inferiores a M5.

En cualquier caso, para evitar roturas frágiles de los muros, la resistencia a la compresión del mortero no debe ser superior al 0,75 de la resistencia normalizada de las piezas.

3.1.5. Hormigones

La composición del hormigón será la adecuada para que la resistencia de proyecto o resistencia característica especificada del hormigón a compresión a los 28 días, expresada en N/mm², tal y como se especifica en los artículos 31 y 39 de la EHE.

Las dosificaciones de hormigón a emplear en las distintas estructuras, en contacto con el suelo y por debajo de la cota 0 de la explanación, tendrán una relación agua/cemento ≤ 0,5.

3.1.6. Piezas de hormigón armado o pretensado

La forma y dimensiones de las piezas prefabricadas, se ajustarán perfectamente a los planos aprobados así como a las indicaciones del proyecto y al cuerpo de la obra a ensamblar, siendo recibidos todos aquellos cuerpos que requieran su unión.

3.1.7. Armaduras

Las armaduras para el hormigón serán de acero y estarán constituidas por:

- Barras corrugadas designadas en la tabla 31.2.a del artículo 31 de la EHE como B 400 S y B 500 S y cumplirán como mínimo las condiciones impuestas en el mencionado artículo.
- Mallas electrosoldadas designadas en la tabla 31.3 del artículo 31 de la EHE como B 500 T y cumplirán como mínimo las condiciones impuestas en el mencionado artículo.

3.1.8. Laminados de acero

Los aceros laminados para estructuras serán de calidad S275JR de acuerdo con la norma UNE-EN 10025.

En aquellos casos en los se suministren perfiles ya elaborados, incluirán 2 manos de pintura protectora antioxidante y su medición se realizará por su peso directo.

3.1.9. Tornillería

Los tornillos serán de la clase ordinaria y de una calidad del acero 5.6 y cumplirán, así como las tuercas y arandelas, las condiciones impuestas en la CTE.

3.2. Condicines generales para la ejecucción de la obra

3.2.1. Movimiento de tierras

3.2.1.1. Desbroces y limpieza del terreno

En función del tipo de terreno existente, la dirección de la obra determinará la cantidad de tierra vegetal, arbolado, tocones, maleza, etc., a retirar y extracciones a realizar.

Así mismo se decidirá si depositar la extracción en lugares predeterminados para su posterior aprovechamiento o por el contrario retirarla a escombreras autorizadas.

3.2.1.2. Excavaciones

Para la realización de las excavaciones se seguirán las normas establecidas en consideración de las características particulares de la cimentación del terreno y sus dimensiones se ajustarán a las indicadas en los planos del proyecto.

3.2.1.3. Demoliciones

Comprende el derribo o demolición, total o parcialmente, de todas las construcciones que obstaculicen la obra a realizar y la retirada de la obra del material que no se tenga que reutilizar.

3.2.1.4. Escarificaciones y compactaciones

Pueden presentarse 2 tipos diferentes de terrenos a escarificar:

- Terrenos sin firme existente.
- Terrenos con firme existente.

En ambos casos la operación consistirá en disgregar el terreno superficial con los medios mecánicos adecuados y previamente a su compactado. La compactación se realizará hasta conseguir una densidad de al menos un 95% de la máxima obtenida en el ensayo Proctor modificado, según norma UNE 103.501/94.

3.2.1.5. Rellenos, terraplenes y subbases granulares

Los materiales de relleno se ajustarán a las indicaciones de Las Prescripciones Técnicas Españolas sobre materiales para su utilización en Terraplenes (PG4/88, artículo 330).

La superficie superior del terraplén se realizará con material granular, y dispondrá de la pendiente suficiente que facilite la salida de aguas o bien dispondrá de un sistema de drenaje.

Los materiales de la capa granular, empleados entre la base del firme y la explanada, se ajustará a lo indicado en los artículos 510 del PG-3.

3.2.1.6. Redes de drenajes

Las redes de drenaje definidas en los planos del proyecto, se realizarán habitualmente mediante tubo de hormigón poroso, policloruro de vinilo, polietileno de alta densidad o cualquier otro material sancionado por la experiencia, siendo cubierto con material filtrante una vez colocados en la zanja, ajustándose al artículo 420 del PG-3.

3.2.2. Hormigones

Antes de verter hormigón sobre hormigón endurecido, se limpiará la superficie de contacto mediante chorro de agua, aire a presión y/o picado, eliminando seguidamente el agua que se haya depositado, así como también se realizará un tratamiento adecuado, con productos especiales, para la unión entre fraguados y frescos.

El hormigón se compactará por vibraciones hasta asegurar que se han llenado todos los huecos, se haya eliminado el aire de la masa y que la lechada refluya en la superficie.

Durante el primer período de endurecimiento no se someterá al hormigón a cargas estáticas o dinámicas que puedan provocar su fisuración y la superficie se mantendrá húmeda durante 7 días como mínimo, protegiéndola de la acción directa de los rayos solares.

No se podrá colocar hormigón cuando la temperatura baje de 2ºC, ni cuando siendo superior se prevea que puede bajar de 0ºC durante las 48 horas siguientes, ni cuando la temperatura ambiente alcance los 40ºC.

Se suspenderá el hormigonado cuando el agua de lluvia pueda producir deslavado del hormigón.

Se garantizarán las condiciones de ejecución de las obras de hormigón exigidas en el Capítulo XIII de la EHE.

No se iniciará el hormigonado en ningún tajo, sin comprobar la terminación de encofrados, el estado de las superficies de apoyo, la correcta colocación de las armaduras y de las juntas, así como de cualquier extremo que se estime oportuno

3.2.3. Pavimentos de hormigón

Cuando se realice la pavimentación mediante hormigonado en fresco, se podrán insertar directamente las juntas de dilatación de material plástico o bien, una vez endurecido el hormigón mediante serrado con disco, siendo la profundidad mayor de 6 cm.

3.2.4. Armaduras

La disposición de las armaduras deberán estar perfectamente sujetas para soportar el vertido, peso y vibrado del hormigón, respetándose especialmente los recubrimientos mínimos indicados en la EHE en vigor.

3.2.5. Laminados de acero

La disposición de los laminados y su medición se realizarán conforme a los valores teóricos de acuerdo a las instrucciones del proyecto, no considerándose los despuntes, solapes, ganchos, platillas, etc., que pudieran introducirse.

3.2.6. Estructuras metálicas

La presentación de los anclajes se efectuará con las plantillas previstas para este fin.

Una vez clasificada la estructura y comprobado que las dimensiones y taladros corresponden a las medidas indicadas, se procederá al izado de la misma mediante:

- Estrobado y elevación de las estructuras.
- Fijación de las mismas en sus anclajes mediante pernos u hormigón.

- Aplomado, nivelación y alineación de las mismas.

3.2.7. Encofrados

Los encofrados de madera o metálicos serán estancos, serán indeformables bajo la carga para la que están previstos y no presentarán irregularidades bruscas superiores a 2 mm ni suaves superiores a 6 mm, medidos sobre la regla patrón de 1 m de longitud. Su desplazamiento final, respecto a las líneas teóricas de replanteo, no podrá exceder de los 6 mm.

3.2.8. Piezas prefabricadas de hormigón

Durante el proceso de carga, transporte y montaje o colocación, los elementos prefabricados deberán suspenderse y apoyarse en los puntos previstos, a fin de que no se produzcan solicitaciones desfavorables.

3.2.9. Embarrados

3.2.9.1. Embarrados rígidos de tubos o pletinas

Los embarrados de tubo se prepararán y ejecutarán en el suelo, incluyendo el doblado con máquina, empalmes si son necesarios y taladros.

En el caso de los tubos de aluminio, se prevé un equipo de soldadura para la unión de las palas de conexión. Posteriormente se izarán y montarán los diferentes tramos.

3.2.9.2. Embarrados de cable

Los embarrados de cable se ejecutarán realizando un tramo de muestra de cada vano tipo, con arreglo a las tablas de tendido. Luego se montarán en el suelo todos los tramos izándolos y regulándolos posteriormente.

3.2.10. Conexiones

Se prepararán, limpiarán, colocarán y apretarán las piezas de conexión según se indique.

3.2.11. Aparamenta

3.2.11.1. Módulos compactos

Se procederá a la fijación en sus bancadas y una vez nivelados se regularán y ajustarán según instrucciones del fabricante.

El llenado del fluido aislante se realizará a la presión indicada por el fabricante. Cuando se trate de aceite, se realizará un filtrado hasta alcanzar una rigidez dieléctrica mínima de 150 kV/cm.

En su recepción se comprobará la densidad del gas a través del densímetro, y la presión de gas para el caso de interruptores de SF6. La casa constructora del interruptor deberá revisar el montaje y dar su aprobación al mismo.

3.2.11.2. Transformadores de medida

Se procederá a la situación, nivelación y fijación a los soportes correspondientes, y en donde proceda, se instalarán las conducciones necesarias hasta las cajas de centralización. Para su montaje se seguirán las instrucciones del fabricante.

El montaje de los transformadores de medida, cuando se monte uno por fase, se realizará siguiendo el número de fabricación: el menor fase 0 y el mayor en la fase 8. Una vez montados se medirán aislamientos.

En los TI además, se medirá la polaridad y relación de transformación.

3.2.11.3. Autoválvulas

Se procederá a la situación, nivelación y fijación a los soportes correspondientes y, en donde proceda, se instalarán las conducciones necesarias hasta las cajas de centralización. Para su montaje se seguirán las instrucciones del fabricante.

Cuando proceda, se montarán los contadores de descargas.

Se comprobará y medirá el aislamiento entre la base donde lleve la puesta a tierra y el soporte metálico.

3.2.12. Transformadores de potencia

Actividades principales a desarrollar en el montaje:

- Descarga y traslado hasta su emplazamiento definitivo junto con sus accesorios.
- Montaje de accesorios y bornas.

- Tratamiento y llenado de aceite en vacío.

Se comprobará la existencia de una ligera sobrepresión de gas en la cuba del transformador.

Se efectuará el vacío de la cuba, al mismo tiempo se realizará el filtrado del aceite en depósitos aparte.

Una vez conseguidos los valores de rigidez dieléctrica y de vacío indicados en la Especificación Técnica de Montaje de Transformadores de Potencia, se iniciará el llenado de la cuba por la parte inferior hasta alcanzar un nivel cercano a la tapa.

Una vez montados todos los elementos del transformador se procederá al llenado final del transformador.

El aceite antes del llenado debe tener un contenido de humedad de 10 ppm o menos y el contenido de gases no debe exceder del 1%.

Cuando la cuba no esté preparada para el pleno vaciado, se procederá solamente al tratamiento del aceite y al llenado del transformador.

En el caso de transformadores nuevos, la casa constructora del transformador realizará el montaje y supervisará la puesta en servicio del mismo.

3.2.13. Cables de potencia

El tendido se realizará formando ternas trifásicas (fases 0, 4, 8). No se admitirán empalmes en el tendido inicial de los cables de potencia.

Se comprobará el cumplimiento de las instrucciones del tendido y montaje dadas por el fabricante del cable, así como los ensayos eléctricos previos a la puesta en servicio.

Los cables irán marcados identificando circuito y fase en las zonas visibles y arquetas de registro.

3.2.14. Puesta a tierra

Cualquier elemento que no soporte tensión deberá estar conectado a la malla de tierra. El contacto de los conductores de tierra deberá hacerse de forma que quede completamente limpio y sin humedad.

La malla de tierra se tenderá a la profundidad indicada en el proyecto, siguiendo la disposición indicada en los planos del mismo.

Las conexiones se efectuarán con soldadura aluminotérmica y los cruzamientos se harán sin cortar el cable.

No se tapará ningún tramo de malla de tierra, ni soldadura alguna, sin la autorización previa de la dirección de obra.

3.3. Condiciones generales de las instalaciones

3.3.1. Instalaciones eléctricas

Se llevarán a cabo con lo dispuesto en el Reglamento electrotécnico para baja tensión (REBT) y en las Instrucciones técnicas complementarias (ITC) BT01 a BT51. R.D 842/2002, de 2 de agosto del Ministerio de Industria y Energía. BOE 18 de septiembre de 2002.

3.3.2. Instalaciones de protección contra incendios

Se llevarán a cabo con lo dispuesto en:

- Reglamento de instalaciones de protección contra incendios. R.D 1942/1993, de 5 de noviembre, del Ministerio de Industria y Energía. BOE 14 de diciembre de 1993. Corrección de errores: 7 de mayo de 1994
- Normas de procedimiento y desarrollo del R.D 1942/1993, de 5 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios y se revisa el anexo I y los apéndices del mismo. Orden de 16 de abril de 1998, del Ministerio de Industria y Energía. BOE 28 de abril de 1998.
- Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales. R.D. 2267/2004, de 3 de diciembre, del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, BOE 17-dic-04.

4. Gestión de calidad

Afecta a los procesos de ingeniería, construcción, calificación de proveedores, compras, transferencia de instalaciones y gestión de proyectos, y también a los recursos: cualificación de las personas, equipos de inspección, medida y ensayo y homologación de equipos. Sistema de calidad certificado que cumple con la normativa ISO 9000.

El plan de control, tanto de la ejecución como de los materiales utilizados, se preparará en base a los criterios de buena práctica y conforme a las instrucciones, normas, pliegos, etc., de aplicación en cada caso, debiéndose cumplir como mínimo los requisitos expuestos en los siguientes apartados:

- El Contratista de acuerdo con lo indicado en las Especificaciones Técnicas, o en su defecto en las Normas e Instrucciones de Organismos Oficiales, encargará la realización de ensayos y pruebas a laboratorios homologados.
- Mensualmente el Contratista entregará los certificados de calidad de todos los materiales utilizados, indicando las unidades de obra a que afecta.
- Cuando se efectúen movimientos de tierras para explanación de carreteras, viales, etc. se deberán cumplir los valores de Límite de Atterberg, análisis granulométrico, equivalente de arena, Proctor normal/modificado, CBR de laboratorio, materia orgánica y densidad "in situ", según especifica en cada caso las correspondientes normas NLT ó UNE. El control de ejecución de los terraplenes se hará conforme al Manual de Métodos "M-HS-02 Explanaciones, Excavaciones y Rellenos Localizados".
- Para garantizar las condiciones de ejecución de las obras de hormigón exigidas en el Capítulo XIII de la EHE, se realizará un control de ejecución a nivel normal conforme al Manual de Métodos "MHS-04 Fabricación y Puesta en Obra de Hormigón".
- La comprobación de la resistencia del hormigón se realizará en el laboratorio, mediante la rotura a compresión de probetas sacadas a pie de obra, a la edad de 7 y 28 días, según normas UNE-EN 12350-1, UNE-EN 12390-1, UNE-EN 12390-3.
- La comprobación de su consistencia se realizará a pie de obra, mediante el cono de Abrams, según norma UNE-EN 12350-2.
- Por otra parte el Contratista especificará al responsable de la planta de hormigonado, las características del hormigón a utilizar, principalmente en lo que respecta a resistencia y consistencia.
- En las piezas prefabricadas de hormigón armado o pretensado, el fabricante presentará un expediente en el que se recojan las características tales como:

    - Calidad del Hormigón.
    - Calidad del acero.
    - Dimensiones y tolerancias.
    - Solicitaciones.
    - Precauciones durante su montaje.

- En las armaduras, el fabricante presentará un expediente en el que se recojan las características tales como:

    - Verificación de la sección equivalente.
    - Ensayos y características según Norma UNE 36068:94.
    - Comprobación de los valores característicos del material, límite elástico, rotura y alargamiento.
    - Verificar que las características de las mallas electrosoldadas de acero para hormigón armado, cumplen con la norma UNE 36092:96. 7.1. Recepción de las obras

5. Recepción de las obras

Al término de las obras comprendidas en el proyecto, se hará una recepción de las mismas, levantándose el correspondiente Acta, en la que se hará constar la conformidad con los trabajos realizados, si éste es el caso, dándose la obra por terminada si se ha ejecutado correctamente de acuerdo con el presente Pliego de Condiciones.

En el caso de no hallarse la obra en estado de ser recibida, se hará constar así en el Acta y se darán las instrucciones precisas y detalladas para remediar los defectos observados, fijándose un plazo de ejecución. Expirado dicho plazo, se hará un nuevo reconocimiento.

Para la recepción y puesta en servicio de la instalación se realizarán las pruebas que se precisen para asegurar su correcto funcionamiento. Se pueden distinguir tres fases:

- Medición y comprobaciones:

    - Medida de resistencia de la malla de tierra y de las tensiones de paso y contacto.
    - Medida de aislamiento de cables y de la aparamenta de AT.
    - Medida de la rigidez dieléctrica del aceite de los transformadores y del aislamiento de los bobinados.
    - Polaridad de los transformadores de intensidad.
    - Timbrado de cables de control.

- Pruebas locales y de equipos de baja tensión:

    - Pruebas funcionales de seccionadores.
    - Pruebas funcionales de interruptores.
    - Pruebas funcionales de transformadores de potencia.
    - Puesta en servicio de armarios de servicios auxiliares.

- Pruebas de control, telecontrol y puesta en servicio de la aparamenta de AT:

    - Comprobación de los circuitos de mando, control, señalización y alarma de interruptores y seccionadores, de intensidades y tensiones de los transformadores de medida, de bloqueos y condicionantes de control.
    - Pruebas de regulación de tensión de transformadores de potencia.
    - Pruebas de protecciones, equipos de medida, de telecontrol, registradores cronológicos.
    - Energización de todos los elementos de la subestación y prueba de su funcionamiento a tensión normal.
    - Puesta en servicio.

A la finalización de la obra, el Contratista entregará un expediente de Fin de Obra que comprenderá:

- Los protocolos de las pruebas realizadas.
- Dos copias de planos “AS-BUILT”, en rojo y amarillo.

6. Reclamaciones de propietarios

Dada la importancia que tiene para la buena marcha en la construcción de las líneas, para evitar las quejas o reclamaciones de los propietarios, se indica aquí el tratamiento que ha de dar el personal del Contratista a los propietarios que se dirijan a ellos:

- Deberán atender las reclamaciones mostrando una actitud correcta e interesada por conocer con detalle el objeto de la reclamación.
- Manifestarán al propietario que su reclamación se va a hacer llegar a Eléctrica con toda urgencia y que ésta contactará con el propietario para intentar dar una solución.
- Deberá por tanto el personal del Contratista, pedirle al propietario la forma en que la Propiedad pueda ponerse en contacto con él.

La persona del Contratista que haya recibido la queja, la pondrá lo antes posible en conocimiento del técnico encargado de la obra.

Independientemente de la existencia de reclamación por parte de algún propietario, en el caso de producir cualquier tipo de daño en una propiedad (destrozos en cultivos, rotura de ramas o árboles, rodadas de vehículos en terrenos sembrados, etc.), de Organismo Oficial o de particulares, el Contratista comunicará lo antes posible al técnico encargado de la obra el tipo y alcance del daño producido, tanto si el daño es o no inevitable.

El Contratista está obligado a dejar la zona ocupada por la línea y la subestación totalmente limpia y sin restos de obra que molesten a los propietarios de los terrenos, siendo retirados y arrojados en vertederos autorizados.

PRESUPUESTO

UNIDADES DE OBRA

CÓDIGO	CANTIDAD	UD	DESCRIPCIÓN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE

CAPÍTULO 01 DOCUMENTACIÓN DEL PROYECTO

LICENCIAS		Ud	LICENCIAS			
LIN-MUN-OBRA	1,00	Ud	Licencia Municipal de Obras del Ayuntamiento de Jaén	4.500,00	4.500,00	
LIN-MED-AMB	1,00	Ud	Licencia de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía	2.100,00	2.100,00	
			TOTAL PARTIDA.....			**6.600,00**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de SEIS MIL SEISCIENTOS EUROS

TRAMITACIONES		Ud	TRAMITACIONES Y EXPEDIENTES			
TRAM-IND	1,00	Ud	Tramitación del Proyecto en Delegación de Industria	300,00	300,00	
TRAM-RED-ELEC	1,00	Ud	Tramitación del Proyecto en Red Eléctrica Española	600,00	600,00	
TRAM-MED-AMB	1,00	Ud	Tramitación del Proyecto en Medio Ambiente	400,00	400,00	
TRAM-COF-HIDR	1,00	Ud	Tramitación del Proyecto en Confederación Hidrográfica	500,00	500,00	
TRAM-MIN-OBRA	1,00	Ud	Tramitación del Proyecto en Ministerio de Obras Públicas	500,00	500,00	
			TOTAL PARTIDA.....			**2.300,00**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOS MIL TRESCIENTOS EUROS

PER-INDEM		Ud	PERMISOS DE PASO E INDEMNIZACIONES			
PER-VUELO	1,00	Ud	Permiso de vuelo de conductores eléctricos por fincas privadas	10.000,00	10.000,00	
PER-EXCAV	1,00	Ud	Permiso de excavación de apoyos en fincas privadas	8.000,00	8.000,00	
INDEM-CAMI	1,00	Ud	Indemnizaciones por daños producidos en los caminos	5.000,00	5.000,00	
			TOTAL PARTIDA.....			**23.000,00**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de VEINTITRES MIL EUROS

CÓDIGO	CANTIDAD	UD	DESCRIPCIÓN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE

CAPÍTULO 02 LINEA AÉREA DE 132 kV

SEÑ-APOYO **Ud** **REPLANTEO Y SEÑALIZACIÓN DE APOYOS**

Replanteo de la situación de los apoyos de la línea aérea, efectuada por un topógrafo, mediante situación GPS y con la ayuda del ITI eléctrico que ha proyectado la línea. Colocación mediante estacas y cinta señalizadora de las cimentaciones. Medida la unidad totalmente terminada.

TOPO	0,50	H	Topógrafo	22,00	11,00	
AYU-TOPO	0,50	H	Ayudante del topógrafo	13,00	6,50	
ITI-ELECTR	0,50	H	Ingeniero Técnico Industrial Esp. Electricidad	22,00	11,00	
%PM	11,11	H	Pequeño material	29,00	3,22	
			TOTAL PARTIDA.....			**31,72**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de TREINTA Y UN EUROS con SETENTA Y DOS CÉNTIMOS

EXC-APOYO **M3** **EXCAVACIONES DE LOS APOYOS**

Excavaciones de cimentaciones de apoyos, en terreno medio, de distintas profundidades. Incluido limpieza del terreno, perfilado de laterales y fondo. Medida la unidad totalmente terminada.

RETRO	1,00	H	Máquina Retroexcavadora	34,98	34,98	
MO-O1ªC	0,50	H	Oficial 1ª construcción	19,85	9,93	
MO-PEC	0,50	H	Peón construcción	15,90	7,95	
			TOTAL PARTIDA.....			**52,86**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CINCUENTA Y DOS EUROS con OCHENTA Y SEIS CÉNTIMOS

RET-TIE **M3** **RETIRADA DE TIERRAS INERTES A VERTEDERO AUTORIZADO**

Retirada de tierras producidas por la excavación de la cimentación de la subestación, las cuales serán cargadas con una máquina retroexcavadora a un camión basculante, que las depositarán en un vertedero autorizado. Medida la unidad totalmente terminada.

TIERRAS	1,00	M3	Canon de vertido de tierras inertes	1,00	1,00	
RETRO	0,02	H	Máquina Retroexcavadora	34,98	0,70	
BASC	0,10	H	Camión basculante	25,60	2,56	
			TOTAL PARTIDA.....			**4,26**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CUATRO EUROS con VEINTISEIS CÉNTIMOS

HOR-200 **M3** **CIMENTACIÓN CON HORMIGÓN H-200 kg/cm²**

Hormigón en masa H-200, para cimentación de apoyos, con árido de 20 mm de diámetro máximo, cemento PA-350 y consistencia blanda. Incluido mano de obra, limpieza de fondos, vibrado, curado y terminación superior a cuatro aguas. Medida la unidad totalmente terminada.

CAHOR-200	1,00	M3	Camión hormigonera con hormigón H-200 kg/cm²	58,90	58,90	
VIBR-HOR	0,20	H	Vibrador de hormigón de gasolina	2,55	0,51	
MO-O1ªC	0,50	H	Oficial 1ª construcción	19,85	9,93	
MO-PEC	0,50	H	Peón construcción	15,90	7,95	
%PM	11,11	H	Pequeño material	77,00	8,55	
			TOTAL PARTIDA.....			**85,84**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de OCHENTA Y CINCO EUROS con OCHENTA Y CUATRO CÉNTIMOS

CÓDIGO	CANTIDAD	UD	DESCRIPCIÓN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
CO33-27-N3C		**Ud**	**APOYO IMEDEXSA CO-33000-27-N3C**			
			Apoyo Imedexsa, modelo CO-33000, metálico de celosía y galvanizado. Construido con montantes de perfil angular (según UNE 207017:2005), de 27 m de altura, con cruceta tipo doble circuito, de longitud de 3,2 m, una separación de fases de 3,3 m y una altura de la cúpula de 4,3 m. Colocación de la placa con el número de identificación del apoyo y placa de señalización de riesgo de eléctrico modelo CE-14S. Incluido mano de obra, transporte hasta el lugar de colocación, montaje, izado, nivelado, numerado y graneteado de los tornillos. Medida la unidad totalmente terminada.			
CO33000-27N3C	1,00	Ud	Apoyo Imedexsa CO-33000-27, LC 3,2 m, DC 3,3 m, AC 4,3 m	10.703,84	10.703,84	
IDENT	1,00	Ud	Placa de identificación del apoyo	9,33	9,33	
CE-14	1,00	Ud	Placa señalización de riesgo eléctrico CE-14S	5,40	5,40	
GRUA	3,00	H	Grúa	74,66	223,98	
MO-TE	2,00	H	Técnico electricista de 1ª	18,43	36,86	
MO-AE	2,00	H	Ayudante electricista	15,33	30,66	
%PM	11,11	H	Pequeño material	11.010,00	1.223,21	
			TOTAL PARTIDA.....			**12.233,28**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOCE MIL DOSCIENTOS TREINTA Y TRES EUROS con VEINTIOCHO CÉNTIMOS

CO33-30-N4C		**Ud**	**APOYO IMEDEXSA CO-33000-30-N4C**			
			Apoyo Imedexsa, modelo CO-33000, metálico de celosía y galvanizado. Construido con montantes de perfil angular (según UNE 207017:2005), de 30 m de altura, con cruceta tipo doble circuito, de longitud de 4,3 m, una separación de fases de 4,4 m y una altura de la cúpula de 5,9 m. Colocación de la placa con el número de identificación del apoyo y placa de señalización de riesgo de eléctrico modelo CE-14S. Incluido mano de obra, transporte hasta el lugar de colocación, montaje, izado, nivelado, numerado y graneteado de los tornillos. Medida la unidad totalmente terminada.			
CO33000-30N4C	1,00	Ud	Apoyo Imedexsa CO-33000-30, LC 4,3 m, DC 4,4 m, AC 5,9 m	12.444,84	12.444,84	
IDENT	1,00	Ud	Placa de identificación del apoyo	9,33	9,33	
CE-14	1,00	Ud	Placa señalización de riesgo eléctrico CE-14S	5,40	5,40	
GRUA	3,00	H	Grúa	74,66	223,98	
MO-TE	2,00	H	Técnico electricista de 1ª	18,43	36,86	
MO-AE	2,00	H	Ayudante electricista	15,33	30,66	
%PM	11,11	H	Pequeño material	12.751,00	1.416,64	
			TOTAL PARTIDA.....			**14.167,71**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CATORCE MIL CIENTO SESENTA Y SIETE EUROS con SETENTA Y UN CÉNTIMOS

S103 DC40 21		**Ud**	**APOYO ANDEL S103 DC40, ALTURA 21 m**			
			Apoyo Andel, modelo S103, metálico de celosía y galvanizado. Construido con montantes de perfil angular (según UNE 207017:2005), de 21 m de altura, con cruceta tipo doble circuito, de longitud de 2,8 m y una separación de fases de 4 m. Colocación de la placa con el número de identificación del apoyo y placa de señalización de riesgo de eléctrico modelo CE-14S. Incluido mano de obra, transporte hasta el lugar de colocación, montaje, izado, nivelado, numerado y graneteado de los tornillos. Medida la unidad totalmente terminada.			
103-40-21	1,00	Ud	Apoyo Andel S103 DC40 con altura libre de 21 m	2.465,40	2.465,40	
IDENT	1,00	Ud	Placa de identificación del apoyo	9,33	9,33	
CE-14	1,00	Ud	Placa señalización de riesgo eléctrico CE-14S	5,40	5,40	
GRUA	3,00	H	Grúa	74,66	223,98	
MO-TE	2,00	H	Técnico electricista de 1ª	18,43	36,86	
MO-AE	2,00	H	Ayudante electricista	15,33	30,66	
%PM	11,11	H	Pequeño material	2.772,00	307,97	
			TOTAL PARTIDA.....			**3.079,60**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de TRES MIL SETENTA Y NUEVE EUROS con SESENTA CÉNTIMOS

CÓDIGO	CANTIDAD	UD	DESCRIPCIÓN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
S103 DC40 31		**Ud**	**APOYO ANDEL S103 DC40, ALTURA 31 m**			
			Apoyo Andel, modelo S103, metálico de celosía y galvanizado. Construido con montantes de perfil angular (según UNE 207017:2005), de 31 m de altura, con cruceta tipo doble circuito, de longitud de 2,8 m y una separación de fases de 4 m. Colocación de la placa con el número de identificación del apoyo y placa de señalización de riesgo de eléctrico modelo CE-14S. Incluido mano de obra, transporte hasta el lugar de colocación, montaje, izado, nivelado, numerado y graneteado de los tornillos. Medida la unidad totalmente terminada.			
103-40-31	1,00	Ud	Apoyo Andel S103 DC40 con altura de 31 m	4.018,72	4.018,72	
IDENT	1,00	Ud	Placa de identificación del apoyo	9,33	9,33	
CE-14	1,00	Ud	Placa señalización de riesgo eléctrico CE-14S	5,40	5,40	
GRUA	3,00	H	Grúa	74,66	223,98	
MO-TE	2,00	H	Técnico electricista de 1ª	18,43	36,86	
MO-AE	2,00	H	Ayudante electricista	15,33	30,66	
%PM	11,11	H	Pequeño material	4.325,00	480,51	
			TOTAL PARTIDA.....			**4.805,46**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CUATRO MIL OCHOCIENTOS CINCO EUROS con CUARENTA Y SEIS CÉNTIMOS

S103 DC40 35		**Ud**	**APOYO ANDEL S103 DC40, ALTURA 35 m**			
			Apoyo Andel, modelo S103, metálico de celosía y galvanizado. Construido con montantes de perfil angular (según UNE 207017:2005), de 35 m de altura, con cruceta tipo doble circuito, de longitud de 2,8 m y una separación de fases de 4 m. Colocación de la placa con el número de identificación del apoyo y placa de señalización de riesgo de eléctrico modelo CE-14S. Incluido mano de obra, transporte hasta el lugar de colocación, montaje, izado, nivelado, numerado y graneteado de los tornillos. Medida la unidad totalmente terminada.			
103-40-35	1,00	Ud	Apoyo Andel S103 DC40 con altura de 35 m	4.723,37	4.723,37	
IDENT	1,00	Ud	Placa de identificación del apoyo	9,33	9,33	
CE-14	1,00	Ud	Placa señalización de riesgo eléctrico CE-14S	5,40	5,40	
GRUA	3,00	H	Grúa	74,66	223,98	
MO-TE	2,00	H	Técnico electricista de 1ª	18,43	36,86	
MO-AE	2,00	H	Ayudante electricista	15,33	30,66	
%PM	11,11	H	Pequeño material	5.030,00	558,83	
			TOTAL PARTIDA.....			**5.588,43**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CINCO MIL QUINIENTOS OCHENTA Y OCHO EUROS con CUARENTA Y TRES CÉNTIMOS

S202 DC40 21		**Ud**	**APOYO ANDEL S202 DC40, ALTURA 21 m**			
			Apoyo Andel, modelo S202, metálico de celosía y galvanizado. Construido con montantes de perfil angular (según UNE 207017:2005), de 21 m de altura, con cruceta tipo doble circuito, de longitud de 2,8 m y una separación de fases de 4 m. Colocación de la placa con el número de identificación del apoyo y placa de señalización de riesgo de eléctrico modelo CE-14S. Incluido mano de obra, transporte hasta el lugar de colocación, montaje, izado, nivelado, numerado y graneteado de los tornillos. Medida la unidad totalmente terminada.			
202-40-21	1,00	Ud	Apoyo Andel S202 DC40 con altura de 21 m	2.431,60	2.431,60	
IDENT	1,00	Ud	Placa de identificación del apoyo	9,33	9,33	
CE-14	1,00	Ud	Placa señalización de riesgo eléctrico CE-14S	5,40	5,40	
GRUA	3,00	H	Grúa	74,66	223,98	
MO-TE	2,00	H	Técnico electricista de 1ª	18,43	36,86	
MO-AE	2,00	H	Ayudante electricista	15,33	30,66	
%PM	11,11	H	Pequeño material	2.738,00	304,19	
			TOTAL PARTIDA.....			**3.042,02**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de TRES MIL CUARENTA Y DOS EUROS con DOS CÉNTIMOS

CÓDIGO	CANTIDAD	UD	DESCRIPCIÓN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
S202 DC40 31		**Ud**	**APOYO ANDEL S202 DC40, ALTURA 31 m**			
			Apoyo Andel, modelo S202, metálico de celosía y galvanizado. Construido con montantes de perfil angular (según UNE 207017:2005), de 31 m de altura, con cruceta tipo doble circuito, de longitud de 2,8 m y una separación de fases de 4 m. Colocación de la placa con el número de identificación del apoyo y placa de señalización de riesgo de eléctrico modelo CE-14S. Incluido mano de obra, transporte hasta el lugar de colocación, montaje, izado, nivelado, numerado y graneteado de los tornillos. Medida la unidad totalmente terminada.			
202-40-31	1,00	Ud	Apoyo Andel S202 DC40 con altura libre de 31 m	4.401,60	4.401,60	
IDENT	1,00	Ud	Placa de identificación del apoyo	9,33	9,33	
CE-14	1,00	Ud	Placa señalización de riesgo eléctrico CE-14S	5,40	5,40	
GRUA	3,00	H	Grúa	74,66	223,98	
MO-TE	2,00	H	Técnico electricista de 1ª	18,43	36,86	
MO-AE	2,00	H	Ayudante electricista	15,33	30,66	
%PM	11,11	H	Pequeño material	4.708,00	523,06	
			TOTAL PARTIDA.....			**5.230,89**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CINCO MIL DOSCIENTOS TREINTA EUROS con OCHENTA Y NUEVE CÉNTIMOS

S202 DC50 31		**Ud**	**APOYO ANDEL S202 DC50, ALTURA 31 m**			
			Apoyo Andel, modelo S202, metálico de celosía y galvanizado. Construido con montantes de perfil angular (según UNE 207017:2005), de 31 m de altura, con cruceta tipo doble circuito, de longitud de 2,8 m y una separación de fases de 5 m. Colocación de la placa con el número de identificación del apoyo y placa de señalización de riesgo de eléctrico modelo CE-14S. Incluido mano de obra, transporte hasta el lugar de colocación, montaje, izado, nivelado, numerado y graneteado de los tornillos. Medida la unidad totalmente terminada.			
202-50-31	1,00	Ud	Apoyo Andel S202 DC50 con altura de 31 m	4.722,67	4.722,67	
IDENT	1,00	Ud	Placa de identificación del apoyo	9,33	9,33	
CE-14	1,00	Ud	Placa señalización de riesgo eléctrico CE-14S	5,40	5,40	
GRUA	3,00	H	Grúa	74,66	223,98	
MO-TE	2,00	H	Técnico electricista de 1ª	18,43	36,86	
MO-AE	2,00	H	Ayudante electricista	15,33	30,66	
%PM	11,11	H	Pequeño material	5.029,00	558,72	
			TOTAL PARTIDA.....			**5.587,62**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CINCO MIL QUINIENTOS OCHENTA Y SIETE EUROS con SESENTA Y DOS CÉNTIMOS

S202 DC50 35		**Ud**	**APOYO ANDEL S202 DC50, ALTURA 35 m**			
			Apoyo Andel, modelo S202, metálico de celosía y galvanizado. Construido con montantes de perfil angular (según UNE 207017:2005), de 35 m de altura, con cruceta tipo doble circuito, de longitud de 2,8 m y una separación de fases de 5 m. Colocación de la placa con el número de identificación del apoyo y placa de señalización de riesgo de eléctrico modelo CE-14S. Incluido mano de obra, transporte hasta el lugar de colocación, montaje, izado, nivelado, numerado y graneteado de los tornillos. Medida la unidad totalmente terminada.			
202-50-35	1,00	Ud	Apoyo Andel S202 DC50 con altura de 35 m	5.302,74	5.302,74	
IDENT	1,00	Ud	Placa de identificación del apoyo	9,33	9,33	
CE-14	1,00	Ud	Placa señalización de riesgo eléctrico CE-14S	5,40	5,40	
GRUA	3,00	H	Grúa	74,66	223,98	
MO-TE	2,00	H	Técnico electricista de 1ª	18,43	36,86	
MO-AE	2,00	H	Ayudante electricista	15,33	30,66	
%PM	11,11	H	Pequeño material	5.609,00	623,16	
			TOTAL PARTIDA.....			**6.232,13**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de SEIS MIL DOSCIENTOS TREINTA Y DOS EUROS con TRECE CÉNTIMOS

CÓDIGO	CANTIDAD	UD	DESCRIPCIÓN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
S202 DC55 27		**Ud**	**APOYO ANDEL S202 DC55, ALTURA 27 m**			
			Apoyo Andel, modelo S202, metálico de celosía y galvanizado. Construido con montantes de perfil angular (según UNE 207017:2005), de 27 m de altura, con cruceta tipo doble circuito, de longitud de 2,8 m y una separación de fases de 5,5 m. Colocación de la placa con el número de identificación del apoyo y placa de señalización de riesgo de eléctrico modelo CE-14S. Incluido mano de obra, transporte hasta el lugar de colocación, montaje, izado, nivelado, numerado y graneteado de los tornillos. Medida la unidad totalmente terminada.			
202-55-27	1,00	Ud	Apoyo Andel S202 DC55 con altura libre de 27 m	3.529,24	3.529,24	
IDENT	1,00	Ud	Placa de identificación del apoyo	9,33	9,33	
CE-14	1,00	Ud	Placa señalización de riesgo eléctrico CE-14S	5,40	5,40	
GRUA	3,00	H	Grúa	74,66	223,98	
MO-TE	2,00	H	Técnico electricista de 1ª	18,43	36,86	
MO-AE	2,00	H	Ayudante electricista	15,33	30,66	
%PM	11,11	H	Pequeño material	3.835,00	426,07	
			TOTAL PARTIDA.....			**4.261,54**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CUATRO MIL DOSCIENTOS SESENTA Y UN EUROS con CINCUENTA Y CUATRO CÉNTIMOS

S202 DC55 31		**Ud**	**APOYO ANDEL S202 DC55, ALTURA 31 m**			
			Apoyo Andel, modelo S202, metálico de celosía y galvanizado. Construido con montantes de perfil angular (según UNE 207017:2005), de 31 m de altura, con cruceta tipo doble circuito, de longitud de 2,8 m y una separación de fases de 5,5 m. Colocación de la placa con el número de identificación del apoyo y placa de señalización de riesgo de eléctrico modelo CE-14S. Incluido mano de obra, transporte hasta el lugar de colocación, montaje, izado, nivelado, numerado y graneteado de los tornillos. Medida la unidad totalmente terminada.			
202-55-31	1,00	Ud	Apoyo Andel S202 DC55 con altura de 31 m	4.954,74	4.954,74	
IDENT	1,00	Ud	Placa de identificación del apoyo	9,33	9,33	
CE-14	1,00	Ud	Placa señalización de riesgo eléctrico CE-14S	5,40	5,40	
GRUA	3,00	H	Grúa	74,66	223,98	
MO-TE	2,00	H	Técnico electricista de 1ª	18,43	36,86	
MO-AE	2,00	H	Ayudante electricista	15,33	30,66	
%PM	11,11	H	Pequeño material	5.261,00	584,50	
			TOTAL PARTIDA.....			**5.845,47**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CINCO MIL OCHOCIENTOS CUARENTA Y CINCO EUROS con CUARENTA Y SIETE CÉNTIMOS

S204 DC50 35		**Ud**	**APOYO ANDEL S204 DC50, ALTURA 35 m**			
			Apoyo Andel, modelo S204, metálico de celosía y galvanizado. Construido con montantes de perfil angular (según UNE 207017:2005), de 35 m de altura, con cruceta tipo doble circuito, de longitud de 2,8 m y una separación de fases de 5 m. Colocación de la placa con el número de identificación del apoyo y placa de señalización de riesgo de eléctrico modelo CE-14S. Incluido mano de obra, transporte hasta el lugar de colocación, montaje, izado, nivelado, numerado y graneteado de los tornillos. Medida la unidad totalmente terminada.			
204-50-35	1,00	Ud	Apoyo Andel S204 DC50 con altura de 35 m	6.111,36	6.111,36	
IDENT	1,00	Ud	Placa de identificación del apoyo	9,33	9,33	
CE-14	1,00	Ud	Placa señalización de riesgo eléctrico CE-14S	5,40	5,40	
GRUA	3,00	H	Grúa	74,66	223,98	
MO-TE	2,00	H	Técnico electricista de 1ª	18,43	36,86	
MO-AE	2,00	H	Ayudante electricista	15,33	30,66	
%PM	11,11	H	Pequeño material	6.418,00	713,04	
			TOTAL PARTIDA.....			**7.130,63**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de SIETE MIL CIENTO TREINTA EUROS con SESENTA Y TRES CÉNTIMOS

CÓDIGO	CANTIDAD	UD	DESCRIPCIÓN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
S205 DC50 31		**Ud**	**APOYO ANDEL S205 DC50, ALTURA 31 m**			
			Apoyo Andel, modelo S205, metálico de celosía y galvanizado. Construido con montantes de perfil angular (según UNE 207017:2005), de 31 m de altura, con cruceta tipo doble circuito, de longitud de 2,8 m y una separación de fases de 5 m. Colocación de la placa con el número de identificación del apoyo y placa de señalización de riesgo de eléctrico modelo CE-14S. Incluido mano de obra, transporte hasta el lugar de colocación, montaje, izado, nivelado, numerado y graneteado de los tornillos. Medida la unidad totalmente terminada.			
205-50-31	1,00	Ud	Apoyo Andel S205 DC50 con altura de 31 m	4.963,26	4.963,26	
IDENT	1,00	Ud	Placa de identificación del apoyo	9,33	9,33	
CE-14	1,00	Ud	Placa señalización de riesgo eléctrico CE-14S	5,40	5,40	
GRUA	3,00	H	Grúa	74,66	223,98	
MO-TE	2,00	H	Técnico electricista de 1ª	18,43	36,86	
MO-AE	2,00	H	Ayudante electricista	15,33	30,66	
%PM	11,11	H	Pequeño material	5.269,00	585,39	
			TOTAL PARTIDA.....			**5.854,88**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CINCO MIL OCHOCIENTOS CINCUENTA Y CUATRO EUROS con OCHENTA Y OCHO CÉNTIMOS

S205 DC50 35		**Ud**	**APOYO ANDEL S205 DC50, ALTURA 35 m**			
			Apoyo Andel, modelo S205, metálico de celosía y galvanizado. Construido con montantes de perfil angular (según UNE 207017:2005), de 35 m de altura, con cruceta tipo doble circuito, de longitud de 2,8 m y una separación de fases de 5 m. Colocación de la placa con el número de identificación del apoyo y placa de señalización de riesgo de eléctrico modelo CE-14S. Incluido mano de obra, transporte hasta el lugar de colocación, montaje, izado, nivelado, numerado y graneteado de los tornillos. Medida la unidad totalmente terminada.			
205-50-35	1,00	Ud	Apoyo Andel S205 DC50 con altura de 35 m	5.923,11	5.923,11	
IDENT	1,00	Ud	Placa de identificación del apoyo	9,33	9,33	
CE-14	1,00	Ud	Placa señalización de riesgo eléctrico CE-14S	5,40	5,40	
GRUA	3,00	H	Grúa	74,66	223,98	
MO-TE	2,00	H	Técnico electricista de 1ª	18,43	36,86	
MO-AE	2,00	H	Ayudante electricista	15,33	30,66	
%PM	11,11	H	Pequeño material	6.229,00	692,04	
			TOTAL PARTIDA.....			**6.921,38**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de SEIS MIL NOVECIENTOS VEINTIUN EUROS con TREINTA Y OCHO CÉNTIMOS

S205 DC55 27		**Ud**	**APOYO ANDEL S205 DC55, ALTURA 27 m**			
			Apoyo Andel, modelo S205, metálico de celosía y galvanizado. Construido con montantes de perfil angular (según UNE 207017:2005), de 27 m de altura, con cruceta tipo doble circuito, de longitud de 2,8 m y una separación de fases de 5,5 m. Colocación de la placa con el número de identificación del apoyo y placa de señalización de riesgo de eléctrico modelo CE-14S. Incluido mano de obra, transporte hasta el lugar de colocación, montaje, izado, nivelado, numerado y graneteado de los tornillos. Medida la unidad totalmente terminada.			
205-55-27	1,00	Ud	Apoyo Andel S205 DC55 con altura de 27 m	4.243,33	4.243,33	
IDENT	1,00	Ud	Placa de identificación del apoyo	9,33	9,33	
CE-14	1,00	Ud	Placa señalización de riesgo eléctrico CE-14S	5,40	5,40	
GRUA	3,00	H	Grúa	74,66	223,98	
MO-TE	2,00	H	Técnico electricista de 1ª	18,43	36,86	
MO-AE	2,00	H	Ayudante electricista	15,33	30,66	
%PM	11,11	H	Pequeño material	4.550,00	505,51	
			TOTAL PARTIDA.....			**5.055,07**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CINCO MIL CINCUENTA Y CINCO EUROS con SIETE CÉNTIMOS

CÓDIGO	CANTIDAD	UD	DESCRIPCIÓN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
S210 DC50 31		**Ud**	**APOYO ANDEL S210 DC50, ALTURA 31 m**			
			Apoyo Andel, modelo S210, metálico de celosía y galvanizado. Construido con montantes de perfil angular (según UNE 207017:2005), de 31 m de altura, con cruceta tipo doble circuito, de longitud de 2,8 m y una separación de fases de 5 m. Colocación de la placa con el número de identificación del apoyo y placa de señalización de riesgo de eléctrico modelo CE-14S. Incluido mano de obra, transporte hasta el lugar de colocación, montaje, izado, nivelado, numerado y graneteado de los tornillos. Medida la unidad totalmente terminada.			
210-50-31	1,00	Ud	Apoyo Andel S210 DC50 con altura de 31 m	6.334,21	6.334,21	
IDENT	1,00	Ud	Placa de identificación del apoyo	9,33	9,33	
CE-14	1,00	Ud	Placa señalización de riesgo eléctrico CE-14S	5,40	5,40	
GRUA	3,00	H	Grúa	74,66	223,98	
MO-TE	2,00	H	Técnico electricista de 1ª	18,43	36,86	
MO-AE	2,00	H	Ayudante electricista	15,33	30,66	
%PM	11,11	H	Pequeño material	6.640,00	737,70	
			TOTAL PARTIDA.....			**7.378,14**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de SIETE MIL TRESCIENTOS SETENTA Y OCHO EUROS con CATORCE CÉNTIMOS

S211 DC40 18		**Ud**	**APOYO ANDEL S211 DC40, ALTURA 18 m**			
			Apoyo Andel, modelo S211, metálico de celosía y galvanizado. Construido con montantes de perfil angular (según UNE 207017:2005), de 18 m de altura, con cruceta tipo doble circuito, de longitud de 2,8 m y una separación de fases de 4 m. Colocación de la placa con el número de identificación del apoyo y placa de señalización de riesgo de eléctrico modelo CE-14S. Incluido mano de obra, transporte hasta el lugar de colocación, montaje, izado, nivelado, numerado y graneteado de los tornillos. Medida la unidad totalmente terminada.			
211-40-18	1,00	Ud	Apoyo Andel S211 DC40 con altura de 18 m	4.714,85	4.714,85	
IDENT	1,00	Ud	Placa de identificación del apoyo	9,33	9,33	
CE-14	1,00	Ud	Placa señalización de riesgo eléctrico CE-14S	5,40	5,40	
GRUA	3,00	H	Grúa	74,66	223,98	
MO-TE	2,00	H	Técnico electricista de 1ª	18,43	36,86	
MO-AE	2,00	H	Ayudante electricista	15,33	30,66	
%PM	11,11	H	Pequeño material	5.021,00	557,83	
			TOTAL PARTIDA.....			**5.578,91**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CINCO MIL QUINIENTOS SETENTA Y OCHO EUROS con NOVENTA Y UN CÉNTIMOS

S211 DC40 31		**Ud**	**APOYO ANDEL S211 DC40, ALTURA 31 m**			
			Apoyo Andel, modelo S211, metálico de celosía y galvanizado. Construido con montantes de perfil angular (según UNE 207017:2005), de 31 m de altura, con cruceta tipo doble circuito, de longitud de 2,8 m y una separación de fases de 4 m. Colocación de la placa con el número de identificación del apoyo y placa de señalización de riesgo de eléctrico modelo CE-14S. Incluido mano de obra, transporte hasta el lugar de colocación, montaje, izado, nivelado, numerado y graneteado de los tornillos. Medida la unidad totalmente terminada.			
211-40-31	1,00	Ud	Apoyo Andel S211 DC40 con altura de 31 m	6.688,37	6.688,37	
IDENT	1,00	Ud	Placa de identificación del apoyo	9,33	9,33	
CE-14	1,00	Ud	Placa señalización de riesgo eléctrico CE-14S	5,40	5,40	
GRUA	3,00	H	Grúa	74,66	223,98	
MO-TE	2,00	H	Técnico electricista de 1ª	18,43	36,86	
MO-AE	2,00	H	Ayudante electricista	15,33	30,66	
%PM	11,11	H	Pequeño material	6.995,00	777,14	
			TOTAL PARTIDA.....			**7.771,74**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de SIETE MIL SETECIENTOS SETENTA Y UN EUROS con SETENTA Y CUATRO CÉNTIMOS

CÓDIGO	CANTIDAD	UD	DESCRIPCIÓN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
S309 DC30 21		**Ud**	**APOYO ANDEL S309 DC30, ALTURA 21 m**			
			Apoyo Andel, modelo S309, metálico de celosía y galvanizado. Construido con montantes de perfil angular (según UNE 207017:2005), de 21 m de altura, con cruceta tipo doble circuito, de longitud de 2,8 m y una separación de fases de 3 m. Colocación de la placa con el número de identificación del apoyo y placa de señalización de riesgo de eléctrico modelo CE-14S. Incluido mano de obra, transporte hasta el lugar de colocación, montaje, izado, nivelado, numerado y graneteado de los tornillos. Medida la unidad totalmente terminada.			
309-30-21	1,00	Ud	Apoyo Andel S309 DC30 con altura de 21 m	5.681,56	5.681,56	
IDENT	1,00	Ud	Placa de identificación del apoyo	9,33	9,33	
CE-14	1,00	Ud	Placa señalización de riesgo eléctrico CE-14S	5,40	5,40	
GRUA	3,00	H	Grúa	74,66	223,98	
MO-TE	2,00	H	Técnico electricista de 1ª	18,43	36,86	
MO-AE	2,00	H	Ayudante electricista	15,33	30,66	
%PM	11,11	H	Pequeño material	5.988,00	665,27	
			TOTAL PARTIDA.....			**6.653,06**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de SEIS MIL SEISCIENTOS CINCUENTA Y TRES EUROS con SEIS CÉNTIMOS

S309 DC40 18		**Ud**	**APOYO ANDEL S309 DC40, ALTURA 18 m**			
			Apoyo Andel, modelo S309, metálico de celosía y galvanizado. Construido con montantes de perfil angular (según UNE 207017:2005), de 18 m de altura, con cruceta tipo doble circuito, de longitud de 2,8 m y una separación de fases de 4 m. Colocación de la placa con el número de identificación del apoyo y placa de señalización de riesgo de eléctrico modelo CE-14S. Incluido mano de obra, transporte hasta el lugar de colocación, montaje, izado, nivelado, numerado y graneteado de los tornillos. Medida la unidad totalmente terminada.			
309-40-18	1,00	Ud	Apoyo Andel S309 DC40 con altura de 18 m	4.926,32	4.926,32	
IDENT	1,00	Ud	Placa de identificación del apoyo	9,33	9,33	
CE-14	1,00	Ud	Placa señalización de riesgo eléctrico CE-14S	5,40	5,40	
GRUA	3,00	H	Grúa	74,66	223,98	
MO-TE	2,00	H	Técnico electricista de 1ª	18,43	36,86	
MO-AE	2,00	H	Ayudante electricista	15,33	30,66	
%PM	11,11	H	Pequeño material	5.233,00	581,39	
			TOTAL PARTIDA.....			**5.813,94**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CINCO MIL OCHOCIENTOS TRECE EUROS con NOVENTA Y CUATRO CÉNTIMOS

S309 DC40 24		**Ud**	**APOYO ANDEL S309 DC40, ALTURA 24 m**			
			Apoyo Andel, modelo S309, metálico de celosía y galvanizado. Construido con montantes de perfil angular (según UNE 207017:2005), de 24 m de altura, con cruceta tipo doble circuito, de longitud de 2,8 m y una separación de fases de 4 m. Colocación de la placa con el número de identificación del apoyo y placa de señalización de riesgo de eléctrico modelo CE-14S. Incluido mano de obra, transporte hasta el lugar de colocación, montaje, izado, nivelado, numerado y graneteado de los tornillos. Medida la unidad totalmente terminada.			
309-40-24	1,00	Ud	Apoyo Andel S309 DC40 con altura de 24 m	6.635,39	6.635,39	
IDENT	1,00	Ud	Placa de identificación del apoyo	9,33	9,33	
CE-14	1,00	Ud	Placa señalización de riesgo eléctrico CE-14S	5,40	5,40	
GRUA	3,00	H	Grúa	74,66	223,98	
MO-TE	2,00	H	Técnico electricista de 1ª	18,43	36,86	
MO-AE	2,00	H	Ayudante electricista	15,33	30,66	
%PM	11,11	H	Pequeño material	6.942,00	771,26	
			TOTAL PARTIDA.....			**7.712,88**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de SIETE MIL SETECIENTOS DOCE EUROS con OCHENTA Y OCHO CÉNTIMOS

CÓDIGO	CANTIDAD	UD	DESCRIPCIÓN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
TEN-LA180		**Kg**	**TENDIDO DEL CONDUCTOR DE FASE LA-180**			
			Tendido, tensado y fijación a cadenas del conductor de fase, de Aluminio con alma de acero y de 181,3 mm² de sección, en los tramos aéreos de la subestación. Incluidos materiales, mano de obra y transporte de materiales al lugar del montaje. Medida la unidad totalmente terminada.			
LA-180	1,00	Kg	Conductor Al-ac LA-180, de sección 181,6 mm²	3,86	3,86	
MO-TE	0,20	H	Técnico electricista de 1ª	18,43	3,69	
MO-AE	0,20	H	Ayudante electricista	15,33	3,07	
%PM	11,11	H	Pequeño material	11,00	1,22	
			TOTAL PARTIDA.....			**11,84**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de ONCE EUROS con OCHENTA Y CUATRO CÉNTIMOS

TEN-OPGW 48		**Kg**	**TENDIDO DEL CONDUCTOR DE TIERRA OPGW 48**			
			Tendido, tensado y fijación del conductor de tierra, de fibra de vidrio y de 180 mm² de sección, en el tramo de la línea aérea. Incluidos materiales, mano de obra y transporte de materiales al lugar del montaje. Medida la unidad totalmente terminada.			
OPGW 48	1,00	Kg	Conductor de fibra óptica OPGW 48, de sección 180 mm²	1,80	1,80	
MO-TE	0,20	H	Técnico electricista de 1ª	18,43	3,69	
MO-AE	0,20	H	Ayudante electricista	15,33	3,07	
%PM	11,11	H	Pequeño material	9,00	1,00	
			TOTAL PARTIDA.....			**9,56**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de NUEVE EUROS con CINCUENTA Y SEIS CÉNTIMOS

SUS-U70-N-132		**Ud**	**CADENA DE SUSPENSIÓN NORMAL TIPO U 70 BS**			
			Cadena de suspensión, de seguridad normal, formada con horquilla bola en v HB-16, aisladores de vidrio tipo U 70 BS, rótula R-16 y grapa de suspensión GS-3. Incluida mano de obra de montaje y colocación en el apoyo. Medida la unidad totalmente terminada.			
HB-16	1,00	Ud	Horquilla bola en v HB-16	6,78	6,78	
U 70 BS	10,00	Ud	Aislador de vidrio U 70 BS	16,00	160,00	
R-16	1,00	Ud	Rótula R-16	5,46	5,46	
GS-3	1,00	Ud	Grapa de suspensión GS-3	25,32	25,32	
MO-TE	0,50	H	Técnico electricista de 1ª	18,43	9,22	
MO-AE	0,50	H	Ayudante electricista	15,33	7,67	
%PM	11,11	H	Pequeño material	214,00	23,78	
			TOTAL PARTIDA.....			**238,23**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOSCIENTOS TREINTA Y OCHO EUROS con VEINTITRES CÉNTIMOS

SUS-U70-R-132		**Ud**	**CADENA DE SUSPENSIÓN REFORZADA TIPO U 70 BS**			
			Cadena de suspensión, de seguridad reforzada, formada con horquilla bola en v HB-16, yugos dobles triangulares YD, anillas de bola AB-16, aisladores de vidrio tipo U 70 BS, rótulas R-16 y grapa de suspensión GS-3. Incluido mano de obra de montaje y colocación en el apoyo. Medida la unidad totalmente terminada.			
HB-16	1,00	Ud	Horquilla bola en v HB-16	6,78	6,78	
R-16	4,00	Ud	Rótula R-16	5,46	21,84	
YD	2,00	Ud	Yugos dobles triangulares YD	15,44	30,88	
AB-16	3,00	Ud	Anilla de bola AB-16	7,54	22,62	
U 70 BS	20,00	Ud	Aislador de vidrio U 70 BS	16,00	320,00	
GS-3	1,00	Ud	Grapa de suspensión GS-3	25,32	25,32	
MO-TE	1,00	H	Técnico electricista de 1ª	18,43	18,43	
MO-AE	1,00	H	Ayudante electricista	15,33	15,33	
%PM	11,11	H	Pequeño material	461,00	51,22	
			TOTAL PARTIDA.....			**512,42**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de QUINIENTOS DOCE EUROS con CUARENTA Y DOS CÉNTIMOS

CÓDIGO	CANTIDAD	UD	DESCRIPCIÓN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE

AMA-U70-N-132 **Ud** **CADENA DE AMARRE/ANCLAJE NORMAL TIPO U 70 BS**

Cadena de amarre/anclaje, de seguridad normal, formada con horquilla bola en v HB-16, aisladores de vidrio tipo U 70 BS, rótula R-16 y grapa de amarre GA-3. Incluida mano de obra de montaje y colocación en el apoyo. Medida la unidad totalmente terminada.

HB-16	1,00	Ud	Horquilla bola en v HB-16	6,78	6,78	
U 70 BS	10,00	Ud	Aislador de vidrio U 70 BS	16,00	160,00	
R-16	1,00	Ud	Rótula R-16	5,46	5,46	
GA-3	1,00	Ud	Grapa de amarre GA-3	11,10	11,10	
MO-TE	0,50	H	Técnico electricista de 1ª	18,43	9,22	
MO-AE	0,50	H	Ayudante electricista	15,33	7,67	
%PM	11,11	H	Pequeño material	200,00	22,22	
			TOTAL PARTIDA.....			**222,45**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOSCIENTOS VEINTIDOS EUROS con CUARENTA Y CINCO CÉNTIMOS

AMA-U70-R-132 **Ud** **CADENA DE AMARRE/ANCLAJE REFORZADA TIPO U 70 BS**

Cadena de amarre/anclaje, de seguridad reforzada, formada con horquilla bola en v HB-16, yugos dobles triangulares YD, anillas de bola AB-16, aisladores de vidrio tipo U 70 BS, rótulas R-16 y grapa de amarre GA-3. Incluida mano de obra de montaje y colocación en el apoyo. Medida la unidad totalmente terminada.

HB-16	1,00	Ud	Horquilla bola en v HB-16	6,78	6,78	
R-16	4,00	Ud	Rótula R-16	5,46	21,84	
YD	2,00	Ud	Yugos dobles triangulares YD	15,44	30,88	
AB-16	3,00	Ud	Anilla de bola AB-16	7,54	22,62	
U 70 BS	20,00	Ud	Aislador de vidrio U 70 BS	16,00	320,00	
MO-TE	1,00	H	Técnico electricista de 1ª	18,43	18,43	
MO-AE	1,00	H	Ayudante electricista	15,33	15,33	
%PM	11,11	H	Pequeño material	436,00	48,44	
			TOTAL PARTIDA.....			**484,32**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CUATROCIENTOS OCHENTA Y CUATRO EUROS con TREINTA Y DOS CÉNTIMOS

TT-IND-APOYO **Ud** **PUESTA A TIERRA SIMPLE EN APOYO**

Puesta a tierra en apoyo no frecuentado, situada a una profundidad de 0,5 m, formada por un conductor de cobre desnudo de 2 m de longitud y 50 mm² de sección, 1 pica de cobre acerado de 2 m de longitud y 14 mm de diámetro. Unida la pica al conductor con una grapa de conexión galvanizada. Incluido mano de obra, conexionado y medios auxiliares. Medida la unidad totalmente terminada.

PIC2-14	1,00	Ud	Pica cobre acerado, longitud de 2 m y diámetro 14 mm	11,21	11,21	
GRATT	1,00	Ud	Grapa galvanizada para puesta a tierra	1,41	1,41	
CCU50	2,00	Ml	Conductor de cobre desnudo de 50 mm²	3,63	7,26	
TBP-50	1,50	Ml	Tubo de polietileno de alta densidad de 50 mm de diámetro	1,63	2,45	
MO-TE	0,50	H	Técnico electricista de 1ª	18,43	9,22	
MO-AE	0,50	H	Ayudante electricista	15,33	7,67	
%PM	11,11	H	Pequeño material	39,00	4,33	
			TOTAL PARTIDA.....			**43,55**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CUARENTA Y TRES EUROS con CINCUENTA Y CINCO CÉNTIMOS

CÓDIGO	CANTIDAD	UD	DESCRIPCIÓN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
TT 40-40-5-42		**Ud**	**PUESTA A TIERRA EN ANILLO, CONFIGURACIÓN 40-40/5/42**			
			Puesta a tierra en apoyo frecuentado, con configuración UNESA 40-40/5/42. Formada con conductor de cobre desnudo de 50 mm² de sección en anillo de dimensiones 4 x 4 m, situada a una profundidad de 0,5 m, con 4 picas de cobre acerado de 2 m de longitud y 14 mm de diámetro. Unido el anillo en cada pica con una grapa de conexión galvanizada, además de la colocación de un mallazo electrosoldado, de varilla de 8 mm de diámetro, para mejorar las tensiones de paso y de contacto. Incluido mano de obra, conexionado y medios auxiliares. Medida la unidad totalmente terminada.			
PIC2-14	4,00	Ud	Pica cobre acerado, longitud de 2 m y diámetro 14 mm	11,21	44,84	
GRATT	4,00	Ud	Grapa galvanizada para puesta a tierra	1,41	5,64	
CCU50	18,00	Ml	Conductor de cobre desnudo de 50 mm²	3,63	65,34	
TBP-50	1,50	Ml	Tubo de polietileno de alta densidad de 50 mm de diámetro	1,63	2,45	
MALL-8	36,00	M2	Mallazo electrosoldado con varilla de 8 mm	0,85	30,60	
MO-TE	0,50	H	Técnico electricista de 1ª	18,43	9,22	
MO-AE	0,50	H	Ayudante electricista	15,33	7,67	
%PM	11,11	H	Pequeño material	166,00	18,44	
			TOTAL PARTIDA.....			**184,20**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CIENTO OCHENTA Y CUATRO EUROS con VEINTE CÉNTIMOS

CÓDIGO	CANTIDAD	UD	DESCRIPCIÓN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
TT 50-50-5-42		**Ud**	**PUESTA A TIERRA EN ANILLO, CONFIGURACIÓN 50-50/5/42**			
			Puesta a tierra en apoyo frecuentado, con configuración UNESA 50-50/5/42. Formada con conductor de cobre desnudo de 50 mm² de sección en anillo de dimensiones 5 x 5 m, situada a una profundidad de 0,5 m, con 4 picas de cobre acerado de 2 m de longitud y 14 mm de diámetro. Unido el anillo en cada pica con una grapa de conexión galvanizada, además de la colocación de un mallazo electrosoldado, de varilla de 8 mm de diámetro, para mejorar las tensiones de paso y de contacto. Incluido mano de obra, conexionado y medios auxiliares. Medida la unidad totalmente terminada.			
PIC2-14	4,00	Ud	Pica cobre acerado, longutid de 2 m y diámetro 14 mm	11,21	44,84	
GRATT	4,00	Ud	Grapa galvanizada para puesta a tierra	1,41	5,64	
CCU50	22,00	Ml	Conductor de cobre desnudo de 50 mm²	3,63	79,86	
TBP-50	1,50	Ml	Tubo de polietileno de alta densidad de 50 mm de diámetro	1,63	2,45	
MALL-8	49,00	M2	Mallazo electrosoldado con varilla de 8 mm	0,85	41,65	
MO-TE	0,50	H	Técnico electricista de 1ª	18,43	9,22	
MO-AE	0,50	H	Ayudante electricista	15,33	7,67	
%PM	11,11	H	Pequeño material	191,00	21,22	
			TOTAL PARTIDA.....			**212,55**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOSCIENTOS DOCE EUROS con CINCUENTA Y CINCO CÉNTIMOS

CÓDIGO	CANTIDAD	UD	DESCRIPCIÓN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
TT 60-60-5-42		**Ud**	**PUESTA A TIERRA EN ANILLO, CONFIGURACIÓN 60-60/5/42**			
			Puesta a tierra en apoyo frecuentado, con configuración UNESA 60-60/5/42. Formada con conductor de cobre desnudo de 50 mm² de sección en anillo de dimensiones 6 x 6 m, situada a una profundidad de 0,5 m, con 4 picas de cobre acerado de 2 m de longitud y 14 mm de diámetro. Unido el anillo en cada pica con una grapa de conexión galvanizada, además de la colocación de un mallazo electrosoldado, de varilla de 8 mm de diámetro, para mejorar las tensiones de paso y de contacto. Incluido mano de obra, conexionado y medios auxiliares. Medida la unidad totalmente terminada.			
PIC2-14	4,00	Ud	Pica cobre acerado, longutid de 2 m y diámetro 14 mm	11,21	44,84	
GRATT	4,00	Ud	Grapa galvanizada para puesta a tierra	1,41	5,64	
CCU50	26,00	Ml	Conductor de cobre desnudo de 50 mm²	3,63	94,38	
TBP-50	1,50	Ml	Tubo de polietileno de alta densidad de 50 mm de diámetro	1,63	2,45	
MALL-8	64,00	M2	Mallazo electrosoldado con varilla de 8 mm	0,85	54,40	
MO-TE	0,50	H	Técnico electricista de 1ª	18,43	9,22	
MO-AE	0,50	H	Ayudante electricista	15,33	7,67	
%PM	11,11	H	Pequeño material	219,00	24,33	
			TOTAL PARTIDA.....			**242,93**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOSCIENTOS CUARENTA Y DOS EUROS con NOVENTA Y TRES CÉNTIMOS

CÓDIGO	CANTIDAD	UD	DESCRIPCIÓN		PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE

CAPÍTULO 03 LÍNEA SUBTERRÁNEA DE 132 kV

CA-AS **MI** **CANALIZACIÓN AÉREO-SUBTERRÁNEO A 132 kV**

Canalización de línea aérea a subterránea, mediante canal galvanizada con tapa, de dimensiones 300 x 85 mm, de longitud 1 m y sujeción de los conductores subterráneos en la bajada del apoyo hasta la canal. Incluido mano de obra de montaje en el apoyo, los elementos de sujeción de la canal y de los conductores. Medida la unidad totalmente terminada.

ABR-6-630	2,00	Ud	Abrazadera doble para 3 conductores de 630 mm^2		4,65	9,30	
CA-300-85	1,00	Ml	Canal galvanizada 300 x 85 mm		25,59	25,59	
MO-TE	0,50	H	Técnico electricista de 1ª		18,43	9,22	
MO-AE	0,50	H	Ayudante electricista		15,33	7,67	
%PM	11,11	H	Pequeño material	x 5,00	52,00	28,89	
				TOTAL PARTIDA.....			**80,67**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de OCHENTA EUROS con SESENTA Y SIETE CÉNTIMOS

CA-SUB **MI** **CANALIZACIÓN DE UN CIRCUITO ENTERRADA BAJO TUBO DE 200 mm**

Canalización subterránea, para conductores subterráneos de 630 mm^2, enterrada bajo tubo. Consistente en la excavación en terreno normal, con medios mecánicos, de una zanja de 1,32 x 0,6 m y la colocación de 3 tubos de polietileno corrugado de alta densidad de 200 mm de diámetro, uno para cada conductor subterráneo. Además se colocará un tubo de polietileno liso de alta densidad de 63 mm de diámetro para el conductor la instalación de fibra óptica, todo ello señalizado con un cinta de señalización de riesgo eléctrico. Incluido limpieza del terreno, perfilado de laterales y fondo, relleno con materiales sobrantes y compactación del terreno. Medida la unidad totalmente terminada.

TBC-200	3,00	Ml	Tubo polietileno corrugado de alta densidad, 200 mm de diámetro		14,33	42,99	
TBL-63	1,00	Ml	Tubo polietileno liso de alta densidad, 63 mm de diámetro		3,18	3,18	
HOR120	0,30	M3	Hormigón en masa H-120 kg/cm^2		36,75	11,03	
CSÑ	1,00	Ml	Cinta de señalización con anagrama de riesgo eléctrico		0,19	0,19	
RETRO	0,10	H	Máquina Retroexcavadora		34,98	3,50	
COMP	0,10	H	Compactadora		12,34	1,23	
VIBR-HOR	1,00	H	Vibrador de hormigón de gasolina		2,55	2,55	
MO-TE	0,20	H	Técnico electricista de 1ª		18,43	3,69	
MO-AE	0,20	H	Ayudante electricista		15,33	3,07	
%PM	11,11	H	Pequeño material		71,00	7,89	
				TOTAL PARTIDA.....			**79,32**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CIENTO VEINTISIETE EUROS con NUEVE CÉNTIMOS

CS-630 **MI** **CONDUCTOR SUBTERRÁNEO XLPE 1x630 mm^2 Al, PANTALLA 120 mm^2 CU**

Conductor unipolar subterráneo XLPE, de 630 mm^2 de sección de aluminio, con pantalla de 120 mm^2 de sección de cobre. Incluida colocación en tubo subterráneo. Medida la unidad totalmente terminada.

XLPE630AL	1,00	Ml	Conductor XLPE 1x630 mm^2 Al con pantalla de 120 mm^2 Cu		32,71	32,71	
MO-TE	0,20	H	Técnico electricista de 1ª		18,43	3,69	
MO-AE	0,20	H	Ayudante electricista		15,33	3,07	
%PM	11,11	H	Pequeño material		39,00	4,33	
				TOTAL PARTIDA.....			**43,80**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CUARENTA Y TRES EUROS con OCHENTA CÉNTIMOS

CÓDIGO	CANTIDAD	UD	DESCRIPCIÓN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
TER-1452 P		**Ud**	**TERMINAL DE CONEXIÓN APECB 1452 P PARA CONDUCTOR DE 630 mm²**			
			Terminal de conexión exterior APECB 1452 P, de material polímero y termo-retráctil, para conductores de 630 mm² y tensión de 132 kV. Incluido montaje, colocación y conexión. Medida la unidad totalmente terminada.			
APECB 1452 P	1,00	Ud	Terminal de conexión APECB 1452 P	324,26	324,26	
MO-TE	0,50	H	Técnico electricista de 1ª	18,43	9,22	
MO-AE	0,50	H	Ayudante electricista	15,33	7,67	
%PM	11,11	H	Pequeño material	341,00	37,89	
			TOTAL PARTIDA.....			**379,04**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de TRESCIENTOS SETENTA Y NUEVE EUROS con CUATRO CÉNTIMOS

CONX-BOND		**Ud**	**CONEXIÓN DE PANTALLAS CONFIGURACIÓN SOLID BONDING**			
			Conexión de las pantallas del conductor subterráneo de 630 mm², en configuración "Solid Bonding", la cual las pantallas de los conductores están conectadas a tierra en ambos extremos. Incluido la colocación de cajas de conexión y conexiones. Medida la unidad totalmente terminada.			
SOL-BOND	1,00	Ud	Configuración de pantallas a tierra "Solid Bonding"	26,54	26,54	
MO-TE	0,50	H	Técnico electricista de 1ª	18,43	9,22	
MO-AE	0,50	H	Ayudante electricista	15,33	7,67	
%PM	11,11	H	Pequeño material	43,00	4,78	
			TOTAL PARTIDA.....			**48,21**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CUARENTA Y OCHO EUROS con VEINTIUN CÉNTIMOS

CÓDIGO	CANTIDAD	UD	DESCRIPCIÓN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE

CAPÍTULO 04 OBRA CIVIL SUBESTACIÓN 132/66 kV

DESBR **M2** **LIMPIEZA Y DESBROCE DEL TERRENO CON MAQUINARIA**

Desbroce y limpieza del terreno, con medios mecánicos. Comprende los trabajos necesarios para retirar de las zonas previstas para la construcción de la subestación: pequeñas plantas, maleza, broza o cualquier otro material existente. Medida la unidad totalmente terminada.

RETRO	0,10	H	Máquina Retroexcavadora	34,98	3,50	
MO-PEC	0,10	H	Peón construcción	15,90	1,59	
			TOTAL PARTIDA.....			**5,09**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CINCO EUROS con NUEVE CÉNTIMOS

EXCAV **M3** **EXCAVACIÓN DE LA SUBESTACIÓN**

Excavación de la cimentación de la subestación, en terreno medio, mediante medios mecánicos y manuales. Incluida limpieza del terreno, perfilado de laterales y fondo. Medida la unidad totalmente terminada.

RETRO	0,50	H	Máquina Retroexcavadora	34,98	17,49	
MO-O1ªC	0,20	H	Oficial 1ª construcción	19,85	3,97	
MO-PEC	0,20	H	Peón construcción	15,90	3,18	
			TOTAL PARTIDA.....			**24,64**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de VEINTICUATRO EUROS con SESENTA Y CUATRO CÉNTIMOS

RET-TIE **M3** **RETIRADA DE TIERRAS INERTES A VERTEDERO AUTORIZADO**

Retirada de tierras producidas por la excavación de la cimentación de la subestación, las cuales serán cargadas con una máquina retroexcavadora a un camión basculante, que las depositarán en un vertedero autorizado. Medida la unidad totalmente terminada.

TIERRAS	1,00	M3	Canon de vertido de tierras inertes	1,00	1,00	
RETRO	0,02	H	Máquina Retroexcavadora	34,98	0,70	
BASC	0,10	H	Camión basculante	25,60	2,56	
			TOTAL PARTIDA.....			**4,26**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CUATRO EUROS con VEINTISEIS CÉNTIMOS

TT-INF **MI** **RED DE TIERRA INFERIOR**

Red de tierra inferior, realizada con conductor de cobre desnudo de 120 mm^2, formando una malla que cubre toda la superficie de la cimentación de la subestación. La unión entre los conductores que forman la malla se hará mediante soldadura aluminotérmica. Medida la unidad totalmente terminada.

CCU120	1,00	MI	Conductor de cobre desnudo de 120 mm²	12,92	12,92	
MO-TE	0,20	H	Técnico electricista de 1ª	18,43	3,69	
MO-AE	0,20	H	Ayudante electricista	15,33	3,07	
%PM	11,11	H	Pequeño material	20,00	2,22	
			TOTAL PARTIDA.....			**21,90**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de VEINTIUN EUROS con NOVENTA CÉNTIMOS

CÓDIGO	CANTIDAD	UD	DESCRIPCIÓN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
HORM-25		**M3**	**CIMENTACIÓN SUBESTACIÓN CON HORMIGÓN HA-25/B/20/IIa**			
			Hormigón en masa HA-25/B/20/IIa, para cimentación de la subestación y de los soportes de la aparamenta, suministrado con camión bomba y capa de grava de limpieza de diámetro 16/32 mm. Incluida mano de obra, limpieza de fondos, vibrado y terminación superior. Medida la unidad totalmente terminada.			
GRA-LIM	0,20	M3	Capa de grava de limpieza de diámetro 16/32 mm	11,12	2,22	
MALL-12	1,00	M2	Mallazo corrugado con varilla de 12 mm	0,85	0,85	
CABOB-25	1,00	M3	Camión bomba con hormigón HA-25/B/20/IIa	34,26	34,26	
VIBR-HOR	0,20	H	Vibrador de hormigón de gasolina	2,55	0,51	
MO-O1ªC	0,50	H	Oficial 1ª construcción	19,85	9,93	
MO-PEC	0,50	H	Peón construcción	15,90	7,95	
%PM	11,11	H	Pequeño material	56,00	6,22	
			TOTAL PARTIDA.....			**61,94**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de SESENTA Y UN EUROS con NOVENTA Y CUATRO CÉNTIMOS

SUP-SUB		**M3**	**SUPERFICIE DE GRAVILLA EN LA SUBESTACIÓN**			
			Acabado de la superficie de 2992 m^2, donde se encuentra la aparamenta de la subestación, en gravilla de diámetro 18-20 mm, con un espesor de 20 cm, para así reducir las tensiones de paso y de contacto. Incluida mano de obra. Medida la unidad totalmente terminada			
GRAV-18-20	1,00	M3	Gravilla de diámetro 18-20 mm	11,50	11,50	
MO-O1ªC	0,20	H	Oficial 1ª construcción	19,85	3,97	
MO-PEC	0,20	H	Peón construcción	15,90	3,18	
			TOTAL PARTIDA.....			**18,65**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DIECIOCHO EUROS con SESENTA Y CINCO CÉNTIMOS

CAN-SUB		**Ud**	**CANALIZACIÓN DE LA SUBESTACIÓN**			
			Canal prefabricada con fondo y tapa de hormigón HA-30/F/20/IIa, de medidas 2000 x 670 x 530 mm y con sistema de drenaje de aguas pluviales. Incluida mano de obra. Medida la unidad totalmente terminada.			
CAN-B	1,00	Ud	Canal para cables tipo B, 2000 x 670 x 530 mm	125,00	125,00	
MO-O1ªC	0,50	H	Oficial 1ª construcción	19,85	9,93	
MO-PEC	0,50	H	Peón construcción	15,90	7,95	
%PM	11,11	H	Pequeño material	143,00	15,89	
			TOTAL PARTIDA.....			**158,77**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CIENTO CINCUENTA Y OCHO EUROS con SETENTA Y SIETE CÉNTIMOS

REC-ACEITE 40		**Ud**	**SISTEMA DE RECOGIDA DE ACEITE DEL TRANSFORMADOR**			
			Cubeta galvanizada de 5000 x 4000 x 700 mm, para la recogida de fugas de aceite del transformador de potencia. Incluido montaje y colocación. Medida la unidad totalmente terminada.			
CUB-ACEITE40	1,00	Ud	Cubeta recogida de aceite, 5000 x 4000 x 700 mm	296,36	296,36	
MO-O1ªC	1,50	H	Oficial 1ª construcción	19,85	29,78	
MO-PEC	1,50	H	Peón construcción	15,90	23,85	
%PM	11,11	H	Pequeño material	350,00	38,89	
			TOTAL PARTIDA.....			**388,88**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de TRESCIENTOS OCHENTA Y OCHO EUROS con OCHENTA Y OCHO CÉNTIMOS

CÓDIGO	CANTIDAD	UD	DESCRIPCIÓN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
VALL-PER-2.2		**Ml**	**VALLADO PERIMETRAL DE SEGURIDAD**			
			Vallado perimetral de seguridad para la subestación. Formada por una malla simple de torsión, de altura 2 m, postes de esquina, postes intermedios y postes de refuerzo con tornapuntas, todo ellos galvanizados, de dimensiones 48 x 1,2 mm y altura total 2,4 m. Con cimentación 0,3 x ,03 m a todo el perímetro. Incluido puerta de entrada, colocación y tense. Medida la unidad totalmente terminada.			
CIM-PER	2,00	M3	Cimentación perimetral, hormigón HA-25/B/20/IIa	29,65	59,30	
POS-ESQ2	4,00	Ud	Poste de esquina galvanizado, 48 x 1,2 mm, altura 2,4 m	5,76	23,04	
POS-INT2	80,00	Ud	Poste intermedio galvanizado, 48 x 1,2 mm, altura 2,4 m	4,11	328,80	
POS-REF2	9,00	Ud	Poste de refuerzo galvanizado, 48 x 1,2 mm, altura 2,4 m	5,76	51,84	
TOR2	52,00	Ud	Tornapuntas galvanizados, 48 x 1,2 mm, altura 2,4 m	3,19	165,88	
PUE-SIMP2	1,00	Ud	Puerta malla simple galvanizada, dos hojas (2,5 x 2 m cada una)	114,67	114,67	
MALL-SIMP2	265,00	Ml	Malla simple de torsión galvanizada, altura 2 m	1,26	333,90	
TENS-MALL	26,00	Ud	Tensores galvanizados	4,56	118,56	
ALAM-MALL	265,00	Ml	Alambre galvanizado de 6 mm de diámetro	0,62	164,30	
MO-O1ªC	16,00	H	Oficial 1ª construcción	19,85	317,60	
MO-PEC	16,00	H	Peón construcción	15,90	254,40	
%PM	11,11	H	Pequeño material	1.932,00	214,65	
			TOTAL PARTIDA.....			**2.146,94**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOS MIL CIENTO CUARENTA Y SEIS EUROS con NOVENTA Y CUATRO CÉNTIMOS

CÓDIGO	CANTIDAD	UD	DESCRIPCIÓN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE

CAPÍTULO 05 EMBARRADOS SUBESTACIÓN 132/66 kV

AIS C4-650 **Ud** **AISLADOR SOPORTE C4-650 DE 132 kV**

Aisladores soporte para embarrados de 132 kV, modelo C4-650 y línea de fuga de 2320 mm. Incluido soporte y colocación del elemento. Medida la unidad totalmente terminada.

C4-650	1,00	Ud	Aislador soporte modelo C4-650	224,50	224,50	
GRUA	0,10	H	Grúa	74,66	7,47	
MO-TE	0,20	H	Técnico electricista de 1ª	18,43	3,69	
MO-AE	0,20	H	Ayudante electricista	15,33	3,07	
%PM	11,11	H	Pequeño material	239,00	26,55	
			TOTAL PARTIDA.....			**265,28**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOSCIENTOS SESENTA Y CINCO EUROS con VEINTIOCHO CÉNTIMOS

AIS C4-325 **Ud** **AISLADOR SOPORTE C4-325 DE 66 kV**

Aisladores soporte para embarrados de 66 kV, modelo C4-325 y línea de fuga de 1160 mm. Incluido soporte y colocación del elemento. Medida la unidad totalmente terminada.

C4-325	1,00	Ud	Aislador soporte modelo C4-325	220,17	220,17	
GRUA	0,10	H	Grúa	74,66	7,47	
MO-TE	0,20	H	Técnico electricista de 1ª	18,43	3,69	
MO-AE	0,20	H	Ayudante electricista	15,33	3,07	
%PM	11,11	H	Pequeño material	234,00	26,00	
			TOTAL PARTIDA.....			**260,40**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOSCIENTOS SESENTA EUROS con CUARENTA CÉNTIMOS

EMB-132 **Ml** **EMBARRADO PARA PARQUE DE 132 kV**

Embarrado de tubo en aluminio para parque de 132 kV, modelo 6063-T6, diámetro exterior de 100 mm y diámetro interior de 88 mm. Colocado y anclado a los soportes aisladores. Medida la unidad totalmente terminada.

6063-6347	1,00	Ml	Embarrado de tubo Al 6063-T6 63/47	0,98	0,98	
GRUA	0,10	H	Grúa	74,66	7,47	
MO-TE	0,20	H	Técnico electricista de 1ª	18,43	3,69	
MO-AE	0,20	H	Ayudante electricista	15,33	3,07	
HA-CORSOL	0,20	H	Herramienta auxiliar de corte y soldadura	9,54	1,91	
%PM	11,11	H	Pequeño material	17,00	1,89	
			TOTAL PARTIDA.....			**19,01**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DIECINUEVE EUROS con UN CÉNTIMOS

EMB-66 **Ml** **EMBARRADO PARA PARQUE DE 66 kV**

Embarrado de tubo en aluminio para parque de 66 kV, modelo 6063-T6, diámetro exterior de 63 mm y diámetro interior de 47 mm. Colocado y anclado a los soportes aisladores. Medida la unidad totalmente terminada.

6063-6347	1,00	Ml	Embarrado de tubo Al 6063-T6 63/47	0,98	0,98	
GRUA	0,10	H	Grúa	74,66	7,47	
MO-TE	0,20	H	Técnico electricista de 1ª	18,43	3,69	
MO-AE	0,20	H	Ayudante electricista	15,33	3,07	
HA-CORSOL	0,20	H	Herramienta auxiliar de corte y soldadura	9,54	1,91	
%PM	11,11	H	Pequeño material	17,00	1,89	
			TOTAL PARTIDA.....			**19,01**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DIECINUEVE EUROS con UN CÉNTIMOS

CÓDIGO	CANTIDAD	UD	DESCRIPCIÓN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
TEN-LA180		**Kg**	**TENDIDO DEL CONDUCTOR DE FASE LA-180**			
			Tendido, tensado y fijación a cadenas del conductor de fase, de Aluminio con alma de acero y de 181,3 mm² de sección, en los tramos aéreos de la subestación. Incluido materiales, mano de obra y transporte de materiales al lugar del montaje. Medida la unidad totalmente terminada.			
LA-180	1,00	Kg	Conductor Al-ac LA-180, de sección 181,6 mm²	3,86	3,86	
MO-TE	0,20	H	Técnico electricista de 1ª	18,43	3,69	
MO-AE	0,20	H	Ayudante electricista	15,33	3,07	
%PM	11,11	H	Pequeño material	11,00	1,22	
			TOTAL PARTIDA.....			**11,84**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de ONCE EUROS con OCHENTA Y CUATRO CÉNTIMOS

AMA-U70-N-132		**Ud**	**CADENA DE AMARRE/ANCLAJE NORMAL TIPO U 70 BS**			
			Cadena de amarre/anclaje, de seguridad normal, formada con horquilla bola en v HB-16, aisladores de vidrio tipo U 70 BS, rótula R-16 y grapa de amarre GA-3. Incluida mano de obra de montaje y colocación en el apoyo. Medida la unidad totalmente terminada.			
HB-16	1,00	Ud	Horquilla bola en v HB-16	6,78	6,78	
U 70 BS	10,00	Ud	Aislador de vidrio U 70 BS	16,00	160,00	
R-16	1,00	Ud	Rótula R-16	5,46	5,46	
GA-3	1,00	Ud	Grapa de amarre GA-3	11,10	11,10	
MO-TE	0,50	H	Técnico electricista de 1ª	18,43	9,22	
MO-AE	0,50	H	Ayudante electricista	15,33	7,67	
%PM	11,11	H	Pequeño material	200,00	22,22	
			TOTAL PARTIDA.....			**222,45**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOSCIENTOS VEINTIDOS EUROS con CUARENTA Y CINCO CÉNTIMOS

CÓDIGO	CANTIDAD	UD	DESCRIPCIÓN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE

CAPÍTULO 06 APARAMENTA SUBESTACIÓN 132/66 kV

TER-1452 P **Ud** **TERMINAL DE CONEXIÓN APECB 1452 P PARA CONDUCTOR DE 630 mm²**

Terminal de conexión exterior APECB 1452 P, de material polímero y termo-retráctil, para conductores de 630 mm² y tensión de 132 kV. Incluido montaje, colocación y conexión. Medida la unidad totalmente terminada.

APECB 1452 P	1,00	Ud	Terminal de conexión APECB 1452 P	324,26	324,26	
MO-TE	0,50	H	Técnico electricista de 1ª	18,43	9,22	
MO-AE	0,50	H	Ayudante electricista	15,33	7,67	
%PM	11,11	H	Pequeño material	341,00	37,89	
			TOTAL PARTIDA.....			**379,04**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de TRESCIENTOS SETENTA Y NUEVE EUROS con CUATRO CÉNTIMOS

MH-PASSM0-145 **Ud** **MÓDULO HÍBRIDO PASS M0 145 kV**

Módulo híbrido utilizado en parque de 132 kV, modelo PASS M0 145 kV, compuesto por un seccionador de barras, un seccionador de línea con su correspondiente puesta a tierra, un interruptor y transformadores de intensidad por fase. Incluido transporte, colocación y conexión. Medida la unidad totalmente terminada.

PASS M0 145	1,00	Ud	Módulo híbrido PASS M0 145 kV	205.000,00	205.000,00	
GRUA	0,20	H	Grúa	74,66	14,93	
MO-TE	1,00	H	Técnico electricista de 1ª	18,43	18,43	
MO-AE	1,00	H	Ayudante electricista	15,33	15,33	
%PM	11,11	H	Pequeño material	205.049,00	22.780,94	
			TOTAL PARTIDA.....			**227.829,63**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOSCIENTOS VEINTISIETE MIL OCHOCIENTOS VEINTINUEVE EUROS con SESENTA Y TRES CÉNTIMOS

MH-PASSM00-72 **Ud** **MÓDULO HÍBRIDO PASS M00 72,5 kV**

Módulo híbrido utilizado en parque de 66 kV, modelo PASS M00 72,5 kV, compuesto por un seccionador de barras, un seccionador de línea con su correspondiente puesta a tierra, un interruptor y transformadores de intensidad por fase. Incluido transporte, colocación y conexión. Medida la unidad totalmente terminada.

PASS M00 72.5	1,00	Ud	Módulo híbrido PASS M00 72,5 kV	165.000,00	165.000,00	
GRUA	0,20	H	Grúa	74,66	14,93	
MO-TE	1,00	H	Técnico electricista de 1ª	18,43	18,43	
MO-AE	1,00	H	Ayudante electricista	15,33	15,33	
%PM	11,11	H	Pequeño material	165.049,00	18.336,94	
			TOTAL PARTIDA.....			**183.385,63**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CIENTO OCHENTA Y TRES MIL TRESCIENTOS OCHENTA Y CINCO EUROS con SESENTA Y TRES CÉNTIMOS

TTC-DDB-145 **Ud** **TRANSFORMADOR DE TENSIÓN CAPACITIVO DDB-145**

Transformador de tensión tipo capacitivo, modelo DDB-145, utilizado en parque de 132 kV. Incluido soporte, colocación y conexionado. Medida la unidad totalmente terminada.

DDB-145	1,00	Ud	Transformador de tensión capacitivo DDB-145	7.500,00	7.500,00	
GRUA	0,20	H	Grúa	74,66	14,93	
MO-TE	0,50	H	Técnico electricista de 1ª	18,43	9,22	
MO-AE	0,50	H	Ayudante electricista	15,33	7,67	
%PM	11,11	H	Pequeño material	7.532,00	836,81	
			TOTAL PARTIDA.....			**8.368,63**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de OCHO MIL TRESCIENTOS SESENTA Y OCHO EUROS con SESENTA Y TRES CÉNTIMOS

CÓDIGO	CANTIDAD	UD	DESCRIPCIÓN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
TTC-DDB-72		**Ud**	**TRANSFORMADOR DE TENSIÓN CAPACITIVO DDB-72**			
			Transformador de tensión tipo capacitivo, modelo DDB-72, utilizado en parque de 66 kV. Incluido soporte, colocación y conexionado. Medida la unidad totalmente terminada.			
DDB-72	1,00	Ud	Transformador de tensión capacitivo DDB-72	5.900,00	5.900,00	
GRUA	0,20	H	Grúa	74,66	14,93	
MO-TE	0,50	H	Técnico electricista de 1ª	18,43	9,22	
MO-AE	0,50	H	Ayudante electricista	15,33	7,67	
%PM	11,11	H	Pequeño material	5.932,00	659,05	
			TOTAL PARTIDA.....			**6.590,87**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de SEIS MIL QUINIENTOS NOVENTA EUROS con OCHENTA Y SIETE CÉNTIMOS

AUT-PEXLIM145		**Ud**	**AUTOVÁLVULA PEXLIM Q108-XH145**			
			Autoválvulas para proteger contra las sobretensiones de tipo atmosférico en el parque de 132 kV. Modelo PEXLIM Q108-XH145, de óxido de zinc, con contador de descargas y acabado exterior en silicona. Incluido soporte, colocación y conexionado. Medida la unidad totalmente terminada.			
PEXLIM Q108XH	1,00	Ud	Autoválvula PEXLIM Q108-XH145	4.500,00	4.500,00	
GRUA	0,20	H	Grúa	74,66	14,93	
MO-TE	0,50	H	Técnico electricista de 1ª	18,43	9,22	
MO-AE	0,50	H	Ayudante electricista	15,33	7,67	
%PM	11,11	H	Pequeño material	4.532,00	503,51	
			TOTAL PARTIDA.....			**5.035,33**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CINCO MIL TREINTA Y CINCO EUROS con TREINTA Y TRES CÉNTIMOS

AUT-PEXLIM72		**Ud**	**AUTOVÁLVULA PEXLIM Q54-XV052**			
			Autoválvulas para proteger contra las sobretensiones de tipo atmosférico en el parque de 66 kV. Modelo PEXLIM Q54-XV052, de óxido de zinc, con contador de descargas y acabado exterior en silicona. Incluido soporte, colocación y conexionado. Medida la unidad totalmente terminada.			
PEXLIM Q54XV	1,00	Ud	Autoválvula PEXLIM Q54-XV052	2.650,00	2.650,00	
GRUA	0,20	H	Grúa	74,66	14,93	
MO-TE	0,50	H	Técnico electricista de 1ª	18,43	9,22	
MO-AE	0,50	H	Ayudante electricista	15,33	7,67	
%PM	11,11	H	Pequeño material	2.682,00	297,97	
			TOTAL PARTIDA.....			**2.979,79**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOS MIL NOVECIENTOS SETENTA Y NUEVE EUROS con SETENTA Y NUEVE CÉNTIMOS

TP-132-66-40		**Ud**	**TRANSFORMADOR DE POTENCIA DE 40 MVA, 132/66 kV**			
			Transformador trifásico reductor de tensión, según normas citadas en la memoria, con una potencia de 40 MVA, con una relación de tensión de 132/66 kV. Tipo de conexión Dd11, con refrigeración natural de aceite y forzada de aire (ONAF), con reactancia de dispersión del 12% y protección con termómetro. Incluido transporte, colocación en bancada y conexión. Medida la unidad totalmente terminada.			
BANC-40	1,00	Ud	Bancada para transformador de potencia de 40 MVA	46.900,00	46.900,00	
132-66-40	1,00	Ud	Transformador de potencia de 40 MVA, 132/66 kV	850.000,00	850.000,00	
GRUA	2,00	H	Grúa	74,66	149,32	
MO-TE	2,00	H	Técnico electricista de 1ª	18,43	36,86	
MO-AE	2,00	H	Ayudante electricista	15,33	30,66	
%PM	11,11	H	Pequeño material	897.117,00	99.669,70	
			TOTAL PARTIDA.....			**996.786,54**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de NOVECIENTOS NOVENTA Y SEIS MIL SETECIENTOS OCHENTA Y SEIS EUROS con CINCUENTA Y CUATRO CÉNTIMOS

CÓDIGO	CANTIDAD	UD	DESCRIPCIÓN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
TT-SUP		**Ml**	**RED DE TIERRA SUPERIOR**			
			Red de tierra superior, formada por cables de guarda desnudos de 50 mm^2 de sección de aluminio, para la protección de descargas atmosféricas en la subestación. Incluido colocación y tense del cable. Medida la unidad totalmente terminada.			
AL-50	1,00	Ml	Cable de guarda desnudo de Al, 50 mm^2	9,32	9,32	
MO-TE	0,50	H	Técnico electricista de 1ª	18,43	9,22	
MO-AE	0,50	H	Ayudante electricista	15,33	7,67	
%PM	11,11	H	Pequeño material	26,00	2,89	
			TOTAL PARTIDA.....			**29,10**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de VEINTINUEVE EUROS con DIEZ CÉNTIMOS

PUN-FRANK		**Ud**	**PUNTAS CAPTADORAS FRANKLIN DE CU**			
			Colocación de puntas Franklin, con punta captadora de cobre y soporte horizontal de acero cobreado, en las zonas de los transformadores de potencia, para reforzar la seguridad. Incluida colocación y conexionado. Medida la unidad totalmente terminada.			
FRAN-1.584	1,00	Ud	Punta Franklin de cobre, altura 1,584 m	26,38	26,38	
MO-TE	0,20	H	Técnico electricista de 1ª	18,43	3,69	
MO-AE	0,20	H	Ayudante electricista	15,33	3,07	
%PM	11,11	H	Pequeño material	33,00	3,67	
			TOTAL PARTIDA.....			**36,81**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de TREINTA Y SEIS EUROS con OCHENTA Y UN CÉNTIMOS

CÓDIGO	CANTIDAD	UD	DESCRIPCIÓN		PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE

CAPÍTULO 07 INSTALACIÓN ELÉCTRICA EDIFICIO DE MANDO Y CONTROL

ASUB-4(1X16) **Ud** **ACOMETIDA SUBTERRÁNEA 4x(1X16 mm²)**

Acometida de alimentación eléctrica para edificio de mando y control de la subestación, formada por conductores unipolares, 4 x 16 mm² de aluminio y de nivel de aislamiento 0,6/1 kV. Situada por tramo subterráneo bajo tubo de polietileno de alta densidad, de 63 mm de diámetro y conectada al suministro eléctrico de baja tensión. Incluida mano de obra y trazado del conductor. Medida la unidad totalmente terminada.

16 AL	1,00	Ml	Conductor unipolar de aluminio de 16 mm² de sección, 0,6/1 kV		0,54	0,54	
TB-63	1,00	Ml	Tubo de polietileno de 63 mm de diámetro		3,59	3,59	
HOR120	0,06	M3	Hormigón en masa H-120 kg/cm²		36,75	2,21	
CSÑ	1,00	Ml	Cinta de señalización con anagrama de riesgo eléctrico		0,19	0,19	
MO-TE	1,00	H	Técnico electricista de 1ª		18,43	18,43	
MO-AE	1,00	H	Ayudante electricista		15,33	15,33	
%PM	11,11	H	Pequeño material		40,00	4,44	
				TOTAL PARTIDA.....			**44,73**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CUARENTA Y CUATRO EUROS con SETENTA Y TRES CÉNTIMOS

CGPM **Ud** **CAJA GENERAL DE PROTECCIÓN Y MEDIDA**

Caja General de Protección y Medida trifásica, para un solo usuario, con envolvente de poliéster reforzada con fibra de vidrio, con mirilla para la lectura del equipo de medida, con cierre de triple acción, con bases portafusibles NHC-00, neutro seccionable y colocación de puerta metálica. Conexionado al contador trifásico con conductores unipolares RZ1-K y 16 mm² de sección. Incluida colocación, sujeción y conexión al contador. Medida la unidad totalmente terminada.

CGPM3-1	1,00	Ud	Caja General de Protección y Medida trifásica, para 1 usuario		132,00	132,00	
P-CGPM	1,00	Ud	Puerta metálica de CGPM para 1 usuario		65,00	65,00	
MO-O1ªC	1,00	H	Oficial 1ª construcción		19,85	19,85	
MO-PEC	1,00	H	Peón construcción		15,90	15,90	
MO-TE	0,20	H	Técnico electricista de 1ª		18,43	3,69	
MO-AE	0,20	H	Ayudante electricista		15,33	3,07	
%PM	11,11	H	Pequeño material	x 5,00	240,00	133,32	
				TOTAL PARTIDA.....			**372,83**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de TRESCIENTOS SETENTA Y DOS EUROS con OCHENTA Y TRES CÉNTIMOS

DERV-IND **Ml** **DERIVACIÓN INDIVIDUAL**

Derivación individual para edificio de mando y control de la subestación, formada por conductores unipolares, 4 x 16 mm² de cobre y de nivel de aislamiento 0,6/1 kV. Empotrada bajo tubo de polietileno de alta densidad, de 63 mm de diámetro y conectada al contador trifásico. Incluida mano de obra y trazado del conductor. Medida la unidad totalmente terminada.

16	1,00	Ml	Conductor unipolar de cobre de 16 mm² de sección, 0,6/1 kV		0,54	0,54	
TB-63	1,00	Ml	Tubo de polietileno de 63 mm de diámetro		3,59	3,59	
MO-TE	0,10	H	Técnico electricista de 1ª		18,43	1,84	
MO-AE	0,10	H	Ayudante electricista		15,33	1,53	
				TOTAL PARTIDA.....			**7,50**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de SIETE EUROS con CINCUENTA CÉNTIMOS

CÓDIGO	CANTIDAD	UD	DESCRIPCIÓN		PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
CGMP		**Ud**	**CUADRO GENERAL DE MANDO Y PROTECCIÓN**				
			Cuadro General de Mando y Protección metálico de 72 elementos, para montaje superficial, con grado de protección IP-56, alojado en él todos los automáticos que se muestran en los esquemas unifilares. Incluido pequeño material, sujeción, conexionado y montaje. Medida la unidad totalmente terminada.				
CMS-72	1,00	Ud	Cuadro de automáticos metálico superficial, 72 elementos		294,00	294,00	
IGA-IV 63 C	1,00	Ud	Interruptor general automático IV. 63 A, P de C 15kA, curva C		195,20	195,20	
SOBR-IV 12	1,00	Ud	Sobretensiones 20 A, P de C 15 kA, Up 1,2 kV		133,50	133,50	
IDIF-II 63-30	3,00	Ud	Interruptor diferencial II, 63 A, 30 mA		161,20	483,60	
IDF-II 40-30	1,00	Ud	Interruptor diferencial II, 40 A, 30 mA		51,00	51,00	
IDIF-II25-300	5,00	Ud	Interruptor diferencial II, 25 A, 300 mA		45,75	228,75	
IMAG-II 25 C	1,00	Ud	Interruptor magnetotérmico II, 25 A, P de C 10 kA, curva C		11,45	11,45	
IMAG-II 20 C	4,00	Ud	Interruptor magnetotérmico II, 20 A, P de P 10 kA, curva C		11,29	45,16	
IMAG-II 16 C	2,00	Ud	Interruptor magnetotérmico II, 16 A, P de C 10 kA, curva C		10,94	21,88	
IMAG-II 10 C	8,00	Ud	Interruptor magnetotérmico II, 10 A, P de C 10 kA, curva C		10,77	86,16	
IMAG-I 16 C	2,00	Ud	Interruptor magnetotérmico I, 16 A, P de C 10 kA, curva C		4,20	8,40	
IMAG-I 10 C	3,00	Ud	Interruptor magnetotérmico I, 10 A, P de C 10 kA, curva C		3,30	9,90	
MO-TE	3,00	H	Técnico electricista de 1ª		18,43	55,29	
MO-AE	3,00	H	Ayudante electricista		15,33	45,99	
%PM	11,11	H	Pequeño material	x 5,00	1.670,00	927,69	
				TOTAL PARTIDA.....			**2.597,97**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOS MIL QUINIENTOS NOVENTA Y SIETE EUROS con NOVENTA Y SIETE CÉNTIMOS

TUB-EMP-25		**Ml**	**TUBO CORRUGADO EMPOTRADO DE 25 mm**				
			Tubo flexible corrugado de 25 mm de diámetro, empotrado en obra. Incluida colocación y material adicional. Medida la unidad totalmente terminada.				
TB-25	1,00	Ml	Tubo corrugado de 25 mm de diámetro		0,25	0,25	
MO-O1ª	0,20	H	Oficial de 1ª		12,38	2,48	
MO-PE	0,20	H	Peón especializado		11,11	2,22	
%PM	11,11	H	Pequeño material		5,00	0,56	
				TOTAL PARTIDA.....			**5,51**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CINCO EUROS con CINCUENTA Y UN CÉNTIMOS

TUB-EMP-20		**Ml**	**TUBO CORRUGADO EMPOTRADO DE 20 mm**				
			Tubo flexible corrugado de 20 mm de diámetro, empotrado en obra. Incluida colocación y material adicional. Medida la unidad totalmente terminada.				
TB-20	1,00	Ml	Tubo corrugado de 20mm de diámetro		0,20	0,20	
MO-O1ª	0,20	H	Oficial de 1ª		12,38	2,48	
MO-PE	0,20	H	Peón especializado		11,11	2,22	
%PM	11,11	H	Pequeño material	x 5,00	5,00	2,78	
				TOTAL PARTIDA.....			**7,68**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de SIETE EUROS con SESENTA Y OCHO CÉNTIMOS

CAJ-MECEMP		**Ud**	**CAJA EMPOTRADA DE MECANISMO**				
			Caja de empotrar universal para mecanismo, de 65 x 65 x 45 mm, con diferentes entradas pretroqueladas de fácil acceso a los tubos corrugados. Incluida mano de obra. Medida la unidad totalmente terminada.				
CAJ-656545	1,00	Ud	Caja de empotrar para mecanismo, 65 x 65 x 45 mm		0,15	0,15	
MO-O1ª	0,20	H	Oficial de 1ª		12,38	2,48	
MO-PE	0,20	H	Peón especializado		11,11	2,22	
%PM	11,11	H	Pequeño material		5,00	0,56	
				TOTAL PARTIDA.....			**5,41**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CINCO EUROS con CUARENTA Y UN CÉNTIMOS

CÓDIGO	CANTIDAD	UD	DESCRIPCIÓN		PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
REGEMP150-100		**Ud**	**REGISTRO CONEXIÓN EMPOTRADO 150 x 100 mm**				
			Registro de conexión de dimensiones 150 x 100 mm, empotrado en obra, con diferentes entradas pretroqueladas de fácil acceso a los tubos corrugados. Incluido montaje y material de colocación. Medida la unidad totalmente terminada.				
REGEMP150100	1,00	Ud	Registro de conexión de 150 x 100 mm		1,76	1,76	
MO-O1ª	0,20	H	Oficial de 1ª		12,38	2,48	
MO-PE	0,20	H	Peón especializado		11,11	2,22	
%PM	11,11	H	Pequeño material		6,00	0,67	
				TOTAL PARTIDA.....			**7,13**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de SIETE EUROS con TRECE CÉNTIMOS

REGSUP100-100		**Ud**	**REGISTRO CONEXIÓN SUPERFICIE 100 x 100 mm**				
			Registro de conexión estanco IP54, de PVC, de dimensiones 100 x 100 mm, de montaje superficial. Incluido sujeción y material de colocación. Medida la unidad totalmente terminada.				
REGSUP100100	1,00	Ud	Registro metálico de conexión de 100mmx100mm		3,99	3,99	
MO-TE	0,10	H	Técnico electricista de 1ª		18,43	1,84	
MO-AE	0,10	H	Ayudante electricista		15,33	1,53	
%PM	11,11	H	Pequeño material	x 5,00	7,00	3,89	
				TOTAL PARTIDA.....			**11,25**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de ONCE EUROS con VEINTICINCO CÉNTIMOS

1X2.5		**Ml**	**CONDUCTOR UNIPOLAR COBRE 2,5 mm² - 450/750 kV**				
			Conductor unipolar de sección 2,5 mm² de cobre, libre de halógenos, no propagador de llama y con nivel de aislamiento 450/750 kV. Incluida la mano de obra. Medida la unidad totalmente terminada.				
2.5	1,00	Ml	Conductor unipolar de cobre de 2,5 mm² de sección, 450/750 kV		0,38	0,38	
MO-TE	0,10	H	Técnico electricista de 1ª		18,43	1,84	
MO-AE	0,10	H	Ayudante electricista		15,33	1,53	
				TOTAL PARTIDA.....			**3,75**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de TRES EUROS con SETENTA Y CINCO CÉNTIMOS

1X1.5		**Ml**	**CONDUCTOR UNIPOLAR COBRE 1,5 mm² - 450/750 kV**				
			Conductor unipolar de sección 1,5 mm² de cobre, libre de halógenos, no propagador de llama y con nivel de aislamiento 450/750 kV. Incluida la mano de obra. Medida la unidad totalmente terminada.				
1.5	1,00	Ml	Conductor unipolar de cobre de 1,5 mm² de sección, 450/750 kV		0,25	0,25	
MO-TE	0,10	H	Técnico electricista de 1ª		18,43	1,84	
MO-AE	0,10	H	Ayudante electricista		15,33	1,53	
				TOTAL PARTIDA.....			**3,62**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de TRES EUROS con SESENTA Y DOS CÉNTIMOS

CÓDIGO	CANTIDAD	UD	DESCRIPCIÓN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE

CAPÍTULO 08 MECANISMOS SIMÓN 27

MAR1-INT 27 **Ud** **MARCO DE 1 ELEMENTO + INTERRUPTOR**

Marco de 1 elemento con interruptor, modelo Simón 27, acabado en blanco brillo. Incluida conexión y colocación. Medida la unidad totalmente terminada.

M1-27	1,00	Ud	Marco 1 elemento + bastidor, modelo Simón 27	1,78	1,78	
INT-27	1,00	Ud	Interruptor sin bastidor, modelo Simón 27	2,56	2,56	
MO-AE	0,10	H	Ayudante electricista	15,33	1,53	
			TOTAL PARTIDA.....			**5,87**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CINCO EUROS con OCHENTA Y SIETE CÉNTIMOS

MAR1-CON 27 **Ud** **MARCO DE 1 ELEMENTO + CONMUTADOR**

Marco de 1 elemento con conmutador, modelo Simón 27, acabado en blanco brillo. Incluida conexión y colocación. Medida la unidad totalmente terminada.

M1-27	1,00	Ud	Marco 1 elemento + bastidor, modelo Simón 27	1,78	1,78	
CON-27	1,00	Ud	Conmutador sin bastidor, Simón 27	2,97	2,97	
MO-AE	0,10	H	Ayudante electricista	15,33	1,53	
			TOTAL PARTIDA.....			**6,28**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de SEIS EUROS con VEINTIOCHO CÉNTIMOS

MAR2-TC 27 **Ud** **MARCO DE 2 ELEMENTOS + TOMAS DE CORRIENTE**

Marco de 2 elementos con tomas de corriente, modelo Simón 27, acabado en blanco brillo. Incluida conexión y colocación. Medida la unidad totalmente terminada.

M2-27	1,00	Ud	Marco 2 elementos + bastidores, modelo Simón 27	3,53	3,53	
TC-27	2,00	Ud	Toma de corriente sin bastidor, modelo Simón 27	3,23	6,46	
MO-AE	0,20	H	Ayudante electricista	15,33	3,07	
			TOTAL PARTIDA.....			**13,06**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de TRECE EUROS con SEIS CÉNTIMOS

MAR3-TC 27 **Ud** **MARCO DE 3 ELEMENTOS + TOMAS DE CORRIENTE**

Marco de 3 elementos, modelo Simón 27, acabado en blanco brillo, junto con bastidores para los mecanismos. Incluida colocación. Medida la unidad totalmente terminada.

M3-27	1,00	Ud	Marco 3 elementos + bastidores, modelo Simón 27	5,63	5,63	
TC-27	3,00	Ud	Toma de corriente sin bastidor, modelo Simón 27	3,23	9,69	
MO-AE	0,30	H	Ayudante electricista	15,33	4,60	
			TOTAL PARTIDA.....			**19,92**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DIECINUEVE EUROS con NOVENTA Y DOS CÉNTIMOS

MAR1-DECT 27 **Ud** **MARCO DE 1 ELEMENTO + INTERRUPTOR DETECTOR MOVIMIENTO**

Marco de 1 elemento con interruptor detector de movimiento, modelo Simón 27, acabado en blanco brillo. Incluido conexión y colocación. Medida la unidad totalmente terminada.

M1-27	1,00	Ud	Marco 1 elemento + bastidor, modelo Simón 27	1,78	1,78	
INT-DETEC-27	1,00	Ud	Interruptor detector de movimiento, Simón 27	77,13	77,13	
MO-AE	0,15	H	Ayudante electricista	15,33	2,30	
			TOTAL PARTIDA.....			**81,21**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de OCHENTA Y UN EUROS con VEINTIUN CÉNTIMOS

CÓDIGO	CANTIDAD	UD	DESCRIPCIÓN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE

CAPÍTULO 09 LUMINARIAS INTERIORES PHILIPS

DN135B D215 **Ud** **PHILIPS DN135B D215 1xLED20S/840**

Downlight Philips de luz blanca modelo DN135B D215, montaje empotrado, con 200 mm de diámetro, una lámpara LED 20S/840, de potencia 28 W, flujo luminoso de 2000 lm y acabado en blanco mate. Incluido montaje y conexión. Medida la unidad totalmente terminada.

1XLED20S	1,00	Ud	Modelo DN135B D215 con 1 lámpara led 20S8/840	41,27	41,27	
MO-AE	0,25	H	Ayudante electricista	15,33	3,83	
			TOTAL PARTIDA.....			**45,10**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CUARENTA Y CINCO EUROS con DIEZ CÉNTIMOS

RC125B W60L60 **Ud** **PHILIPS RC125B W60L60 1xLED34S/830**

Pantalla cuadrada Philips de luz blanca modelo RC125B W60L60, montaje empotrado, de 600 x 600 mm, una lámpara LED 34S/830, de potencia 36 W, flujo luminoso de 3400 lm y acabado en blanco mate. Incluido montaje y conexión. Medida la unidad totalmente terminada.

1XLED34S	1,00	Ud	Modelo RC125B W60L60 con 1 lámpara LED34S/830	76,42	76,42	
MO-AE	0,25	H	Ayudante electricista	15,33	3,83	
			TOTAL PARTIDA.....			**80,25**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de OCHENTA EUROS con VEINTICINCO CÉNTIMOS

WT470C L1300 **Ud** **PHILIPS WT470C L1300 1xLED23S/840**

Pantalla estanca Philips de luz blanca modelo WT470C L1300, montaje superficial, de 1200 mm, una lámpara LED 23S/840, de potencia 16,4 W, flujo luminoso de 1000 lm, acabado en blanco mate y tapa transparente. Incluido montaje, sujeción y conexión. Medida la unidad totalmente terminada.

1XLED23S	1,00	Ud	Modelo WT470C L1300 con 1 lámpara LED23S/840	251,68	251,68	
MO-AE	0,25	H	Ayudante electricista	15,33	3,83	
%PM	11,11	H	Pequeño material	256,00	28,44	
			TOTAL PARTIDA.....			**283,95**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOSCIENTOS OCHENTA Y TRES EUROS con NOVENTA Y CINCO CÉNTIMOS

CÓDIGO	CANTIDAD	UD	DESCRIPCIÓN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE

CAPÍTULO 10 EMERGENCIAS ETAP

K11-6-230 **Ud** **ETAP K11/6-230 WITHOUT**

Emergencia para el alumbrado de vías de evacuación, de policarbonato, modelo K11/6-230 Without, montaje superficial, de 304 x 155 x 73 mm, de potencia 7,2 W, flujo luminoso 311 lm, acabado en blanco brillo y tapa transparente mate. Incluida sujeción y conexión. Medida la unidad totalmente terminada.

K11-6-230W	1,00	Ud	Modelo K11/6-230 without con 1 lámpara LED	15,35	15,35	
MO-AE	0,20	H	Ayudante electricista	15,33	3,07	
%PM	11,11	H	Pequeño material	18,00	2,00	
			TOTAL PARTIDA.....			**20,42**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de VEINTE EUROS con CUARENTA Y DOS CÉNTIMOS

K111-6N **Ud** **ETAP K111/6N WITHOUT**

Emergencia para el alumbrado de vías de evacuación, de policarbonato, modelo K111/6N Without, montaje superficial, de 304 x 155 x 73 mm, de potencia 0,7 W, flujo luminoso 249 lm, acabado en blanco brillo y tapa transparente mate. Incluida sujeción y conexión. Medida la unidad totalmente terminada.

K111-6N-W	1,00	Ud	Modelo K111/6N Without con 1 lámpara LED	13,24	13,24	
MO-AE	0,20	H	Ayudante electricista	15,33	3,07	
%PM	11,11	H	Pequeño material	16,00	1,78	
			TOTAL PARTIDA.....			**18,09**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DIECIOCHO EUROS con NUEVE CÉNTIMOS

K131-2P **Ud** **ETAP K131/2P SINGLE SIDED FOIL**

Emergencia para el alumbrado de vías de evacuación, de policarbonato, modelo K131/2P Single sided foil, montaje superficial, de 304 x 155 x 73 mm, de potencia 1,2 W, flujo luminoso 10 lm, acabado en blanco brillo y tapa transparente mate. Incluida sujeción y conexión. Medida la unidad totalmente terminada.

K131-2P-SSF	1,00	Ud	Modelo K131/2P Single sided foil con 1 lámpara LED	14,62	14,62	
MO-AE	0,20	H	Ayudante electricista	15,33	3,07	
%PM	11,11	H	Pequeño material	18,00	2,00	
			TOTAL PARTIDA.....			**19,69**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DIECINUEVE EUROS con SESENTA Y NUEVE CÉNTIMOS

K211-3O **Ud** **ETAP K211/3O WITHOUT**

Emergencia para el alumbrado de vías de evacuación, de policarbonato, modelo K211/3O Without, montaje superficial, de 304 x 155 x 73 mm, de potencia 0,7 W, flujo luminoso 166 lm, acabado en blanco brillo y tapa transparente mate. Incluida sujeción y conexión. Medida la unidad totalmente terminada.

K211-3O-W	1,00	Ud	Modelo K211/3O Without	13,33	13,33	
MO-AE	0,20	H	Ayudante electricista	15,33	3,07	
%PM	11,11	H	Pequeño material	16,00	1,78	
			TOTAL PARTIDA.....			**18,18**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DIECIOCHO EUROS con DIECIOCHO CÉNTIMOS

CÓDIGO	CANTIDAD	UD	DESCRIPCIÓN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE

CAPÍTULO 11 INSTALACIÓN ELÉCTRICA EXTERIOR SUBESTACIÓN 132/66 kV

ARQPRE443TAP **Ud** **ARQUETA PREFABRICADA HORMIGÓN CON TAPA DE FUNDICIÓN**

Arqueta prefabricada de hormigón con fondo, de dimensiones exteriores 400 x 400 x 330 mm, junto con tapa de fundición dúctil GGG40, de clase D400, con marco de dimensiones 400 x 400 x 28 mm y acabado en pintura negra asfáltica. Incluida mano de obra. Medida la unidad totalmente terminada.

ARQ404033	1,00	Ud	Arqueta prefabricada de hormigón con fondo, 400 x 400 x330 mm		11,09	11,09
TAP-ARQ443	1,00	Ud	Tapa cuadrada de fundición con marco, 400 x 400 x 28 mm		19,95	19,95
MO-O1ªC	0,50	H	Oficial 1ª construcción		19,85	9,93
MO-PEC	0,50	H	Peón construcción		15,90	7,95
%PM	11,11	H	Pequeño material		49,00	5,44
			TOTAL PARTIDA			**54,36**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CINCUENTA Y CUATRO EUROS con TREINTA Y SEIS CÉNTIMOS

CANBT-TB **Ml** **CANALIZACIÓN LÍNEA BT ENTERRADA BAJO TUBO**

Tubo flexible corrugado de polietileno de alta densidad, de 63 mm de diámetro para línea subterránea. Incluido colocación y material adicional. Medida la unidad totalmente terminada.

TBR-63	1,00	Ml	Tubo de polietileno de alta densidad de 63 mm de diámetro		1,15	1,15
CSÑ	1,00	Ml	Cinta de señalización con anagrama de riesgo eléctrico		0,19	0,19
HOR120	0,03	M3	Hormigón en masa H-120 kg/cm^2		36,75	1,10
RETRO	0,10	H	Máquina Retroexcavadora		34,98	3,50
MO-TE	0,20	H	Técnico electricista de 1ª		18,43	3,69
MO-AE	0,20	H	Ayudante electricista		15,33	3,07
%PM	11,11	H	Pequeño material		13,00	1,44
			TOTAL PARTIDA			**14,14**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CATORCE EUROS con CATORCE CÉNTIMOS

1X6-1KV **Ml** **CONDUCTOR UNIPOLAR COBRE 6 mm^2 - 0,6/1 kV**

Conductor unipolar de sección 6 mm^2 de cobre, libre de halógenos, no propagador de llama y con nivel de aislamiento 0,6/1 kV. Incluida la mano de obra. Medida la unidad totalmente terminada.

6-1KV	1,00	Ml	Conductor unipolar de cobre de 6 mm^2 de sección, 0,6/1 kV		0,66	0,66
MO-TE	0,10	H	Técnico electricista de 1ª		18,43	1,84
MO-AE	0,10	H	Ayudante electricista		15,33	1,53
			TOTAL PARTIDA			**4,03**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CUATRO EUROS con TRES CÉNTIMOS

MAG-3X1.5-1KV **Ml** **MANGUERA COBRE 3 x 1,5 mm^2 - 0,6/1 kV**

Manguera de 3 x 1,5 mm^2 de cobre, libre de halógenos, no propagador de llama y con nivel de aislamiento 0,6/1 kV, en montaje superficial sobre fachada, sujeta con tacos UNEX de 8 mm y bridas de plástico de 100 mm. Incluida la mano de obra. Medida la unidad totalmente terminada.

3X1.5-1KV	1,00	Ml	Manguera de cobre, 3 x 1,5 mm^2 de sección, 0,6/1 kV		1,34	1,34
UNEX-8	3,00	Ud	Tacos Unex 8 mm		0,08	0,24
BRIDA	3,00	Ud	Brida de plástico 100 mm		0,11	0,33
MO-TE	0,20	H	Técnico electricista de 1ª		18,43	3,69
MO-AE	0,20	H	Ayudante electricista		15,33	3,07
%PM	11,11	H	Pequeño material	x 5,00	9,00	5,00
			TOTAL PARTIDA			**13,67**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de TRECE EUROS con SESENTA Y SIETE CÉNTIMOS

CÓDIGO	CANTIDAD	UD	DESCRIPCIÓN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
TT-ALUMEXT		**Ud**	**PUESTA A TIERRA LUMINARIAS EXTERIORES**			
			Puesta a tierra para luminarias exteriores, compuesta por una pica de 2 m de longitud y 14 mm de diámetro, conecta mediante una grapa galvanizada a un conductor unipolar de cobre se 16 mm^2 de sección, con aislamiento 0,6/1 kV, el cual estará conectado a la estructura metálica de la luminaria exterior. Incluida colocación y conexión. Medida la unidad totalmente terminada.			
PIC2-14	1,00	Ud	Pica cobre acerado, longitud de 2 m y diámetro 14 mm	11,21	11,21	
GRATT	1,00	Ud	Grapa galvanizada para puesta a tierra	1,41	1,41	
16-1KV	1,50	Ud	Conductor unipolar de cobre de 16 mm^2 de sección, 0,6/1 kV	2,20	3,30	
MO-AE	0,25	H	Ayudante electricista	15,33	3,83	
%PM	11,11	H	Pequeño material	20,00	2,22	
			TOTAL PARTIDA.....			**21,97**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de VEINTIUN EUROS con NOVENTA Y SIETE CÉNTIMOS

CÓDIGO	CANTIDAD	UD	DESCRIPCIÓN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE

CAPÍTULO 12 LUMINARIAS EXTERIORES PHILIPS

BGP760 10-4 **Ud** **PHILIPS BGP760 T25 1xLED10-4S EN BÁCULO DE 4 m**

Luminaria exterior Philips modelo BGP760 T25, de 627 x 236 x 103 mm, una lámpara LED 10-4S/740, de potencia 7,2 W, flujo luminoso de 1000 lm, acabado en negro mate y montaje en báculo de acero fundido, acabado en negro mate, de 4 m. Incluido montaje y conexión. Medida la unidad totalmente terminada.

1XLED10-4S	1,00	Ud	Modelo BGP760 T25 con 1 lámpara LED10-4S/740 DM10	135,57	135,57	
BACUL-4	1,00	Ud	Báculo de acero fundido de 4 m	194,29	194,29	
GRUA	0,50	H	Grúa	74,66	37,33	
MO-TE	0,30	H	Técnico electricista de 1ª	18,43	5,53	
MO-AE	0,30	H	Ayudante electricista	15,33	4,60	
%PM	11,11	H	Pequeño material	377,00	41,88	
			TOTAL PARTIDA.....			**419,20**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CUATROCIENTOS DIECINUEVE EUROS con VEINTE CÉNTIMOS

BGP627 450-4. **Ud** **PHILIPS BGP627 T25 1xLED450-4S EN BÁCULO DE 4,5 m**

Luminaria exterior Philips modelo BGP627 T25, de 1000 x 435 x 120 mm, una lámpara LED 450-4S/740, de potencia 280 W, flujo luminoso de 45000 lm, acabado en negro mate y montaje en báculo de acero fundido, acabado en negro mate, de 4,5 m. Incluido montaje y conexión. Medida la unidad totalmente terminada.

1XLED450-4S	1,00	Ud	Modelo BGP627 T25 con 1 lámpara LED450-4S/740 DM10	326,45	326,45	
BACUL-4.5	1,00	Ud	Báculo de acero fundido de 4,5 m	205,34	205,34	
GRUA	0,50	H	Grúa	74,66	37,33	
MO-TE	0,30	H	Técnico electricista de 1ª	18,43	5,53	
MO-AE	0,30	H	Ayudante electricista	15,33	4,60	
%PM	11,11	H	Pequeño material	579,00	64,33	
			TOTAL PARTIDA.....			**643,58**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de SEISCIENTOS CUARENTA Y TRES EUROS con CINCUENTA Y OCHO CÉNTIMOS

BGP627 450-6 **Ud** **PHILIPS BGP627 T25 1xLED450-4S EN BÁCULO DE 6 m**

Luminaria exterior Philips modelo BGP627 T25, de 1000 x 435 x 120 mm, una lámpara LED 450-4S/740, de potencia 280 W, flujo luminoso de 45000 lm, acabado en negro mate y montaje en báculo de acero fundido, acabado en negro mate, de 6 m. Incluido montaje y conexión. Medida la unidad totalmente terminada.

1XLED450-4S	1,00	Ud	Modelo BGP627 T25 con 1 lámpara LED450-4S/740 DM10	326,45	326,45	
BACUL-6	1,00	Ud	Báculo de acero fundido de 6 m	276,78	276,78	
GRUA	0,50	H	Grúa	74,66	37,33	
MO-TE	0,30	H	Técnico electricista de 1ª	18,43	5,53	
MO-AE	0,30	H	Ayudante electricista	15,33	4,60	
%PM	11,11	H	Pequeño material	651,00	72,33	
			TOTAL PARTIDA.....			**723,02**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de SETECIENTOS VEINTITRES EUROS con DOS CÉNTIMOS

CÓDIGO	CANTIDAD	UD	DESCRIPCIÓN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
BGP627 450-7		**Ud**	**PHILIPS BGP627 T25 1xLED450-4S EN BÁCULO DE 7 m**			
			Luminaria exterior Philips modelo BGP627 T25, de 1000 x 435 x 120 mm, una lámpara LED 450-4S/740, de potencia 280 W, flujo luminoso de 45000 lm, acabado en negro mate y montaje en báculo de acero fundido, acabado en negro mate, de 7 m. Incluido montaje y conexión. Medida la unidad totalmente terminada.			
1XLED450-4S	1,00	Ud	Modelo BGP627 T25 con 1 lámpara LED450-4S/740 DM10	326,45	326,45	
BACUL-7	1,00	Ud	Báculo de acero fundido de 7 m	316,55	316,55	
GRUA	0,50	H	Grúa	74,66	37,33	
MO-TE	0,30	H	Técnico electricista de 1ª	18,43	5,53	
MO-AE	0,30	H	Ayudante electricista	15,33	4,60	
%PM	11,11	H	Pequeño material	690,00	76,66	
			TOTAL PARTIDA.....			**767,12**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de SETECIENTOS SESENTA Y SIETE EUROS con DOCE CÉNTIMOS

BVP651 800-7		**Ud**	**PHILIPS BVP651 T25 1xLED800-4S EN BÁCULO DE 7 m**			
			Luminaria exterior Philips modelo BVP651 T25, de 773 x 522 x 80 mm, una lámpara LED 800-4S/740, de potencia 530 W, flujo luminoso de 80000 lm, acabado en negro mate y montaje en báculo de acero fundido, acabado en negro mate, de 7 m. Incluido montaje y conexión. Medida la unidad totalmente terminada.			
1XLED800-4S	1,00	Ud	Modelo BVP651 T25 con 1 lámpara LED800-4S/740 DM10	483,26	483,26	
BACUL-7	1,00	Ud	Báculo de acero fundido de 7 m	316,55	316,55	
GRUA	0,50	H	Grúa	74,66	37,33	
MO-TE	0,30	H	Técnico electricista de 1ª	18,43	5,53	
MO-AE	0,30	H	Ayudante electricista	15,33	4,60	
%PM	11,11	H	Pequeño material	847,00	94,10	
			TOTAL PARTIDA.....			**941,37**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de NOVECIENTOS CUARENTA Y UN EUROS con TREINTA Y SIETE CÉNTIMOS

BGP760 30-F		**Ud**	**PHILIPS BGP760 T25 1xLED30-4S SOBRE FACHADA**			
			Luminaria exterior Philips modelo BGP760 T25, de 627 x 236 x 103 mm, una lámpara LED 30-4S/740, de potencia 19 W, flujo luminoso de 3000 lm, acabado en negro mate y montaje sobre fachada a 2,75 m. Incluido montaje, sujeción y conexión. Medida la unidad totalmente terminada			
1XLED30-4S	1,00	Ud	Modelo BGP760 T25 con 1 lámpara LED30-4S/740 DM 10	192,64	192,64	
MO-TE	0,20	H	Técnico electricista de 1ª	18,43	3,69	
MO-AE	0,20	H	Ayudante electricista	15,33	3,07	
%PM	11,11	H	Pequeño material	199,00	22,11	
			TOTAL PARTIDA.....			**221,51**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOSCIENTOS VEINTIUN EUROS con CINCUENTA Y UN CÉNTIMOS

MEDICIONES Y PRESUPUESTO

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
	CAPÍTULO 01 DOCUMENTACIÓN DEL PROYECTO			
LICENCIAS	Ud LICENCIAS			
		1,00	6.600,00	6.600,00
TRAMITACIONES	Ud TRAMITACIONES Y EXPEDIENTES			
		1,00	2.300,00	2.300,00
PER-INDEM	Ud PERMISOS DE PASO E INDEMNIZACIONES			
		1,00	23.000,00	23.000,00
	TOTAL CAPÍTULO 01 DOCUMENTACIÓN DEL PROYECTO.....			**31.900,00**

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
	CAPÍTULO 02 LINEA AÉREA DE 132 kV			
SEÑ-APOYO	**Ud REPLANTEO Y SEÑALIZACIÓN DE APOYOS**			
	Replanteo de la situación de los apoyos de la línea aérea, efectuada por un topógrafo, mediante situación GPS y con la ayuda del ITI eléctrico que ha proyectado la línea. Colocación mediante estacas y cinta señalizadora de las cimentaciones. Medida la unidad totalmente terminada.			
		58,00	31,72	1.839,76
EXC-APOYO	**M3 EXCAVACIONES DE LOS APOYOS**			
	Excavaciones de cimentaciones de apoyos, en terreno medio, de distintas profundidades. Incluido limpieza del terreno, perfilado de laterales y fondo. Medida la unidad totalmente terminada.			
		2.543,81	52,86	134.465,80
RET-TIE	**M3 RETIRADA DE TIERRAS INERTES A VERTEDERO AUTORIZADO**			
	Retirada de tierras producidas por la excavación de la cimentación de la subestación, las cuales serán cargadas con una máquina retroexcavadora a un camión basculante, que las depositarán en un vertedero autorizado. Medida la unidad totalmente terminada.			
		2.543,81	4,26	10.836,63
HOR-200	**M3 CIMENTACIÓN CON HORMIGÓN H-200 kg/cm²**			
	Hormigón en masa H-200, para cimentación de apoyos, con árido de 20 mm de diámetro máximo, cemento PA-350 y consistencia blanda. Incluido mano de obra, limpieza de fondos, vibrado, curado y terminación superior a cuatro aguas. Medida la unidad totalmente terminada.			
		2.767,33	85,84	237.547,61
CO33-27-N3C	**Ud APOYO IMEDEXSA CO-33000-27-N3C**			
	Apoyo Imedexsa, modelo CO-33000, metálico de celosía y galvanizado. Construido con montantes de perfil angular (según UNE 207017:2005), de 27 m de altura, con cruceta tipo doble circuito, de longitud de 3,2 m, una separación de fases de 3,3 m y una altura de la cúpula de 4,3 m. Colocación de la placa con el número de identificación del apoyo y placa de señalización de riesgo de eléctrico modelo CE-14S. Incluido mano de obra, transporte hasta el lugar de colocación, montaje, izado, nivelado, numerado y graneteado de los tornillos. Medida la unidad totalmente terminada.			
		1,00	12.233,28	12.233,28
CO33-30-N4C	**Ud APOYO IMEDEXSA CO-33000-30-N4C**			
	Apoyo Imedexsa, modelo CO-33000, metálico de celosía y galvanizado. Construido con montantes de perfil angular (según UNE 207017:2005), de 30 m de altura, con cruceta tipo doble circuito, de longitud de 4,3 m, una separación de fases de 4,4 m y una altura de la cúpula de 5,9 m. Colocación de la placa con el número de identificación del apoyo y placa de señalización de riesgo de eléctrico modelo CE-14S. Incluido mano de obra, transporte hasta el lugar de colocación, montaje, izado, nivelado, numerado y graneteado de los tornillos. Medida la unidad totalmente terminada.			
		1,00	14.167,71	14.167,71

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
S103 DC40 21	**Ud APOYO ANDEL S103 DC40, ALTURA 21 m**			
	Apoyo Andel, modelo S103, metálico de celosía y galvanizado. Construido con montantes de perfil angular (según UNE 207017:2005), de 21 m de altura, con cruceta tipo doble circuito, de longitud de 2,8 m y una separación de fases de 4 m. Colocación de la placa con el número de identificación del apoyo y placa de señalización de riesgo de eléctrico modelo CE-14S. Incluido mano de obra, transporte hasta el lugar de colocación, montaje, izado, nivelado, numerado y graneteado de los tornillos. Medida la unidad totalmente terminada.			
		1,00	3.079,60	3.079,60
S103 DC40 31	**Ud APOYO ANDEL S103 DC40, ALTURA 31 m**			
	Apoyo Andel, modelo S103, metálico de celosía y galvanizado. Construido con montantes de perfil angular (según UNE 207017:2005), de 31 m de altura, con cruceta tipo doble circuito, de longitud de 2,8 m y una separación de fases de 4 m. Colocación de la placa con el número de identificación del apoyo y placa de señalización de riesgo de eléctrico modelo CE-14S. Incluido mano de obra, transporte hasta el lugar de colocación, montaje, izado, nivelado, numerado y graneteado de los tornillos. Medida la unidad totalmente terminada.			
		2,00	4.805,46	9.610,92
S103 DC40 35	**Ud APOYO ANDEL S103 DC40, ALTURA 35 m**			
	Apoyo Andel, modelo S103, metálico de celosía y galvanizado. Construido con montantes de perfil angular (según UNE 207017:2005), de 35 m de altura, con cruceta tipo doble circuito, de longitud de 2,8 m y una separación de fases de 4 m. Colocación de la placa con el número de identificación del apoyo y placa de señalización de riesgo de eléctrico modelo CE-14S. Incluido mano de obra, transporte hasta el lugar de colocación, montaje, izado, nivelado, numerado y graneteado de los tornillos. Medida la unidad totalmente terminada.			
		1,00	5.588,43	5.588,43
S202 DC40 21	**Ud APOYO ANDEL S202 DC40, ALTURA 21 m**			
	Apoyo Andel, modelo S202, metálico de celosía y galvanizado. Construido con montantes de perfil angular (según UNE 207017:2005), de 21 m de altura, con cruceta tipo doble circuito, de longitud de 2,8 m y una separación de fases de 4 m. Colocación de la placa con el número de identificación del apoyo y placa de señalización de riesgo de eléctrico modelo CE-14S. Incluido mano de obra, transporte hasta el lugar de colocación, montaje, izado, nivelado, numerado y graneteado de los tornillos. Medida la unidad totalmente terminada.			
		1,00	3.042,02	3.042,02
S202 DC40 31	**Ud APOYO ANDEL S202 DC40, ALTURA 31 m**			
	Apoyo Andel, modelo S202, metálico de celosía y galvanizado. Construido con montantes de perfil angular (según UNE 207017:2005), de 31 m de altura, con cruceta tipo doble circuito, de longitud de 2,8 m y una separación de fases de 4 m. Colocación de la placa con el número de identificación del apoyo y placa de señalización de riesgo de eléctrico modelo CE-14S. Incluido mano de obra, transporte hasta el lugar de colocación, montaje, izado, nivelado, numerado y graneteado de los tornillos. Medida la unidad totalmente terminada.			
		6,00	5.230,89	31.385,34

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
S202 DC50 31	**Ud APOYO ANDEL S202 DC50, ALTURA 31 m**			
	Apoyo Andel, modelo S202, metálico de celosía y galvanizado. Construido con montantes de perfil angular (según UNE 207017:2005), de 31 m de altura, con cruceta tipo doble circuito, de longitud de 2,8 m y una separación de fases de 5 m. Colocación de la placa con el número de identificación del apoyo y placa de señalización de riesgo de eléctrico modelo CE-14S. Incluido mano de obra, transporte hasta el lugar de colocación, montaje, izado, nivelado, numerado y graneteado de los tornillos. Medida la unidad totalmente terminada.			
		7,00	5.587,62	39.113,34
S202 DC50 35	**Ud APOYO ANDEL S202 DC50, ALTURA 35 m**			
	Apoyo Andel, modelo S202, metálico de celosía y galvanizado. Construido con montantes de perfil angular (según UNE 207017:2005), de 35 m de altura, con cruceta tipo doble circuito, de longitud de 2,8 m y una separación de fases de 5 m. Colocación de la placa con el número de identificación del apoyo y placa de señalización de riesgo de eléctrico modelo CE-14S. Incluido mano de obra, transporte hasta el lugar de colocación, montaje, izado, nivelado, numerado y graneteado de los tornillos. Medida la unidad totalmente terminada.			
		18,00	6.232,13	112.178,34
S202 DC55 27	**Ud APOYO ANDEL S202 DC55, ALTURA 27 m**			
	Apoyo Andel, modelo S202, metálico de celosía y galvanizado. Construido con montantes de perfil angular (según UNE 207017:2005), de 27 m de altura, con cruceta tipo doble circuito, de longitud de 2,8 m y una separación de fases de 5,5 m. Colocación de la placa con el número de identificación del apoyo y placa de señalización de riesgo de eléctrico modelo CE-14S. Incluido mano de obra, transporte hasta el lugar de colocación, montaje, izado, nivelado, numerado y graneteado de los tornillos. Medida la unidad totalmente terminada.			
		1,00	4.261,54	4.261,54
S202 DC55 31	**Ud APOYO ANDEL S202 DC55, ALTURA 31 m**			
	Apoyo Andel, modelo S202, metálico de celosía y galvanizado. Construido con montantes de perfil angular (según UNE 207017:2005), de 31 m de altura, con cruceta tipo doble circuito, de longitud de 2,8 m y una separación de fases de 5,5 m. Colocación de la placa con el número de identificación del apoyo y placa de señalización de riesgo de eléctrico modelo CE-14S. Incluido mano de obra, transporte hasta el lugar de colocación, montaje, izado, nivelado, numerado y graneteado de los tornillos. Medida la unidad totalmente terminada.			
		2,00	5.845,47	11.690,94
S204 DC50 35	**Ud APOYO ANDEL S204 DC50, ALTURA 35 m**			
	Apoyo Andel, modelo S204, metálico de celosía y galvanizado. Construido con montantes de perfil angular (según UNE 207017:2005), de 35 m de altura, con cruceta tipo doble circuito, de longitud de 2,8 m y una separación de fases de 5 m. Colocación de la placa con el número de identificación del apoyo y placa de señalización de riesgo de eléctrico modelo CE-14S. Incluido mano de obra, transporte hasta el lugar de colocación, montaje, izado, nivelado, numerado y graneteado de los tornillos. Medida la unidad totalmente terminada.			
		2,00	7.130,63	14.261,26

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
S205 DC50 31	**Ud APOYO ANDEL S205 DC50, ALTURA 31 m**			
	Apoyo Andel, modelo S205, metálico de celosía y galvanizado. Construido con montantes de perfil angular (según UNE 207017:2005), de 31 m de altura, con cruceta tipo doble circuito, de longitud de 2,8 m y una separación de fases de 5 m. Colocación de la placa con el número de identificación del apoyo y placa de señalización de riesgo de eléctrico modelo CE-14S. Incluido mano de obra, transporte hasta el lugar de colocación, montaje, izado, nivelado, numerado y graneteado de los tornillos. Medida la unidad totalmente terminada.			
		2,00	5.854,88	11.709,76
S205 DC50 35	**Ud APOYO ANDEL S205 DC50, ALTURA 35 m**			
	Apoyo Andel, modelo S205, metálico de celosía y galvanizado. Construido con montantes de perfil angular (según UNE 207017:2005), de 35 m de altura, con cruceta tipo doble circuito, de longitud de 2,8 m y una separación de fases de 5 m. Colocación de la placa con el número de identificación del apoyo y placa de señalización de riesgo de eléctrico modelo CE-14S. Incluido mano de obra, transporte hasta el lugar de colocación, montaje, izado, nivelado, numerado y graneteado de los tornillos. Medida la unidad totalmente terminada.			
		4,00	6.921,38	27.685,52
S205 DC55 27	**Ud APOYO ANDEL S205 DC55, ALTURA 27 m**			
	Apoyo Andel, modelo S205, metálico de celosía y galvanizado. Construido con montantes de perfil angular (según UNE 207017:2005), de 27 m de altura, con cruceta tipo doble circuito, de longitud de 2,8 m y una separación de fases de 5,5 m. Colocación de la placa con el número de identificación del apoyo y placa de señalización de riesgo de eléctrico modelo CE-14S. Incluido mano de obra, transporte hasta el lugar de colocación, montaje, izado, nivelado, numerado y graneteado de los tornillos. Medida la unidad totalmente terminada.			
		1,00	5.055,07	5.055,07
S210 DC50 31	**Ud APOYO ANDEL S210 DC50, ALTURA 31 m**			
	Apoyo Andel, modelo S210, metálico de celosía y galvanizado. Construido con montantes de perfil angular (según UNE 207017:2005), de 31 m de altura, con cruceta tipo doble circuito, de longitud de 2,8 m y una separación de fases de 5 m. Colocación de la placa con el número de identificación del apoyo y placa de señalización de riesgo de eléctrico modelo CE-14S. Incluido mano de obra, transporte hasta el lugar de colocación, montaje, izado, nivelado, numerado y graneteado de los tornillos. Medida la unidad totalmente terminada.			
		3,00	7.378,14	22.134,42
S211 DC40 18	**Ud APOYO ANDEL S211 DC40, ALTURA 18 m**			
	Apoyo Andel, modelo S211, metálico de celosía y galvanizado. Construido con montantes de perfil angular (según UNE 207017:2005), de 18 m de altura, con cruceta tipo doble circuito, de longitud de 2,8 m y una separación de fases de 4 m. Colocación de la placa con el número de identificación del apoyo y placa de señalización de riesgo de eléctrico modelo CE-14S. Incluido mano de obra, transporte hasta el lugar de colocación, montaje, izado, nivelado, numerado y graneteado de los tornillos. Medida la unidad totalmente terminada.			
		1,00	5.578,91	5.578,91

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
S211 DC40 31	**Ud APOYO ANDEL S211 DC40, ALTURA 31 m**			
	Apoyo Andel, modelo S211, metálico de celosía y galvanizado. Construido con montantes de perfil angular (según UNE 207017:2005), de 31 m de altura, con cruceta tipo doble circuito, de longitud de 2,8 m y una separación de fases de 4 m. Colocación de la placa con el número de identificación del apoyo y placa de señalización de riesgo de eléctrico modelo CE-14S. Incluido mano de obra, transporte hasta el lugar de colocación, montaje, izado, nivelado, numerado y graneteado de los tornillos. Medida la unidad totalmente terminada.			
		1,00	7.771,74	7.771,74
S309 DC30 21	**Ud APOYO ANDEL S309 DC30, ALTURA 21 m**			
	Apoyo Andel, modelo S309, metálico de celosía y galvanizado. Construido con montantes de perfil angular (según UNE 207017:2005), de 21 m de altura, con cruceta tipo doble circuito, de longitud de 2,8 m y una separación de fases de 3 m. Colocación de la placa con el número de identificación del apoyo y placa de señalización de riesgo de eléctrico modelo CE-14S. Incluido mano de obra, transporte hasta el lugar de colocación, montaje, izado, nivelado, numerado y graneteado de los tornillos. Medida la unidad totalmente terminada.			
		1,00	6.653,06	6.653,06
S309 DC40 18	**Ud APOYO ANDEL S309 DC40, ALTURA 18 m**			
	Apoyo Andel, modelo S309, metálico de celosía y galvanizado. Construido con montantes de perfil angular (según UNE 207017:2005), de 18 m de altura, con cruceta tipo doble circuito, de longitud de 2,8 m y una separación de fases de 4 m. Colocación de la placa con el número de identificación del apoyo y placa de señalización de riesgo de eléctrico modelo CE-14S. Incluido mano de obra, transporte hasta el lugar de colocación, montaje, izado, nivelado, numerado y graneteado de los tornillos. Medida la unidad totalmente terminada.			
		1,00	5.813,94	5.813,94
S309 DC40 24	**Ud APOYO ANDEL S309 DC40, ALTURA 24 m**			
	Apoyo Andel, modelo S309, metálico de celosía y galvanizado. Construido con montantes de perfil angular (según UNE 207017:2005), de 24 m de altura, con cruceta tipo doble circuito, de longitud de 2,8 m y una separación de fases de 4 m. Colocación de la placa con el número de identificación del apoyo y placa de señalización de riesgo de eléctrico modelo CE-14S. Incluido mano de obra, transporte hasta el lugar de colocación, montaje, izado, nivelado, numerado y graneteado de los tornillos. Medida la unidad totalmente terminada.			
		1,00	7.712,88	7.712,88
TEN-LA180	**Kg TENDIDO DEL CONDUCTOR DE FASE LA-180**			
	Tendido, tensado y fijación a cadenas del conductor de fase, de Aluminio con alma de acero y de 181,3 mm² de sección, en los tramos aéreos de la subestación. Incluido materiales, mano de obra y transporte de materiales al lugar del montaje. Medida la unidad totalmente terminada.			
		111.031,71	11,84	1.314.615,45

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
TEN-OPGW 48	Kg TENDIDO DEL CONDUCTOR DE TIERRA OPGW 48			
	Tendido, tensado y fijación del conductor de tierra, de fibra de vidrio y de 180 mm² de sección, en el tramo de la línea aérea. Incluidos materiales, mano de obra y transporte de materiales al lugar del montaje. Medida la unidad totalmente terminada.			
		17.107,11	9,56	163.543,97
SUS-U70-N-132	Ud CADENA DE SUSPENSIÓN NORMAL TIPO U 70 BS			
	Cadena de suspensión, de seguridad normal, formada con horquilla bola en v HB-16, aisladores de vidrio tipo U 70 BS, rótula R-16 y grapa de suspensión GS-3. Incluido mano de obra de montaje y colocación en el apoyo. Medida la unidad totalmente terminada.			
		144,00	238,23	34.305,12
SUS-U70-R-132	Ud CADENA DE SUSPENSIÓN REFORZADA TIPO U 70 BS			
	Cadena de suspensión, de seguridad reforzada, formada con horquilla bola en v HB-16, yugos dobles triangulares YD, anillas de bola AB-16, aisladores de vidrio tipo U 70 BS, rótulas R-16 y grapa de suspensión GS-3. Incluida mano de obra de montaje y colocación en el apoyo. Medida la unidad totalmente terminada.			
		60,00	512,42	30.745,20
AMA-U70-N-132	Ud CADENA DE AMARRE/ANCLAJE NORMAL TIPO U 70 BS			
	Cadena de amarre/anclaje, de seguridad normal, formada con horquilla bola en v HB-16, aisladores de vidrio tipo U 70 BS, rótula R-16 y grapa de amarre GA-3. Incluido mano de obra de montaje y colocación en el apoyo. Medida la unidad totalmente terminada.			
		216,00	222,45	48.049,20
AMA-U70-R-132	Ud CADENA DE AMARRE/ANCLAJE REFORZADA TIPO U 70 BS			
	Cadena de amarre/anclaje, de seguridad reforzada, formada con horquilla bola en v HB-16, yugos dobles triangulares YD, anillas de bola AB-16, aisladores de vidrio tipo U 70 BS, rótulas R-16 y grapa de amarre GA-3. Incluida mano de obra de montaje y colocación en el apoyo. Medida la unidad totalmente terminada.			
		60,00	484,32	29.059,20
TT-IND-APOYO	Ud PUESTA A TIERRA SIMPLE EN APOYO			
	Puesta a tierra en apoyo no frecuentado, situada a una profundidad de 0,5 m, formada por un conductor de cobre desnudo de 2 m de longitud y 50 mm² de sección, 1 pica de cobre acerado de 2 m de longitud y 14 mm de diámetro. Unida la pica al conductor con una grapa de conexión galvanizada. Incluida mano de obra, conexionado y medios auxiliares. Medida la unidad totalmente terminada.			
		46,00	43,55	2.003,30

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
TT 40-40-5-42	**Ud PUESTA A TIERRA EN ANILLO, CONFIGURACIÓN 40-40/5/42**			
	Puesta a tierra en apoyo frecuentado, con configuración UNESA 40-40/5/42. Formada con conductor de cobre desnudo de 50 mm² de sección en anillo de dimensiones 4 x 4 m, situada a una profundidad de 0,5 m, con 4 picas de cobre acerado de 2 m de longitud y 14 mm de diámetro. Unido el anillo en cada pica con una grapa de conexión galvanizada, además de la colocación de un mallazo electrosoldado, de varilla de 8 mm de diámetro, para mejorar las tensiones de paso y de contacto. Incluido mano de obra, conexionado y medios auxiliares. Medida la unidad totalmente terminada.			
		2,00	184,20	368,40
TT 50-50-5-42	**Ud PUESTA A TIERRA EN ANILLO, CONFIGURACIÓN 50-50/5/42**			
	Puesta a tierra en apoyo frecuentado, con configuración UNESA 50-50/5/42. Formada con conductor de cobre desnudo de 50 mm² de sección en anillo de dimensiones 5 x 5 m, situada a una profundidad de 0,5 m, con 4 picas de cobre acerado de 2 m de longitud y 14 mm de diámetro. Unido el anillo en cada pica con una grapa de conexión galvanizada, además de la colocación de un mallazo electrosoldado, de varilla de 8 mm de diámetro, para mejorar las tensiones de paso y de contacto. Incluido mano de obra, conexionado y medios auxiliares. Medida la unidad totalmente terminada.			
		3,00	212,55	637,65
TT 60-60-5-42	**Ud PUESTA A TIERRA EN ANILLO, CONFIGURACIÓN 60-60/5/42**			
	Puesta a tierra en apoyo frecuentado, con configuración UNESA 60-60/5/42. Formada con conductor de cobre desnudo de 50 mm² de sección en anillo de dimensiones 6 x 6 m, situada a una profundidad de 0,5 m, con 4 picas de cobre acerado de 2 m de longitud y 14 mm de diámetro. Unido el anillo en cada pica con una grapa de conexión galvanizada, además de la colocaión de un mallazo electrosoldado, de varilla de 8 mm de diámetro, para mejorar las tensiones de paso y de contacto. Incluido mano de obra, conexionado y medios auxiliares. Medida la unidad totalmente terminada.			
		7,00	242,93	1.700,51
	TOTAL CAPÍTULO 02 LINEA AÉREA DE 132 kV.....			**2.370.445,82**

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
	CAPÍTULO 03 LÍNEA SUBTERRÁNEA DE 132 kV			
CA-AS	**MI CANALIZACIÓN AÉREO-SUBTERRÁNEO A 132 kV**			
	Canalización de línea aérea a subterránea, mediante canal galvanizada con tapa, de dimensiones 300 x 85 mm, de longitud 1 m y sujeción de los conductores subterráneos en la bajada del apoyo hasta la canal. Incluida mano de obra de montaje en el apoyo, los elementos de sujeción de la canal y de los conductores. Medida la unidad totalmente terminada.			
		4,00	80,67	322,68
CA-SUB	**MI CANALIZACIÓN DE UN CIRCUITO ENTERRADA BAJO TUBO DE 200 mm**			
	Canalización subterránea, para conductores subterráneos de 630 mm^2, enterrada bajo tubo. Consistente en la excavación en terreno normal, con medios mecánicos, de una zanja de 1,32 x 0,6 m y la colocación de 3 tubos de polietileno corrugado de alta densidad de 200 mm de diámetro, uno para cada conductor subterráneo. Además se colocará un tubo de polietileno liso de alta densida de 63 mm de diámetro para el conductor la instalación de fibra óptica, todo ello señalizado con un cinta de señalización de riesgo eléctrico. Incluido limpieza del terreno, perfilado de laterales y fondo, relleno con materiales sobrantes y compactación del terreno. Medida la unidad totalmente terminada .			
		40,00	79,32	3.172,80
CS-630	**MI CONDUCTOR SUBTERRÁNEO XLPE 1x630 mm^2 Al, PANTALLA 120 mm^2 CU**			
	Conductor unipolar subterráneo XLPE, de 630 mm^2 de sección de aluminio, con pantalla de 120 mm^2de sección de cobre. Incluida colocación en tubo subterráneo. Medida la unidad totalmente terminada.			
		120,00	43,80	5.256,00
TER-1452 P	**Ud TERMINAL DE CONEXIÓN APECB 1452 P PARA CONDUCTOR DE 630 mm^2**			
	Terminal de conexión exterior APECB 1452 P, de material polímero y termo-retráctil, para conductores de 630 mm^2 y tensión de 132 kV. Incluido montaje, colocación y conexión. Medida la unidad totalmente terminada.			
		6,00	379,04	2.274,24
CONX-BOND	**Ud CONEXIÓN DE PANTALLAS CONFIGURACIÓN SOLID BONDING**			
	Conexión de las pantallas del conductor subterráneo de 630 mm^2, en configuración "Solid Bonding", la cual las pantallas de los conductores están conectadas a tierra en ambos extremos. Incluido la colocación de cajas de conexión y conexiones. Medida la unidad totalmente terminada.			
		1,00	48,21	48,21
	TOTAL CAPÍTULO 03 LÍNEA SUBTERRÁNEA DE 132 kV.....			**11.073,93**

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
	CAPÍTULO 04 OBRA CIVIL SUBESTACIÓN 132/66 kV			
DESBR	**M2 LIMPIEZA Y DESBROCE DEL TERRENO CON MAQUINARIA**			
	Desbroce y limpieza del terreno, con medios mecánicos. Comprende los trabajos necesarios para retirar de las zonas previstas para la construcción de la subestación: pequeñas plantas, maleza, broza o cualquier otro material existente. Medida la unidad totalmente terminada.			
		7.700,00	5,09	39.193,00
EXCAV	**M3 EXCAVACIÓN DE LA SUBESTACIÓN**			
	Excavación de la cimentación de la subestación, en terreno medio, mediante medios mecánicos y manuales. Incluido limpieza del terreno, perfilado de laterales y fondo. Medida la unidad totalmente terminada.			
		6.160,00	24,64	151.782,40
RET-TIE	**M3 RETIRADA DE TIERRAS INERTES A VERTEDERO AUTORIZADO**			
	Retirada de tierras producidas por la excavación de la cimentación de la subestación, las cuales serán cargadas con una máquina retroexcavadora a un camión basculante, que las depositarán en un vertedero autorizado. Medida la unidad totalmente terminada.			
		6.160,00	4,26	26.241,60
TT-INF	**MI RED DE TIERRA INFERIOR**			
	Red de tierra inferior, realizada con conductor de cobre desnudo de 120 mm^2, formando una malla que cubre toda la superficie de la cimentación de la subestación. La unión entre los conductores que forman la malla se hará mediante soldadura aluminotérmica. Medida la unidad totalmente terminada.			
		1.947,00	21,90	42.639,30
HORM-25	**M3 CIMENTACIÓN SUBESTACIÓN CON HORMIGÓN HA-25/B/20/IIa**			
	Hormigón en masa HA-25/B/20/IIa, para cimentación de la subestación y de los soportes de la aparamenta, suministrado con camión bomba y capa de grava de limpieza de diámetro 16/32 mm. Incluida mano de obra, limpieza de fondos, vibrado y terminación superior. Medida la unidad totalmente terminada.			
		2.310,00	61,94	143.081,40
SUP-SUB	**M3 SUPERFICIE DE GRAVILLA EN LA SUBESTACIÓN**			
	Acabado de la superficie de 2992 m2, donde se encuentra la aparamenta de la subestación, en gravilla de diámetro 18-20 mm, con un espesor de 20 cm, para así reducir las tensiones de paso y de contacto. Incluida mano de obra. Medida la unidad totalmente terminada			
		599,00	18,65	11.171,35
CAN-SUB	**Ud CANALIZACIÓN DE LA SUBESTACIÓN**			
	Canal prefabricada con fondo y tapa de hormigón HA-30/F/20/IIa, de medidas 2000 x 670 x 530 mm y con sistema de drenaje de aguas pluviales. Incluida mano de obra. Medida la unidad totalmente terminada.			

		210,00	158,77	33.341,70

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
REC-ACEITE 40	**Ud SISTEMA DE RECOGIDA DE ACEITE DEL TRANSFORMADOR**			
	Cubeta galvanizada de 5000 x 4000 x 700 mm, para la recogida de fugas de aceite del transformador de potencia. Incluido montaje y colocación. Medida la unidad totalmente terminada.			
		2,00	388,88	777,76
VALL-PER-2.2	**Ml VALLADO PERIMETRAL DE SEGURIDAD**			
	Vallado perimetral de seguridad para la subestación. Formada por una malla simple de torsión, de altura 2 m, postes de esquina, postes intermedios y postes de refuerzo con tornapuntas, todo ellos galvanizados, de dimensiones 48 x 1,2 mm y altura total 2,4 m. Con cimentación 0,3 x ,03 m a todo el perímetro. Incluido puerta de entrada, colocación y tense. Medida la unidad totalmente terminada.			
		1,00	2.146,94	2.146,94

TOTAL CAPÍTULO 04 OBRA CIVIL SUBESTACIÓN 132/66 kV 450.375,45

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
	CAPÍTULO 05 EMBARRADOS SUBESTACIÓN 132/66 kV			
AIS C4-650	**Ud AISLADOR SOPORTE C4-650 DE 132 kV**			
	Aisladores soporte para embarrados de 132 kV, modelo C4-650 y línea de fuga de 2320 mm. Incluido soporte y colocación del elemento. Medida la unidad totalmente terminada.			
		60,00	265,28	15.916,80
AIS C4-325	**Ud AISLADOR SOPORTE C4-325 DE 66 kV**			
	Aisladores soporte para embarrados de 66 kV, modelo C4-325 y línea de fuga de 1160 mm. Incluido soporte y colocación del elemento. Medida la unidad totalmente terminada.			
		24,00	260,40	6.249,60
EMB-132	**Ml EMBARRADO PARA PARQUE DE 132 kV**			
	Embarrado de tubo en aluminio para parque de 132 kV, modelo 6063-T6, diámetro exterior de 100 mm y diámetro interior de 88 mm. Colocado y anclado a los soportes aisladores. Medida la unidad totalmente terminada.			
		330,00	19,01	6.273,30
EMB-66	**Ml EMBARRADO PARA PARQUE DE 66 kV**			
	Embarrado de tubo en aluminio para parque de 66 kV, modelo 6063-T6, diámetro exterior de 63 mm y diámetro interior de 47 mm. Colocado y anclado a los soportes aisladores. Medida la unidad totalmente terminada.			
		105,00	19,01	1.996,05
TEN-LA180	**Kg TENDIDO DEL CONDUCTOR DE FASE LA-180**			
	Tendido, tensado y fijación a cadenas del conductor de fase, de Aluminio con alma de acero y de 181,3 mm² de sección, en los tramos aéreos de la subestación. Incluido materiales, mano de obra y transporte de materiales al lugar del montaje. Medida la unidad totalmente terminada.			
		121,50	11,84	1.438,56
AMA-U70-N-132	**Ud CADENA DE AMARRE/ANCLAJE NORMAL TIPO U 70 BS**			
	Cadena de amarre/anclaje, de seguridad normal, formada con horquilla bola en v HB-16, aisladores de vidrio tipo U 70 BS, rótula R-16 y grapa de amarre GA-3. Incluido mano de obra de montaje y colocación en el apoyo. Medida la unidad totalmente terminada.			
		24,00	222,45	5.338,80
	TOTAL CAPÍTULO 05 EMBARRADOS SUBESTACIÓN 132/66 kV.....			**37.213,11**

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
	CAPÍTULO 06 APARAMENTA SUBESTACIÓN 132/66 kV			
TER-1452 P	**Ud TERMINAL DE CONEXIÓN APECB 1452 P PARA CONDUCTOR DE 630 mm²**			
	Terminal de conexión exterior APECB 1452 P, de material polímero y termo-retráctil, para conductores de 630 mm² y tensión de 132 kV. Incluido montaje, colocación y conexión. Medida la unidad totalmente terminada.			
		6,00	379,04	2.274,24
MH-PASSM0-145	**Ud MÓDULO HÍBRIDO PASS M0 145 kV**			
	Módulo híbrido utilizado en parque de 132 kV, modelo PASS M0 145 kV, compuesto por un seccionador de barras, un seccionador de línea con su correspondiente puesta a tierra, un interruptor y transformadores de intensidad por fase. Incluido transporte, colocación y conexión. Medida la unidad totalmente terminada.			
		6,00	227.829,63	1.366.977,78
MH-PASSM00-72	**Ud MÓDULO HÍBRIDO PASS M00 72,5 kV**			
	Módulo híbrido utilizado en parque de 66 kV, modelo PASS M00 72,5 kV, compuesto por un seccionador de barras, un seccionador de línea con su correspondiente puesta a tierra, un interruptor y transformadores de intensidad por fase. Incluido transporte, colocación y conexión. Medida la unidad totalmente terminada.			
		3,00	183.385,63	550.156,89
TTC-DDB-145	**Ud TRANSFORMADOR DE TENSIÓN CAPACITIVO DDB-145**			
	Transformador de tensión tipo capacitivo, modelo DDB-145, utilizado en parque de 132 kV. Incluido soporte, colocación y conexionado. Medida la unidad totalmente terminada.			
		12,00	8.368,63	100.423,56
TTC-DDB-72	**Ud TRANSFORMADOR DE TENSIÓN CAPACITIVO DDB-72**			
	Transformador de tensión tipo capacitivo, modelo DDB-72, utilizado en parque de 66 kV. Incluido soporte, colocación y conexionado. Medida la unidad totalmente terminada.			
		6,00	6.590,87	39.545,22
AUT-PEXLIM145	**Ud AUTOVÁLVULA PEXLIM Q108-XH145**			
	Autoválvulas para proteger contra las sobretensiones de tipo atmosférico en el parque de 132 kV. Modelo PEXLIM Q108-XH145, de óxido de zinc, con contador de descargas y acabado exterior en silicona. Incluido soporte, colocación y conexionado. Medida la unidad totalmente terminada.			
		12,00	5.035,33	60.423,96
AUT-PEXLIM72	**Ud AUTOVÁLVULA PEXLIM Q54-XV052**			
	Autoválvulas para proteger contra las sobretensiones de tipo atmosférico en el parque de 66 kV. Modelo PEXLIM Q54-XV052, de óxido de zinc, con contador de descargas y acabado exterior en silicona. Incluido soporte, colocación y conexionado. Medida la unidad totalmente terminada.			
		6,00	2.979,79	17.878,74

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
TP-132-66-40	**Ud TRANSFORMADOR DE POTENCIA DE 40 MVA, 132/66 kV**			
	Transformador trifásico reductor de tensión, según normas citadas en la memoria, con una potencia de 40 MVA, con una relación de tensión de 132/66 kV. Tipo de conexión Dd11, con refrigeración natural de aceite y forzada de aire (ONAF), con reactancia de dispersión del 12% y protección con termómetro. Incluido transporte, colocación en bancada y conexión. Medida la unidad totalmente terminada.			
		2,00	996.786,54	1.993.573,08
TT-SUP	**Ml RED DE TIERRA SUPERIOR**			
	Red de tierra superior, formada por cables de guarda desnudos de 50 mm^2 de sección de aluminio, para la protección de descargas atmosféricas en la subestación. Incluido colocación y tense del cable. Medida la unidad totalmente terminada.			
		185,00	29,10	5.383,50
PUN-FRANK	**Ud PUNTAS CAPTADORAS FRANKLIN DE CU**			
	Colocación de puntas Franklin, con punta captadora de cobre y soporte horizontal de acero cobreado, en las zonas de los transformadores de potencia, para reforzar la seguridad. Incluido colocación y conexionado. Medida la unidad totalmente terminada.			
		2,00	36,81	73,62
	TOTAL CAPÍTULO 06 APARAMENTA SUBESTACIÓN 132/66 kV			**4.136.710,59**

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
	CAPÍTULO 07 INSTALACIÓN ELÉCTRICA EDIFICIO DE MANDO Y CONTROL			
ASUB-4(1X16)	**Ud ACOMETIDA SUBTERRÁNEA 4x(1X16 mm²)**			
	Acometida de alimentación eléctrica para edificio de mando y control de la subestación, formada por conductores unipolares, 4 x 16 mm² de aluminio y de nivel de aislamiento 0,6/1 kV. Situada por tramo subterráneo bajo tubo de polietileno de alta densidad, de 63 mm de diámetro y conectada al suministro eléctrico de baja tensión. Incluido mano de obra y trazado del conductor. Medida la unidad totalmente terminada.			
		14,00	44,73	626,22
CGPM	**Ud CAJA GENERAL DE PROTECCIÓN Y MEDIDA**			
	Caja General de Protección y Medida trifásica, para un solo usuario, con envolvente de poliéster reforzada con fibra de vidrio, con mirilla para la lectura del equipo de medida, con cierre de triple acción, con bases portafusibles NHC-00, neutro seccionable y colocación de puerta metálica. Conexionado al contador trifásico con conductores unipolares RZ1-K y 16 mm² de sección. Incluido colocación, sujeción y conexión al contador. Medida la unidad totalmente terminada.			
		1,00	372,83	372,83
DERV-IND	**Ml DERIVACIÓN INDIVIDUAL**			
	Derivación individual para edificio de mando y control de la subestación, formada por conductores unipolares, 4 x 16 mm² de cobre y de nivel de aislamiento 0,6/1 kV. Empotrada bajo tubo de polietileno de alta densidad, de 63 mm de diámetro y conectada al contador trifásico. Incluida mano de obra y trazado del conductor. Medida la unidad totalmente terminada.			
		3,00	7,50	22,50
CGMP	**Ud CUADRO GENERAL DE MANDO Y PROTECCIÓN**			
	Cuadro General de Mando y Protección metálico de 72 elementos, para montaje superficial, con grado de protección IP-56, alojado en él todos los automáticos que se muestran en los esquemas unifilares. Incluido pequeño material, sujeción, conexionado y montaje. Medida la unidad totalmente terminada.			
		1,00	2.597,97	2.597,97
TUB-EMP-25	**Ml TUBO CORRUGADO EMPOTRADO DE 25 mm**			
	Tubo flexible corrugado de 25 mm de diámetro, empotrado en obra. Incluida colocación y material adicional. Medida la unidad totalmente terminada.			
		162,00	5,51	892,62
TUB-EMP-20	**Ml TUBO CORRUGADO EMPOTRADO DE 20 mm**			
	Tubo flexible corrugado de 20 mm de diámetro, empotrado en obra. Incluida colocación y material adicional. Medida la unidad totalmente terminada.			
		99,00	7,68	760,32

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAJ-MECEMP	Ud CAJA EMPOTRADA DE MECANISMO			
	Caja de empotrar universal para mecanismo, de 65 x 65 x 45 mm, con diferentes entradas pretroqueladas de fácil acceso a los tubos corrugados. Incluida mano de obra. Medida la unidad totalmente terminada.			
		43,00	5,41	232,63
REGEMP150-100	Ud REGISTRO CONEXIÓN EMPOTRADO 150 x 100 mm			
	Registro de conexión de dimensiones 150 x 100 mm, empotrado en obra, con diferentes entradas pretroqueladas de fácil acceso a los tubos corrugados. Incluido montaje y material de colocación. Medida la unidad totalmente terminada.			
		8,00	7,13	57,04
REGSUP100-100	Ud REGISTRO CONEXIÓN SUPERFICIE 100 x 100 mm			
	Registro de conexión estanco IP54, de PVC, de dimensiones 100 x 100 mm, de montaje superficial. Incluida sujeción y material de colocación. Medida la unidad totalmente terminada.			
		5,00	11,25	56,25
1X2.5	Ml CONDUCTOR UNIPOLAR COBRE 2,5 mm^2 - 450/750 kV			
	Conductor unipolar de sección 2,5 mm^2 de cobre, libre de halógenos, no propagador de llama y con nivel de aislamiento 450/750 kV. Incluida la mano de obra. Medida la unidad totalmente terminada.			
		569,00	3,75	2.133,75
1X1.5	Ml CONDUCTOR UNIPOLAR COBRE 1,5 mm^2 - 450/750 kV			
	Conductor unipolar de sección 1,5 mm^2 de cobre, libre de halógenos, no propagador de llama y con nivel de aislamiento 450/750 kV. Incluida la mano de obra. Medida la unidad totalmente terminada.			
		642,00	3,62	2.324,04

TOTAL CAPÍTULO 07 INSTALACIÓN ELÉCTRICA EDIFICIO DE MANDO Y CONTROL 10.076,17

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
	CAPÍTULO 08 MECANISMOS SIMÓN 27			
MAR1-INT 27	**Ud MARCO DE 1 ELEMENTO + INTERRUPTOR**			
	Marco de 1 elemento con interruptor, modelo Simón 27, acabado en blanco brillo. Incluida conexión y colocación. Medida la unidad totalmente terminada.			
		10,00	5,87	58,70
MAR1-CON 27	**Ud MARCO DE 1 ELEMENTO + CONMUTADOR**			
	Marco de 1 elemento con conmutador, modelo Simón 27, acabado en blanco brillo. Incluido conexión y colocación. Medida la unidad totalmente terminada.			
		2,00	6,28	12,56
MAR2-TC 27	**Ud MARCO DE 2 ELEMENTOS + TOMAS DE CORRIENTE**			
	Marco de 2 elementos con tomas de corriente, modelo Simón 27, acabado en blanco brillo. Incluido conexión y colocación. Medida la unidad totalmente terminada.			
		4,00	13,06	52,24
MAR3-TC 27	**Ud MARCO DE 3 ELEMENTOS + TOMAS DE CORRIENTE**			
	Marco de 3 elementos, modelo Simón 27, acabado en blanco brillo, junto con bastidores para los mecanismos. Incluida colocación. Medida la unidad totalmente terminada.			
		2,00	19,92	39,84
MAR1-DECT 27	**Ud MARCO DE 1 ELEMENTO + INTERRUPTOR DETECTOR MOVIMIENTO**			
	Marco de 1 elemento con interruptor detector de movimiento, modelo Simón 27, acabado en blanco brillo. Incluida conexión y colocación. Medida la unidad totalmente terminada.			
		7,00	81,21	568,47
	TOTAL CAPÍTULO 08 MECANISMOS SIMÓN 27			**731,81**

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
	CAPÍTULO 09 LUMINARIAS INTERIORES PHILIPS			
DN135B D215	**Ud PHILIPS DN135B D215 1xLED20S/840**			
	Downlight Philips de luz blanca modelo DN135B D215, montaje empotrado, con 200 mm de diámetro, una lámpara LED 20S/840, de potencia 28 W, flujo luminoso de 2000 lm y acabado en blanco mate. Incluido montaje y conexión. Medida la unidad totalmente terminada.			
		6,00	45,10	270,60
RC125B W60L60	**Ud PHILIPS RC125B W60L60 1xLED34S/830**			
	Pantalla cuadrada Philips de luz blanca modelo RC125B W60L60, montaje empotrado, de 600 x 600 mm, una lámpara LED 34S/830, de potencia 36 W, flujo luminoso de 3400 lm y acabado en blanco mate. Incluido montaje y conexión. Medida la unidad totalmente terminada.			
		35,00	80,25	2.808,75
WT470C L1300	**Ud PHILIPS WT470C L1300 1xLED23S/840**			
	Pantalla estanca Philips de luz blanca modelo WT470C L1300, montaje superficial, de 1200 mm, una lámpara LED 23S/840, de potencia 16,4 W, flujo luminoso de 1000 lm, acabado en blanco mate y tapa transparente. Incluido montaje, sujeción y conexión. Medida la unidad totalmente terminada.			
		6,00	283,95	1.703,70
	TOTAL CAPÍTULO 09 LUMINARIAS INTERIORES PHILIPS.....			**4.783,05**

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
	CAPÍTULO 10 EMERGENCIAS ETAP			
K11-6-230	**Ud ETAP K11/6-230 WITHOUT**			
	Emergencia para el alumbrado de vías de evacuación, de policarbonato, modelo K11/6-230 Without, montaje superficial, de 304 x 155 x 73 mm, de potencia 7,2 W, flujo luminoso 311 lm, acabado en blanco brillo y tapa transparente mate. Incluida sujeción y conexión. Medida la unidad totalmente terminada.			
		3,00	20,42	61,26
K111-6N	**Ud ETAP K111/6N WITHOUT**			
	Emergencia para el alumbrado de vías de evacuación, de policarbonato, modelo K111/6N Without, montaje superficial, de 304 x 155 x 73 mm, de potencia 0,7 W, flujo luminoso 249 lm, acabado en blanco brillo y tapa transparente mate. Incluida sujeción y conexión. Medida la unidad totalmente terminada.			
		7,00	18,09	126,63
K131-2P	**Ud ETAP K131/2P SINGLE SIDED FOIL**			
	Emergencia para el alumbrado de vías de evacuación, de policarbonato, modelo K131/2P Single sided foil, montaje superficial, de 304 x 155 x 73 mm, de potencia 1,2 W, flujo luminoso 10 lm, acabado en blanco brillo y tapa transparente mate. Incluida sujeción y conexión. Medida la unidad totalmente terminada.			
		4,00	19,69	78,76
K211-3O	**Ud ETAP K211/3O WITHOUT**			
	Emergencia para el alumbrado de vías de evacuación, de policarbonato, modelo K211/3O Without, montaje superficial, de 304 x 155 x 73 mm, de potencia 0,7 W, flujo luminoso 166 lm, acabado en blanco brillo y tapa transparente mate. Incluida sujeción y conexión. Medida la unidad totalmente terminada.			
		2,00	18,18	36,36
	TOTAL CAPÍTULO 10 EMERGENCIAS ETAP			**303,01**

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
	CAPÍTULO 11 INSTALACIÓN ELÉCTRICA EXTERIOR SUBESTACIÓN 132/66 kV			
ARQPRE443TAP	**Ud ARQUETA PREFABRICADA HORMIGÓN CON TAPA DE FUNDICIÓN**			
	Arqueta prefabricada de hormigón con fondo, de dimensiones exteriores 400 x 400 x 330 mm, junto con tapa de fundición dúctil GGG40, de clase D400, con marco de dimensiones 400 x 400 x 28 mm y acabado en pintura negra asfáltica. Incluida mano de obra. Medida la unidad totalmente terminada.			
		59,00	54,36	3.207,24
CANBT-TB	**Ml CANALIZACIÓN LÍNEA BT ENTERRADA BAJO TUBO**			
	Tubo flexible corrugado de polietileno de alta densidad, de 63 mm de diámetro para línea subterránea. Incluida colocación y material adicional. Medida la unidad totalmente terminada.			
		370,00	14,14	5.231,80
1X6-1KV	**Ml CONDUCTOR UNIPOLAR COBRE 6 mm² - 0,6/1 kV**			
	Conductor unipolar de sección 6 mm² de cobre, libre de halógenos, no propagador de llama y con nivel de aislamiento 0,6/1 kV. Incluida la mano de obra. Medida la unidad totalmente terminada.			
		4.229,00	4,03	17.042,87
MAG-3X1.5-1KV	**Ml MANGUERA COBRE 3 x 1,5 mm² - 0,6/1 kV**			
	Manguera de 3 x 1,5 mm² de cobre, libre de halógenos, no propagador de llama y con nivel de aislamiento 0,6/1 kV, en montaje superficial sobre fachada, sujeta con tacos UNEX de 8 mm y bridas de plástico de 100 mm. Incluida la mano de obra. Medida la unidad totalmente terminada.			
		38,00	13,67	519,46
TT-ALUMEXT	**Ud PUESTA A TIERRA LUMINARIAS EXTERIORES**			
	Puesta a tierra para luminarias exteriores, compuesta por una pica de 2 m de longitud y 14 mm de diámetro, conecta mediante una grapa galvanizada a un conductor unipolar de cobre se 16 mm² de sección, con aislamiento 0,6/1 kV, el cual estará conectado a la estructura metálica de la luminaria exterior. Incluida colocación y conexión. Medida la unidad totalmente terminada.			
		54,00	21,97	1.186,38
	TOTAL CAPÍTULO 11 INSTALACIÓN ELÉCTRICA EXTERIOR SUBESTACIÓN 132/66 kV			**27.187,75**

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
	CAPÍTULO 12 LUMINARIAS EXTERIORES PHILIPS			
BGP760 10-4	**Ud PHILIPS BGP760 T25 1xLED10-4S EN BÁCULO DE 4 m**			
	Luminaria exterior Philips modelo BGP760 T25, de 627 x 236 x 103 mm, una lámpara LED 10-4S/740, de potencia 7,2 W, flujo luminoso de 1000 lm, acabado en negro mate y montaje en báculo de acero fundido, acabado en negro mate, de 4 m. Incluido montaje y conexión. Medida la unidad totalmente terminada.			
		18,00	419,20	7.545,60
BGP627 450-4.	**Ud PHILIPS BGP627 T25 1xLED450-4S EN BÁCULO DE 4,5 m**			
	Luminaria exterior Philips modelo BGP627 T25, de 1000 x 435 x 120 mm, una lámpara LED 450-4S/740, de potencia 280 W, flujo luminoso de 45000 lm, acabado en negro mate y montaje en báculo de acero fundido, acabado en negro mate, de 4,5 m. Incluido montaje y conexión. Medida la unidad totalmente terminada.			
		1,00	643,58	643,58
BGP627 450-6	**Ud PHILIPS BGP627 T25 1xLED450-4S EN BÁCULO DE 6 m**			
	Luminaria exterior Philips modelo BGP627 T25, de 1000 x 435 x 120 mm, una lámpara LED 450-4S/740, de potencia 280 W, flujo luminoso de 45000 lm, acabado en negro mate y montaje en báculo de acero fundido, acabado en negro mate, de 6 m. Incluido montaje y conexión. Medida la unidad totalmente terminada.			
		19,00	723,02	13.737,38
BGP627 450-7	**Ud PHILIPS BGP627 T25 1xLED450-4S EN BÁCULO DE 7 m**			
	Luminaria exterior Philips modelo BGP627 T25, de 1000 x 435 x 120 mm, una lámpara LED 450-4S/740, de potencia 280 W, flujo luminoso de 45000 lm, acabado en negro mate y montaje en báculo de acero fundido, acabado en negro mate, de 7 m. Incluido montaje y conexión. Medida la unidad totalmente terminada.			
		12,00	767,12	9.205,44
BVP651 800-7	**Ud PHILIPS BVP651 T25 1xLED800-4S EN BÁCULO DE 7 m**			
	Luminaria exterior Philips modelo BVP651 T25, de 773 x 522 x 80 mm, una lámpara LED 800-4S/740, de potencia 530 W, flujo luminoso de 80000 lm, acabado en negro mate y montaje en báculo de acero fundido, acabado en negro mate, de 7 m. Incluido montaje y conexión. Medida la unidad totalmente terminada.			
		4,00	941,37	3.765,48
BGP760 30-F	**Ud PHILIPS BGP760 T25 1xLED30-4S SOBRE FACHADA**			
	Luminaria exterior Philips modelo BGP760 T25, de 627 x 236 x 103 mm, una lámpara LED 30-4S/740, de potencia 19 W, flujo luminoso de 3000 lm, acabado en negro mate y montaje sobre fachada a 2,75 m. Incluido montaje, sujeción y conexión. Medida la unidad totalmente terminada			
		4,00	221,51	886,04
	TOTAL CAPÍTULO 12 LUMINARIAS EXTERIORES PHILIPS.....			**35.783,52**
	TOTAL			**7.104.151,61**

RESUMEN DEL PRESUPUESTO

CAPITULO	RESUMEN	EUROS
01	DOCUMENTACIÓN DEL PROYECTO	31.900,00
02	LINEA AÉREA DE 132 kV	2.370.445,82
03	LÍNEA SUBTERRÁNEA DE 132 kV	11.073,93
04	OBRA CIVIL SUBESTACIÓN 132/66 kV	450.375,45
05	EMBARRADOS SUBESTACIÓN 132/66 kV	37.213,11
06	APARAMENTA SUBESTACIÓN 132/66 kV	4.136.710,59
07	INSTALACIÓN ELÉCTRICA EDIFICIO DE MANDO Y CONTROL	10.076,17
08	MECANISMOS SIMÓN 27	731,81
09	LUMINARIAS INTERIORES PHILIPS	4.783,05
10	EMERGENCIAS ETAP	303,01
11	INSTALACIÓN ELÉCTRICA EXTERIOR SUBESTACIÓN 132/66 kV	27.187,75
12	LUMINARIAS EXTERIORES PHILIPS	35.783,52
	TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL	**7.116.584,21**

13,00 % Gastos generales	925.155,95	
6,00 % Beneficio industrial	426.995,05	
SUMA DE G.G. y B.I.		1.352.151,00
21,00 % I.V.A.	1.778.434,39	1.778.434,39

TOTAL PRESUPUESTO GENERAL **10.247.*169,60***

Asciende el presupuesto general a la expresada cantidad de ***DIEZ MILLONES DOSCIENTOS CUARENTA Y SIETE MIL CIENTO SESENTA Y NUEVE EUROS con SESENTA CÉNTIMOS***

JAÉN a 05 de Julio de 2019.

LA PROPIEDAD

LA DIRECCION FACULTATIVA