



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Escuela Politécnica Superior de Jaén

Trabajo Fin de Grado

**DISEÑO DE UNA LÍNEA
AÉREA A 132 KV CON
ALIMENTACIÓN SUBTERÁNEA A
SUBESTACIÓN
132/66 kV**

Alumno: Jesús David Cazalla Barranco

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

Septiembre, 2015



AGRADECIMIENTOS

Este proyecto lo quiero agradecer a toda esa gente que ha estado ahí durante mi formación académica y personal. Algunos desde un principio, otros más adelante, y otros que por desgracia no han podido llegar a ver esta titulación conseguida. Todos me han dado consejos para llegar a donde estoy y ser lo que soy.

A mis padres, por su apoyo moral y económico en momentos buenos y menos buenos. Gracias a ellos, que me han educado según unos valores morales y éticos incommensurables, y siempre están cuando más los necesito.

A mi hermano, por servirme siempre de ayuda y como ejemplo de éxito a base de trabajo, constancia y sacrificio desde la infancia.

A mi novia por su apoyo, ayuda y ánimo para poder afrontar cada reto que me proponga.

A mi familia por el apoyo incondicional que me han dado durante toda mi vida.

En cuanto a amigos y compañeros, me gustaría hacer mención especial a Antonio Jesús Palacios Ortiz, el cual me ha ayudado cuando lo necesitaba.

Por último agradecer a mi tutor Francisco José Sánchez Sutil el ofrecerme este proyecto con el cual he aprendido cosas nuevas y por ayudarme con mis dificultades.

“Lo que con mucho trabajo se adquiere, más se ama”

Aristóteles (384-322 a.C.), filósofo griego



INDICE



INDICE	2
MEMORIA	24
1. Antecedentes	26
2. Objeto del proyecto	26
3. Emplazamiento de la línea aérea, subterránea y subestación	26
4. Normativa aplicada en el proyecto.....	28
5. Descripción de la línea eléctrica aérea	31
5.1. CARACTERÍSTICAS DE LA CORRIENTE.....	31
5.2. CARACTERÍSTICAS DEL CONDUCTOR	31
5.3. CARACTERÍSTICAS DEL AISLAMIENTO.....	32
5.4. CARACTERÍSTICAS DE LOS APOYOS.....	32
5.5. ELEMENTOS ADICIONALES.....	33
5.6. DISTANCIA DE SEGURIDAD	34
5.7. CRUZAMIENTOS	35
6. Descripción del tramo de línea subterránea	36
6.1. Disposición física de la línea	36
6.2. Esquema de conexión de pantallas.....	37
6.3. Descripción de los materiales	37
6.4. Empalmes.....	39
6.5. Terminales.....	39
6.6. Autoválvulas.....	40
6.7. Limitadores de tensión para pantallas.....	40
6.8. Caja de conexión trifásica enterrada.	41
7. Descripción general de la subestación	41
7.1. Hipótesis de partida	41
7.2. Características generales	41
7.3. Parque de 132 kV.....	42
7.3.1. Descripción.....	42
7.3.2. Magnitudes eléctricas.....	43
7.3.3. Distancias	44
7.3.4. Embarrados.....	46
7.3.5. Piezas de conexión.....	49
7.3.6. Características de la aparamenta	49



7.3.7.	Transformadores de tensión capacitivos.....	51
7.3.8.	Autoválvulas.....	52
7.4.	Parque de 66 kV	53
7.4.1.	Descripción.....	53
7.4.2.	Magnitudes eléctricas.....	53
7.4.3.	Distancias	54
7.4.4.	Embarrados.....	57
7.4.5.	Piezas de conexión.....	59
7.4.6.	Características de la aparamenta	60
7.4.7.	Transformadores de tensión capacitivos.....	61
7.4.8.	Autoválvulas.....	62
7.4.9.	Transformación	63
7.5.	Red de tierras.....	64
7.5.1.	Red de tierras inferiores	64
7.5.2.	Red de tierras superiores.....	65
7.6.	Sistemas de control y protección.....	66
8.	Descripción de las instalaciones	67
8.1.	El edificio.....	67
8.2.	Telecontrol y comunicaciones	67
8.3.	Equipos de medida.....	67
8.4.	Servicios generales.....	68
8.4.1.	Cuadro de corriente alterna y continua.....	68
8.4.2.	Sistemas de mando y protección.....	68
8.4.3.	Rectificador de batería.....	68
8.4.4.	Transformador de servicios auxiliares	68
8.4.5.	Instalación de alumbrado	68
8.4.6.	Sistema de protección contra incendios e intrusos.....	77
8.4.7.	Cerramientos y señalización	77
9.	Obra civil	77
9.1.	Movimiento de tierras	77
9.2.	Cimentaciones.....	78
9.3.	Arquetas y canalización para paso de cables.....	79
9.4.	Sistema de recogida de aceite	79
10.	Estructuras metálicas y soportes	79



11. Presupuesto	79
12. Conclusiones	80
13. BIBLIOGRAFÍA.....	80
ANEXO Nº1: CALCULOS.....	82
1. CARACTERISTICAS DE LA CORRIENTE.....	84
1.1. DESCRIPCION	84
1.2. CALCULOS ELÉCTRICOS	84
1.2.1. REACTANCIA.....	84
1.2.2. INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE	85
1.2.3. POTENCIA MÁXIMA A TRANSPORTAR	85
1.2.3.1. Potencia Máxima por Intensidad.....	85
1.2.3.2. Potencia Máxima por Caída de Tensión	85
1.2.4. CAIDA DE TENSION Y PERDIDA DE POTENCIA.....	86
2. CARACTERISTICAS DEL CONDUCTOR	88
2.1. DESCRIPCIÓN	88
2.2. CALCULO MECANICO DE LOS CONDUCTORES	88
2.2.1. CONSTANTE DE CATENARIA PARA TRAZADO DE LA LÍNEA.....	89
2.2.2. VANO DE REGULACIÓN.....	89
2.2.3. COMPONENTE HORIZONTAL MÁXIMA.....	90
2.3. CAMBIO DE CONDICIONES.....	91
2.4. CÁLCULO DE FLECHAS.....	92
3. CARACTERISTICAS DEL AISLAMIENTO.....	92
3.1. DESCRIPCIÓN	92
3.2. TIPOS DE CADENAS	92
3.2.1. CADENAS DE SUSPENSIÓN.....	92
3.2.2. CADENAS DE AMARRE	93
3.2.3. CADENAS DE CRUCE.....	93
4. CARACTERISTICAS DE LOS APOYOS.....	93
4.1. DESCRIPCIÓN	93
4.2. CALCULO MECÁNICO DE LOS APOYOS.....	94
4.2.1. CARGAS VERTICALES	95
4.2.2. ESFUERZOS PRODUCIDOS POR LA ACCIÓN DE LOS CONDUCTORES SOBRE LOS APOYOS.....	100
4.2.2.1. Esfuerzo del viento	100



4.2.3.	DESVIACIÓN DE LA CADENA DE AISLADORES EN LOS APOYOS DE ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN POR LA ACCIÓN DEL VIENTO.....	103
4.2.4.	CÁLCULO DE APOYOS.....	104
4.2.4.1.	Apoyos de Alineación	104
4.2.4.1.1.	Apoyo de Alineación-suspensión.....	104
4.2.4.1.1.1.	Apoyo de Alineación-suspensión. 1ª Hipótesis Viento.....	104
4.2.4.1.1.2.	Apoyo de Alineación-suspensión. 2ª Hipótesis Hielo	105
4.2.4.1.1.3.	Apoyo de Alineación-Suspensión. 3ª Hipótesis Desequilibrio de Tracciones	106
4.2.4.1.1.4.	Apoyo de Alineación-suspensión. 4ª Hipótesis Rotura de Conductores	107
4.2.4.1.2.	Apoyo de Alineación-amarre	107
4.2.4.1.2.1.	Apoyo de Alineación-amarre. 1ª Hipótesis Viento	107
4.2.4.1.2.2.	Apoyo de Alineación-amarre. 2ª Hipótesis Hielo	108
4.2.4.1.2.3.	Apoyo de Alineación-amarre. 3ª Hipótesis Desequilibrio de Tracciones	109
4.2.4.1.2.4.	Apoyo de Alineación-amarre. 4ª Hipótesis Rotura de Conductores	109
4.2.4.1.3.	Apoyos de Alineación-Anclaje	110
4.2.4.1.3.1.	Apoyo de alineación-Anclaje. 1ª Hipótesis Viento	110
4.2.4.1.3.2.	Apoyo de alineación-anclaje. 2ª Hipótesis Hielo	110
4.2.4.1.3.3.	Apoyo de Alineación-anclaje. 3ª Hipótesis Desequilibrio de Tracciones	111
4.2.4.1.3.4.	Apoyo de alineación-Anclaje. 4ª Hipótesis de Rotura de Conductores	111
4.2.4.2.	Apoyo de Ángulo.....	112
4.2.4.2.1.	Apoyo de Ángulo-alineación.....	112
4.2.4.2.1.1.	Apoyo de Ángulo-alineación. 1ª Hipótesis Viento	112
4.2.4.2.1.2.	Apoyo de Ángulo-Alineación. 2ª Hipótesis Hielo.....	113
4.2.4.2.1.3.	Apoyo de Ángulo-alineación. 3ª Hipótesis Desequilibrio de Tracciones	114
4.2.4.2.1.4.	Apoyo de Ángulo-alineacion. 4ª Hipótesis Rotura de Conductores	115
4.2.4.2.2.	Apoyo de Ángulo-amarre.....	116
4.2.4.2.2.1.	Apoyo de Ángulo-amarre. 1ª Hipótesis Viento.....	116
4.2.4.2.2.2.	Apoyo de Ángulo-Amarre. 2ª Hipótesis Hielo.....	117



4.2.4.2.3.	Apoyo de Ángulo-amarre. 3ª Hipótesis Desequilibrio de Tracciones	118
4.2.4.2.4.	Apoyo de Ángulo-amarre. 4ª Hipótesis Rotura de Conductores	118
4.2.4.2.3.	Apoyo de Ángulo-anclaje	119
4.2.4.2.3.1.	Apoyo de Ángulo-anclaje. 1ª Hipótesis Viento	119
4.2.4.2.3.2.	Apoyo de Ángulo-Amarre. 2ª Hipótesis Hielo.....	121
4.2.4.2.3.3.	Apoyo de Ángulo-amarre. 3ª Hipótesis Desequilibrio de Tracciones	121
4.2.4.2.3.4.	Apoyo de Ángulo-amarre. 4ª Hipótesis Rotura de Conductores	122
4.2.4.2.4.	Apoyo de Final/Principio de Línea	123
4.2.4.2.4.1.	Apoyo de Final/Principio de Línea. 1ª Hipótesis Viento	123
4.2.4.2.4.2.	Apoyo de Final/Principio de Línea. 2ª Hipótesis Hielo	124
4.2.4.2.4.3.	Apoyo de Final/Principio de Línea. 3ª Hipótesis Desequilibrio de Tracciones	125
4.2.4.2.4.4.	Apoyo de Final/Principio de Línea. 4ª Hipótesis Rotura de Conductores	125
4.3.	CIMENTACIONES DE LOS APOYOS	126
4.4.	TIERRAS	127
5.	DISTANCIA DE SEGURIDAD	128
5.1.	DISTANCIA DE LOS CONDUCTORES AL TERRENO	128
5.2.	DISTANCIA ENTRE CONDUCTORES	128
5.3.	DISTANCIA DE LOS CONDUCTORES AL APOYO	129
5.4.	CRUZAMIENTOS	130
6.	EJEMPLO DE DISEÑO DE UN VANO DE REGULACIÓN ASÍ COMO DE LOS TIPOS DE APOYOS ESCOGIDOS.....	136
7.	Elección de apoyos.....	145
7.1.	Principio de línea.....	145
7.2.	Alineación-Suspensión.....	147
7.3.	Ángulo-Anclaje.....	149
7.4.	Alineación-Amarre.....	152
7.5.	Fin de línea.....	155
8.	Cimentaciones	156
9.	Cálculos eléctricos.....	159
10.	CÁLCULOS ELÉCTRICOS JUSTIFICATIVOS DEL CABLE SUBTERRÁNEO DE ALTA TENSIÓN	161



10.1.	Cálculo de la intensidad máxima admisible en servicio.....	161
10.1.1.	Intensidad Admisible	162
10.1.2.	Resistencia del conductor en corriente alterna.....	163
10.1.3.	Pérdidas dieléctricas	165
10.1.4.	Factor de pérdidas en la pantalla.....	166
10.1.5.	Resistencia térmica entre conductor y la envolvente, T_1	167
10.1.6.	Resistencia térmica entre la cubierta y la armadura, T_2	167
10.1.7.	Resistencia térmica de la cubierta exterior, T_3	168
10.1.8.	Resistencia térmica externa, T_4	168
10.2.	Cálculo de la intensidad máxima admisible en régimen cíclico.....	172
10.2.1.	Respuesta transitoria de la temperatura.....	172
10.2.2.	Capacidades de transporte en régimen cíclico	179
10.3.	Cálculo de la intensidad máxima admisible en cortocircuito en el conductor 183	
10.3.1.	Cálculo de la intensidad de cortocircuito adiabático.....	184
10.3.2.	Cálculo del factor no adiabático	184
10.4.	Cálculo de la intensidad máxima admisible en cortocircuito en la pantalla.	185
10.5.	Cálculo de la caída de tensión.....	186
11.	Cálculos mecánicos	186
11.1.	Cálculo de los esfuerzos de tendido del cable subterráneo	186
12.	EJEMPLO DE LA ELECCION DEL CONDUCTOR DE ALTA TENSION	189
13.	DISEÑO DE LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE 132 KV A 66 KV	199
13.1.	Objeto	199
13.2.	Tensiones nominales normalizadas	199
13.3.	Niveles de aislamiento	200
13.4.	Distancias mínimas	201
13.4.1.	Distancias fase-tierra y entre fases.....	201
13.4.2.	Distancias en pasillos de servicio y zonas de protección	201
13.4.3.	Distancias en zonas de protección contra contactos accidentales en el interior del recinto de la instalación.....	202
13.4.4.	Distancias en zonas de protección contra contactos accidentales desde el exterior del recinto de la instalación	202
13.5.	Cálculos eléctricos.....	203
13.5.1.	Corrientes nominales.....	203
13.5.2.	Corriente de cortocircuito	204



13.6.	Embarrados	204
13.6.1.	Embarrados principales	204
13.6.2.	Embarrados secundarios.....	205
13.7.	Cálculos mecánicos	206
13.7.1.	Cálculo mecánico del embarrado principal	206
13.7.2.	Cálculo mecánico del embarrado secundario.....	214
13.8.	Selección de autoválvulas	222
13.9.	Tensiones nominales normalizadas	224
13.10.	Niveles de aislamiento	225
13.11.	Distancias mínimas	226
13.11.1.	Distancias fase-tierra y entre fases	226
13.11.2.	Distancias en pasillos de servicio y zonas de protección	226
13.11.3.	Distancias en zonas de protección contra contactos accidentales en el interior del recinto de la instalación	227
13.11.4.	Distancias en zonas de protección contra contactos accidentales desde el exterior del recinto de la instalación	227
13.12.	Cálculos eléctricos.....	228
13.12.1.	Corrientes nominales	228
13.12.2.	Corriente de cortocircuito.....	229
13.13.	Embarrados	230
13.13.1.	Embarrados principales	230
13.13.2.	Embarrados secundarios.....	231
13.14.	Cálculos mecánicos	232
13.14.1.	Cálculo mecánico del embarrado principal	232
13.14.2.	Cálculo mecánico del embarrado secundario.....	240
13.15.	Selección de autoválvulas	248
14.	Red de tierras.....	250
14.1.	Criterios de cálculo	250
14.2.	Red de tierras inferiores	250
14.2.1.	Descripción.....	250
14.2.2.	Conductor de la red de tierras inferiores	251
14.2.3.	Resistencia de puesta a tierra	251
14.2.4.	Cálculos eléctricos. Tensiones de paso y contacto	252
14.3.	Red de tierras superiores	255



15. Edificio Anexo	256
15.1. ILUMINACIÓN INTERIOR	256
15.1.1. PRINCIPIOS DE ILUMINACIÓN	256
15.1.2. FACTOR DE UTILIZACIÓN O RENDIMIENTO DE ILUMINACIÓN DE LA ESTANCIA	256
15.1.3. FACTOR DE CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA INSTALACIÓN ...	259
15.1.4. FACTOR DE TRANSMISIÓN	259
15.1.5. ILUMINACIÓN NOMINAL	260
15.1.6. FLUJO LUMINOSO TOTAL.....	260
15.1.7. CÁLCULO DEL NÚMERO DE LUMINARIAS DE CADA DEPENDENCIA	261
15.1.8. DISPOSICIÓN DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN	261
15.2. ILUMINACIÓN EXTERIOR.....	261
15.2.1. ILUMINACIÓN MEDIA.....	261
15.2.2. COEFICIENTE DE CONSERVACIÓN	263
15.2.3. FLUJO LUMINOSO TOTAL NECESARIO	263
15.2.4. EFICIENCIA ENERGETICA	264
15.2.5. EFICIENCIA ENERGETICA DE REFERENCIA	264
15.2.6. INDICE DE CONSUMO ENERGÉTICO.....	265
15.2.7. ALTURA DE INSTALACIÓN	266
15.3. INSTALACIÓN DE BAJA TENSIÓN	267
15.3.1. FÓRMULAS GENERALES	267
15.3.2. FÓRMULAS DE CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA.....	267
15.3.3. FÓRMULAS DE CORTOCIRCUITO.....	268
15.3.4. FORMULAS DE EMBARRADOS	270
16. EJEMPLO DISEÑO EMBARRADO.....	271
ANEXO Nº2:RESUMEN DE TIERRAS LÍNEA AÉREA.....	305
1. Cálculo de las tensiones de paso y acceso de los apoyos frecuentados	307
2. Resumen de puesta a tierra del apoyo nº1	308
2.1. Datos de la instalación	309
2.2. Resultados generales	309
2.3. Tensión de contacto.....	310
2.4. Tensión de paso en el acceso.....	310
2.5. Gráficos	310
2.5.1 Distribución de potenciales $\frac{1}{4}$ de la zona de estudio.....	310



2.5.2	Distribución de potenciales en la zona de estudio	311
2.5.3	Tensiones de contacto	311
2.5.4	Tensiones de paso.....	312
2.5.5	Líneas equipotenciales.....	312
2.5.6	Línea de máximo potencial	313
2.5.7	Distribución de potenciales en 3D	313
3.	Resumen de puesta a tierra del apoyo nº20	314
3.1.	Datos de la instalación	314
3.2.	Resultados generales	314
3.3.	Tensión de contacto.....	315
3.4.	Tensión de paso en el acceso.....	315
3.5.	Gráficos	315
3.5.1	Distribución de potenciales ¼ de la zona de estudio.....	315
3.5.2	Distribución de potenciales en la zona de estudio	316
3.5.3	Tensiones de contacto	316
3.5.4	Tensiones de paso.....	317
3.5.5	Líneas equipotenciales.....	318
3.5.6	Línea de máximo potencial	318
3.5.7	Distribución de potenciales en 3D	319
4.	Resumen de puesta a tierra del apoyo nº30	320
4.1.	Datos de la instalación	320
4.2.	Resultados generales	320
4.3.	Tensión de contacto.....	321
4.4.	Tensión de paso en el acceso.....	321
4.5.	Gráficos	321
4.5.1	Distribución de potenciales ¼ de la zona de estudio.....	321
4.5.2	Distribución de potenciales en la zona de estudio	322
4.5.3	Tensiones de contacto	322
4.5.4	Tensiones de paso.....	323
4.5.5	Líneas equipotenciales.....	324
4.5.6	Línea de máximo potencial	324
4.5.7	Distribución de potenciales en 3D	325
5.	Resumen de puesta a tierra del apoyo nº40	326
5.1.	Datos de la instalación	326



5.2.	Resultados generales	326
5.3.	Tensión de contacto.....	327
5.4.	Tensión de paso en el acceso.....	327
5.5.	Gráficos	327
5.5.1	Distribución de potenciales ¼ de la zona de estudio.....	327
5.5.2	Distribución de potenciales en la zona de estudio	328
5.5.3	Tensiones de contacto	328
5.5.4	Tensiones de paso.....	329
5.5.5	Líneas equipotenciales.....	330
5.5.6	Línea de máximo potencial	330
5.5.7	Distribución de potenciales en 3D	331
6.	Resumen de puesta a tierra del apoyo nº50	332
6.1.	Datos de la instalación	332
6.2.	Resultados generales	332
6.3.	Tensión de contacto.....	333
6.4.	Tensión de paso	333
6.5.	Tensión de paso en el acceso.....	333
6.6.	Gráficos	333
6.6.1	Distribución de potenciales ¼ de la zona de estudio.....	333
6.6.2	Distribución de potenciales en la zona de estudio	334
6.6.3	Tensiones de contacto	334
6.6.4	Tensiones de paso.....	335
6.6.5	Líneas equipotenciales.....	335
6.6.6	Línea de máximo potencial	336
6.6.7	Distribución de potenciales en 3D	337
7.	Resumen de puesta a tierra del apoyo nº57	338
7.1.	Datos de la instalación	338
7.2.	Resultados generales	338
7.3.	Tensión de contacto.....	339
7.4.	Tensión de paso	339
7.5.	Tensión de paso en el acceso.....	339
7.6.	Gráficos	339
7.6.1	Distribución de potenciales ¼ de la zona de estudio.....	339
7.6.2	Distribución de potenciales en la zona de estudio	340



7.6.3	Tensiones de contacto	340
7.6.4	Tensiones de paso.....	341
7.6.5	Líneas equipotenciales.....	342
7.6.6	Línea de máximo potencial	342
7.6.7	Distribución de potenciales en 3D	343
ANEXO Nº3:RESULTADOS DE CÁLCULO		345
ANEXO Nº4:ESTUDIO DEL IMPACTO MEDIOAMBIENTAL		414
1.	Localización, objeto, finalidad y descripción de la actividad	416
1.1	Localización	416
1.1.1	Características y descripción de la zona	416
1.1.1.1	Características de la zona.....	416
1.2	Objeto	418
1.3	Finalidad.....	419
1.4	Descripción de la actividad	419
1.4.1	Antecedentes.....	419
1.4.2	Suelo ocupado por la subestación	419
1.4.3	Franja de suelo sobrevolada por los conductores aéreos	419
1.4.4	ALTURA DE LOS CONDUCTORES AÉREOS SOBRE EL TERRENO	419
1.4.5	CARACTERÍSTICAS DE LA LÍNEA AÉREA	420
1.4.5.1	RESUMEN TIPOS DE APOYOS	420
2.	Maquinaria, equipos y procesos.....	420
2.1	REPLANTEO	420
2.2	ACCESOS Y EXCAVACIÓN	420
2.3	HORMIGONADO.....	422
2.4	ARMADO E IZADO	423
2.5	TENDIDO TENSE Y REGULADO	423
3.	MATERIALES EMPLEADOS.....	425
3.1	APOYOS.....	425
3.2	CADENAS.....	425
3.3	CONDUCTORES	425
3.4	AUTOVALVULAS	425
3.5	CABLES DE TIERRA.....	425
3.6	TUBOS CONDUCTORES	426
3.7	TERMINALES.....	426



3.8	SECCIONADORES-INTERRUPTORES.....	426
3.9	ZANJAS	426
4.	RIESGOS AMBIENTALES Y SU CORRECCIÓN.....	427
4.1	RUIDOS Y VIBRACIONES	427
4.1.1	OBJETO.....	427
4.1.2	ÁMBITO DE APLICACIÓN	428
4.1.3	DEFINICIONES	428
4.1.4	DESCRIPCIÓN	429
4.1.4.1	MEDICIÓN DE RUIDOS	429
4.1.4.2	EQUIPOS DE MEDICIÓN	429
4.1.4.3	CALIBRACIÓN DE EQUIPOS	429
4.1.4.4	FACTORES A TENER EN CUENTA EN LA TOMA DE MEDIDAS DE RUIDO.....	430
4.1.4.4.1	EFFECTOS DEL OBSERVADOR.....	430
4.1.4.4.2	ONDAS ESTACIONARIAS.....	430
4.1.4.4.3	CONDICIONES METEOROLÓGICAS.....	430
4.1.4.5	EVALUACIÓN DEL RUIDO	430
4.1.4.6	DEFINICIÓN DE LA ZONA Y PUNTOS DE MEDICIÓN	431
4.1.4.6.1.	MEDIDAS EN EL EXTERIOR	431
4.1.4.6.2.	MEDIDAS EN EL INTERIOR.....	431
4.1.4.7	DURACIÓN DE LA MEDICIÓN	431
4.1.4.8	DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE RUIDO	432
4.1.4.8.1.	CENTROS DE TRANSFORMACIÓN	432
4.1.4.8.2.	LÍNEAS ELÉCTRICAS DE ALTA TENSIÓN	432
4.1.4.9	PARÁMETROS DE MEDIDA.....	432
4.1.4.10	MEDICIÓN Y DETERMINACIÓN DE VIBRACIONES	432
4.1.4.11	INFORMES DE LAS MEDIDAS.....	433
4.1.4.12	ACTUACIONES EN CASO DE INCUMPLIMIENTO.....	433
4.2	EMISIONES A LA ATMÓSFERA.....	433
4.2.1	CAMPOS ELÉCTRICOS.....	433
4.2.1.1	OBJETO.....	433
4.2.1.2	ÁMBITO DE APLICACIÓN	434
4.2.1.3	DEFINICIONES.....	434
4.2.1.4	DESCRIPCIÓN.....	435
4.2.1.4.1	MEDICIÓN DE CAMPOS ELÉCTRICOS Y MAGNÉTICOS.....	435
4.2.1.4.2	EQUIPOS DE MEDIDA.....	435



4.2.1.4.3	CALIBRACIÓN DE EQUIPOS	435
4.2.1.4.4	MÉTODO GENERAL DE MEDIDA	435
4.2.1.4.5	EVALUACIÓN DE LAS MEDIDAS.....	436
4.2.1.4.6	ACTUACIONES RELATIVAS A LAS MEDIDAS DE CAMPO ELECTROMAGNÉTICO	436
4.3	UTILIZACIÓN DEL AGUA Y VERTIDOS DE LÍQUIDOS	436
4.3.1	ENVASADO, ETIQUETADO, DEPÓSITO TEMPORAL, Y ALMACENAMIENTO DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS.....	436
4.3.1.1	OBJETO	436
4.3.1.2	ÁMBITO DE APLICACIÓN	437
4.3.1.3	DEFINICIONES.....	437
4.3.1.4	DESCRIPCIÓN.....	437
4.3.1.4.1	UBICACIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS	437
4.3.1.4.2	ALMACENAMIENTO	437
4.3.2	CONTROL DEL PCB CONTENIDO EN ACEITE DIELECTRICO USADO Y EQUIPOS DESECHADOS	439
4.3.2.1	OBJETO	439
4.3.2.2	ÁMBITO DE APLICACIÓN	439
4.3.2.3	DEFINICIONES.....	440
4.3.2.4	DESCRIPCIÓN.....	440
4.3.2.4.1	CARACTERIZACIÓN DEL CONTENIDO DE PCB EN ACEITE USADO EN BIDONES O DEPÓSITOS	440
4.3.2.4.2	ANÁLISIS CON KIT QUÍMICO	440
4.3.2.4.3	CARACTERIZACIÓN DEL CONTENIDO DE PCB DE LOS EQUIPOS	441
4.4	GENERACION, ALMACENAMIENTO Y ELIMINACIÓN DE RESIDUOS	441
4.4.1	GESTIÓN DE LOS RESIDUOS	441
4.4.1.1	OBJETO	441
4.4.1.2	ÁMBITO DE APLICACIÓN	441
4.4.1.3	DEFINICIONES.....	442
4.4.1.4	DESCRIPCIÓN.....	442
4.4.1.4.1	TIPOS DE RESIDUOS	442
4.4.1.4.2	RECOGIDA SELECTIVA Y TRASLADO DE RESIDUOS	443
4.4.1.4.3	ALMACENAMIENTO	443
4.4.1.4.4	REGISTRO	444
4.4.1.4.5	DECLARACIÓN ANUAL DE RESIDUOS PELIGROSOS.....	445
4.4.1.4.6	ENVASADO DE RESIDUOS PELIGROSOS	445



4.4.1.4.7	ETIQUETADO DE RESIDUOS PELIGROSOS	445
4.4.1.4.8	COMPROBACIONES PREVIAS A LA EXPEDICIÓN DE UN RP	445
4.4.1.4.9	RETIRADA DE RESIDUOS POR GESTOR AUTORIZADO	445
4.5	ALMACENAMIENTO DE PRODUCTOS.....	448
4.5.1	OBJETO.....	448
4.5.2	ÁMBITO DE APLICACIÓN	448
4.5.3	DEFINICIONES	449
4.5.4	DESCRIPCIÓN	449
4.5.4.1	ALMACENAMIENTO	449
4.5.4.2	GESTIÓN DE MATERIAS PRIMAS PELIGROSAS	450
4.5.4.3	INSPECCIÓN DEL ALMACÉN DE MATERIAS PRIMAS PELIGROSAS.....	451
5.	MEDIDAS DE SEGUIMIENTO Y CONTROL.....	451
6.	Consideración de impactos ambientales.....	452
6.1	Recursos naturales que emplea o consume	452
6.2	Hábitats y elementos naturales singulares.....	452
6.3	Impacto sobre la fauna y la vegetación	452
6.4	Equilibrios ecológicos.....	452
6.5	El paisaje	453
7.	DECRETO 178/2006, PROTECCIÓN AVIFAUNA	453
7.1	DEFINICIONES:	453
7.2	MEDIDAS ANTIELECTROCUCIÓN EN LA LÍNEA AÉREA.....	454
7.3	MEDIDAS ADOPTADAS.....	455
7.4	MEDIDAS ANTICOLISIÓN EN LA LÍNEA AÉREA.	456
7.5	MEDIDAS ADOPTADAS.....	456
8.	Valoración de los impactos	456
9.	CONCLUSIÓN AL ANÁLISIS	458
10.	MEDIDAS ADOPTADAS.....	458
10.1	ANTIELECTROCUCIÓN	458
10.2	ANTICOLISIÓN	459
10.3	PROTECCIÓN DE LA FAUNA.....	459
ANEXO Nº5:AVIFAUNA		461
1.	OBJETO.....	463
2.	EMPLAZAMIENTO	463
3.	CARACTERÍSTICAS DE LA LÍNEA.....	463
3.1.	RESUMEN TIPOS DE APOYOS	463



4. MEDIDAS ADOPTADAS.....	463
4.1. ANTIELECTROCUCIÓN	463
4.2. ANTICOLISIÓN:	464
ANEXO Nº6:ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD	465
I. MEMORIA	466
1. Memoria informativa.....	466
1.1. Objeto	466
1.2. Datos del proyecto y del estudio de seguridad y salud	466
1.3. Datos de la obra	466
2. Memoria descriptiva	467
2.1. Descripción técnica del proyecto.....	467
2.2. Emplazamiento	467
2.3. Climatología	467
2.4. Accesos y vallado	468
2.5. Interferencias y servicios afectados.....	468
2.6. Suministro de energía eléctrica	468
2.7. Suministro de agua potable	469
2.8. Vertido de aguas residuales	469
3. Análisis de riesgos y su prevención.....	469
3.1. Obra civil	470
3.1.1. Acopio de materiales	470
3.1.1.1. Cimentación.....	471
3.1.2. Estructura.....	472
3.1.2.1. Hormigonado	473
3.1.2.2. Encofrado y desencofrado (Riesgos asociados a esta)	474
3.1.2.3. Forjados. Cubiertas.....	476
3.1.3. Cerramientos	477
3.1.4. Trabajos de Albañilería	478
3.1.5. Trabajos de pintura	479
3.1.6. Acabados.....	482
3.1.7. Fontanería.....	483
3.2. Montaje.....	485
3.2.1. Identificación de unidades constructivas	485
3.2.2. Descripción de trabajos	486



3.2.2.1.	Manipulación manual de cargas	486
3.2.2.2.	Izado de cargas	488
3.2.2.3.	Trabajos de soldadura autógena	496
3.2.2.4.	Trabajos de soldadura eléctrica.....	498
3.2.2.5.	Trabajos próximos a elementos en tensión.....	500
3.2.2.6.	Trabajos en tensión	503
3.2.2.7.	Trabajos en altura	505
3.2.2.8.	Trabajos de izado de apoyos en líneas aéreas de a.t.	506
3.2.2.9.	Trabajos de repaso y graneteado	510
3.2.2.10.	Inspecciones de seguridad.....	510
3.2.2.11.	Trabajos en apoyos. montaje de la línea de seguridad	511
3.2.2.12.	Trabajos de tendido y regulado del conductor.....	518
4.	Maquinaria a emplear.....	531
4.1.	Retroexcavadora	531
4.2.	Grúa	533
4.3.	Martillo hidráulico	534
4.4.	Cortadora de ladrillo y material cerámico	536
4.5.	Máquinas herramientas y herramientas manuales.....	537
5.	Medios Auxiliares.....	541
5.1.	Andamios Tubulares	541
5.2.	Escaleras.....	544
5.3.	Plataforma elevadora autopropulsada	546
6.	Instalaciones provisionales	547
6.1.	Instalación provisional eléctrica	547
6.2.	Instalación de prevención de incendios.....	550
7.	Instalaciones de higiene y bienestar.....	551
7.1.	Dotación de aseos.....	551
7.2.	Dotación de vestuarios	552
8.	Medicina preventiva y asistencial.....	552
8.1.	Reconocimientos médicos	552
8.2.	Asistencia de accidentados.....	552
8.3.	Relativos al entorno.....	553
II.	PLIEGO DE CONDICIONES	553
1.	Legislación aplicable a la obra	553
2.	Consideraciones de los equipos de protección colectiva	555



3.	Consideraciones de los equipos de protección individual.....	555
4.	Señalización de la obra	556
5.	Condiciones de seguridad de los medios auxiliares, máquinas y equipos	556
6.	Formación e información a los trabajadores	557
7.	Acciones a seguir en caso de accidente laboral.....	558
8.	Comunicaciones inmediatas en caso de accidente	558
9.	Seguridad en la obra	559
10.	Plan de seguridad y salud	559
11.	Obligaciones de cada contratista adjudicatario en materia de seguridad y salud ...	560
12.	Coordinador de seguridad y salud	561
13.	Libro de incidencias	561
14.	Seguro de responsabilidad civil y patronal	562
15.	Subcontratación.....	563
III.	Planos de seguridad	563
1.	EXCAVACIÓN. APERTURA DE ZANJAS	563
2.	INSTALACIÓN ELÉCTRICA PROVISIONAL DE OBRA.....	565
3.	MANIPULACIÓN MANUAL DE CARGAS.....	566
4.	ORDEN Y LIMPIEZA.....	567
5.	MAQUINARIA DE OBRA.....	568
6.	ELEMENTOS DE IZADO.....	570
7.	ESCALERAS.....	573
8.	ANDAMIOS.....	575
IV.	MEDICIONES Y PRESUPUESTO	577
1.	Mediciones.....	577
2.	Presupuesto	578
1.	OBJETO.....	653
PLANOS		583
PLANO 1		584
PLANO 2		586
PLANO 3		588
PLANO 4		590
PLANO 5		592
PLANO 6		594
PLANO 7		596
PLANO 8		598



PLANO 9	600
PLANO 10	602
PLANO 11	604
PLANO 12	606
PLANO 13	608
PLANO 14	610
PLANO 15	612
PLANO 16	614
PLANO 17	616
PLANO 18	618
PLANO 19	620
PLANO 20	622
PLANO 21	624
PLANO 22	626
PLANO 23	628
PLANO 24	630
PLANO 25	632
PLANO 26	634
PLANO 27	636
PLANO 28	638
PLANO 29	640
PLANO 30	642
PLANO 31	644
PLANO 32	646
PLANO 33	648
PLIEGO DE CONDICIONES	651
1. Memoria informativa.....	466
2. Memoria descriptiva	467
3. Análisis de riesgos y su prevención.....	469
4. Maquinaria a emplear.....	531
5. Medios Auxiliares.....	541
6. Instalaciones provisionales	547
7. Instalaciones de higiene y bienestar.....	551
8. Medicina preventiva y asistencial.....	552
1. Legislación aplicable a la obra	553



2. Consideraciones de los equipos de protección colectiva	555
3. Consideraciones de los equipos de protección individual.....	555
4. Señalización de la obra	556
5. Condiciones de seguridad de los medios auxiliares, máquinas y equipos	556
6. Formación e información a los trabajadores	557
7. Acciones a seguir en caso de accidente laboral.....	558
8. Comunicaciones inmediatas en caso de accidente	558
9. Seguridad en la obra	559
10. Plan de seguridad y salud	559
11. Obligaciones de cada contratista adjudicatario en materia de seguridad y salud ...	560
12. Coordinador de seguridad y salud	561
13. Libro de incidencias	561
14. Seguro de responsabilidad civil y patronal	562
15. Subcontratación.....	563
1. EXCAVACIÓN. APERTURA DE ZANJAS	563
2. INSTALACIÓN ELÉCTRICA PROVISIONAL DE OBRA.....	565
3. MANIPULACIÓN MANUAL DE CARGAS.....	566
4. ORDEN Y LIMPIEZA.....	567
5. MAQUINARIA DE OBRA.....	568
6. ELEMENTOS DE IZADO.....	570
7. ESCALERAS.....	573
8. ANDAMIOS.....	575
1. Mediciones.....	577
2. Presupuesto	578
1. OBJETO.....	653
2. DISPOSICIONES GENERALES.....	653
2.1. SEGURIDAD EN EL TRABAJO.....	653
2.2. Gestión ambiental.....	653
2.3. Códigos y normas.....	653
2.4. Normas legales y aplicables a las condiciones de seguridad de los elementos, maquinaria, útiles, herramientas, equipos y sistemas preventivos a utilizar o aplicar en la obra	654
3. Equipos de protección individual.....	655
4. Protecciones colectivas.....	656
4.1. Señalización	656



4.2.	PRESCRIPCIONES DE LOS MEDIOS AUXILIARES.....	657
5.	Obligaciones de las partes implicadas	658
5.1.	Promotor.....	658
5.2.	Dirección facultativa	658
5.3.	Coordinador de seguridad y salud durante la ejecución	658
5.4.	Contratistas y subcontratistas	659
5.5.	Trabajadores autónomos.....	660
6.	Organización de la prevención en obra	661
6.1.	Tramitación del estudio de seguridad y salud	661
6.2.	Responsables de seguridad a pie de obra	661
6.3.	Organización preventiva de la empresa contratada.....	662
6.4.	Reuniones de seguridad en obra	662
6.5.	Comité de seguridad y salud en obra	662
6.6.	Delegados de prevención	663
6.7.	Servicios de prevención	663
7.	Medidas de actuación en caso de emergencia y ante riesgo grave e inminente	664
7.1.	Primeros auxilios y asistencia sanitaria	664
7.2.	Comunicación de accidentes e incidentes.....	665
7.3.	Servicios higiénicos	666
8.	Formación e información a los trabajadores.....	667
8.1.	Requerimientos por incumplimientos	668
8.2.	Paralización de los trabajos	668
8.3.	Libro de incidencias	669
8.4.	Penalizaciones.....	669
8.5.	Condiciones para la ejecución por contrata	670
9.	Condiciones de los materiales de la obra civil	671
9.1.	Hormigones.....	671
9.2.	Áridos para morteros y hormigones	672
9.3.	Morteros	672
9.4.	Cementos	674
9.5.	Agua	674
9.6.	Armaduras.....	675
9.7.	Piezas de hormigón armado o pretensado	675
9.8.	Materiales siderúrgicos.....	675
9.9.	Laminados de acero y para estructuras.....	675



10. Condiciones generales para la ejecución de las obras.....	675
10.1. Movimiento de tierras	675
10.2. Hormigones.....	676
10.3. Pavimentos de hormigón.....	677
10.4. Armaduras.....	677
10.5. Laminados	677
10.6. Encofrados	677
10.7. Piezas prefabricadas de hormigón.....	677
10.8. Estructura metálica	678
10.9. Embarrados y conexiones.....	678
10.10. Aparamenta	678
10.11. Transformadores de potencia y reactancias.....	679
10.12. Batería de condensadores	679
10.13. Cables de potencia.....	680
10.14. Puesta a tierra	680
11. Plan de control de calidad	680
12. Recepción y puesta en marcha de las obras.....	683
MEDICIONES Y PRESUPUESTO	687



MEMORIA



**DISEÑO DE UNA LÍNEA AÉREA A 132 KV CON ALIMENTACIÓN SUBTERÁNEA
A SUBESTACIÓN 132/66 kV.-----MEMORIA-----**





1. Antecedentes

Ante la necesidad de mejorar el transporte de energía en España, interconexionando entre sistemas de transporte y distribución de la red eléctrica e intentando siempre hacerlo de la manera más eficiente y segura, se ha proyectado la construcción de una futura línea eléctrica aérea de 132 kV, su conexionado subterráneo a una subestación de intemperie y dimensionado de esta subestación formada por dos parques, uno de 132 kV de interruptor y medio y otro de 66kV de doble barra. Ambas configuraciones están diseñadas para asegurar la continuidad de suministro en caso de fallo de alguna de las barras.

Dicho proyecto tiene como finalidad la de interconexión de una red de 132 kV propiedad de red eléctrica española con origen en el pantano del Guadalquivir, a una red de líneas de 66 kV, cuyo uso está destinado a la distribución de energía, estando situada la subestación en el municipio de El bosque (Cádiz).

2. Objeto del proyecto

Teniendo en cuenta aspectos técnicos, económicos y de medio ambiente, se requiere diseñar una línea eléctrica junto con una subestación reductora con dos niveles de tensión, 132 kV y 66 kV, capaz de transformar una potencia total de 70 MVA. Dicha subestación será alimentada por un punto mediante una entrada subterránea de línea de 132 kV, cuyos datos técnicos se especifican posteriormente. La línea aérea discurre desde el pantano del Guadalquivir hasta el municipio de El Bosque (Cádiz).

En todo el proyecto se trabajará en Zona A (cota inferior a 500 metros sobre el nivel del mar) según el R.L.A.T.

El sistema de la subestación de 132 kV adoptará una configuración en interruptor y medio, en el que inicialmente se equiparán dos calles completas con sus debidas posiciones, con la posibilidad de aumentar el número de calles en un futuro.

Además, para dicho parque, se utilizará aparamenta de intemperie híbrida.

El sistema de 66 kV adoptará una configuración de doble barra, en el que se equiparán dos calles completas con sus posiciones. Para este parque también será utilizada aparamenta de intemperie híbrida.

3. Emplazamiento de la línea aérea, subterránea y subestación

La línea aérea proyectada está prevista para su construcción en Cádiz, concretamente entre el pantano del Guadalquivir y el municipio de El bosque (Cádiz).

Se trata de una línea aérea de 28115 metros con apoyos en configuración de doble circuito y con conductor LA 280 Hawk y cable de tierra OPGW 48 de fibra óptica.



Las características del conductor aéreo son las siguientes:

Se proyecta la línea con cable de Aluminio-Acero de 281,10 mm² de sección total, Conductor LA-280 Hawk (281,10 mm²):

- Designación: LA-280 Hawk
- Sección (mm²): 281,10
- Diámetro (mm): 21,798
- Carga de rotura (daN): 8422
- Peso (daN/m): 0,976
- Módulo de elasticidad (daN/mm²): 7700
- Coeficiente de dilatación (°C-1): 0,00001924
- Resistencia kilométrica (Ohm/km): 0,119
- Composición: 26+7

Se proyecta la línea de tierra con cable de fibra óptica de 180mm² de sección total, tipo OPGW 48:

- Designación: OPGW 48
- Sección (mm²): 180
- Diámetro (mm): 17.5
- Carga de rotura (daN): 7840
- Peso (daN/m): 0,624
- Módulo de elasticidad (daN/mm²): 11760
- Coeficiente de dilatación (°C-1): 0,0000115
- Resistencia kilométrica (Ohm/km): 0,001

La línea de entrada a la subestación, así como el emplazamiento de esta, está prevista para su construcción en El Bosque (Cádiz).

Se trata de una parcela de terreno que tiene el tamaño suficiente para albergar la subestación proyectada.

Las características del lugar de emplazamiento son las siguientes:

- Tipo de zona: A (según R.L.A.T.)
- Temperaturas extremas: -15°C/+50°C
- Contaminación ambiental: Media
- Nivel de niebla: Bajo-Medio
- Coeficiente sísmico básico: <0,04 g

Se construirá en una parcela ocupando 11.550m², superficie necesaria para su construcción. Las dimensiones de dicha parcela serán 105 x 110 metros.

La línea subterránea tendrá una longitud de 20 metros y será un cable elegido en un rango que la empresa suministradora de energía nos ofrece. En este caso obtenemos un cable de 630mm² cuyas características se expondrán posteriormente en este proyecto.



4. Normativa aplicada en el proyecto

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 HE sobre Ahorro de energía.
- Código Técnico de la Edificación, DB SU sobre Seguridad de utilización.
- NBE CA-88 de Condiciones Acústicas en los Edificios.
- 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.

☐ PROTECCION 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 54-1-2-3-4-5-10-11 sobre 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 dorso 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 Cosejería de Medio Ambiente. Zonas de especial protección de las aves.

5. Descripción de la línea eléctrica aérea

La línea eléctrica aérea que nos ocupa en este proyecto, contará con una longitud de 28115 metros, los cuáles discurren desde el término municipal de El Bosque (Cádiz) y el pantano del Guadalcaén. Entre estos términos, se atraviesan los de Prado del Rey (Cádiz).

La línea discurrirá en posición de Doble circuito con un conductor LA-280 Hawk cuyas características se mencionan en este proyecto. Además, cuenta con una protección de cable de tierra OPGW 48 para las descargas atmosféricas, así como picas de tierra para cada apoyo, las cuáles se describirán en el apartado de Anexos.

5.1. CARACTERÍSTICAS DE LA CORRIENTE

DESCRIPCIÓN

La potencia a transportar por la línea eléctrica es de 70 MVA, en una red trifásica cuyas características se exponen a continuación:

- TENSION MÁXIMA DE SERVICIO: 132 kV
- FRECUENCIA: 50 Hz
- FACTOR POTENCIA: 0,899
- CLASE DE CORRIENTE: Alterna-Trifásica

5.2. CARACTERÍSTICAS DEL CONDUCTOR

DESCRIPCIÓN

Se proyecta la línea con cable de Aluminio-Acero de 281,10 mm² de sección total, Conductor LA-280 Hawk (281,10 mm²):

- Designación: LA-280 Hawk
- Sección (mm²): 281,10
- Diámetro (mm): 21,798
- Carga de rotura (daN): 8422
- Peso (daN/m): 0,976
- Módulo de elasticidad (daN/mm²): 7700
- Coeficiente de dilatación (°C-1): 0,00001924
- Resistencia kilométrica (Ohm/km): 0,119
- Composición: 26+7



5.3. CARACTERÍSTICAS DEL AISLAMIENTO

DESCRIPCIÓN

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

TIPOS DE CADENAS

Los tipos de cadena de aislamiento son, de alineación para los apoyos en línea ó cadenas verticales y de amarre ó cadenas horizontales para los apoyos de anclaje, ángulo o principio y fin de línea.

5.4. CARACTERÍSTICAS DE LOS APOYOS

DESCRIPCIÓN

Todos los apoyos serán metálicos y galvanizados en caliente, resueltos con fuste en barras atornilladas ó electro-soldadas y cabeza en cuerpo único soldado, según recomendación UNESA 6704-A ú ONSE. Dispuestos para llevar cadenas de aisladores de suspensión en los apoyos de alineación y cadenas de amarre en los ángulos, anclajes y fin de línea.

Los apoyos están formados por:

- CABEZA: Prismática de sección cuadrada en un cuerpo único soldado, taladrada para adosar en diferentes combinaciones de crucetas.
- FUSTE: Tronco piramidal de sección cuadrada, formado por distintos tramos según la altura a conseguir, cada uno se compone de cuatro montantes de longitud máxima de 6 m unidos por celosía sencilla atornillada ó electro-soldada en cuerpos.
- ARMADO: Se realizan a partir de semicrucetas atornilladas de diferente longitud, lo que permite una amplia variedad de combinaciones.

Las crucetas podrán ir en varios tipos de montaje pero con 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 antielectrocucion.

Las funciones, esfuerzos, alturas, tipo de montaje, separación entre crucetas y número de apoyos quedan definidos en el capítulo de cálculos.

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

CIMENTACIONES DE LOS APOYOS



La cimentación de los apoyos descritos en este proyecto, han sido calculados siguiendo el método Sulzberger, adoptándose los parámetros que figuran en el cuadro incluido en el anexo de CÁLCULOS a tal efecto.

TIERRAS

Todas las estructuras metálicas de los apoyos, irán unidas directamente a tierra mediante conductores de 100 mm² de acero y piquetas de acero galvanizadas.

Dada la naturaleza del terreno, y no pudiendo prever la resistencia de difusión de la puesta a tierra que se obtendrá en cada uno de los apoyos, se ha proyectado esta instalación con el aislamiento correspondiente al escalón superior de tensión indicado en el artículo 24 de vigente Reglamento para las ondas de choque.

Asimismo, en los apoyos emplazados en zonas de pública concurrencia, las tomas de tierra se dispondrán en anillo cerrado y enterrado alrededor del empotramiento del apoyo, a un metro de distancia de las aristas del macizo de la cimentación.

De esta forma también será ejecutada la instalación de toma de tierra en anillo en aquellos apoyos que soporten elementos de maniobra de cualquier tipo.

5.5. ELEMENTOS ADICIONALES

TERMINALES

En el apoyo final, para dar lugar a la línea subterránea, se instalarán botellas terminales como dispositivos adicionales de la línea aérea. Los terminales a utilizar serán del tipo exterior termorretráctiles 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 termorretráctil 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 termorretráctil 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.

El contorno del aislamiento externo, ocurre generalmente cuando la contaminación y la humedad se depositan sobre la superficie exterior debido a llovizna, nieve, rocío o niebla, sin un efecto de lavado significativo.



La designación de estos elementos es APECB 1452 P de la empresa ABB. Sus características son las siguientes:

Tensión máxima admisible será de 145 kV.

Distancia a cresta 3750 mm

Máxima fuerza actuando normal 2000 N

Diámetro 359mm

Diámetro de la boquilla 50mm

Longitud de la boquilla 125 mm

Longitud de conexiones 235 mm

Longitud cuerpo de terminal 1620 mm

Diámetro de la vaina 170 mm

AUTOVÁLVULAS

Con objeto de proteger los cables contra las sobre tensiones provocadas por descargas atmosféricas, se instalarán autoválvulas o pararrayos. Estas autoválvulas se dispondrán sólo en el último apoyo.

Las autoválvulas serán de óxido de zinc, del fabricante ABB, como elemento activo y con contador de descargas. Las características exigidas son las siguientes:

Tensión nominal 132 kV

Tensión más elevada 145 kV

Línea de fuga 5.302metros

Corriente nominal de descarga 10 Ka

5.6. DISTANCIA DE SEGURIDAD

DISTANCIA DE LOS CONDUCTORES AL TERRENO

La distancia de los conductores al terreno, según el artículo 25.1 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 metros.

DISTANCIA ENTRE CONDUCTORES

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 artículo 25 apartado 2, 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. CRUZAMIENTOS

En el presente proyecto se efectúan los siguientes cruzamientos en la línea eléctrica aérea de 132 kV:

Cruzamiento nº 99 “Autovías, autopistas” situado a 1475,05m del origen.

Entre los apoyos 54 del presente proyecto se presenta un cruzamiento tipo Autovías, autopistas.

Cruzamiento nº 44 “Carretera, caminos asfaltados” situado a 1853,450m del origen.

Entre los apoyos 60 y 71 del presente proyecto se presenta un cruzamiento tipo Carretera, caminos asfaltados.

Cruzamiento nº 44 “Carretera, caminos asfaltados” situado a 7005,750m del origen.

Entre los apoyos 180 y 191 del presente proyecto se presenta un cruzamiento tipo Carretera, caminos asfaltados.

Cruzamiento nº 44 “Carretera, caminos asfaltados” situado a 10206,150m del origen.

Entre los apoyos 230 y 241 del presente proyecto se presenta un cruzamiento tipo Carretera, caminos asfaltados.

Cruzamiento nº 44 “Carretera, caminos asfaltados” situado a 11487,450m del origen.

Entre los apoyos 250 y 261 del presente proyecto se presenta un cruzamiento tipo Carretera, caminos asfaltados.

Cruzamiento nº 44 “Carretera, caminos asfaltados” situado a 11539,700m del origen.

Entre los apoyos 250 y 261 del presente proyecto se presenta un cruzamiento tipo Carretera, caminos asfaltados.

Cruzamiento nº 44 “Carretera, caminos asfaltados” situado a 13112,050m del origen.

Entre los apoyos 280 y 291 del presente proyecto se presenta un cruzamiento tipo Carretera, caminos asfaltados.



Cruzamiento nº 44 “Carretera, caminos asfaltados” situado a 13367,250m del origen.

Entre los apoyos 280 y 291 del presente proyecto se presenta un cruzamiento tipo Carretera, caminos asfaltados.

Cruzamiento nº 44 “Carretera, caminos asfaltados” situado a 13412,050m del origen.

Entre los apoyos 280 y 291 del presente proyecto se presenta un cruzamiento tipo Carretera, caminos asfaltados.

Cruzamiento nº 44 “Carretera, caminos asfaltados” situado a 17451,500m del origen.

Entre los apoyos 360 y 371 del presente proyecto se presenta un cruzamiento tipo Carretera, caminos asfaltados.

Cruzamiento nº 44 “Carretera, caminos asfaltados” situado a 21736,250m del origen.

Entre los apoyos 430 y 441 del presente proyecto se presenta un cruzamiento tipo Carretera, caminos asfaltados.

Cruzamiento nº 44 “Carretera, caminos asfaltados” situado a 27630,300m del origen.

Entre los apoyos 550 y 561 del presente proyecto se presenta un cruzamiento tipo Carretera, caminos asfaltados.

Cruzamiento nº 7 “Ríos, arroyos, embalses, pantanos, ramblas” situado a 28019,60m del origen.

Entre los apoyos 56 y 57 del presente proyecto se presenta un cruzamiento tipo Ríos, arroyos, embalses, pantanos, ramblas.

Todos estos cruzamientos, se expondrán en el anexo de Cálculos, y se justificarán las distancias tomadas para cada cruzamiento.

6. Descripción del tramo de línea subterránea

6.1. Disposición física de la línea

Las fases estarán dispuestas en doble circuito y cada uno de los cables irá en un tubo de polietileno de doble capa, quedando todos los tubos embebidos en un bloque de hormigón.

Esta canalización tendrá una profundidad de 1,55 metros y una anchura de 1,7 metros con una separación entre circuitos de 75 cm. La longitud de la línea será de 20 metros.



6.2. Esquema de conexión de 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 del tipo “Solid Bonded”(pantallas conectadas a tierra en ambos extremos).

Esta configuración se aplica a líneas de poca longitud. Si se utiliza este sistema en los cables al tresbolillo, deben de colocarse lo más juntos posibles para reducir tensiones inducidas en las pantallas. En la figura siguiente se puede ver cómo quedaría la configuración que adoptamos.



6.3. Descripción de los materiales

COMPOSICIÓN DEL CONDUCTOR SUBTERRÁNEO ADOPTADO

Conductor de aluminio semirrígido de clase 2, con aislamiento de polietileno reticulado (XLPE). Tiene una pantalla de corona de hilos de cobre con cubierta exterior de poliolefina termoplástica libre de halógenos.

Este cable está especialmente diseñado para distribución de energía para instalaciones en alta tensión al aire entubados y enterrados.

Cubierta resistente a la abrasión y al desgarró, con obturación longitudinal ante la penetración del agua en pantalla y conductor. Cable libre de halógenos y no propagador de llama.

Temperatura máxima en servicio permanente de 90°.

COMPOSICIÓN

- Sección del conductor (mm²): 630
- Material del conductor: aluminio



- Material del aislamiento: XLPE
- Tipo de pantalla: hilos de cobre
- Material de pantalla: cobre
- Sección de la pantalla (mm²): 1390
- Material de cubierta: Poliolefina

DIMENSIONES

- Diámetro del conductor (mm): 28.32
- Diámetro del conductor incluida la pantalla semiconductora (mm): 67.3
- Espesor del aislamiento (mm): 10
- Espesor de la cubierta (mm): 19.49
- Diámetro exterior nominal (mm): 87.7
- Radio mínimo de curvatura (mm): 1755
- Peso aproximado del cable (Kg/km): 8425

CARACTERÍSTICAS DEL CABLE



- Resistencia del conductor en c.c. a 20º ($\Omega \cdot \text{km}$): 0.048
- Resistencia de la pantalla en c.c. a 20º ($\Omega \cdot \text{km}$): 0.1545
- Capacidad nominal del cable ($\mu\text{F}/\text{km}$): 0.127
- Gradiente de potencial máximo (kV/mm): 7
- Gradiente de potencial mínimo (kV/mm): 5
- Corriente admisible en el cable en régimen permanente en tubos(A): 519

CARACTERÍSTICAS NOMINALES

- Tensión nominal (kV): 132
- Temperatura nominal máxima del conductor en servicio normal (ºC): 90
- Temperatura en condiciones de cortocircuito (ºC): 250
- Tensión soportada a impulsos (kV): 650

CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN EN RÉGIMEN PERMANENTE

Las características eléctricas de la línea, obtenidas 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 y junto con los datos de Anexo de Cálculos son las que se indican a continuación:

- Intensidad máxima admisible (A): 519
- Potencia máxima admisible (MVA): 152

CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN EN RÉGIMEN DE CORTOCIRCUITO

Las características obtenidas a partir del cálculo adjunto en el documento de anexos son las siguientes:



- Temperatura inicial del conductor en el c.c. (°C): 250
- Temperatura final del conductor en el c.c.(°C): 90
- Duración del cortocircuito en el conductor(s): 0.5
- Intensidad máxima de cortocircuito en el conductor(kA): 84
- Temperatura inicial en la pantalla(°C):150
- Temperatura final en la pantalla(°C):80
- Duración del cortocircuito(s): 0.5
- Intensidad máxima de cortocircuito en la pantalla (kA): 23

6.4. Empalmes

Los empalmes llevarán una envolvente para su protección mecánica una vez instalados. Esta envolvente deberá tener como mínimo las mismas características de resistencia mecánica que la propia cubierta del cable y garantizar la estanqueidad.

No deben limitar la capacidad de transporte de los cables, tanto en servicio normal como en régimen de sobrecarga dentro de las condiciones de funcionamiento admitidas.

Para ello, la continuidad eléctrica de los conductores en los empalmes se realizará con elementos de unión de tal naturaleza que no disminuyan la correspondiente conductividad del conductor del cable.

Los empalmes deben admitir igualmente las mismas corrientes de cortocircuito que las definidas para el cable sobre el cuál se van a instalar.

Se utilizarán empalmes termorretráctiles para 132 kV. En estos empalmes, la unión de la parte conductora se hace mediante un conector a presión con pernos que tienen una cabeza que se autocizalla al alcanzar el par de apriete requerido para garantizar la conexión eléctrica prefijada.

El proceso de fabricación de los tubos aislantes consta de 5 etapas: extrusión, reticulado, expansión, cierre y corte. Sobre el conector y los extremos del semiconductor exterior del cable se aplica un tubo termo-retráctil de un material que uniformiza el campo eléctrico.

Se recubre todo el empalme con una malla de cobre estañado y se da continuidad a la pantalla mediante un casquillo de compresión.

6.5. Terminales

Los terminales a utilizar serán del tipo exterior termorretráctiles 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 semiconductor exterior. Para ello, se aplica un tubo termorretráctil de un material especial, solapado sobre la semiconductor exterior del cable, y cubriendo la superficie del aislamiento en el terminal.



El conjunto se recubre de otro tubo termorretractil 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.

El contorno del aislamiento externo, ocurre generalmente cuando la contaminación y la humedad se depositan sobre la superficie exterior debido a llovizna, nieve, rocío o niebla, sin un efecto de lavado significativo.

La designación de estos elementos es APECB 1452 P de la empresa ABB. Sus características son las siguientes:

Tensión máxima admisible será de 145 kV.

Distancia a cresta 3750 mm

Máxima fuerza actuando normal 2000 N

Diámetro 359mm

Diámetro de la boquilla 50mm

Longitud de la boquilla 125 mm

Longitud de conexiones 235 mm

Longitud cuerpo de terminal 1620 mm

Diámetro de la vaina 170 mm

6.6. Autoválvulas

Con objeto de proteger los cables contra las sobre tensiones provocadas por descargas atmosféricas, se instalarán autoválvulas o pararrayos.

Las autovalvulas serán de óxido de zinc, del fabricante ABB, como elemento activo y con contador de descargas. Las características exigidas son las siguientes:

Tensión nominal 132 kV

Tensión más elevada 145 kV

Línea de fuga 5.302 metros

Corriente nominal de descarga 10 kA

6.7. Limitadores de tensión para pantallas

Los limitadores de tensión para las pantallas son dispositivos con características tensión-corriente fuertemente no lineales, destinados a limitar las diferencias de potencial transitorias de ocasión de sobretensiones de impulsos, atmosféricas o de maniobra, pueden aparecer entre elementos del circuito de pantallas con rigidez dieléctrica limitada.



Serán de óxido de zinc y no se deberán tener ningún efecto limitador sobre las tensiones a frecuencia industrial originadas durante las faltas en red.

Sin embargo, deberán conducir para las perturbaciones breves de origen atmosférico o de maniobra, que originan tensiones muy elevadas en los extremos y en los puntos de discontinuidad, limitando estas tensiones a valores admisibles.

Las tensiones que se han de limitar son las que aparecen entre las pantallas y la tierra local, que someten a esfuerzos dieléctricos a la cubierta exterior del cable y a los aisladores de soporte de los terminales y las que presentan entre los dos extremos de pantalla que concurren en un mismo empalme con discontinuidad de pantalla, que deben ser soportadas por un espesor muy reducido de material aislante en el interior del empalme.

6.8. Caja de conexión trifásica enterrada.

Son envolventes que requieren un útil o una llave para abrirse, constituidas para alojar las conexiones de las pantallas, de los cables de conexión a tierra y los limitadores de tensión asociados.

Estas envolventes 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.

Serán de acero galvanizado o acero inoxidable y deberán estar siempre conectadas a tierra, por medio de una conexión independiente de la puesta a tierra de los elementos contenidos en su interior.

Las envolventes serán trifásicas y deberán estar provistas de una etiqueta que muestre la disposición de enlace para la que van destinadas. Deben permitir aislar la pantalla para la realización de ensayos de cubierta. Se montarán enterradas y serán estancas con tapa atornillable de acero inoxidable.

Cumplirán el grado de protección IP68 a 1m de profundidad según IEC 529 (EN 60.529, UNE 20.324) e IK 10 según EN 50.102.

7. Descripción general de la subestación

7.1. Hipótesis de partida

La potencia a transportar es de 70MVA con un $\cos\phi$ de 0.9. La potencia de cortocircuito en la subestación es de 500 MVA según la compañía suministradora.

7.2. Características generales



El proyecto estará destinado al diseño de una línea aérea de transporte de 132 kV y a la interconexión de esta red de transporte de 132 kV con una red de distribución de 66 kV.

Para cumplir con este cometido, se ha implantado una configuración de doble circuito en la línea de transporte aérea, alimentando subterráneamente mediante un cable entubado a una subestación de 132 kV en el lado de A.T. y 66 kV en el lado de distribución.

El parque que conecta con la línea de entrada de 132 kV, tiene por tensión nominal la misma que las propias líneas de entrada y está interconectada al parque de 66 kV mediante dos transformadores trifásicos de potencia de 40 MVA cada uno de ellos.

Ambos parques contarán con la moderna tecnología híbrida compacta aislada en SF₆. Dicha tecnología reúne en una misma aparamenta los seccionadores de barras, línea y tierra, el interruptor y el transformador de intensidad necesarios para el correcto funcionamiento y maniobras de la subestación.

7.3. Parque de 132 kV

7.3.1. Descripción

El parque de 132 kV de la subestación, está destinado a ser conectado a la red de transporte de 132 kV e interconectar esta con una red de distribución de 66 kV a través de dos transformadores trifásicos de potencia de 40 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 cada una.
- 2 Embarrados principales. Cada uno de ellos con una posición de línea y otra de transformación.
- Embarrados secundarios, de interconexión con la aparamenta del parque.
- 6 equipos híbridos compactos con aislamiento en SF₆.
- 12 transformadores de tensión capacitivos, para protección y control de la entra de las líneas a la subestación.
- 18 aisladores de soporte para embarrados principales y secundarios.
- 12 autoválvulas pararrayos para la protección de la aparamenta.



La superficie ocupada por el parque de 132kV es de 4.248 m². Además, se ha provisto al parque de un vial en todo su perímetro, para permitir operaciones de maniobra y mantenimiento de la subestación.

7.3.2. Magnitudes eléctricas

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

La primera de ellas es la tensión nominal. Esta viene impuesta por la tensión de las líneas de transporte que alimentan la subestación, de 132 kV cada una.

Otro parámetro importante es la corriente máxima que va a circular por la subestación y que está fijada por la potencia máxima que puede transportar un circuito de la subestación en caso de fallo del otro circuito. Este valor es de 306,17 A en el caso de los embarrados principales y 153,08 en los embarrados secundarios.

A efectos de cálculo de los esfuerzos térmicos y dinámicos, y de la red de tierra de la subestación, se considerará como corriente de cortocircuito una de 40 kA y un tiempo de extinción de la falta de 0,5 segundos. La potencia de cortocircuito proporcionada por la empresa explotadora de la red eléctrica de 132 kV es de 500MVA en los puntos de entrada a la subestación. A pesar de estas corrientes de cortocircuito, según normativa CEI, se utiliza para el diseño de la subestación como corriente de cortocircuito de diseño una de 40 kA para el parque de 132 kV. Toda la aparamenta utilizada en ambos parques, está previamente diseñada por defecto para soportar estas corrientes de cortocircuito establecidas por la normativa.

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 tendrá el valor de 145 kV, la tensión soportada nominal 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, según ITC-MIERAT 12, al grupo B, por estar su nivel de tensión entre 52 kV y 300 kV.

Como resumen, en la tabla se muestran todas estas magnitudes eléctricas descritas.

Tensión nominal	132 kV
Tensión más elevada del material	145 kV
Tensión soportada nominal a los impulsos tipo rayo.	650 kV



Tensión soportada nominal de corta duración a frecuencia industrial	275 kV
Intensidad nominal	306,1 A
Corriente de cortocircuito de diseño y tiempo de extinción.	40 kA, 0,5 segundos
Grupo de aislamiento	B

Magnitudes eléctricas del parque de 132 kV.

La justificación de las magnitudes eléctricas, está descrita en el Anexo nº1: Cálculos.

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 ITC-MIE-RAT-12, donde se indican las distancias mínimas que deben establecerse en función de las tensiones del parque.

A continuación, se indican las distancias mínimas que se deben establecer y las que se han establecido, para que quede constancia de que todas ellas cumplen con la normativa.

Distancia entre conductores

Distancias fase-tierra	Distancia mínima	Distancia establecida
Conductor estructura	130 cm	320 cm

Distancias fase-tierra entre conductores.

Distancias fase-fase	Distancia mínima	Distancia establecida
Conductor estructura	130 cm	400 cm

Distancias fase-fase entre conductores

Distancia en pasillos de servicio y zonas de protección.



Pasillos	Distancia mínima	Distancia establecida
Pasillos de maniobra con elementos en tensión a un solo lado	100 cm	120 cm
Pasillos de maniobra con elementos en tensión a ambos lados	120 cm	150 cm
Pasillos de inspección con elementos en tensión a un solo lado	80 cm	120 cm
Pasillos de inspección con elementos en tensión a ambos lados	100 cm	150 cm
Altura de elementos en tensión sobre pasillos	380 cm	380 cm

Distancias de seguridad en pasillos de maniobra e inspección.

Distancia en zonas de protección contra contactos accidentales en el interior del recinto de la instalación.

Distancia a zonas de protección interiores	Distancia mínima	Distancia establecida
De elementos en tensión a paredes macizas de 180 cm de altura mínima	133cm	1270 cm



De elementos en tensión a enrejados de 180 cm de altura mínima	140 cm	1030 cm
De elementos en tensión a cierres de cualquier tipo	160 cm	1030 cm

Distancias en zonas de protección en el interior de la subestación.

Distancia en zonas de protección contra contactos accidentales desde el exterior del recinto de la instalación.

Distancias a zonas de protección exteriores	Distancia mínima	Distancia establecida
Distancia horizontal entre elementos en tensión t el cierre del recinto.	230 cm	1030 cm
Dos elementos en tensión cuando este es un enrejado	280	280

Distancias en zonas de protección desde el exterior de la subestación.

Como se puede comprobar, todas las distancias que se han establecido en el parque de 132 kV de la subestación, son superiores a las distancias mínimas exigidas por la normativa.

La justificación de las distancias mínimas exigidas, está descrita en el Anexo nº1: Cálculos

7.3.4. Embarrados

EMBARRADOS PRINCIPALES

Los embarrados principales de la subestación se utilizarán para conexión de las entradas de línea, con las posiciones de transformación de la subestación.



Según normativa, dichos tubos no pueden ser soldados en ningún punto o tramo, por lo que deben ser suministrados en tiradas continuas, y en tramos cortados y curvados en fábrica, pudiéndose proceder a pie de obra sólo a su limpieza y montaje posterior.

Los embarrados principales del parque de 132 kV, estarán conformados con tubos de aluminio cuyas características son las siguientes:

Aleación	AlMgSiO, 5 F22
Diámetro exterior.....	150 mm
Diámetro interior	134 mm
Sección total del conductor.....	3569 mm ²
Peso propio.....	9,63 kg/m
Momento de inercia.....	902 cm ⁴
Momento resistente..	120 cm ³
Módulo de Young.....	70.000 N/mm ²
Límite de fluencia.....	160 N/mm ²
Coefficiente de dilatación.....	0,023 mm/m°C
Carga de rotura.....	215 N/mm ²
Intensidad máxima admisible.....	4408 A

Estos tubos tendrán un diámetro externo de 150 mm y un diámetro interno de 134 mm. La longitud de los embarrados será de 18 m, la distancia entre apoyos será de 8 metros y la distancia entre los tubos, como ya se ha indicado en el apartado 5.3.3. Distancias, será de 4 metros.

En el Anexo nº1: Cálculos, se describen todos los cálculos eléctricos y mecánicos que justifican el uso de estos tubos como parte de los embarrados principales.

Los embarrados principales hasta ahora descritos, estarán colocados sobre aisladores de soporte del tipo C6-650. Dichos aisladores tendrán una altura de 1.5 metros, altura a la cual están instalados los tubos de los embarrados.

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

Carga de rotura a flexión.....	6000 N
Carga de rotura a torsión.....	3000 N
Altura del aislador.....	1500 mm
Diámetro del aislador.....	172 mm
Tensión nominal	145 kV
Tensión máxima del material..	650 kV
Tensión soportada bajo lluvia ..	275 kV
Línea de fuga	3625 mm

En el Anexo nº1: Cálculos, se describen todos los cálculos eléctricos y mecánicos que justifican el uso de aisladores de soporte como parte de los embarrados principales.



EMBARRADOS SECUNDARIOS

Los embarrados secundarios del parque de 132 kV se utilizarán para conexión la aparamenta y los embarrados principales.

Los embarrados secundarios del parque, estarán conformados con tubos de aluminio cuyas características son las siguientes:

Aleación	AlMgSiO, 5 F22
Diámetro exterior.....	100 mm
Diámetro interior	88 mm
Sección total del conductor.....	1772 mm ²
Peso propio.....	4,78 kg/m
Momento de inercia.....	196 cm ⁴
Momento resistente...100 cm ³	
Módulo de Young.....	70.000 N/mm ²
Límite de fluencia.....	160 N/mm ²
Coeficiente de dilatación.....	0,023 mm/m°C
Carga de rotura.....	215 N/mm ²
Intensidad máxima admisible.....	2320 A

Estos tubos tendrán un diámetro externo de 100 mm y un diámetro interno de 88 mm. La longitud de los embarrados será de 9,5 m, la distancia entre apoyos será de 9,5 metros y la distancia entre los tubos, como ya se ha indicado en el apartado 5.3.3. Distancias, será de 4 metros.

En el Anexo nº1: Cálculos, se describen todos los cálculos eléctricos y mecánicos que justifican el uso de estos tubos como parte de los embarrados secundarios.

Los embarrados secundarios hasta ahora descritos, estarán colocados sobre aisladores de soporte del tipo C4-650. Dichos aisladores tendrán una altura de 1.5 metros, altura a la cual están instalados los tubos de los embarrados.

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

Carga de rotura a flexión.....	4000 N
Carga de rotura a torsión.....	3000 N
Altura del aislador.....	1500 mm
Diámetro del aislador.....	172 mm
Tensión nominal	145 kV
Tensión máxima del material..	650 kV
Tensión soportada bajo lluvia ..	275 kV
Línea de fuga	3625 mm



En el Anexo nº1: Cálculos, se describen todos los cálculos eléctricos y mecánicos que justifican el uso de aisladores de soporte como parte de los embarrados secundarios.

7.3.5. Piezas de conexión

Para absorber las variaciones longitudinales que se producen en los embarrados, tanto primarios como secundarios, 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 las bornas de conexión.

El cálculo de las dilataciones sufridas por los embarrados antes la temperatura, está justificado en el Anexo nº1: Cálculos.

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

7.3.6. Características de la aparamenta

Módulos híbridos PASS M0 145 kV

Los módulos híbridos, con tecnología PASS, son módulos compactos de intemperie, con aislamiento en SF₆, que agrupan en un único elemento el interruptor, seccionador de barras, seccionador de líneas y su puesta a tierra, y transformador de intensidad. El aislamiento en SF₆ evita la creación de posibles arcos eléctricos.

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

Interruptor: establecer, mantener e interrumpir la intensidad de la corriente de servicio, o interrumpir automáticamente intensidades elevadas que puedan dañar la subestación, tales como corrientes 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 corriente 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 está aislado en SF₆, lo cual garantiza fiabilidad y durabilidad independientemente de las condiciones externas.

El módulo utilizado en el parque de 132 kV es el PASS M0 145 kV de ABB.

Este en concreto, está compuesto por un seccionador de barras, un seccionador de línea y su correspondiente puesta a tierra, un interruptor y un transformador de tensión, por fase.

Las características del módulo híbrido PASS M0 145 kV, son las siguientes:

Tensión nominal de red 132 kV
Tensión más elevada 145 kV
Frecuencia.....50 Hz
Tensión soportada nominal a impulsos tipo rayo.....650 kV
Tensión soportada nominal a frecuencia industrial....275 kV
Corriente máxima admisible.....3150 A
Corriente de cortocircuito soportada...50 kA
Tiempo máximo soportado hasta despeje de falta 3 s

Las características asignadas a los interruptores automáticos son las siguientes :

Fluido para el aislamiento ...SF₆
Tiempo de apertura ..< 50 ms
Tiempo de cierre..... < 150 ms
Tensión auxiliar alimentación motor...325 V
Tensión auxiliar bobinas de apertura.....325 V
Tensión auxiliar bobinas de cierre.....325 V

Las características asignadas a los transformadores de intensidad son las siguientes :

Tipo Toroidal



Relación de transformación 1200/15 A
Potencia de los arrollamientos:

Secundario 1 : 115 VA

Secundario 2: 125 VA

Secundario 3: 135 VA

Secundario 4: 135 VA

Las características asignadas a los seccionadores son las siguientes:

Accionamiento cuchillas principales Motorizado

Poder de cierre del seccionador de puesta a tierra ..80 kA

Tensión auxiliar alimentación motor y accionamiento.325 V

Los módulos híbridos compactos son modulables y pueden ser intercambiados los seccionadores de línea y barras, para conseguir la disposición adecuada. El en caso de los módulos acoplados a las barras secundarias del parque de 132 kV, serán instalados a ambos lados del PASS MO, módulos de seccionamiento de línea con el correspondiente transformador de intensidad toroidal.

Las características geométricas y las dimensiones, están especificadas en el Documento Planos

7.3.7. Transformadores de tensión capacitivos

Los transformadores de tensión capacitivos instalados en el parque de 132 kV, tienen las siguientes funciones:

-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 y colocación.

-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 utilizados en el parque de 132 kV, son del modelo DDB-145 de la empresa ARTECHE. El número total de estos transformadores instalados en el parque es de



12. Se colocan un juego de tres transformadores en cada entrada de línea a la subestación y en la entrada de los transformadores trifásicos de potencia.

Las características técnicas de los transformadores de tensión son las siguientes:

Tensión máxima de funcionamiento 145 kV
Tensión soportada nominal a impulsos tipo rayo.650 kV
Tensión soportada nominal a frecuencia industrial....275kV
Frecuencia..50 Hz
Capacidad.....3900 pF

En cuanto a las dimensiones del transformador, serán 1920 mm de alto, y 450 mm de diámetro en planta. Estos, van colocados sobre un soporte de acero de una altura de 3500 mm. Por tanto la altura total será de 5420 mm.

Las características geométricas y las dimensiones, están especificadas en el Documento Planos

7.3.8. Autoválvulas

Las autoválvulas pararrayos que se instalan en el parque están destinadas a proteger contra las sobretensiones de tipo atmosférico. Normalmente se instalan a ambos lados de la aparamenta de transformación de potencia, y en las entradas de línea de la subestación.

Las autoválvulas seleccionadas en el parque de 132 kV, son EXLIM Q-E 145. La de la selección de las mismas, está justificada en el Anexo nº1: Cálculos.

Se instalarán un total de 12 autoválvulas en el parque de 132 kV. Una por cada fase de las entradas de línea y otra por cada fase de las entradas a los transformadores.

Las características técnicas de las autoválvulas seleccionadas son las siguientes:

Tensión de servicio continuo (fase - tierra) 132 kV
Tensión de cebado (fase - tierra) 208 kV
Tensión máxima transitoria TOV 1 seg (fase–tierra).153 kV
Tensión máxima transitoria TOV 10 seg (fase–tierra)...155 kV
Intensidad máxima de descarga.... 100 kA
Longitud de la línea de fuga.....5302 mm

Las características geométricas y las dimensiones, están especificadas en el Documento Planos.



7.4. Parque de 66 kV

7.4.1. Descripción

El parque de 66 kV de la subestación, está destinado a ser conectado a la red de distribución de 66 kV e interconexionar esta con una red de transporte de 132 kV a través de unos transformadores trifásicos de potencia de 40 MVA.

La configuración adoptada para este parque, es la de doble barra. 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 66 kV consta de:

5 salida de línea de 66 kV.

Embarrados principales compuestos por 5 posiciones de línea.

Embarrados secundarios, de interconexión con la aparamenta del parque.

8 equipos híbridos compactos con aislamiento en SF₆.

6 transformadores de tensión capacitivos, para protección y control de la entra de las líneas a la subestación.

22 aisladores de soporte que fijan los embarrados principales y secundarios.

15 autoválvulas pararrayos para la protección de la aparamenta.

La superficie ocupada por el parque de 66 kV es de 1.587,4 m². Además, se ha provisto al parque de un vial en todo su perímetro, para permitir operaciones de maniobra y mantenimiento de la subestación.

7.4.2. Magnitudes eléctricas

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

La primera de ellas es la tensión nominal. Esta viene impuesta por la tensión de las líneas de transporte que alimentan la subestación, de 66 kV cada una.

Otro parámetro importante es la corriente máxima que va a circular por la subestación y que está fijada por la potencia máxima que puede transportar un circuito de la subestación en caso de fallo del otro circuito. Este valor es de 1049,72 A para el caso de los embarrados secundarios y de 2099,45 A para el embarrado principal.

La corriente de cortocircuito que aparece en las barras principales del parque de 66 kV es de 612 kA. A pesar de esto, a efectos de cálculo de los esfuerzos térmicos y dinámicos, y de la red de tierra de la subestación, se considerará como corriente de cortocircuito una de 306 kA



y un tiempo de extinción de la falta de 0,5 segundos. Según normativa CEI, se utiliza para el diseño de la subestación como corriente de cortocircuito de diseño una de 31,5 kA para el parque de 66 kV. Toda la aparamenta utilizada en ambos parques, está previamente diseñada por defecto para soportar estas corrientes de cortocircuito establecidas por la normativa.

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 tendrá el valor de 72,5 kV, la tensión soportada nominal a los impulsos tipo rayo, con un valor de 325 kV, y la tensión soportada nominal de corta duración a frecuencia industrial, que valdrá 140 kV.

Además, en función de dichas tensiones, se establece el grupo de nivel de aislamiento del parque, correspondiendo, según ITC-MIERAT 12, al grupo B, por estar su nivel de tensión entre 36 kV y 245 kV

Como resumen, en la tabla se muestran todas estas magnitudes eléctricas descritas.

Tensión nominal	66 kV
Tensión más elevada del material	72,5 kV
Tensión soportada nominal a los impulsos tipo rayo.	325 kV
Tensión soportada nominal de corta duración a frecuencia industrial	140 kV
Intensidad nominal	325 A
Corriente de cortocircuito de diseño y tiempo de extinción.	31,5 kA, 0,5 segundos
Grupo de aislamiento	B

Tabla Magnitudes eléctricas del parque de 66 kV.

La justificación de las magnitudes eléctricas, está descrita en el Anexo nº1 Cálculos.

7.4.3. 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 ITC-MIE-RAT-12, donde se indican las distancias mínimas que deben establecerse en función de las tensiones del parque.

A continuación, se indican las distancias mínimas que se deben establecer y las que se han establecido, para que quede constancia de que todas ellas cumplen con la normativa.

Distancia entre conductores

Distancias fase-tierra	Distancia mínima	Distancia establecida
Entre conductores	63 cm	150 cm

Distancias fase-tierra entre conductores.

Distancias fase-fase	Distancia mínima	Distancia establecida
Entre conductores	63 cm	150 cm

Distancias fase-fase entre conductores

Distancia en pasillos de servicio y zonas de protección.

Pasillos	Distancia mínima	Distancia establecida
Pasillos de maniobra con elementos en tensión a un solo lado	100 cm	120 cm
Pasillos de maniobra con elementos en tensión a ambos lados	120 cm	150 cm
Pasillos de inspección con elementos en tensión a un solo lado	80 cm	120 cm
Pasillos de inspección con elementos en tensión a ambos lados	100 cm	150 cm



Altura de elementos en tensión sobre pasillos	313 cm	450 cm

Distancias de seguridad en pasillos de maniobra e inspección.

Distancia en zonas de protección contra contactos accidentales en el interior del recinto de la instalación.

Distancia a zonas de protección interiores	Distancia mínima	Distancia establecida
De elementos en tensión a paredes macizas de 180 cm de altura mínima	66 cm	1080 cm
De elementos en tensión a enrejados de 180 cm de altura mínima	73 cm	870 cm
De elementos en tensión a cierres de cualquier tipo	93 cm	870 cm

Distancias en zonas de protección en el interior de la subestación.



Distancia en zonas de protección contra contactos accidentales desde el exterior del recinto de la instalación.

Distancias a zonas de protección exteriores	Distancia mínima	Distancia establecida
Distancia horizontal entre elementos en tensión y el cierre del recinto.	213 cm	870 cm

Tabla 12: Distancias en zonas de protección desde el exterior de la subestación.

Como se puede comprobar, todas las distancias que se han establecido en el parque de 66 kV de la subestación, son superiores a las distancias mínimas exigidas por la normativa.

La justificación de las distancias mínimas exigidas, está descrita en el Anexo nº1: Cálculos.

7.4.4. Embarrados

EMBARRADOS PRINCIPALES

Los embarrados principales de la subestación se utilizarán para conexionar las entradas de línea, con las posición de transformación de la subestación.

Según normativa, dichos tubos no pueden ser soldados en ningún punto o tramo, por lo que deben ser suministrados en tiradas continuas, y en tramos cortados y curvados en fábrica, pudiéndose proceder a pie de obra sólo a su limpieza y montaje posterior.

Los embarrados principales del parque de 66 kV, estarán conformados con tubos de aluminio cuyas características son las siguientes:

Aleación AlMgSiO, 5 F22
 Diámetro exterior.....120 mm
 Diámetro interior 100 mm
 Sección total del conductor.....3456 mm²
 Peso propio.....9,33 kg/m
 Momento de inercia.....812 cm⁴
 Momento resistente...110 cm³
 Módulo de Young.....69.200 N/mm²
 Límite de fluencia.....160 N/mm²)



Coeficiente de dilatación.....0,023 mm/m°C
Carga de rotura.....205 N/mm²
Intensidad máxima admisible.....3795 A

Estos tubos tendrán un diámetro externo de 120 mm y un diámetro interno de 100 mm. La longitud de los embarrados será de 32 m, la distancia entre apoyos será de 8 metros y la distancia entre los tubos, como ya se ha indicado en el apartado 5.3.3. Distancias, será de 2 metros.

En el Anexo nº1: Cálculos, se describen todos los cálculos eléctricos y mecánicos que justifican el uso de estos tubos como parte de los embarrados principales.

Los embarrados principales hasta ahora descritos, estarán colocados sobre aisladores de soporte del tipo C4-325. Dichos aisladores tendrán una altura de 770mm, altura a la cual están instalados los tubos de los embarrados.

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

Carga de rotura a flexión.....4000 N
Carga de rotura a torsión...2000 N
Altura del aislador... 770 mm
Diámetro del aislador....158 mm
Tensión nominal . 66 kV
Tensión máxima del material.. 72,5 kV
Tensión soportada bajo lluvia .. 140 kV
Línea de fuga 1160mm

En el Anexo I: Cálculos Justificativos, se describen todos los cálculos eléctricos y mecánicos que justifican el uso de aisladores de soporte como parte de los embarrados principales.

EMBARRADOS SECUNDARIOS

Los embarrados secundarios del parque de 66 kV se utilizarán para conexas la aparamenta y los embarrados principales.

Los embarrados secundarios del parque, estarán conformados con tubos de aluminio cuyas características son las siguientes:

Aleación AlMgSiO, 5 F22
Diámetro exterior.....80 mm
Diámetro interior 68 mm
Sección total del conductor.....1394 mm²
Peso propio.....3,76 kg/m
Momento de inercia.....96,1 cm⁴
Momento resistente.90 cm³
Módulo de Young.....68.600 N/mm²



Límite de fluencia.....160 N/mm²
Coeficiente de dilatación.....0,023 mm/m°C
Carga de rotura.....225 N/mm²
Intensidad máxima admisible.....2020

A Estos tubos tendrán un de diámetro externo de 80 mm y de diámetro interno de 68 mm. La longitud de los embarrados será de 5 m, la distancia entre apoyos será de 5 metros y la distancia entre los tubos, como ya se ha indicado en el apartado 5.3.3. Distancias, será de 2 metros.

En el Anexo nº1 Cálculos, se describen todos los cálculos eléctricos y mecánicos que justifican el uso de estos tubos como parte de los embarrados secundarios.

Los embarrados secundarios hasta ahora descritos, estarán colocados sobre aisladores de soporte del tipo C4-650. Dichos aisladores tendrán una altura de 6,1 metros, altura a la cual están instalados los tubos de los embarrados.

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

Carga de rotura a flexión.....4000 N
Carga de rotura a torsión...2000 N
Altura del aislador... 770 mm
Diámetro del aislador 158 mm
Tensión nominal . 66 kV
Tensión máxima del material.. 72,5 kV
Tensión soportada bajo lluvia ..140 kV

En el Anexo nº1: Cálculos, se describen todos los cálculos eléctricos y mecánicos que justifican el uso de aisladores de soporte como parte de los embarrados secundarios.

7.4.5. Piezas de conexión

Para absorber las variaciones longitudinales que se producen en los embarrados, tanto primarios como secundarios, 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 las bornas de conexión.

El cálculo de las dilataciones sufridas por los embarrados antes la temperatura, está justificado en el Anexo nº1: Cálculos.

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



7.4.6. Características de la aparamenta

Módulos híbridos PASS M00 72,5 kV

Los módulos híbridos, con tecnología PASS, son módulos compactos de intemperie, con aislamiento en SF₆, que agrupan en un único elemento el interruptor, seccionadores de barras, seccionador de líneas y su puesta a tierra, y transformador de intensidad. El aislamiento en SF₆ evita la creación de posibles arcos eléctricos.

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

Interruptor: establecer, mantener e interrumpir la intensidad de la corriente de servicio, o interrumpir automáticamente intensidades elevadas que puedan dañar la subestación, tales como corrientes 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 corriente que pasa por ellos sea nula o despreciable. En este caso se dispone de dos seccionadores de barras en lugar de solo uno, por tratarse de una configuración de doble barra.

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 está aislado en SF₆, lo cual garantiza fiabilidad y durabilidad independientemente de las condiciones externas.

El módulo utilizado en el parque de 66 kV es el PASS M00 72,5 kV de ABB.



Este en concreto, está compuesto por dos seccionadores de barras, un seccionador de línea y su correspondiente puesta a tierra, un interruptor y un transformador de tensión, por fase.

Las características del módulo híbrido PASS M00 72,5 kV, son las siguientes:

Tensión máxima de funcionamiento ...72,5 kV
Frecuencia..50 Hz
Tensión soportada nominal a impulsos tipo rayo.....325 kV
Tensión soportada nominal a frecuencia industrial....140 kV
Corriente máxima admisible..2000 A
Corriente de cortocircuito soportada.. 31,5 kA
Tiempo máximo soportado hasta despeje de falta3 s

Las características asignadas a los interruptores automáticos son las siguientes: :

Fluido para el aislamiento ...SF₆
Tiempo de apertura ..< 50 mseg
Tiempo de cierre.... < 150 mseg
Tensión auxiliar alimentación motor...125 V
Tensión auxiliar bobinas de apertura.....125 V
Tensión auxiliar bobinas de cierre.....125 V

Las características asignadas a los transformadores de intensidad son las siguientes: :

Tipo Toroidal
Relación de transformación 600/5 A
Potencia de los arrollamientos.

Secundario 1 : 10 VA

Secundario 2: 20 VA

Secundario 3: 30 VA

Secundario 4: 30 VA

Las características asignadas a los seccionadores son las siguientes:

Accionamiento cuchillas principales Motorizado
Poder de cierre del seccionador de puesta a tierra ...80 kA
Tensión auxiliar alimentación motor y accionamiento.125 V
Las características geométricas y las dimensiones, están especificadas en el Documento Planos.

7.4.7. Transformadores de tensión capacitivos

Los transformadores de tensión capacitivos instalados en el parque de 66 kV, tienen las siguientes funciones:

-Convertir la tensión de línea o barra, en otra más reducida y normalizada para la alimentación de los instrumentos de medida y e 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 y colocación.
- 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 utilizados en el parque de 66 kV, son del modelo DDB - 72 de la empresa ARTECHE. El número total de estos transformadores instalados en el parque es de tres. Se colocan un juego de tres transformadores en cada entrada de línea a la subestación.

Las características técnicas de los transformadores de tensión son las siguientes:

Tensión máxima de funcionamiento 72,5 kV
Tensión soportada nominal a impulsos tipo rayo...325 kV
Tensión soportada nominal a frecuencia industrial....140 kV
Frecuencia..50 Hz
Capacidad.....14600 pF
Relación de transformación.....66000:v3/110:v3-110v3-110v3

En cuanto a las dimensiones del transformador, serán 1550 mm de alto, y 450 mm de diámetro en planta. Estos, van colocados sobre un soporte de acero de una altura de 3800 mm. Por tanto la altura total será de 5350 mm.

Las características geométricas y las dimensiones, están especificadas en el Documento Planos

7.4.8. Autoválvulas

Las autoválvulas pararrayos que se instalan en el parque están destinadas a proteger contra las sobretensiones de tipo atmosférico. Normalmente se instalan a ambos lados de la aparamenta de transformación de potencia, y en las entradas de línea de la subestación.

Las autoválvulas seleccionadas en el parque de 66 kV, son INAEL DE 66kV. La de la selección de las mismas, está justificada en el Anexo nº1: Cálculos.

Se instalarán un total de 15 autoválvulas en el parque de 66 kV. Una por cada fase de las salidas de las líneas de distribución y otra por cada fase de las entradas a los transformadores.

Las características técnicas de las autoválvulas seleccionadas son las siguientes:

Tensión de servicio continuo (fase - tierra) 66 kV
Corriente nominal de descarga.....10kA
Distancia de arco.....720 mm
Tensión residual.....128kV
Longitud de la línea de fuga.....2115 mm



Las características geométricas y las dimensiones, están especificadas en el Documento Planos.

7.4.9. Transformación

La posición de transformación estará formada por dos transformadores trifásicos de potencia de 40 MVA cada uno. La relación de transformación de dichos transformadores será 132/66 kV.

Cada uno de ambos transformadores cumplirá con la instrucción técnica complementaria ITC – MIE-RAT-07.

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

Tipo de instalación . Instalación de intemperie

Número de fases 3

Frecuencia nominal 50 Hz

Potencia nominal 40 MVA

Relación de transformación ...132 / 66 kV

Tensión máxima de servicio .145 kV

Reactancia de dispersión.....12 %

Intensidad de cortocircuito soportada

- En lado de 132 kV 44 kA

- En lado de 66 kV 34,6 kA

Refrigeración por circulación natural de aceite a través de radiadores enfriados por aire natural, tipo ONAN y forzado mediante ventiladores, tipo ONAF.

La conexión de los arrollamientos primario y secundario será en estrella en ambos caos, y tendrán una puesta a tierra mediante conexión del neutro rígido a tierra. En el devanado terciario se establecerán unos arrollamientos de cobre utilizados únicamente para la alimentación de los equipos auxiliares.

Se instalará un depósito de aceite, uno para ambos transformador, para la recogida del mismo en caso de fugas. El volumen del depósito será de un 110% el volumen de aceite contenido en un transformador.

A cada uno de los transformadores se le dotará de 4 juegos de 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:

Transformadores de intensidad, en las bornas A.T, B.T y arrollamiento terciario. Utilizados para la regulación de la tensión y control térmico del transformador.



Elementos para la translación del transformador.

- Un equipo de preservación del aceite.
- Sistema de refrigeración previamente descrito.
- Instrumentos de medida de temperatura del aceite y de los arrollamientos.
- Un 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 relleno 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.

7.5. Red de tierras

7.5.1. Red de tierras inferiores

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

La red de tierras inferiores 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 tierras, 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 Ω m

Intensidad de defecto .. 28 kA

Tiempo de despeje de falta.....0,5 s

El cable elegido para la red de tierras inferiores será un cable de cobre de 120 mm² de sección. La malla formada por los cables de cobre, cubre una superficie total de 16200 m² y está enterada a una profundidad de 60 cm. La longitud total de cable de cobre enterrado es de



2805 m. Además, sobre el terreno, se ha proyectado cubrirlo de una capa de hormigón de 20 cm de espesor, cuya resistividad tiene el valor de 3000 Ω m.

Las características geométricas y dimensiones, es pueden ver en el Documento Planos.

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

Por tanto, como se justifica y concluye en los cálculos, la red de tierras diseñada no cumple con sus objetivos en la parte de tensión de contacto, por lo que nos vemos obligados a montar un mallazo electro-soldado cubierto de hormigón, además de vallar la subestación.

La fijación de las estructuras a la malla, se realizará mediante cable, que será fijado a la estructura mediante grapas de fundición de bronce, del que saldrá la varilla de toma a tierra. Dicha varilla será de cobre electrolítico de 14 mm de diámetro.

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

Todos los cálculos que justifican el diseño de la red de tierras, están contenidos en el Anexo nº1: Cálculos.

7.5.2. Red de tierras superiores

La red de tierras superiores tiene por cometido la captación de las descargas atmosféricas y su conducción a la malla de red inferiores enterrada a 0,6 metros de profundidad, para que pueda ser disipada sin poner en peligro la seguridad del personal ni de la subestación.

Esta está compuesta por un conjunto de hilos de guarda, paralelos a la calle y en unos pararrayos que protegen los equipos de la subestación.

Además, para asegurar la protección del parque de las posibles descargas atmosféricas, se ha proyectado la instalación cables de guarda para proteger las líneas, transformadores y demás elementos de la subestación. Dichos pararrayos se han determinado siguiendo la norma UNE 21186, fórmulas CIGRE, así como las empleadas en REE y el material de su fabricación será acero inoxidable.

Todos los cálculos que justifican el diseño de la red de tierras, están contenidos en el Anexo I: Cálculos Justificativos.



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.

Se instalarán un total de 12 ULC, una por cada posición de las barras de los parque de 132 kV y de 66 kV.

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.

8. Descripción de las instalaciones

8.1. El edificio

Se construirá un edificio de mando y control de una planta y con unas dimensiones de 15 x 25 metros, haciendo un total de 375 m², y de 4 metros de altura.

Dicho edificio dispondrá de una sala de mando y control, una sala de comunicaciones, una sala de servicios auxiliares, una sala destinada a almacenaje, aseos y vestuarios.

Básicamente se tratará de un edificio con zócalo inferior de hormigón visto, cerramiento a base de bloque de hormigón cara vista, y cubierta plana con placas de aluminio impermeabilizadas. 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.

Para el paso de cables entre dependencias, se utilizarán tubos en la solera, y para el paso de cables entre la subestación y el edificio se habilitarán huecos que serán sellados al finalizar la construcción.

El suministro de agua al edificio se realizará con una acometida a la red de suministro.

8.2. 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.

Se dotará al edificio 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.

8.3. Equipos de medida

Los equipos de medida irán instalados dentro de un armario en la sala de control. Dicho armario dispondrá de contadores de energía para las posiciones de transformación.



8.4. Servicios generales

8.4.1. Cuadro de corriente alterna y continua

Se instalará en el edificio un cuadro de corriente continua y uno de corriente alterna para la alimentación de los equipos de protección, control, señalización y emergencia.

8.4.2. 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 sobre intensidad para las líneas, y protecciones de sobreintensidad de alta y de baja, protección diferencial y regulador de tensión, para las posiciones de transformación.

8.4.3. 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 132 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.

8.4.4. Transformador de servicios auxiliares

Para atender a las necesidades de los servicios auxiliares, se instalará un transformador de 66000/380 V de 2500 kVA de potencia. La alimentación de dicho transformador se hará mediante la conexión a una de las líneas de salida del parque de 66 kV de la subestación. Este transformador se instalará en una sala adecuada para su uso, dentro del edificio de control y contará con un armario de distribución.

8.4.5. Instalación de alumbrado

Se dotará a la instalación de unas instalaciones de alumbrado y de fuerza.

Estas instalaciones alimentarán el alumbrado exterior e interior, el alumbrado de emergencia, la ventilación y el aire acondicionado.



El alumbrado exterior del edificio servirá para un mejor acceso al mismo y su alimentación se realizará mediante corriente alterna, procedente del armario de distribución de servicios auxiliares anteriormente mencionado.

El alumbrado del interior del edificio se realizará mediante corriente alterna, procedente del armario de distribución de servicios auxiliares. El alumbrado de emergencia se realizará mediante corriente alterna, procedente del armario de distribución de servicios auxiliares.

El sistema de ventilación y de aire acondicionado es importante para mantener la temperatura por debajo de los valores que se recomiendan para el correcto funcionamiento de los sistemas informáticos y armarios de servicios auxiliares, protección, telemando, y rectificadores de baterías.

Para el cálculo del número de sistemas de iluminación necesarios, partiremos definiendo unos parámetros previos necesarios para el cálculo.

Parte de estos parámetros previos son características del fabricante de los sistemas de iluminación necesarios ó características reguladas por las normas de aplicación, con respecto a esto, y de acuerdo a lo descrito en puntos anteriores, los tipos de sistemas de iluminación escogidas, según el Reglamento de Eficiencia Energética para Alumbrado Exterior, son:

- Lámparas fluorescentes T8 para despachos, oficinas, aseos, vestuarios, comedores, laboratorios, pasillos almacenes y zonas de similares características, excepto la zona de producción porque nos dan una eficacia cercana a la ideal en relación con un rendimiento aceptable y al igual que las luminarias anteriores, poseen una vida media aceptable y una buena relación lúmenes potencia.

- Lámpara de halógenos metálicos para la zona de producción porque, aunque pueden tener una eficacia lejos de la ideal, nos pueden proporcionar una alta gestión energética y buen rendimiento; además poseen una vida media aceptable y una buena relación lúmenes potencia.

Además de lo descrito anteriormente, ambos sistemas de iluminación deben poseer un balastro de tipo electrónico para limitar el consumo de corriente de la lámpara.

Los parámetros necesarios para el cálculo de la iluminación son:

De acuerdo con la Norma Europea UNE- EN 12464- 1, respecto de la iluminación de los lugares de trabajo en interior, para los distintos tipos de áreas, tareas y actividades según la Guía



Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación los valores de iluminación nominal, E, para recintos industriales son:

20/30/50/75/100/200/300/400/500/750/1000/1500/2000/3000/5000/7500/10,00

0 lx.

Se han establecido como “categorías de iluminación”, designadas desde la “A” hasta la “H”, que cubren niveles de iluminación desde 20 hasta 10,000 lx.

Nosotros solo vamos a acompañar una pequeña tabla con las iluminaciones necesarias para nuestro proyecto.

Tabla Iluminaciones necesarias según normativa.

Tipo de actividad	Categoría de iluminación	Iluminación nominal(lx)
Realización de tareas visuales de gran contraste o gran tamaño.	D	200 – 300 – 500
Realización de tareas Visuales de contraste medio o pequeño tamaño.	E	500 – 750 – 1000
Recintos de trabajo donde las tareas visuales sólo ocasionalmente.	C	100 – 150 – 200

De acuerdo con lo descrito anteriormente la iluminación deseada de cada dependencia, para este tipo de fábrica, es un parámetro normalizado y regulado por la Norma Europea UNE- EN 12464- 1, respecto de la iluminación de los lugares de trabajo en interior, para los distintos tipos de áreas, tareas y actividades según la Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación.



Iluminaciones necesarias.

Dependencia	Iluminación, E (Lux)
Servicios, aseos, pasillos, vestíbulo y zona de limpieza	100
Almacenes	200
Despachos, Oficinas, Sala de Juntas, comedor, Laboratorio y Zona de Producción	500

Este factor es característico del fabricante escogido para que nos proporcione los sistemas de iluminación interior necesarios y se encuentra tabulado por el fabricante de luminarias elegido para utilizar su luminaria. Depende de otros factores: el primero es el índice del local (K) y el segundo es el factor de reflexión (ρ).

A) Índice del local (K)

Para calcular el índice del local (K) se tiene que calcular, previamente, la altura a la que se colocan las luminarias con la siguiente fórmula:

Altura del montaje (h)

La altura de los techos a considerar en las dependencias de la nave será de 4 metros para oficinas, despachos y el resto.

B) Factor de reflexión de suelo, paredes y techo (ρ)

Este parámetro es función de los diferentes tipos de materiales, superficies y acabados en la misma. En la tabla aparecen los factores de reflexión de las dependencias de esta fábrica, obtenidos a partir de tablas en función de la aplicación de la dependencia y del color del techo, paredes y suelos de la misma. En el *Reglamento Técnico de la Edificación y la Guía Técnica para el aprovechamiento de la luz en la iluminación de edificios*, publicada por el



Ministerio de Industria, Turismo e Industria, podemos encontrar las tablas donde aparecen los valores del factor de reflexión (ρ).

En la tabla aparecen los valores del factor de reflexión (ρ) que se va a considera en este proyecto.

Tabla Valores del Factor de Reflexión considerados.

		Color	Factor de Reflexión (ρ)
Resto de dependencias	Techo	Claro	0,5
	Paredes	Claro	0,5
	Suelo	Claro	0,3

Una vez obtenidos el índice del local (K) y el factor de reflexión (ρ), podemos conseguir el rendimiento de iluminación (CU), directamente en unas tablas ó mediante interpolación en las mismas, en caso de no encontrar el valor exacto en ellas.

El efecto de la distribución de la luz en la habitación viene recogido en la correspondiente tabla. La tabla contiene el coeficiente de utilización (CU) como porcentaje frente al factor de la estancia ó índice de la dependencia (K), basado en una combinación de reflectancias sobre los techos, paredes y superficies de trabajo (o suelos) y considerando en factor de reflexión (ρ).

Valor del Coeficiente de Utilización del fabricante para el sistema de iluminación escogido.

	Factor de Reflexión (ρ)										
	Techo	0.8	0.8	0.8	0.5	0.5	0.8	0.8	0.5	0.5	0.3
	Pared	0.8	0.5	0.3	0.5	0.3	0.8	0.3	0.5	0.3	0.3
	Suelo	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1



		Coeficiente De Utilización UC (%)									
Índice del local (K)	0.6	74	69	61	50	45	40	30	20	10	5
	0.8	77	70	65	54	49	44	35	30	15	10
	1.0	80	72	67	60	53	49	39	35	20	15
	1.25	83	75	70	64	58	55	48	45	26	20
	1.5	86	79	73	70	62	60	55	50	30	25
	2	90	83	77	73	67	65	63	60	34	30
	2.5	96	86	81	79	70	69	68	65	40	35
	3	100	90	85	82	73	72	71	70	46	40
	4	103	95	88	86	78	75	74	73	52	45
	5	107	100	92	90	82	80	79	77	60	55

Esta tabla muestra el factor de utilización de la estancia para diferentes combinaciones de los factores de la estancia y las reflectancias (teniendo en cuenta siempre la dispersión ideal). La iluminancia E requerida en una habitación de área $a \times b$, se logra con n luminarias que tienen una eficiencia L_b y con lámparas con un flujo luminoso.

Factor de mantenimiento

Es un parámetro que marca el nivel de limpieza de las lámparas. Según el grado de suciedad que tengan las lámparas, este puede afectar al rendimiento de la misma provocando una no buena utilización.

Esta marcado por el grado de suciedad ambiental y de la frecuencia de limpieza del local. Se denomina con las letras CC.

Es escogido entre una escala de valores del *Reglamento Técnico de la Edificación*, para una limpieza periódica anual, tomando un valor de 0,8.



Factor de transmisión

El factor de transmisión (K) es un factor característico de la cada dependencia y se calcula aplicando el factor de conservación y mantenimiento de la instalación (CC) y el Rendimiento de iluminación (CU) en la siguiente fórmula:

$$K = CU \cdot CC$$

Flujo luminoso total

Para conocer el número de sistemas de iluminación necesarios a instalar en una habitación es necesario conocer previamente el flujo luminoso total (Φ) necesario en la superficie de la dependencia. Este flujo luminoso se calcula aplicando la siguiente fórmula y en ella los parámetros anteriormente obtenidos como son la iluminación nominal, E; y el factor de transmisión, K; además de la superficie de la dependencia.

$$\phi = \frac{E \cdot S_L}{K}$$

Elección de las luminarias

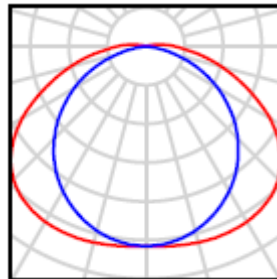
Según el *Reglamento Técnico de Edificación y la Guía de la Eficiencia Energética*; y de acuerdo con lo expuesto anteriormente, los sistemas de iluminación escogidos en fábricas de este tipo, deben ser halógenos metálicos para las zonas donde se realice la producción y fluorescentes T8 para oficinas, despachos, aseos, vestuarios, pasillos, almacenes comedores y laboratorios.

➤ ORNALUX C218 Coral sencillo para tubos fluorescente T8:

- Nº de artículo: C218
- Iluminación indirecta y suspendidos del techo
- Potencia de las luminarias 56 W.
- Flujo luminoso de las luminarias 2990 lúmenes.



- Clasificación de luminarias según CIE: 98
- Código CIE Flux: 41 73 93 98 76
- Armamento: 2 x T8 / G13 (factor de corrección 1.000)



Iluminación exterior

El alumbrado de exteriores trata de proporcionar el nivel de iluminación adecuado en todos aquellos lugares al aire libre que por un motivo u otro lo necesitan. Estos motivos pueden ser muy variados, como por ejemplo: turísticos, deportivos, estéticos, de seguridad ciudadana, de seguridad vial, etc.

El cálculo de la iluminación interior consiste en proporcionar el nivel de iluminación adecuado en todos aquellos lugares al aire libre que por un motivo u otro lo necesitan, siendo estos motivos muy variados, como por ejemplo: turísticos, deportivos, estéticos, de seguridad ciudadana, de seguridad vial, etc.

De similar manera a la iluminación interior, para conseguir el nivel de iluminación adecuado es necesario obtener el número de luminarias necesarias, así como el tipo de cada luminaria instalada en cada dependencia en función de las normas y reglamentos de los que se rige la iluminación.

Para el cálculo del número de los sistemas de iluminación necesarios partiremos definiendo unos parámetros previos necesarios para el cálculo.



Parte de estos parámetros previos son características del fabricante de los sistemas de iluminación seleccionado ó características reguladas por las normas de aplicación, con respecto a esto, y de acuerdo a lo descrito en puntos anteriores, el tipo de luminaria escogida es:

-Según el *Reglamento de Eficiencia Energética para Alumbrado Exterior*, el tipo de lámparas que se debe utilizar para este tipo de alumbrado son la de Vapor de Sodio (Na). Concretamente para este proyecto se han utilizado lámpara de Vapor de Sodio a alta presión con las siguientes características:

Según el *Reglamento de Eficiencia Energética para Alumbrado Exterior*; y de acuerdo con lo expuesto anteriormente, el sistemas de iluminación escogido para este tipo de fábrica debe ser lámparas que se debe utilizar para este tipo de alumbrado son la de Vapor de Sodio (Na); de acuerdo con esto y teniendo en cuenta que el fabricante elegido para que nos proporcione los sistemas de iluminación exterior es PHILIPS, el sistema de iluminación seleccionado es:

➤ PHILIPS203 Familia SGS203 Pc P2 1xCDM- T250W/830:

- Nº de artículo: SGS203 Pc
- Suspensión en pared
- Potencia de las luminarias 250 W.
- Flujo luminoso de las luminarias 500 lúmenes.
- Armamento: P2 1 x CDM (factor de corrección 1.000)





8.4.6. 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.

8.4.7. Cerramientos y señalización

Para el acceso a la subestación, se dispondrá de una puerta metálica de 10 metros, con una entrada para personal de 1 metro 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 una malla de 2 metros 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.

9. Obra civil

9.1. Movimiento de tierras

La explanación de la plataforma de la subestación se realizará con amplitud suficiente para la implantación de los dos parques y del edificio de control. 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.



9.2. 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 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 18 unidades.

Parque de 66 kV:

Cimentación de autoválvulas: se construirán un total de 24 unidades.

Cimentación de equipos híbridos: se construirán un total de 8 unidades.

Cimentación de aisladores de barras: se construirán un total de 16 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 metros 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 metros y los internos de 3 metros.

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



9.3. Arquetas y canalización para 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.

9.4. 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.

10. 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.

Dichas alturas, mínimas requeridas, anteriormente descritas, serán de 380 centímetros en el parque de 132 kV y de 313 centímetros en el parque de 66 kV. En el diseño de la subestación se han establecido para el parque de 132 kV una altura de 750 cm, y para el parque de 66 kV una de 450 cm.

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 Documento Planos.

11. Presupuesto

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

Presupuesto de ejecución de material 8.443.178.,04 €



Estudio de seguridad y salud.....	19.260,36€
Gastos generales (10%)	846.243,84 €
Beneficio neto (7%)	592.370,69 €
Descuento (4%).....	338.497,54€
 TOTAL	 9.562.555,40€
 I.V.A. (23%)	 2.199.387,74 €
 TOTAL PRESUPUESTO EJECUCIÓN CONTRATA	 11.761.943,14 €

El importe del presupuesto de ejecución por contrata de la subestación asciende a **ONCE MILLONES SETECIENTOS SESENTA Y UN MIL, NOVECIENTOS CUARENTA Y TRES EUROS CON CATORCE CÉNTIMOS.**

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

12. Conclusiones

Como aspecto académico cabe resaltar que la realización de este proyecto ha supuesto un profundo estudio sobre muchos conceptos a cerca del funcionamiento general de las subestaciones, elementos que la componen, criterios de diseño, normativa, etc., y se ha conseguido la adquisición de muchos conocimientos anteriormente desconocidos.

También hay que destacar los conocimientos adquiridos a nivel de organización y gestión de un proyecto, muy importantes de cara al futuro profesional.

Como modificaciones futuras o mejoras en la subestación proyectada, se pueden plantear varios. El primero, y posiblemente más importante, es la posibilidad de ampliación de la subestación en caso de requerimiento. Gracias a la configuración adoptada sería muy factible hacer una ampliación, tanto en el parque de 132 kV como en el de 66 kV.

13. BIBLIOGRAFÍA

-Reglamento de Alta Tensión.

-Reglamento de subestaciones y centros de transformación.

-Reglamento de Baja Tensión.

-Tema 25. Características de las subestaciones eléctricas. Asignatura Instalaciones eléctricas de alta tensión. Autor: Francisco José Sánchez Sutil.



- Tema 11. Introducción a los cálculos eléctricos. Asignatura Instalaciones eléctricas de alta tensión. Autor: Francisco José Sánchez Sutil.
- Tema 18. Tipos de instalaciones en líneas subterráneas. Asignatura Instalaciones eléctricas de alta tensión. Autor: Francisco José Sánchez Sutil.
- Tema 28. Métodos de cálculo. Asignatura Instalaciones eléctricas de alta tensión. Autor: Francisco José Sánchez Sutil.
- Tema 29. Cálculo de puesta a tierra en los apoyos. Asignatura Instalaciones eléctricas de alta tensión. Autor: Francisco José Sánchez Sutil.
- Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación de tercera categoría. Método UNESA. Ministerio de España.
- Proyecto tipo subestaciones E-ON.
- Proyecto tipo línea subterránea Endesa.
- Proyecto tipo línea subterránea E-ON.
- Catálogos obtenidos de distintas empresas.
- Ayuda del programa Andelec 2013 para el cálculo de línea aérea.
- Tema 5. Coordinación de aislamiento en redes eléctricas de alta tensión.



ANEXO Nº1:CALCULOS



**DISEÑO DE UNA LÍNEA AÉREA A 132 KV CON ALIMENTACIÓN SUBTERÁNEA
A SUBESTACIÓN 132/66 kV.-----ANEXO Nº1 CALCULOS-----**





En este Anexo se trata de explicar y exponer, mediante los correspondientes cálculos, las decisiones adoptadas como por ejemplo:

- Conductor de línea aérea
- Elección de los apoyos y cimentaciones de la línea aérea
- Cálculo de la subestación y todos sus elementos
- Conductor de línea subterránea

DESCRIPCIÓN DE LA LÍNEA AÉREA DE MEDIA TENSIÓN (L.A.M.T.)

1. CARACTERISTICAS DE LA CORRIENTE

1.1. DESCRIPCION

- TENSION MÁXIMA DE SERVICIO: 132 kV
- FRECUENCIA: 50 Hz
- FACTOR POTENCIA: 0,9
- POTENCIA A TRANSPORTAR 70 MVA
- CLASE DE CORRIENTE: Alterna-Trifásica

1.2. CALCULOS ELÉCTRICOS

1.2.1. REACTANCIA

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

$$Xk = \omega * L = 2 * \pi * f * Lk$$

En donde:

X_k = Reactancia kilométrica de la línea en Ω/km .

ω = Pulsación de la corriente eléctrica.

L_k = Coeficiente de autoinducción por kilómetro de línea en H/km.

f = Frecuencia de la red en Hz.

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

$$Lk = \frac{\mu}{2 * n} + 4.605 * \frac{\lg D}{r} * 10^4$$

En donde:



L_k = Coeficiente de autoinducción por kilómetro de línea en H/km.
 μ = Permeabilidad magnética del conductor. Que para el cobre, aluminio, aluminio-acero tiene un valor de 1.
 n = Número de conductores por fase.
 D = Separación media geométrica en milímetros.
 r = Radio equivalente del conductor en milímetros.

1.2.2. INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE

De acuerdo con el punto 4.2.1 de la ITC-LAT 07, para el conductor utilizado en la presente línea eléctrica de sección 281,10 mm² la densidad máxima de corriente permitida es de 2,068 A/mm². Por tanto la intensidad máxima admitida por el conductor se obtendrá mediante la ecuación.

$$I_{max.} = \delta * S$$

En donde:

$I_{Máx.}$ = Intensidad máxima soportada por el conductor por límite térmico en amperios.
 δ = Densidad máxima de corriente en A/mm².
 S = Sección del conductor en milímetros.

1.2.3. POTENCIA MÁXIMA A TRANSPORTAR

1.2.3.1. Potencia Máxima por Intensidad

Para calcular la potencia que máxima que se puede transportar por la línea por intensidad se utilizará el valor de intensidad máxima obtenido según el apartado 1.2.2 de la presente memoria, la ecuación que permite el cálculo de la potencia máxima por intensidad es.

$$P_{max} = \sqrt{3} * U * I_{max} * \cos(\varphi)$$

En donde:

$P_{Máx.}$ = Potencia máxima por intensidad máxima en kW.
 U = Tensión compuesta de red en kV.
 $I_{Máx.}$ = Intensidad máxima soportada por el conductor por límite térmico en amperios.

1.2.3.2. Potencia Máxima por Caída de Tensión

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

$$P_{max} = \frac{10 * U^2 * u\%}{(Rk + Xk * \tan(\varphi)) * L}$$

En donde:



$P_{M\acute{a}x.}$ = Potencia máxima por caída de tensión en kW.

U = Tensión compuesta de red en kV.

u% = Porcentaje de caída de tensión.

R_K = Resistencia kilométrica de la línea en Ω/km .

X_K = Reactancia kilométrica de la línea en Ω/km .

L = Longitud de la línea en km.

1.2.4. CAIDA DE TENSION Y PERDIDA DE POTENCIA

La caída de tensión por resistencia y reactancia de la línea, despreciando la capacidad viene dada por.

$$\Delta V = I * (Rk * \cos(\varphi) + Xk * \sin(\varphi)) * L$$

En donde:

ΔV = Caída de tensión por resistencia y reactancia en V.

I = Intensidad de la línea en amperios.

R_K = Resistencia kilométrica de la línea en Ω/km .

X_K = Reactancia kilométrica de la línea en Ω/km .

L = Longitud de la línea en km.

Las pérdidas de potencia en una línea de media tensión se producen en el elemento resistivo de la línea por efecto Joule y se calculan mediante.

$$\Delta P = 3 * I^2 * Rk * L$$

En donde:

ΔP = Pérdidas de potencia en la línea en W.

I = Intensidad de la línea en A.

R_K = Resistencia kilométrica de la línea en Ω/km .

L = Longitud de la línea en km.

Ejemplo de cálculo

Partiendo de las características que tiene cada conductor

Coductor	Seccion (mm ²)	Diametro (mm)	Carga de rotura (daN)	Peso (kg/m)	Módulo de elasticidad (dan/mm ²)	C.dilatación (°C ⁻¹)	Rk (Ohm/km)
LA-110	116,197	14	4312	0,432	8036	1,78E-05	0,314
LA-145	147,1	15,75	5410	0,546	8036	1,78E-05	0,238
LA-180	181,6	17,5	6387	0,675	8036	1,78E-05	0,194
LA-280 Hawk	281,1	21,798	8254	0,976	7546	1,92E-05	0,119
LA-30	31,1	7,137	1003	0,108	7938	1,90E-05	1,077
LA-380	381,5	25,399	10912	1,276	6860	1,92E-05	0,119
LA-455	454,5	27,718	12397	1,521	6860	1,92E-05	0,119
LA-545	547,3	30,42	14847	1,832	6860	1,92E-05	0,119
LA-56	54,6	9,449	1633	0,188	7938	1,90E-05	0,614
LA-78	78,6	11,34	2313	0,272	7938	1,90E-05	0,479



Y para las densidades de corriente

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

Realizamos las operaciones anteriormente descritas para la intensidad máxima admisible. Los valores obtenidos para cada conductor están expuestos en las hojas Excel de cálculo. Aquí veremos el **ejemplo de cómo obtener el conductor LA- 280 HAWK**.

Haciendo la fórmula de la intensidad máxima para todos los conductores y diversas configuraciones, obtenemos el valor de la configuración que más nos interesaría según este método. LA-145

$$I_{max.} = \delta * S = 2.77 * 147.1 = 373.74A$$

Esta intensidad es la máxima que puede transportar el conductor. Posteriormente hacemos el cálculo de la potencia.

$$P_{max} = \sqrt{3} * U * I_{max} * \cos(\varphi) = \sqrt{3} * 132000 * 373.74 * 0.9 = 76.9MW$$

Como se puede observar es mayor a 70 MVA que es nuestra necesidad de transporte. En el archivo Excel, obtenemos que por este criterio, podemos coger el conductor a partir del LA-145, ya que es capaz de transmitir 76.9 MW.

Los cálculos están realizados tanto para doble como para simple circuito y desde 1 hasta 4 conductores por fase.

Según este criterio la configuración más económica sería LA-145 en simple circuito, por lo que, aunque calculemos las fórmulas para todos los conductores en el Excel, nosotros nos fijaremos a partir del conductor LA-145.

Para el segundo criterio de caída de tensión, tenemos en cuenta el Radio Medio Geométrico. Con este calculamos las siguientes fórmulas.



$$Lk = \frac{1}{Ncir} \left[\frac{\mu}{2 * n} + 4,605 * \log \left(\frac{DMG}{Req} \right) \right] * 10^{-4}$$

$$Ck = Ncir * \frac{24,2}{\log \left(\frac{DMG}{Req} \right)} * 10^{-9}$$

Una vez obtenidos estos parámetros, realizamos los cálculos para caída de tensión para calcular nuestro conductor. También se hace para distintas configuraciones desde 1 a 4 conductores por fase, y desde doble a simple circuito. Se considera como máximo una caída de tensión de 5% para la fórmula de la potencia.

$$P_{\text{Máx.}} = \frac{10 * U^2 * u\%}{(R_k + X_k * \tan(\varphi)) * L} = \frac{10 * 132^2 * 5}{0.119 * 0.365 * \tan(25.842) * 28.115} = 71684.22kW$$

$$P_{\text{max}} = \frac{10 * U^2 * u\%}{(Rk + Xk * \tan(\varphi)) * L} = \frac{10 * 132^2 * 5\%}{(0.119 * 0.365 * \tan(25.842)) * 28.115} = 71684.22kW$$

Este es el resultado que nos cumple la potencia que queremos transportar. Lo cumple la configuración **doble circuito con un conductor por fase y LA-280 Hawk**.

2. CARACTERISTICAS DEL CONDUCTOR

2.1. DESCRIPCIÓN

Se proyecta la línea con cable de Aluminio-Acero de 281,10 mm² de sección total, Conductor LA-280 Hawk (281,10 mm²):

- Designación: LA-280 Hawk
- Sección (mm²): 281,10
- Diámetro (mm): 21,798
- Carga de rotura (daN): 8422
- Peso (daN/m): 0,976
- Módulo de elasticidad (daN/mm²): 7700
- Coeficiente de dilatación (°C-1): 0,00001924
- Resistencia kilométrica (Ohm/km): 0,119
- Composición: 26+7

2.2. CALCULO MECANICO DE LOS CONDUCTORES

El trazado de la línea está comprendido entre las cotas 37,267 m. y 368,513 m. por lo que según el vigente Reglamento esta línea se encuentra en **ZONA A**.



2.2.1. CONSTANTE DE CATENARIA PARA TRAZADO DE LA LÍNEA

La constante de catenaria viene definida por la siguiente expresión:

$$C = \frac{T(daN)}{p(\frac{daN}{m})}$$

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	50° con el peso propio del conductor
B	50° con el peso propio del conductor 0° más la sobrecarga de hielo
C	50° con el peso propio del conductor 0° más la sobrecarga de hielo

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

$$C = \frac{T50^{\circ}C(daN)}{P_{conductor}(\frac{daN}{m})}$$

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

$$C = \frac{T0^{\circ}C + Hielo(daN)}{PHielo(\frac{daN}{m})}$$

Se escogerá la menor constante 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. Este valor de la constante de catenaria real en cada alineación figura en la tabla nº 1 del anexo de cálculos.

2.2.2.VANO DE REGULACIÓN

Los tramos de línea que se encuentran entre apoyos con de amarre-alineación, anclaje-alineación, ángulo-amarre, ángulo-anclaje o 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.

$$Ar = \frac{\sum \frac{b^3}{a^2}}{\sum \frac{b^2}{a}} * \sqrt{\frac{\sum a^3}{\sum \frac{b^2}{a}}}$$

En donde:

a_r = Longitud del vano de regulación en m.

a = Longitud proyectada del vano en m.

b = Longitud real del vano en m.

2.2.3. COMPONENTE HORIZONTAL MÁXIMA

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

$$T_0 = \frac{Ta - pz * \frac{h}{2} + \sqrt{\left(Ta - pz * \frac{h}{2}\right)^2 - \frac{pz^2 * b^2}{2}}}{2 * \frac{b}{a}}$$

En donde:

T_0 = Componente horizontal máxima en 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 en daN.

a = Longitud proyectada del vano en m.

b = Longitud real del vano en m.

h = Desnivel del vano en m.

p_z = Sobrecarga correspondiente a la zona de cálculo en 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.

2.3. 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.

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

En donde:

δ = Coeficiente de dilatación lineal en $^{\circ}\text{C}^{-1}$.

a = Longitud proyectada del vano en m.

t = Temperatura en las condiciones finales de cálculo de la tensión en $^{\circ}\text{C}$.

t_0 = Temperatura de correspondiente a la zona de cálculo en $^{\circ}\text{C}$.

S = Sección del conductor en mm^2 .

E = Módulo de elasticidad en daN/mm^2 .

T = Componente horizontal en las condiciones finales de cálculo en daN .

T_0 = Componente horizontal máxima en cada alineación en daN .

p = Peso del conductor en las condiciones finales de cálculo en daN/m .

p_0 = Sobrecarga correspondiente a la sobrecarga correspondiente a la zona de cálculo en 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.

$$T^2 * (T + A) = B$$

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

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

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

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.



2.4. 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.

$$C * \cosh \frac{X}{C}$$

En donde:

X = Longitud en m.

C = Constante de la catenaria.

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.

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

En donde:

f = Valor de la flecha en metros.

p = Peso del conductor en la hipótesis de cálculo en daN/m.

a = Longitud proyectada del vano en metros.

b = Longitud real del vano en metros.

T = Valor de la tensión en las condiciones de cálculo en daN.

El resumen de cálculos de tensiones y flechas, tanto para las hipótesis Reglamentarias, como para la tabla de tendido, figuran en las tablas nº 1 y nº 2, respectivamente, del anexo de cálculos.

3. CARACTERISTICAS DEL AISLAMIENTO

3.1. DESCRIPCIÓN

Todos los apoyos llevarán cadenas de aisladores del tipo de caperuza y vástago.

3.2. TIPOS DE CADENAS

Las características y especificaciones son en función del tipo de cadena:

3.2.1. CADENAS DE SUSPENSIÓN

Cada cadena estará compuesta por:

Nº de elementos: 10 Uds



Tipo de elementos: U100BS
Longitud: 1538,000 m
Peso: 39,318 daN
Línea de fuga: 3150,000 mm
Carga de destrucción electromecánica: 7500,000 daN

3.2.2.CADENAS DE AMARRE

Doble cadena, cada cadena estará compuesta por:

Nº de elementos: 10 Uds
Tipo de elementos: U100BS
Longitud: 1720,000 m
Peso: 40,543 daN
Línea de fuga: 3150,000 mm
Carga de destrucción electromecánica: 8500,000 daN

3.2.3.CADENAS DE CRUCE

Este tipo de cadena solo se usará en apoyos de alineación con seguridad reforzada por cruzamiento de accidentes que así lo precisen, como: carreteras, ríos, ramblas, ferrocarril, casas, naves, invernaderos, etc.

Doble cadena y varilla preformada, cada cadena estará compuesta por:

Nº de elementos: 20 Uds
Tipo de elementos: U100BS
Longitud: 1918,000 m
Peso: 83,261 daN
Línea de fuga: 3150,000 mm
Carga de destrucción electromecánica: 9000,000 daN

4. CARACTERISTICAS DE LOS APOYOS

4.1. DESCRIPCIÓN

Todos los apoyos serán metálicos y galvanizados en caliente, resueltos con fuste en barras atornilladas y cabeza en cuerpo único soldado, según recomendación UNESA 6704-A. Dispuestos para llevar cadenas de aisladores de suspensión en los apoyos de alineación y cadenas de amarre en los ángulos, anclajes y fin de línea.

Los apoyos están formados por:



- CABEZA: Prismática de sección cuadrada en campos de 600 mm formando un cuerpo único soldado, taladrada para adosar en diferentes combinaciones de crucetas.
- FUSTE: Tronco piramidal de sección cuadrada, formado por distintos tramos según la altura a conseguir, cada uno se compone de cuatro montantes de longitud máxima de 6 m unidos por celosía sencilla atornillada.
- ARMADO: Se realizan a partir de semicrucetas atornilladas de diferente longitud, lo que permite una amplia variedad de combinaciones.

Las crucetas irán montadas en montaje doble circuito para doble circuito con separación de conductores mínima de 4,00 m y máxima de 7,50 m, por lo que se han establecido separaciones de crucetas que permitan dichas distancias, entre 2,80 m y 3,80 m.

Las funciones, esfuerzos, alturas, tipo de montaje, separación entre crucetas y número de apoyos quedan definidos en el capítulo de cálculos.

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

4.2. CALCULO 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 por ordenador 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 punto 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.

Por otra parte en las líneas de media tensión se puede prescindir del cálculo de la cuarta hipótesis en los apoyos de ángulo y alineación según el punto anterior de la ITC-LAT 07, que indica que se puede realizar esta simplificación sobre la base de las siguientes premisas.

- Línea de tensión nominal hasta 66 kV.
- 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.

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.

$$F = F' * \left(\cos(\alpha) + \frac{d_1}{d_2} * \sin(\alpha) \right) = F'_x + \frac{d_1}{d_2} * F'_y$$

En donde:

F = Esfuerzo equivalente en la dirección del eje de simetría en daN.

F' = Esfuerzo actuante en daN que no se encuentra en la dirección del eje de simetría.

d₁ y d₂ = Distancia entre perfiles en las caras del apoyo en m.

F'_x y F'_y = Componentes del esfuerzo en los ejes de simetría del apoyo en daN.

α = Ángulo formado por el esfuerzo con el eje de simetría.

En la línea objeto del proyecto se han utilizado apoyos metálicos de sección cuadrada, apoyos en los cuales d₁ es igual a d₂, por tanto la ecuación anterior como es fácil de deducir para apoyos metálicos de sección cuadrada queda.

$$F = F'_x + F'_y$$

4.2.1.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 las zonas B y C. 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 las zonas B y C.

Si la hipótesis de viento más hielo está presente, se utilizará en la segunda correspondiente en las zonas B y C.

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

- Hipótesis de viento:



$$P_c = p * \left(\frac{a_1 + a_2}{2} + C_v * (\tan(n_1) \pm \tan(n_2)) \right)$$

En donde:

P_c = Cargas verticales por conductor y fase en daN.

p = Peso por metro lineal del conductor en daN/m.

a_1 = Longitud proyectada del vano anterior al apoyo en m.

a_2 = Longitud proyectada del vano posterior al apoyo en m.

C_v = Constante de catenaria en las condiciones de temperatura -5°C, -10 °C y -15 °C, en zonas A, B y C respectivamente, y sobrecarga de viento según el apartado 3.1.5 de la ITC-LAT 07.

n_1 = Pendiente del vano anterior.

n_2 = Pendiente del vano posterior.

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

$$C = \frac{T(daN)}{P\left(\frac{daN}{m}\right)}$$

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

$$C = \frac{T_v(daN)}{P_v\left(\frac{daN}{m}\right)}$$

En donde:

C_v = Constante de catenaria en las condiciones de temperatura -5°C, -10 °C y -15 °C, en zonas A, B y C respectivamente, y sobrecarga de viento según el apartado 3.1.5 de la ITC-LAT 07.

T_v = Componente horizontal de la tensión a la temperatura de -5°C, -10 °C y -15 °C, en zonas A, B y C respectivamente, y sobrecarga de viento según el apartado 3.1.5 de la ITC-LAT 07.

p_v = Sobrecarga del conductor en las condiciones de viento según el apartado 3.1.5 de la ITC-LAT 07.

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

$$p_v = \sqrt{p^2 + (v * d)^2}$$

En donde:

p_v = sobrecarga de viento en daN/m.

p = Peso por metro lineal del conductor en daN/m.



v = presión del viento sobre conductores y cables de tierra según ITC-LAT 07 apartado 3.1.2.1.

Este valor será de $v = 60 * \left(\frac{Vv}{120}\right)^2$ daN/m² para conductores con un diámetro igual o inferior a 16 mm y $v = 50 * \left(\frac{Vv}{120}\right)^2$ daN/m² para conductores con un diámetro superior a 16mm.

d = Diámetro en m del conductor.

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

$$\tan(n1) = \frac{h1}{a1}$$

$$\tan(n2) = \frac{h2}{a2}$$

En donde:

a_1 = Longitud proyectada del vano anterior al apoyo en m.

a_2 = Longitud proyectada del vano posterior al apoyo en m.

h_1 = Desnivel del vano anterior al apoyo en m.

h_2 = Desnivel del vano posterior al apoyo en m.

-Hipótesis de hielo:

$$Pc = ph * \left(\frac{a1 + a2}{2} + T0 * (\tan(n1) \pm \tan(n2)) \right)$$

En donde:

P_c = Cargas verticales por conductor y fase en daN.

p_h = Peso por metro lineal del conductor más la sobrecarga de hielo según zona de cálculo en daN/m.

a_1 = Longitud proyectada del vano anterior al apoyo en m.

a_2 = Longitud proyectada del vano posterior al apoyo en m.

T_0 = Componente horizontal máxima de la tensión en daN.

n_1 = Pendiente del vano anterior.

n_2 = Pendiente del vano posterior.

El cálculo de la sobrecarga de hielo se obtiene utilizando las siguientes expresiones para las zonas B y C.

- Zona B:

$$ph = p + 0.180 * \sqrt{d}$$



En donde:

p_h = Peso por metro lineal del conductor más la sobrecarga de hielo según zona de cálculo en daN/m.

p = Peso por metro lineal del conductor en daN/m.

d = Diámetro del conductor en mm.

- Zona C:

$$p_h = p + 0.36 * \sqrt{d}$$

En donde:

p_h = Peso por metro lineal del conductor más la sobrecarga de hielo según zona de cálculo en daN/m.

p = Peso por metro lineal del conductor en daN/m.

d = Diámetro del conductor en m.

Si se considera la hipótesis adicional de viento más hielo, se utilizará la siguiente ecuación:

$$P_c = p_h * \left(\frac{a_1 + a_2}{2} + C_{vh} * (\tan(n_1) \pm \tan(n_2)) \right)$$

En donde:

P_c = Cargas verticales por conductor y fase en daN.

p_h = Peso por metro lineal del conductor más la sobrecarga de hielo según zona de cálculo en daN/m.

a_1 = Longitud proyectada del vano anterior al apoyo en m.

a_2 = Longitud proyectada del vano posterior al apoyo en m.

C_{vh} = Constante de catenaria en las condiciones de temperatura -15 °C y -20 °C, en zonas B y C respectivamente, y sobrecarga de viento más hielo según el apartado 3.1.2.1 de la ITC-LAT 07.

n_1 = Pendiente del vano anterior.

n_2 = Pendiente del vano posterior.

En esta ocasión la constante de catenaria se tendrá que calcular en las condiciones de viento más hielo según sigue:

$$C = \frac{T_{vh}(daN)}{P_{vh}\left(\frac{daN}{m}\right)}$$

La sobrecarga de viento más hielo, se obtiene como muestra la siguiente ecuación:



$$P_{vh} = \sqrt{p_h^2 + (v * D_{mh})^2}$$

En donde:

p_{vh} = sobrecarga de viento más hielo en daN/m.

p_h = Peso por metro lineal del conductor más la sobrecarga de hielo según zona de cálculo en daN/m.

v = presión del viento sobre conductores y cables de tierra según ITC-LAT 07 apartado 3.1.2.1.

Este valor será de $v = 60 * \left(\frac{v_v}{120}\right)^2$ daN/m² para conductores con un diámetro igual o inferior a 16 mm y $v = 50 * \left(\frac{v_v}{120}\right)^2$ daN/m² para conductores con un diámetro superior a 16 mm.

D_{MH} = Diámetro en m del manguito de hielo.

En este caso el diámetro del conductor habrá de sustituirse por el diámetro del manguito de hielo equivalente, con una densidad mínima según ITC-LAT 07 en su punto 3.1.2.1 de 750 daN/m³, para su cálculo se procede de la forma:

$$D_{mh} = \sqrt{d^2 + \frac{4 * p_h}{750 * \pi}}$$

En donde:

D_{MH} = Diámetro en m del manguito de hielo.

p_h = Peso por metro lineal del conductor más la sobrecarga de hielo según zona de cálculo en daN/m.

d = Diámetro en m del conductor.

En cualquiera de las dos hipótesis habrá que añadir al valor resultante de cálculo el peso de las cadenas de aisladores completas, por tanto la carga sobre cruceta por conductor será:

$$P_a = P_c + P_{cadena}$$

En donde:

P_a = Peso total sobre cruceta por conductor en daN.

P_c = Cargas verticales por conductor y fase en daN.

P_{cadena} = Peso total de la cadena de aisladores en daN.

En el peso de la cadena de aisladores se habrá de tener en cuenta la función del apoyo en la línea, para apoyos de alineación solo será necesaria una cadena de aisladores por fase al igual que en los final/principio de línea, por el contrario para los apoyos de amarre y ángulo serán necesarias dos cadenas por fase. Además si el apoyo tiene un coeficiente de seguridad reforzado como ocurre por ejemplo cuando se atraviesa una carretera, se debe duplicar según Reglamento el número de cadenas de aisladores por cada fase.



Y por último las cargas verticales totales que gravitan sobre el apoyo se obtendrán aplicando la siguiente ecuación:

$$P_t = P_a * n$$

En donde:

P_T = Cargas verticales totales sobre el apoyo en daN.

P_A = Peso total sobre cruceta por conductor en daN.

n = Número de conductores de los que consta la línea.

Se ha tomado como criterio de cálculo que la línea está formada por un conductor por fase, con dos circuitos por línea.

4.2.2.ESFUERZOS PRODUCIDOS POR LA ACCIÓN DE LOS CONDUCTORES SOBRE LOS APOYOS

4.2.2.1. 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.

$$E_v = n * d * v * \frac{a_1 + a_2}{2}$$

En donde:

E_v = Esfuerzo del viento sobre los conductores de la línea en daN.

n = Número de conductores de que consta la línea.

d = Diámetro del conductor en m.

v = presión del viento sobre conductores y cables de tierra según ITC-LAT 07 apartado 3.1.2.1.

Este valor será de $v = 60 * \left(\frac{v_v}{120}\right)^2$ daN/m² para conductores con un diámetro igual o inferior

a 16 mm y $v = 50 * \left(\frac{v_v}{120}\right)^2$ daN/m² para conductores con un diámetro superior a 16 mm.

a_1 = Longitud proyectada del vano anterior al apoyo en m.

a_2 = Longitud proyectada del vano posterior al apoyo en m.

Al esfuerzo que produce el viento sobre los conductores de la línea se tendrá que añadir el producido por la acción del viento sobre la cadena de aisladores, por tanto el esfuerzo del viento total quedará de la siguiente forma.

$$E_{vt} = E_v + E_{vcadena} * n$$



En donde:

E_{VT} = Esfuerzo del viento total sobre conductores y aisladores en daN.

E_V = Esfuerzo del viento sobre los conductores de la línea en daN.

$E_{Vcadena}$ = Presión del viento sobre la cadena de aisladores en daN.

n = Número de conductores de los que consta la línea.

Esta ecuación es válida para apoyos que tengan sus vanos orientados en la dirección de la línea como ocurre en los apoyos de alineación, amarre y final/principio 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.

$$E_{vtangulo} = E_{vt} * \cos\left(\frac{\beta - \alpha}{2}\right)$$

En donde:

$E_{VTÁngulo}$ = Esfuerzo total del viento en el apoyo de ángulo en daN.

E_{VT} = Esfuerzo del viento total sobre conductores y aisladores en daN.

β = Valor del ángulo llano, si se utilizan grados sexagesimales le corresponderá un valor de 180 y si se utilizan grados centesimales le corresponderá un valor de 200.

α = ángulo interno formado por las dos alineaciones en las unidades correspondientes.

Desequilibrio de Tracciones

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

$$Dt = P * n * T_0$$

En donde:

D_T = Esfuerzo producido por el desequilibrio de tracciones en daN.

P = Porcentaje de cálculo según Reglamento en su ITC-LAT 07 en su apartado 3.1.4, este porcentaje será del 8% para tensiones inferiores o iguales a 66 kV y 15% para tensiones superiores a 66 kV en apoyos de alineación y ángulo con cadenas de suspensión, 15% para tensiones inferiores o iguales a 66 kV y 25% para tensiones superiores a 66 kV en apoyos de alineación y ángulo con cadenas de amarre, 100% para apoyos de final/principio de línea y 50% para apoyos de anclaje.

n = Número de conductores de los que consta la línea.

T_0 = Componente horizontal máxima de la tensión en daN.



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.

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 punto 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.

$$R_c = P * T_0$$

En donde:

R_c = Esfuerzo de torsión producido por la rotura de conductores en daN.

P = Porcentaje de cálculo según Reglamento en su ITC-LAT 07 en su apartado 3.1.4, este porcentaje será del 100% para apoyos de final/principio de línea, 100% para apoyos de anclaje, 100% para apoyos de amarre y 50% para apoyos de alineación.

T_0 = Componente horizontal máxima de la tensión en daN.

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:

$$R_{av} = n \sqrt{\left((T_{v1} + T_{v2}) * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right)^2 + \left((T_{v1} - T_{v2}) * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right)^2}$$

En donde:



R_{AV} = Resultante de ángulo en las condiciones de viento en daN.

n = Número de conductores de los que consta la línea.

T_V = Componente horizontal de la tensión a la temperatura de -5°C , -10°C y -15°C , en zonas A, B y C 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.

α = Ángulo interno formado por las dos alineaciones en las unidades correspondientes.

-Hipótesis de hielo:

$$R_{ah} = n \sqrt{\left((Th1 + Th2) * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right)^2 + \left((Th1 - Th2) * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right)^2}$$

En donde:

R_{AH} = Resultante de ángulo en las condiciones de hielo en daN.

n = Número de conductores de los que consta la línea.

T_H = Componente horizontal de la tensión bajo las condiciones de temperatura -15°C y sobrecarga debida al hielo según zona para la zona B, y -20°C y sobrecarga debida al hielo según zona para la zona C en daN, en los vanos de regulación anterior y posterior identificados con el subíndice 1 y 2 respectivamente.

α = Ángulo interno formado por las dos alineaciones en las unidades correspondientes.

-Hipótesis de viento más hielo:

$$R_{avh} = n \sqrt{\left((Tvh1 + Tvh2) * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right)^2 + \left((Tvh1 - Tvh2) * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right)^2}$$

En donde:

R_{AH} = Resultante de ángulo en las condiciones de viento más hielo en daN.

n = Número de conductores de los que consta la línea.

T_{VH} = Componente horizontal de la tensión bajo las condiciones de temperatura -15°C y sobrecarga debida al viento más hielo según zona para la zona B, y -20°C y sobrecarga debida al viento más hielo según zona para la zona C en daN, en los vanos de regulación anterior y posterior identificados con el subíndice 1 y 2 respectivamente.

α = Ángulo interno formado por las dos alineaciones en las unidades correspondientes.

4.2.3.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 ITC-LAT 07 apartado 5.4.2 del Reglamento 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.

$$\tan(\alpha) = \frac{\frac{v}{2} * d * \frac{a_1+a_2}{2} + \frac{E_{vcadena}}{2}}{p * \frac{a_1+a_2}{2} + T_{vmed} * (\tan(n_1) \pm \tan(n_2)) + \frac{P_{cadena}}{2}}$$

En donde:

α = Ángulo de desviación de la cadena de aisladores en apoyos de alineación bajo la acción del viento.

d = Diámetro del conductor en m.

v = presión del viento sobre conductores y cables de tierra según ITC-LAT 07 apartado 3.1.2.1.

Este valor será de 60 daN/m² para conductores con un diámetro igual o inferior a 16 mm y 50 daN/m² para conductores con un diámetro superior a 16 mm.

a_1 = Longitud proyectada del vano anterior al apoyo en m.

a_2 = Longitud proyectada del vano posterior al apoyo en m.

T_{vmed} = Componente horizontal de la tensión en las condiciones de temperatura de -5°C, -10°C y -15°C, para las zonas A, B y C respectivamente y sobrecarga debida a la mitad de la presión del viento, con una velocidad de 120 km/h en daN.

p = Peso por metro lineal del conductor en daN/m.

n_1 = Pendiente del vano anterior.

n_2 = Pendiente del vano posterior.

$E_{vcadena}$ = Esfuerzo del viento sobre la cadena de aisladores en daN.

P_{cadena} = Peso de la cadena de aisladores en daN.

4.2.4.CÁLCULO DE APOYOS

En este apartado se va a tratar el cálculo de los apoyos con sus diferentes hipótesis según fija el Reglamento en su ITC-LAT 07 apartado 3.5.3. Para ello se van a exponer el cálculo de los diferentes tipos de apoyos que fija este artículo del Reglamento.

4.2.4.1. Apoyos de Alineación

4.2.4.1.1. Apoyo de Alineación-suspensión

4.2.4.1.1.1. Apoyo de Alineación-suspensión. 1ª Hipótesis Viento

La 1ª hipótesis de cálculo es común a las tres zonas de cálculo. En primer lugar las tablas de la ITC-LAT 07 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 -5°C, -10°C y -15°C, respectivamente en las zonas A, B y C, dicha ecuación es la siguiente.



$$V_c = p * \left(\frac{a_1 + a_2}{2} + C_v * (\tan(n_1) \pm \tan(n_2)) \right)$$

Ecuación a la que se tendrá que añadir el peso de la cadena como se indica en el apartado antes mencionado de esta memoria aplicando la siguiente ecuación.

$$V_f = V_c + P_{cadena}$$

El resultado de esta ecuación es el correspondiente a las cargas permanentes de un solo conductor, para obtener el total de cargas permanentes se tendrá que multiplicar por el número de conductores como se indica seguidamente.

$$V_f = V_c + P_{cadena}$$

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.

$$T_v = n * d * v * \frac{a_1 + a_2}{2}$$

Esta ecuación proporciona el esfuerzo correspondiente a la acción del viento sobre conductores, al que se la tendrá que sumar la presión del viento sobre la cadena de aisladores resultando entonces el esfuerzo transversal total por la acción del viento en la primera hipótesis de la siguiente forma.

$$T_{vt} = T_v + E_{vcadena} * n$$

El esfuerzo longitudinal para esta hipótesis no aplica.

4.2.4.1.1.2. Apoyo de Alineación-suspensión. 2ª Hipótesis Hielo

Esta hipótesis solo se calculará para las zonas B y C ya que en la zona A no estar 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 apartado 3.5.3 del Reglamento, por tanto en este caso se utilizará la ecuación correspondiente a la hipótesis de hielo y que es la siguiente.

$$V_c = p_h * \left(\frac{a_1 + a_2}{2} + T_h * (\tan(n_1) \pm \tan(n_2)) \right)$$



El resultado se tendrá que aumentar con el peso correspondiente a la cadena de aisladores obteniendo el valor de las cargas permanentes de un conductor, mediante la ecuación siguiente.

$$Vf = Vc + Pcadena$$

Y para obtener el esfuerzo vertical total correspondiente a esta hipótesis de cálculo se deberá multiplicar el valor de un solo conductor por el número total de conductores según indica la siguiente ecuación.

$$Vt = Vf * n$$

El esfuerzo transversal y longitudinal no aplican para esta hipótesis de cálculo.

4.2.4.1.1.3. Apoyo de Alineación-Suspensión. 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 las zonas B y C se procederá como para la 2ª hipótesis de cálculo correspondiente a las condiciones de hielo.

En esta 3ª hipótesis de cálculo se deberá calcular el esfuerzo correspondiente al desequilibrio de tracciones, correspondiente al esfuerzo longitudinal. El porcentaje que fija el Reglamento ITC-LAT 07 3.1.4.1, cuyo valor es el 8% para líneas con tensión nominal igual o inferior a 66 kV, y el 15% para líneas con tensión superior a 66 kV, por tanto el esfuerzo resultante por desequilibrio de tracciones para apoyos de alineación será, para el primer tipo de líneas:

$$L = \frac{8}{100} * n * T0$$

Y para el segundo tipo:

$$L = \frac{15}{100} * n * T0$$

El esfuerzo transversal no aplica para esta hipótesis de cálculo.



4.2.4.1.1.4. Apoyo de Alineación-suspensión. 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 apartado 3.5.3 del Reglamento 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 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 por ciento:

$$L = \frac{50}{100} * T0$$

El esfuerzo transversal no aplica para esta hipótesis de cálculo.

4.2.4.1.2. Apoyo de Alineación-amarre

4.2.4.1.2.1. Apoyo de Alineación-amarre. 1ª Hipótesis Viento

La 1ª hipótesis de cálculo es común a las tres zonas de cálculo. En primer lugar las tablas de la ITC-LAT 07 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 – 5°C, -10°C y -15°C, respectivamente en las zonas A, B y C, dicha ecuación es la siguiente.

$$Vc = p * \left(\frac{a1 + a2}{2} + Cv * (\tan(n1) \pm \tan(n2)) \right)$$

Ecuación a la que se tendrá que añadir el peso de la cadena como se indica en el apartado antes mencionado de esta memoria aplicando la siguiente ecuación.

$$Vf = Vc + Pcadena$$

El resultado de esta ecuación es el correspondiente a las cargas permanentes de un solo conductor, para obtener el total de cargas permanentes se tendrá que multiplicar por el número de conductores como se indica seguidamente.

$$Vt = Vf * n$$



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.

$$Tv = n * d * v * \frac{a1 + a2}{2}$$

Esta ecuación proporciona el esfuerzo correspondiente a la acción del viento sobre conductores, al que se la tendrá que sumar la presión del viento sobre la cadena de aisladores resultando entonces el esfuerzo transversal total por la acción del viento en la primera hipótesis de la siguiente forma.

$$Tvt = Tv + Evcadena * n$$

El esfuerzo longitudinal para esta hipótesis no aplica.

4.2.4.1.2.2. Apoyo de Alineación-amarre. 2ª Hipótesis Hielo

Esta hipótesis solo se calculará para las zonas B y C ya que en la zona A no estar 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 apartado 3.5.3 del Reglamento, por tanto en este caso se utilizará la ecuación correspondiente a la hipótesis de hielo y que es la siguiente.

$$Vc = ph * \left(\frac{a1 + a2}{2} + Th * (\tan(n1) \pm \tan(n2)) \right)$$

El resultado se tendrá que aumentar con el peso correspondiente a la cadena de aisladores obteniendo el valor de las cargas permanentes de un conductor, mediante la ecuación siguiente.

$$Vf = Vc + Pcadena$$

Y para obtener el esfuerzo vertical total correspondiente a esta hipótesis de cálculo se deberá multiplicar el valor de un solo conductor por el número total de conductores según indica la siguiente ecuación.

$$Vt = Vf * n$$

El esfuerzo transversal y longitudinal no aplican para esta hipótesis de cálculo.



4.2.4.1.2.3. Apoyo de Alineación-amarre. 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 las zonas B y C se procederá como para la 2ª hipótesis de cálculo correspondiente a las condiciones de hielo.

En esta 3ª hipótesis de cálculo se deberá calcular el esfuerzo correspondiente al desequilibrio de tracciones, correspondiente al esfuerzo longitudinal. El porcentaje que fija el Reglamento ITC-LAT 07 3.1.4.2, cuyo valor es el 15% para líneas con tensión nominal igual o inferior a 66 kV, y el 25% para líneas con tensión superior a 66 kV, por tanto el esfuerzo resultante por desequilibrio de tracciones para apoyos de alineación será, para el primer tipo de líneas:

$$L = \frac{15}{100} * n * T0$$

Y para el segundo tipo:

$$L = \frac{25}{100} * n * T0$$

El esfuerzo transversal no aplica para esta hipótesis de cálculo.

4.2.4.1.2.4. Apoyo de Alineación-amarre. 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 apartado 3.5.3 del Reglamento 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 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 por ciento:

$$L = T0$$

El esfuerzo transversal no aplica para esta hipótesis de cálculo.



4.2.4.1.3. Apoyos de Alineación-Anclaje

4.2.4.1.3.1. Apoyo de alineación-Anclaje. 1ª Hipótesis Viento

La hipótesis de viento será aplicable a las tres zonas de cálculo bajo las condiciones fijadas en el Reglamento en su ITC-LAT 07 3.5.3 de sobrecarga correspondiente a la acción del viento y temperatura de -5°C , -10°C y -15°C , respectivamente en las zonas A, B y C. En primer lugar se tendrán que calcular las cargas permanentes utilizando la ecuación propuesta anteriormente en esta memoria.

$$V_c = p * \left(\frac{a_1 + a_2}{2} + C_v * (\tan(n_1) \pm \tan(n_2)) \right)$$

A estas cargas debidas al conductor se tendrán que añadir las correspondientes a la cadena de aisladores para obtener el total de cargas debidas a una fase.

$$V_f = V_c + P_{cadena}$$

Para obtener el total de cargas permanentes que gravitan sobre el apoyo se tendrá que multiplicar por el total de conductores según la siguiente ecuación.

$$V_t = V_f * n$$

En esta hipótesis tendremos que calcular el esfuerzo correspondiente a la acción del viento sobre conductores y cadena de aisladores. Para calcular este esfuerzo utilizaremos la ecuación siguiente.

$$T_v = n * d * v * \frac{a_1 + a_2}{2}$$

Esfuerzo al que se tendrá que añadir el correspondiente a la acción del viento sobre las cadenas de aisladores y que quedará en la forma.

$$T_{vt} = T_v + E_{vcadena} * n$$

El esfuerzo transversal no aplica para esta hipótesis de cálculo.

4.2.4.1.3.2. Apoyo de alineación-anclaje. 2ª Hipótesis Hielo

Esta hipótesis de cálculo solo será aplicable a las zonas B y C reglamentarias, en la zona A no se tendrá que calcular debido a que en dicha zona no está presente la hipótesis de cálculo debida al hielo. En este tipo de apoyos y al igual que sucedía en los apoyos de alineación solo



será necesario calcular las cargas permanentes ya que no existe ningún esfuerzo actuante en esta hipótesis.

Por tanto la ecuación para calcular las cargas permanentes será la correspondiente para la hipótesis de hielo.

$$V_c = ph * \left(\frac{a_1 + a_2}{2} + Th * (\tan(n_1) \pm \tan(n_2)) \right)$$

El resultado se tendrá que aumentar con el peso correspondiente a la cadena de aisladores obteniendo el valor de las cargas permanentes de un conductor, mediante la ecuación siguiente.

$$V_f = V_c + P_{cadena}$$

Y para obtener las cargas permanentes totales correspondientes a esta hipótesis de cálculo se deberá multiplicar el valor de un solo conductor por el número total de conductores según indica la siguiente ecuación.

$$V_t = V_f * n$$

4.2.4.1.3.3. Apoyo de Alineación-anclaje. 3ª Hipótesis Desequilibrio de Tracciones

La presente hipótesis de cálculo deberá realizarse en las tres hipótesis de cálculo, debiendo calcular las cargas permanentes y el esfuerzo por desequilibrio de tracciones. Las cargas permanentes en el caso de que la línea transcurra por la zona A de cálculo se procederá del mismo modo que para la primera hipótesis de cálculo y para las zonas B y C se calculará de igual forma que para la segunda hipótesis de cálculo.

Para calcular el esfuerzo por desequilibrio de tracciones utilizaremos la expresión propuesta anteriormente, y que según ITC-LAT 07 apartado 3.1.4.3 del Reglamento tiene un porcentaje del 50%.

$$L = \frac{50}{100} * n * T_0$$

El esfuerzo transversal no aplica para esta hipótesis de cálculo.

4.2.4.1.3.4. Apoyo de alineación-Anclaje. 4ª Hipótesis de Rotura de Conductores

Al contrario de lo que sucedía con los dos tipos de apoyos anteriores para los de amarre o anclaje 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 calcularán igual que las correspondientes a la primera hipótesis, y como las correspondientes a la segunda hipótesis si la línea transcurre por las zonas B y C de cálculo reglamentarias.



Según fija en la ITC-LAT 07 apartado 3.1.5.4 del Reglamento será la correspondiente a la rotura de un conductor sin reducción de esfuerzo. Por tanto la expresión de cálculo quedará.

$$L = T0$$

El esfuerzo transversal no aplica para esta hipótesis de cálculo.

4.2.4.2. Apoyo de Ángulo

4.2.4.2.1. Apoyo de Ángulo-alineación

4.2.4.2.1.1. Apoyo de Ángulo-alineación. 1ª Hipótesis Viento

La hipótesis de viento se tendrá que calcular en la tres zonas de cálculo reglamentarias, en las condiciones de -5°C, -10°C y -15°C de temperatura, para las zonas A, B y C y con la sobrecarga correspondiente a la presión del viento.

En primer lugar según la ITC-LAT 07 3.5.3 del Reglamento se tendrán que calcular los esfuerzos verticales, para ello utilizaremos la ecuación correspondiente a la hipótesis de viento.

$$Vc = p * \left(\frac{a1 + a2}{2} + Cv * (\tan(n1) \pm \tan(n2)) \right)$$

Sumando posteriormente el peso de la cadena de aisladores para obtener la carga correspondiente a un conductor mediante la siguiente expresión.

$$Vf = Vc + Pcadena$$

Y por último multiplicar por el número de conductores de los que consta la línea para obtener el total de cargas permanentes que gravitan sobre el apoyo en esta hipótesis de viento, según la ecuación.

$$Vt = Vf * n$$

En esta hipótesis se tendrán que calcular dos esfuerzos, el primero es el correspondiente a la acción del viento sobre conductores y cadena de aisladores. Para el cálculo de esfuerzo producido sobre conductores por la acción del viento se utilizará la ecuación propuesta anteriormente y que es la siguiente.

$$Ev = n * d * v * \frac{a1 + a2}{2}$$

Añadiendo seguidamente el esfuerzo del viento sobre la cadena de aisladores según.

$$Evt = Ev + Evcadena * n$$



En los apoyos de ángulo este esfuerzo no se encuentra situado en la perpendicular de la línea sino que se encuentra situado en la dirección de la bisectriz del ángulo formado por las dos alineaciones, por tanto será necesario multiplicar por un coeficiente que tenga en cuenta esta desviación de la dirección del esfuerzo, por tanto el esfuerzo resultante será.

$$E_{vtangulo} = E_{vt} * \cos\left(\frac{\beta - \alpha}{2}\right)$$

En segundo lugar se tendrá que calcular el esfuerzo correspondiente a la resultante de ángulo, que como se indicó para la hipótesis de viento se puede calcular con la ecuación.

$$R_{av} = n \sqrt{\left((T_{v1} + T_{v2}) * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)\right)^2 + \left((T_{v1} - T_{v2}) * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)\right)^2}$$

Por tanto al actuar dos esfuerzos en esta hipótesis de cálculo se deberán sumar para obtener el esfuerzo transversal resultante de esta primera hipótesis de cálculo según la siguiente ecuación.

$$T = E_{vtangulo} + R_{av}$$

El esfuerzo longitudinal no aplica para esta hipótesis de cálculo.

4.2.4.2.1.2. Apoyo de Ángulo-Alineación. 2ª Hipótesis Hielo

La segunda hipótesis de cálculo para apoyos de ángulo solo será necesario su cálculo en las zonas B y C reglamentarias ya que en la zona A no existe la hipótesis de hielo. En primer lugar se tendrán que calcular las cargas permanentes aplicando la ecuación correspondiente a las condiciones de hielo.

$$V_c = p_h * \left(\frac{a_1 + a_2}{2} + T_h * (\tan(n_1) \pm \tan(n_2))\right)$$

Añadiendo el peso de la cadena de aisladores para obtener el peso correspondiente a un conductor utilizando la siguiente expresión.

$$V_f = V_c + P_{cadena}$$

Multiplicando finalmente por el número total de conductores para obtener el peso total sobre el apoyo en las condiciones de hielo.

$$V_t = V_f * n$$



En esta hipótesis se calcular el esfuerzo correspondiente a la resultante de ángulo en las condiciones de hielo, dicha ecuación es.

$$T = n \sqrt{\left((Th1 + Th2) * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right)^2 + \left((Th1 - Th2) * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right)^2}$$

El esfuerzo longitudinal no aplica para esta hipótesis de cálculo.

4.2.4.2.1.3. Apoyo de Ángulo-alineación. 3ª Hipótesis Desequilibrio de Tracciones

La presente hipótesis será necesario su cálculo en las tres zonas de cálculo. El cálculo de los esfuerzos verticales se realizará para la zona A como el expuesto para la 1ª hipótesis de cálculo y para las zonas B y C como el expuesto para la segunda hipótesis de cálculo.

El porcentaje de cálculo a aplicar será el mismo que para los apoyos de alineación-suspensión, el porcentaje que fija el Reglamento ITC-LAT 07 3.1.4.1, cuyo valor es el 8% para líneas con tensión nominal igual o inferior a 66 kV, y el 15% para líneas con tensión superior a 66 kV. Por tanto la ecuación de cálculo a utilizar será la propuesta anteriormente en esta memoria de cálculo, que una vez aplicado el porcentaje de cálculo quedará de la siguiente forma. Para el primer tipo de líneas:

$$L = \frac{8}{100} * n * T0$$

Y para el segundo tipo:

$$L = \frac{15}{100} * n * T0$$

El esfuerzo transversal si aplica para esta hipótesis de cálculo, y corresponde a la resultante de ángulo, para la zona A será:

$$T = n \sqrt{\left((Tv1 + Tv2) * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right)^2 + \left((Tv1 - Tv2) * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right)^2}$$

Y para el caso de apoyos situados en zonas B y C:

$$T = n \sqrt{\left((Th1 + Th2) * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right)^2 + \left((Th1 - Th2) * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right)^2}$$



4.2.4.2.1.4. Apoyo de Ángulo-alineacion. 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 apartado 3.5.3 del Reglamento 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 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 por ciento:

$$L = \frac{50}{100} * n * T0$$

El esfuerzo transversal también se deberá calcular en los apoyos tipo ángulo, aplicando para ellos la resultante de ángulo, los apoyos en zona A deben coincidir con la hipótesis de viento y en las zonas B y C. Habrá que distinguir entre las fases afectadas y no afectadas. Así para las fases no afectadas de la zona tendremos:

$$T = (n - 1) \sqrt{\left((Tv1 + Tv2) * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right)^2 + \left((Tv1 - Tv2) * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right)^2}$$

Y para las afectadas de la zona A, tendremos:

$$T = 0.5 \sqrt{\left((Tv1 + Tv2) * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right)^2 + \left((Tv1 - Tv2) * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right)^2}$$

De igual forma para las zonas B y C, las ecuaciones a utilizar son:

$$T = (n - 1) \sqrt{\left((Th1 + Th2) * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right)^2 + \left((Th1 - Th2) * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right)^2}$$

Para las no afectas, y para las afectadas de las zonas B y C, tendremos:

$$T = 0.5 \sqrt{\left((Th1 + Th2) * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right)^2 + \left((Th1 - Th2) * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right)^2}$$



4.2.4.2.2. Apoyo de Ángulo-amarre

4.2.4.2.2.1. Apoyo de Ángulo-amarre. 1ª Hipótesis Viento

La hipótesis de viento se tendrá que calcular en la tres zonas de cálculo reglamentarias, en las condiciones de -5°C , -10°C y -15°C de temperatura, para las zonas A, B y C y con la sobrecarga correspondiente a la presión del viento.

En primer lugar según la ITC-LAT 07 3.5.3 del Reglamento se tendrán que calcular los esfuerzos verticales, para ello utilizaremos la ecuación correspondiente a la hipótesis de viento.

$$V_c = p * \left(\frac{a_1 + a_2}{2} + C_v * (\tan(n_1) \pm \tan(n_2)) \right)$$

Sumando posteriormente el peso de la cadena de aisladores para obtener la carga correspondiente a un conductor mediante la siguiente expresión.

$$V_f = V_c + P_{\text{cadena}}$$

Y por último multiplicar por el número de conductores de los que consta la línea para obtener el total de cargas permanentes que gravitan sobre el apoyo en esta hipótesis de viento, según la ecuación.

$$V_t = V_f * n$$

En esta hipótesis se tendrán que calcular dos esfuerzos, el primero es el correspondiente a la acción del viento sobre conductores y cadena de aisladores. Para el cálculo de esfuerzo producido sobre conductores por la acción del viento se utilizará la ecuación propuesta anteriormente y que es la siguiente.

$$E_v = n * d * v * \frac{a_1 + a_2}{2}$$

Añadiendo seguidamente el esfuerzo del viento sobre la cadena de aisladores según.

$$E_{vt} = E_v + E_{vcadena} * n$$

En los apoyos de ángulo este esfuerzo no se encuentra situado en la perpendicular de la línea sino que se encuentra situado en la dirección de la bisectriz del ángulo formado por las dos alineaciones, por tanto será necesario multiplicar por un coeficiente que tenga en cuenta esta desviación de la dirección del esfuerzo, por tanto el esfuerzo resultante será.

$$E_{vtangulo} = E_{vt} * \cos\left(\frac{\beta - \alpha}{2}\right)$$



En segundo lugar se tendrá que calcular el esfuerzo correspondiente a la resultante de ángulo, que como se indicó para la hipótesis de viento se puede calcular con la ecuación.

$$Rav = n \sqrt{\left((Tv1 + Tv2) * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right)^2 + \left((Tv1 - Tv2) * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right)^2}$$

Por tanto al actuar dos esfuerzos en esta hipótesis de cálculo se deberán sumar para obtener el esfuerzo transversal resultante de esta primera hipótesis de cálculo según la siguiente ecuación.

$$T = Evtangulo + Rav$$

El esfuerzo longitudinal no aplica para esta hipótesis de cálculo.

4.2.4.2.2.2. Apoyo de Ángulo-Amarre. 2ª Hipótesis Hielo

La segunda hipótesis de cálculo para apoyos de ángulo solo será necesario su cálculo en las zonas B y C reglamentarias ya que en la zona A no existe la hipótesis de hielo. En primer lugar se tendrán que calcular las cargas permanentes aplicando la ecuación correspondiente a las condiciones de hielo.

$$Vc = ph * \left(\frac{a1 + a2}{2} + Th * (\tan(n1) \pm \tan(n2)) \right)$$

Añadiendo el peso de la cadena de aisladores para obtener el peso correspondiente a un conductor utilizando la siguiente expresión.

$$Vf = Vc + Pcadena$$

Multiplicando finalmente por el número total de conductores para obtener el peso total sobre el apoyo en las condiciones de hielo.

$$Vt = Vf * n$$

En esta hipótesis se calcular el esfuerzo correspondiente a la resultante de ángulo en las condiciones de hielo, dicha ecuación es.

$$T = n \sqrt{\left((Th1 + Th2) * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right)^2 + \left((Th1 - Th2) * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right)^2}$$

El esfuerzo longitudinal no aplica para esta hipótesis de cálculo.



4.2.4.2.2.3. Apoyo de Ángulo-amarre. 3ª Hipótesis Desequilibrio de Tracciones

La presente hipótesis será necesario su cálculo en las tres zonas de cálculo. El cálculo de los esfuerzos verticales se realizará para la zona A como el expuesto para la 1ª hipótesis de cálculo y para las zonas B y C como el expuesto para la segunda hipótesis de cálculo.

El porcentaje de cálculo a aplicar será el mismo que para los apoyos de alineación-amarre, el porcentaje que fija el Reglamento ITC-LAT 07 3.1.4.2, cuyo valor es el 15% para líneas con tensión nominal igual o inferior a 66 kV, y el 25% para líneas con tensión superior a 66 kV. Por tanto la ecuación de cálculo a utilizar será la propuesta anteriormente en esta memoria de cálculo, que una vez aplicado el porcentaje de cálculo quedará de la siguiente forma. Para el primer tipo de líneas:

$$L = \frac{15}{100} * n * T0$$

Y para el segundo tipo:

$$L = \frac{25}{100} * n * T0$$

El esfuerzo transversal si aplica para esta hipótesis de cálculo, y corresponde a la resultante de ángulo, para la zona A será:

$$T = n \sqrt{\left((Tv1 + Tv2) * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right)^2 + \left((Tv1 - Tv2) * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right)^2}$$

Y para el caso de apoyos situados en zonas B y C:

$$T = n \sqrt{\left((Th1 + Th2) * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right)^2 + \left((Th1 - Th2) * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right)^2}$$

4.2.4.2.2.4. Apoyo de Ángulo-amarre. 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 apartado 3.5.3 del Reglamento 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 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 por ciento:

$$L = T0$$

El esfuerzo transversal también se deberá calcular en los apoyos tipo ángulo, aplicando para ellos la resultante de ángulo, los apoyos en zona A deben coincidir con la hipótesis de viento y en las zonas B y C. Habrá que distinguir entre las fases afectadas y no afectadas. Así para las fases no afectadas de la zona tendremos:

$$T = (n - 1) \sqrt{\left((Tv1 + Tv2) * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right)^2 + \left((Tv1 - Tv2) * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right)^2}$$

Y para las afectadas de la zona A, tendremos:

$$T = 0.5 \sqrt{\left((Tv1 + Tv2) * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right)^2 + \left((Tv1 - Tv2) * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right)^2}$$

De igual forma para las zonas B y C, las ecuaciones a utilizar son:

$$Tfna = (n - 1) \sqrt{\left((Th1 + Th2) * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right)^2 + \left((Th1 - Th2) * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right)^2}$$

Para las no afectas, y para las afectadas de las zonas B y C, tendremos:

$$Tfa = 0.5 \sqrt{\left((Th1 + Th2) * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right)^2 + \left((Th1 - Th2) * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right)^2}$$

4.2.4.2.3. Apoyo de Ángulo-anclaje

4.2.4.2.3.1. Apoyo de Ángulo-anclaje. 1ª Hipótesis Viento

La hipótesis de viento se tendrá que calcular en la tres zonas de cálculo reglamentarias, en las condiciones de -5°C, -10°C y -15°C de temperatura, para las zonas A, B y C y con la sobrecarga correspondiente a la presión del viento.

En primer lugar según la ITC-LAT 07 3.5.3 del Reglamento se tendrán que calcular los esfuerzos verticales, para ello utilizaremos la ecuación correspondiente a la hipótesis de viento.



$$V_c = p * \left(\frac{a_1 + a_2}{2} + C_v * (\tan(n_1) \pm \tan(n_2)) \right)$$

Sumando posteriormente el peso de la cadena de aisladores para obtener la carga correspondiente a un conductor mediante la siguiente expresión.

$$V_f = V_c + P_{cadena}$$

Y por último multiplicar por el número de conductores de los que consta la línea para obtener el total de cargas permanentes que gravitan sobre el apoyo en esta hipótesis de viento, según la ecuación.

$$V_t = V_f * n$$

En esta hipótesis se tendrán que calcular dos esfuerzos, el primero es el correspondiente a la acción del viento sobre conductores y cadena de aisladores. Para el cálculo de esfuerzo producido sobre conductores por la acción del viento se utilizará la ecuación propuesta anteriormente y que es la siguiente.

$$E_v = n * d * v * \frac{a_1 + a_2}{2}$$

Añadiendo seguidamente el esfuerzo del viento sobre la cadena de aisladores según.

$$E_{vt} = E_v + E_{vcadena} * n$$

En los apoyos de ángulo este esfuerzo no se encuentra situado en la perpendicular de la línea sino que se encuentra situado en la dirección de la bisectriz del ángulo formado por las dos alineaciones, por tanto será necesario multiplicar por un coeficiente que tenga en cuenta esta desviación de la dirección del esfuerzo, por tanto el esfuerzo resultante será.

$$E_{vtangulo} = E_{vt} * \cos\left(\frac{\beta - \alpha}{2}\right)$$

En segundo lugar se tendrá que calcular el esfuerzo correspondiente a la resultante de ángulo, que como se indicó para la hipótesis de viento se puede calcular con la ecuación.

$$R_{av} = n \sqrt{\left((T_{v1} + T_{v2}) * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right)^2 + \left((T_{v1} - T_{v2}) * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right)^2}$$

Por tanto al actuar dos esfuerzos en esta hipótesis de cálculo se deberán sumar para obtener el esfuerzo transversal resultante de esta primera hipótesis de cálculo según la siguiente ecuación.



$$T = Evtangulo + Rav$$

El esfuerzo longitudinal no aplica para esta hipótesis de cálculo.

4.2.4.2.3.2. Apoyo de Ángulo-Amarre. 2ª Hipótesis Hielo

La segunda hipótesis de cálculo para apoyos de ángulo solo será necesario su cálculo en las zonas B y C reglamentarias ya que en la zona A no existe la hipótesis de hielo. En primer lugar se tendrán que calcular las cargas permanentes aplicando la ecuación correspondiente a las condiciones de hielo.

$$Vc = ph * \left(\frac{a1 + a2}{2} + Th * (\tan(n1) \pm \tan(n2)) \right)$$

Añadiendo el peso de la cadena de aisladores para obtener el peso correspondiente a un conductor utilizando la siguiente expresión.

$$Vf = ph + phc$$

Multiplicando finalmente por el número total de conductores para obtener el peso total sobre el apoyo en las condiciones de hielo.

$$Vt = Vf * n$$

En esta hipótesis se calcular el esfuerzo correspondiente a la resultante de ángulo en las condiciones de hielo, dicha ecuación es.

$$T = n \sqrt{\left((Th1 + Th2) * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right)^2 + \left((Th1 - Th2) * \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right)^2}$$

El esfuerzo longitudinal no aplica para esta hipótesis de cálculo.

4.2.4.2.3.3. Apoyo de Ángulo-amarre. 3ª Hipótesis Desequilibrio de Tracciones

La presente hipótesis será necesario su cálculo en las tres zonas de cálculo. El cálculo de los esfuerzos verticales se realizará para la zona A como el expuesto para la 1ª hipótesis de cálculo y para las zonas B y C como el expuesto para la segunda hipótesis de cálculo.

El porcentaje de cálculo a aplicar será el que fija el Reglamento ITC-LAT 07 3.1.4.3, cuyo valor es el 50. Por tanto la ecuación de cálculo a utilizar será la propuesta anteriormente en esta memoria de cálculo, que una vez aplicado el porcentaje de cálculo quedará de la siguiente forma:

$$L = \frac{50}{100} * n * T0$$



El esfuerzo transversal si aplica para esta hipótesis de cálculo, y corresponde a la resultante de ángulo, para la zona A será:

$$T = n \sqrt{\left((Tv1 + Tv2) * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right)^2 + \left((Tv1 - Tv2) * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right)^2}$$

Y para el caso de apoyos situados en zonas B y C:

$$T = n \sqrt{\left((Th1 + Th2) * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right)^2 + \left((Th1 - Th2) * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right)^2}$$

4.2.4.2.3.4. Apoyo de Ángulo-amarre. 4ª Hipótesis Rotura de Conductores

Al contrario de lo que sucedía con los dos tipos de apoyos anteriores para los de anclaje 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 las cargas permanentes que como en la hipótesis anterior si la línea transcurre por la zona A se calcularan igual que las correspondientes a la primera hipótesis, y como las correspondientes a la segunda hipótesis si la línea transcurre por las zonas B y C de cálculo reglamentarias.

Según fija ITC-LAT 07 apartado 3.1.5.4 del Reglamento será la correspondiente a la rotura de un conductor sin reducción de esfuerzo. Por tanto la expresión de cálculo quedará.

$$L = T0$$

El esfuerzo transversal también se deberá calcular en los apoyos tipo ángulo, aplicando para ellos la resultante de ángulo, los apoyos en zona A deben coincidir con la hipótesis de viento y en las zonas B y C. Habrá que distinguir entre las fases afectadas y no afectadas. Así para las fases no afectadas de la zona tendremos:

$$Tfna = (n - 1) \sqrt{\left((Tv1 + Tv2) * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right)^2 + \left((Tv1 - Tv2) * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right)^2}$$

Y para las afectadas de la zona A, tendremos:

$$Tfa = 0.5 \sqrt{\left((Tv1 + Tv2) * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right)^2 + \left((Tv1 - Tv2) * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right)^2}$$

De igual forma para las zonas B y C, las ecuaciones a utilizar son:



$$Tfna = (n - 1) \sqrt{\left((Th1 + Th2) * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right)^2 + \left((Th1 - Th2) * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right)^2}$$

Para las no afectas, y para las afectadas de las zonas B y C, tendremos:

$$Tfa = 0.5 \sqrt{\left((Th1 + Th2) * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right)^2 + \left((Th1 - Th2) * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right)^2}$$

4.2.4.2.4. Apoyo de Final/Principio de Línea

4.2.4.2.4.1. Apoyo de Final/Principio de Línea. 1ª Hipótesis 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 deberán calcular esfuerzo vertical debido a la acción del viento sobre conductores y cadenas de aisladores, a la temperatura de -5°C, -10°C y -15°C, para las zonas A, B y C, cuya expresión es la que sigue.

- Apoyo principio de línea:

$$Vc = p * \left(\frac{a}{2} + Cv * (-\tan(n)) \right)$$

- Apoyo final de línea:

$$Vc = p * \left(\frac{a}{2} + Cv * (\tan(n)) \right)$$

Posteriormente para obtener el peso correspondiente a una fase se tendrá que sumar el peso correspondiente a la cadena de aisladores mediante la siguiente expresión.

$$Vf = Vc + Pcadena$$

Y por último multiplicar por el número de conductores de los que consta la línea para obtener el total de cargas permanentes que gravitan sobre el apoyo en esta hipótesis de viento, según la ecuación.

$$Vt = Vf * n$$

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.



$$Tc = n * d * v * \frac{a}{2}$$

Esfuerzo al que se tendrá que añadir el correspondiente a la acción del viento sobre las cadenas de aisladores y que quedará de la siguiente forma.

$$T = Tc + Evcadena * n$$

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 -5°C, -10°C y -15°C de temperatura, para las zonas A, B y C y 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 apartado 3.1.4.4 del Reglamento será del cien por cien de las tracciones unilaterales de los conductores, así pues la ecuación quedará en la forma.

$$L = n * Tv$$

4.2.4.2.4.2. Apoyo de Final/Principio de Línea. 2ª Hipótesis Hielo

La segunda hipótesis para el apoyo final/principio de línea difiere un poco de las de los demás apoyos ya que en ella se integra el cálculo del esfuerzo debido al desequilibrio de tracciones. En primer lugar se tendrá que calcular los esfuerzos verticales que gravitan sobre el apoyo, como en anteriores casos utilizaremos la ecuación propuesta para el caso de la hipótesis de hielo, dicha ecuación es la que sigue.

- Apoyo principio de línea:

$$Vc = ph * \left(\frac{a}{2} + T0 * (-\tan(n)) \right)$$

- Apoyo principio de línea:

$$Vc = ph * \left(\frac{a}{2} + T0 * (\tan(n)) \right)$$

Posteriormente para obtener el peso correspondiente a una fase se tendrá que sumar el peso correspondiente a la cadena de aisladores mediante la siguiente expresión.

$$Vf = Vc + Pcadena$$

Y por último multiplicar por el número de conductores de los que consta la línea para obtener el total de cargas permanentes que gravitan sobre el apoyo en esta hipótesis de viento, según la ecuación.

$$Vt = Vf * n$$



Como se ha dicho se tendrá que calcular el esfuerzo longitudinal debido al desequilibrio de tracciones en las zonas B y C ya que en la zona A no está presente la hipótesis de hielo, el porcentaje a aplicar en este caso como marca la ITC-LAT 07 apartado 3.1.4.3 corresponderá al cien por cien de las tracciones unilaterales cuando se rompe un conductor. Por tanto la ecuación que permite el cálculo del esfuerzo por rotura de conductores será.

$$L = n * T0$$

El esfuerzo transversal no aplica para esta hipótesis de cálculo.

4.2.4.2.4.3. Apoyo de Final/Principio de Línea. 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.

4.2.4.2.4.4. Apoyo de Final/Principio de Línea. 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 y para las zonas B y C de igual forma que en la segunda hipótesis de cálculo.

El porcentaje a aplicar en el cálculo de esta hipótesis según dicta el Reglamento en su ITC-LAT 07 apartado 3.1.5.4, es del cien por cien, por tanto la ecuación a utilizar es la siguiente.

$$L = T0$$

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.

$$L = 2 * T0$$

En el anexo de cálculo, cuadros número 3 y 4, 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.



4.3. CIMENTACIONES DE LOS APOYOS

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.

$$M_{vc} = E_p * H_c$$

En donde:

M_{vc} = Momento de vuelco debido a la acción del tiro de conductores en daNm.

E_p = Esfuerzo útil del apoyo en daN.

H_c = Altura del punto de aplicación del esfuerzo en metros.

El valor del esfuerzo útil del apoyo se puede sustituir por el esfuerzo máximo de cálculo del apoyo si se estima oportuno. 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.

$$M_{vv} = E_v * H_v$$

En donde:

M_{vv} = Momento del vuelco debido a la acción del viento sobre la superficie del apoyo en daNm.

E_v = Esfuerzo producido por el viento sobre la superficie del apoyo en daN.

H_v = Altura de punto de aplicación del esfuerzo del viento sobre la superficie del apoyo en metros.

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.

$$M_{vc} + M_{vv} \leq \frac{M_c}{1.5}$$

Se adopta como forma para el cimientado del apoyo un prisma de sección cuadrada, prolongándose este 20 cm por encima del nivel del terreno de forma que sirva de protección para el apoyo. Por otra parte se establece un ángulo de giro máximo para el cimientado definido por su tangente de 0,01.

El momento estabilizador del cimientado 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.



$$M_c = 139 * b * h^4 * c_2 + a^2 * b * (h + 0.2) * 2200 * \left(0.5 - \frac{2}{3} * \sqrt{1.1 * \frac{h}{a} * \frac{1}{10 * c_2}} \right)$$

En donde:

M_c = Momento de fallo al vuelco en daNm.

a = Anchura del cimiento en metros.

b = Largo del cimiento en metros.

h = Profundidad del cimiento en metros.

C_2 = Coeficiente de compresibilidad del terreno a 2 metros de profundidad en daN/cm³.

4.4. TIERRAS

Todas las estructuras metálicas de los apoyos, irán unidas directamente a tierra mediante conductores de 100 mm² de acero y piquetas de acero galvanizadas.

Dada la naturaleza del terreno, y no pudiendo prever la resistencia de difusión de la puesta a tierra que se obtendrá en cada uno de los apoyos, se ha proyectado esta instalación de acuerdo con la ITC-LAT 07 en su apartado 7.

Asimismo, en los apoyos emplazados en zonas de pública concurrencia, las tomas de tierra se dispondrán en anillo cerrado y enterrado alrededor del empotramiento del apoyo, a un metro de distancia de las aristas del macizo de la cimentación.

De esta forma también será ejecutada la instalación de toma de tierra en anillo en aquellos apoyos que soporten elementos de maniobra de cualquier tipo.

Teniendo en cuenta que el sistema de protecciones existente en todas las Subestaciones de esta Empresa suministradora, está concebido de tal forma que los relés de protección están tarados para una intensidad de arranque del 6% de la intensidad nominal del transformador de intensidad y puesto que los transformadores de intensidad usados son los de relación 400/ ó 200/5 A., en el caso más desfavorable, el de relación 400/5 A., el umbral de funcionamiento es de $0,06 \times 400 = 24$ A.

Como la intensidad de defecto a tierra está limitada a 300 A. en las líneas de distribución (por la resistencia de puesta a tierra del transformador), el 50% de esta intensidad es de 150 A., valor muy superior a los 24 A. de intensidad de arranque del sistema de protecciones.

Teniendo en cuenta todo lo anteriormente expuesto, será totalmente reglamentaria la existencia de resistencias de difusión a tierra con valores superiores a 20Ω en aquellos apoyos que no estén en zonas de pública concurrencia, ni soporten aparatos de maniobra.



5. DISTANCIA DE SEGURIDAD

5.1. DISTANCIA 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:

$$5.3 + Del(metros)$$

Con un mínimo de 6 metros, para el caso del proyecto que nos ocupa será de 6,50 m. No obstante, se dispondrá de un mínimo de: 8,87 m, en el caso más desfavorable de este proyecto.

5.2. 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 su ITC-LAT 07 apartado 5.4 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. La expresión que calcula según Reglamento esta distancia mínima entre conductores es la que sigue:

$$D = K * \sqrt{F + L} + K' * D_{pp}$$

En donde:

D = Separación entre conductores en metros.

K = Coeficiente que depende de la oscilación de los conductores con el viento.

F = Flecha máxima en metros según ITC-LAT 07 apartado 3.2.3 del Reglamento de líneas.

L = Longitud de la cadena de suspensión en metros. En el caso de conductores fijados al apoyo por cadenas de amarre o aisladores fijos esta longitud de cadena será de cero metros.

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 rapido

Para el cálculo del coeficiente K, se utilizará la siguiente expresión en la zona A:



$$tg\alpha = \frac{v * d}{p}$$

En donde:

v = presión del viento sobre conductores y cables de tierra según ITC-LAT 07 apartado 3.1.2.1.
Este valor será de 60 daN/m² para conductores con un diámetro igual o inferior a 16 mm y 50 daN/m² para conductores con un diámetro superior a 16mm.

d = Diámetro en metros del conductor.

p= Peso del conductor en daN/m.

Y para las zonas B y C:

$$tg\alpha = \frac{v * d}{p}$$

En donde:

v = presión del viento sobre conductores y cables de tierra según ITC-LAT 07 apartado 3.1.2.1.
Este valor será de 60 daN/m² para conductores con un diámetro igual o inferior a 16 mm y 50 daN/m² para conductores con un diámetro superior a 16mm.

d = Diámetro en metros del conductor.

P_h= Peso del conductor más el manguito de hilo según zona en daN/m.

Con el valor del ángulo resultante del ángulo de oscilación y utilizando la tabla siguiente extraída de la ITC-LAT 07 apartado 5.4.1 del Reglamento se obtendrá el valor correspondiente para el coeficiente K a aplicar la ecuación del cálculo de la distancia entre conductores.

Ángulo 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 65º	0,7	0,65
Comprendido entre 40 y 65º	0,65	0,6
Inferior a 40º	0,6	0,55

No obstante, se dispondrá de un mínimo de: 4,00 m, en el caso más desfavorable de este proyecto.

5.3. DISTANCIA DE LOS CONDUCTORES AL APOYO

Los conductores según determina la ITC-LAT 07 apartado 5.4.2 del Reglamento de líneas establece que estos y sus accesorios en tensión no se podrán situar a una distancia mínima inferior a los apoyos en ningún caso inferior a Del, con un mínimo de 0,2 m.

No obstante, se dispondrá de un mínimo de: 0,20 m.



5.4. CRUZAMIENTOS

En el presente proyecto se efectúan los siguientes cruzamientos en la línea eléctrica aérea de 132 kV:

Cruzamiento nº 99 “Autovías, autopistas” situado a 1475,05m del origen.

Entre los apoyos 54 del presente proyecto se presenta un cruzamiento tipo Autovías, autopistas.

La mínima distancia vertical entre el cruzamiento y el cable inferior, en las condiciones más desfavorables ha de ser superior a:

$$d = 6.3 + Del$$

Con un mínimo de 7 m. Siendo:

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. Puede ser tanto interna, cuando se consideran distancias del conductor a la estructura de la torre, como externas, cuando se considera una distancia del conductor a un obstáculo, en m. ITC-LAT 07, apartado 5.2, tabla 15.

El resultado de la ecuación según Reglamento es de 10,50 m. En nuestro caso tendremos 30,03 m.

Cruzamiento nº 44 “Carretera, caminos asfaltados” situado a 1853,450m del origen.

Entre los apoyos 60 y 71 del presente proyecto se presenta un cruzamiento tipo Carretera, caminos asfaltados.

La mínima distancia vertical entre el cruzamiento y el cable inferior, en las condiciones más desfavorables ha de ser superior a:

$$d = 6.3 + Del$$

Con un mínimo de 7 m. Siendo:

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. Puede ser tanto interna, cuando se consideran distancias del conductor a la estructura de la torre, como externas, cuando se considera una distancia del conductor a un obstáculo, en m. ITC-LAT 07, apartado 5.2, tabla 15.

El resultado de la ecuación según Reglamento es de 9,00 m. En nuestro caso tendremos 5,58 m.



Cruzmiento nº 44 “Carretera, caminos asfaltados” situado a 7005,750m del origen.

Entre los apoyos 180 y 191 del presente proyecto se presenta un cruzamiento tipo Carretera, caminos asfaltados.

La mínima distancia vertical entre el cruzamiento y el cable inferior, en las condiciones más desfavorables ha de ser superior a:

$$d = 6.3 + Del$$

Con un mínimo de 7 m. Siendo:

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. Puede ser tanto interna, cuando se consideran distancias del conductor a la estructura de la torre, como externas, cuando se considera una distancia del conductor a un obstáculo, en m. ITC-LAT 07, apartado 5.2, tabla 15.

El resultado de la ecuación según Reglamento es de 9,00 m. En nuestro caso tendremos 42,75 m.

Cruzmiento nº 44 “Carretera, caminos asfaltados” situado a 10206,150m del origen.

Entre los apoyos 230 y 241 del presente proyecto se presenta un cruzamiento tipo Carretera, caminos asfaltados.

La mínima distancia vertical entre el cruzamiento y el cable inferior, en las condiciones más desfavorables ha de ser superior a:

$$d = 6.3 + Del$$

Con un mínimo de 7 m. Siendo:

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. Puede ser tanto interna, cuando se consideran distancias del conductor a la estructura de la torre, como externas, cuando se considera una distancia del conductor a un obstáculo, en m. ITC-LAT 07, apartado 5.2, tabla 15.

El resultado de la ecuación según Reglamento es de 9,00 m. En nuestro caso tendremos 29,02 m.

Cruzmiento nº 44 “Carretera, caminos asfaltados” situado a 11487,450m del origen.

Entre los apoyos 250 y 261 del presente proyecto se presenta un cruzamiento tipo Carretera, caminos asfaltados.



La mínima distancia vertical entre el cruzamiento y el cable inferior, en las condiciones más desfavorables ha de ser superior a:

$$d = 6.3 + Del$$

Con un mínimo de 7 m. Siendo:

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. Puede ser tanto interna, cuando se consideran distancias del conductor a la estructura de la torre, como externas, cuando se considera una distancia del conductor a un obstáculo, en m. ITC-LAT 07, apartado 5.2, tabla 15.

El resultado de la ecuación según Reglamento es de 9,00 m. En nuestro caso tendremos 30,48 m.

Cruzamiento nº 44 “Carretera, caminos asfaltados” situado a 11539,700m del origen.

Entre los apoyos 250 y 261 del presente proyecto se presenta un cruzamiento tipo Carretera, caminos asfaltados.

La mínima distancia vertical entre el cruzamiento y el cable inferior, en las condiciones más desfavorables ha de ser superior a:

$$d = 6.3 + Del$$

Con un mínimo de 7 m. Siendo:

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. Puede ser tanto interna, cuando se consideran distancias del conductor a la estructura de la torre, como externas, cuando se considera una distancia del conductor a un obstáculo, en m. ITC-LAT 07, apartado 5.2, tabla 15.

El resultado de la ecuación según Reglamento es de 9,00 m. En nuestro caso tendremos 31,75 m.

Cruzamiento nº 44 “Carretera, caminos asfaltados” situado a 13112,050m del origen.

Entre los apoyos 280 y 291 del presente proyecto se presenta un cruzamiento tipo Carretera, caminos asfaltados.

La mínima distancia vertical entre el cruzamiento y el cable inferior, en las condiciones más desfavorables ha de ser superior a:



$$d = 6.3 + Del$$

Con un mínimo de 7 m. Siendo:

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. Puede ser tanto interna, cuando se consideran distancias del conductor a la estructura de la torre, como externas, cuando se considera una distancia del conductor a un obstáculo, en m. ITC-LAT 07, apartado 5.2, tabla 15.

El resultado de la ecuación según Reglamento es de 9,00 m. En nuestro caso tendremos 6,67 m.

Cruzmiento nº 44 “Carretera, caminos asfaltados” situado a 13367,250m del origen.

Entre los apoyos 280 y 291 del presente proyecto se presenta un cruzamiento tipo Carretera, caminos asfaltados.

La mínima distancia vertical entre el cruzamiento y el cable inferior, en las condiciones más desfavorables ha de ser superior a:

$$d = 6.3 + Del$$

Con un mínimo de 7 m. Siendo:

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. Puede ser tanto interna, cuando se consideran distancias del conductor a la estructura de la torre, como externas, cuando se considera una distancia del conductor a un obstáculo, en m. ITC-LAT 07, apartado 5.2, tabla 15.

El resultado de la ecuación según Reglamento es de 9,00 m. En nuestro caso tendremos 12,96 m.

Cruzmiento nº 44 “Carretera, caminos asfaltados” situado a 13412,050m del origen.

Entre los apoyos 280 y 291 del presente proyecto se presenta un cruzamiento tipo Carretera, caminos asfaltados.

La mínima distancia vertical entre el cruzamiento y el cable inferior, en las condiciones más desfavorables ha de ser superior a:

$$d = 6.3 + Del$$

Con un mínimo de 7 m. Siendo:



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. Puede ser tanto interna, cuando se consideran distancias del conductor a la estructura de la torre, como externas, cuando se considera una distancia del conductor a un obstáculo, en m. ITC-LAT 07, apartado 5.2, tabla 15.

El resultado de la ecuación según Reglamento es de 9,00 m. En nuestro caso tendremos 18,62 m.

Cruzmiento nº 44 “Carretera, caminos asfaltados” situado a 17451,500m del origen.

Entre los apoyos 360 y 371 del presente proyecto se presenta un cruzamiento tipo Carretera, caminos asfaltados.

La mínima distancia vertical entre el cruzamiento y el cable inferior, en las condiciones más desfavorables ha de ser superior a:

$$d = 6.3 + D_{el}$$

Con un mínimo de 7 m. Siendo:

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. Puede ser tanto interna, cuando se consideran distancias del conductor a la estructura de la torre, como externas, cuando se considera una distancia del conductor a un obstáculo, en m. ITC-LAT 07, apartado 5.2, tabla 15.

El resultado de la ecuación según Reglamento es de 9,00 m. En nuestro caso tendremos 23,97 m.

Cruzmiento nº 44 “Carretera, caminos asfaltados” situado a 21736,250m del origen.

Entre los apoyos 430 y 441 del presente proyecto se presenta un cruzamiento tipo Carretera, caminos asfaltados.

La mínima distancia vertical entre el cruzamiento y el cable inferior, en las condiciones más desfavorables ha de ser superior a:

$$d = 6.3 + D_{el}$$

Con un mínimo de 7 m. Siendo:

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. Puede ser tanto interna, cuando se consideran distancias del conductor



a la estructura de la torre, como externas, cuando se considera una distancia del conductor a un obstáculo, en m. ITC-LAT 07, apartado 5.2, tabla 15.

El resultado de la ecuación según Reglamento es de 9,00 m. En nuestro caso tendremos 19,49 m.

Cruzamiento nº 44 “Carretera, caminos asfaltados” situado a 27630,300m del origen.

Entre los apoyos 550 y 561 del presente proyecto se presenta un cruzamiento tipo Carretera, caminos asfaltados.

La mínima distancia vertical entre el cruzamiento y el cable inferior, en las condiciones más desfavorables ha de ser superior a:

$$d = 6.3 + Del$$

Con un mínimo de 7 m. Siendo:

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. Puede ser tanto interna, cuando se consideran distancias del conductor a la estructura de la torre, como externas, cuando se considera una distancia del conductor a un obstáculo, en m. ITC-LAT 07, apartado 5.2, tabla 15.

El resultado de la ecuación según Reglamento es de 9,00 m. En nuestro caso tendremos 36,13 m.

Cruzamiento nº 7 “Ríos, arroyos, embalses, pantanos, ramblas” situado a 28019,60m del origen.

Entre los apoyos 56 y 57 del presente proyecto se presenta un cruzamiento tipo Ríos, arroyos, embalses, pantanos, ramblas.

La mínima distancia vertical entre el cruzamiento y el cable inferior, en las condiciones más desfavorables ha de ser superior a:

$$d = 6.3 + Del + G$$

Siendo:

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. Puede ser tanto interna, cuando se consideran distancias del conductor a la estructura de la torre, como externas, cuando se considera una distancia del conductor a un obstáculo, en m. ITC-LAT 07, apartado 5.2, tabla 15.

G = gálibo. En el caso de que no exista gálibo definido, se considerará este igual a 4,7 m.



El resultado de la ecuación según Reglamento es de 4,70 m. En nuestro caso tendremos 41,30 m.

6. EJEMPLO DE DISEÑO DE UN VANO DE REGULACIÓN ASÍ COMO DE LOS TIPOS DE APOYOS ESCOGIDOS.

A continuación se hará el cálculo de un vano de regulación, así como de los 5 tipos de apoyos que tenemos. Estos tipos son Principio de Línea, Fin de línea, Alineación-amarre, Alineación-suspensión, Ángulo-anclaje.

El vano escogido para el ejemplo de cálculo es el vano que comprende los tramos 1-2, y 2-3.

Para iniciar el cálculo tenemos que, con los datos del conductor LA-280 Hawk y nuestro conductor de tierra, en este caso OPGW 48, calcular las sobrecargas del viento, viento mitad, y de $T15^{\circ}\text{C} + \text{Viento}$.

Hay que destacar que nuestro proyecto está enteramente en zona A según el RAT, por lo que no utilizaremos fórmulas de cambio de zona, ni aplicaremos sobrecargas de Hielo.

Los datos del conductor LA-280 Hawk son los siguientes

DATOS CONDUCTOR LA-280 HAWK			
S (mm ²)	281,1	Coeficiente de seguridad	3
d (mm)	21,798	Velocidad viento (km/h)	140
Q (daN)	8254	Velocidad viento en VH (km/h)	60
Peso (kg/m)	0,976	p (daN/m)	0,9575
E (daN/mm ²)	7546		
δ (°C-1)	1,92E-05		
Rk (Ω/km)	0,119		



Y los datos del conductor de tierra son:

DATOS CONDUCTOR DE TIERRA F.Ópti OPGW48			
S (mm ²)	180	Coeficiente de seguridad	3
d (mm)	17,5	Velocidad viento (km/h)	140
Q (daN)	7840	Velocidad viento en VH (km/h)	60
Peso (kg/m)	0,624	p (daN/m)	0,6121
E (daN/mm ²)	11760		
δ (°C-1)	1,15E-05		
Rk (Ω/km)	0,001		

Con estos datos obtenemos las sobrecargas mencionadas.

El valor de la sobrecarga debida a la acción del viento se obtiene utilizando las siguientes ecuaciones:

$$V_{conductor} = 50 * \left(\frac{50}{120}\right)^2 = \frac{68.05 daN}{m^2}$$

$$V_{tierra} = 50 * \left(\frac{50}{120}\right)^2 = \frac{68.05 daN}{m^2}$$

$$pv_{conductor} = \sqrt{0.9575^2 + (68.05 * 21.798 * 0.001)^2} = 1.76 daN/m$$

$$pvtierra = \sqrt{0.6121^2 + (68.05 * 17.5 * 0.001)^2} = 1.3391 daN/m$$

El valor de la sobrecarga debida a la acción del viento mitad se obtiene utilizando las siguientes ecuaciones:

$$V_{conductor} = 50 * \left(\frac{50}{120}\right)^2 = \frac{68.05 daN}{m^2}$$

$$V_{tierra} = 50 * \left(\frac{50}{120}\right)^2 = \frac{68.05 daN}{m^2}$$

$$pv_{conductor} = \sqrt{0.9575^2 + \left(\frac{68.05}{2} * 21.798 * 0.001\right)^2} = 1.2112 daN/m$$

$$pvtierra = \sqrt{0.6121^2 + \left(\frac{68.05}{2} * 17.5 * 0.001\right)^2} = 0.854 daN/m$$



El valor de la sobrecarga debida a la acción del viento+ T 15°C se obtiene utilizando las siguientes ecuaciones:

$$V_{conductor} = 50 * \left(\frac{120}{120}\right)^2 = \frac{50daN}{m^2}$$

$$V_{tierra} = 50 * \left(\frac{120}{120}\right)^2 = \frac{50daN}{m^2}$$

$$pv_{conductor} = \sqrt{0.9575^2 + (50 * 21.798 * 0.001)^2} = 1.4507daN/m$$

$$pvtierra = \sqrt{0.6121^2 + (50 * 17.5 * 0.001)^2} = 1.068daN/m$$

El valor de la sobrecarga debida a la acción del viento mitad +T 15°C se obtiene utilizando las siguientes ecuaciones:

$$V_{conductor} = 50 * \left(\frac{120}{120}\right)^2 = \frac{50daN}{m^2}$$

$$V_{tierra} = 50 * \left(\frac{120}{120}\right)^2 = \frac{50daN}{m^2}$$

$$pv_{conductor} = \sqrt{0.9575^2 + \left(\frac{50}{2} * 21.798 * 0.001\right)^2} = 1.1017daN/m$$

$$pvtierra = \sqrt{0.6121^2 + \left(\frac{50}{2} * 17.5 * 0.001\right)^2} = 0.7524daN/m$$

Para el cálculo de la hipótesis máxima utilizamos las siguientes fórmulas

$$P_0_{conductor}=1.7656daN/m$$

$$T0_{conductor} = \frac{Q}{2.5} = \frac{8254}{2.5} = 3301.6daN$$

$$T0_{conductor}=-5^{\circ}C$$

$$P_0_{tierra}=1.33daN/m$$

$$T0_{tierra} = \frac{Q}{2.5} = \frac{7840}{2.5} = 3136daN$$

$$T0_{tierra}=-5^{\circ}C$$

El siguiente paso es calcular el vano de regulación. Este paso se hace exactamente igual para tierra y para el conductor, por lo que sólo lo haremos para el conductor.

Teniendo las longitudes del vano y desnivel de cada tramo, en este caso de 1-2 y 2-3, podemos calcular el vano real, y vano de regulación.



$$\begin{aligned} \text{Vano real } 1 - 2 &= \sqrt{\text{vano}^2 + \text{desnivel}^2} = \sqrt{320^2 + 60.13^2} = 325.6\text{m} \\ \text{Vano real } 2 - 3 &= \sqrt{\text{vano}^2 + \text{desnivel}^2} = \sqrt{309^2 + 22.17^2} = 311.39\text{m} \end{aligned}$$

Para calcular el vano de regulación, tenemos que calcular previamente tres parámetros.

$$\text{ecuación } 1,1 - 2 = \frac{\text{vano real}^3}{\text{vano}^2} = \frac{325.6^3}{320^2} = 337.096$$

$$\text{ecuación } 2,1 - 2 = \frac{\text{vano real}^2}{\text{vano}} = \frac{325.6^2}{320} = 331.3$$

$$\text{ecuación } 3,1 - 2 = \text{vano}^3 = 320^3 = 32768000$$

$$\text{ecuación } 1,2 - 3 = \frac{\text{vano real}^3}{\text{vano}^2} = \frac{309.79^3}{309^2} = 311.39$$

$$\text{ecuación } 2,2 - 3 = \frac{\text{vano real}^2}{\text{vano}} = \frac{309.79^2}{309} = 310.59$$

$$\text{ecuación } 3,2 - 3 = \text{vano}^3 = 309^3 = 29503629$$

$$\text{vano de regulación} = \frac{\text{ecuación } 1,1 - 2 + \text{ecuación } 2,2 - 3}{\text{ecuación } 2,1 - 2 + \text{ecuación } 2,2 - 3} * \sqrt{\frac{\text{ecuación } 3,1 - 2 + \text{ecuación } 3,2 - 3}{\text{ecuación } 2,1 - 2 + \text{ecuación } 2,2 - 3}}$$

$$\text{vano de regulación} = \frac{337.096 + 311.39}{331.3 + 310.59} * \sqrt{\frac{32768000 + 29503629}{331.3 + 310.59}} = 314.67\text{metros}$$

A continuación, calculamos la componente horizontal máxima tanto para el cable de tierra, como para el conductor.

$$T0_{\text{conductor } 1 - 2} = \frac{3301.6 - 1.7656 * \frac{60.13}{2} + \sqrt{\left(3301.6 - 1.7656 * \frac{60.13}{2}\right)^2 - \frac{3301.6^2 * 325.6^2}{2}}}{2 * \frac{325.6}{320}} = 3180.09\text{daN}$$

$$\begin{aligned} T0_{\text{conductor } 2 - 3} &= \frac{3301.6 - 1.7656 * \frac{22.17}{2} + \sqrt{\left(3301.6 - 1.7656 * \frac{22.17}{2}\right)^2 - \frac{3301.6^2 * 309.79^2}{2}}}{2 * \frac{309.79}{309}} = \\ &= 3262.207\text{daN} \end{aligned}$$

$$T0_{\text{tierra } 1 - 2} = \frac{3136 - 1.3391 * \frac{60.13}{2} + \sqrt{\left(3136 - 1.3391 * \frac{60.13}{2}\right)^2 - \frac{3136^2 * 325.6^2}{2}}}{2 * \frac{325.6}{320}} = 3034.93\text{daN}$$



$$T0_{conductor2} - 3 = \frac{3136 - 1.3391 * \frac{22.17}{2} + \sqrt{\left(3136 - 1.3391 * \frac{22.17}{2}\right)^2 - \frac{3136^2 * 309.79^2}{2}}}{2 * \frac{309.79}{309}} = 3106.26 daN$$

Nos quedamos con los valores mínimos de tierra y de conductor para realizar el cálculo del EDS y THF que son nuestros próximos pasos para los dos conductores.

Calculamos los parámetros A y B de la ecuación cúbica de la Tensión de cada día.

$$A = \delta * (T - T0) * S * E - T0min + \left(\frac{v_{ano reg.}^2 * P0^2}{24 * T0min^2} \right) * S * E$$

$$B = \frac{v_{regulacion}^2 * p^2}{24 * S * E}$$

$$Tcd^2 * (Tcd + A) = B$$

$$EDS = \frac{Tcd}{Q} * 100$$

Para THF cambia la T de 15°C a -5°C

$$T^2 * (T + A) = B$$

$$THF = \frac{T}{Q} * 100$$

Estas son las fórmulas que utilizaremos. Ahora calculamos EDS para conductor

$$A = 1.92 * 10^{-5} * (15 - 5) * 281.1 * 7546 - 2861.93 + \left(\frac{314.67^2 * 1.7656^2}{24 * 2861.93^2} \right) * 281.1 * 7546 = 1283.44$$

$$B = \frac{314.67^2 * 0.9575^2}{24 * 281.1 * 7546} = 8022592805$$

$$Tcd^2 * (Tcd + 1283.44) = 8022592805$$

$$Tcd = 1652.92 daN$$

$$EDS = \frac{1652.92}{8254} * 100 = 20.02$$

$$A = 1.92 * 10^{-5} * (-5 - 5) * 281.1 * 7546 - 2861.93 + \left(\frac{314.67^2 * 1.7656^2}{24 * 2861.93^2} \right) * 281.1 * 7546 = 468.9$$

$$B = \frac{314.67^2 * 0.9575^2}{24 * 281.1 * 7546} = 8022592805$$



$$T^2 * (T + 468.9) = 8022592805$$

$$T = 1857.15 daN$$

$$THF = \frac{1857.15}{8254} * 100 = 22.5$$

Los valores de EDS y THF no pueden sobrepasar los valores de 21 para EDS y 22,5 para THF. Si obtuviéramos valores mayores, tendríamos que ajustar a dichos valores y recalcular T0minima.

Para tierra

$$A = 1.15 * 10^{-5} * (15 - 5) * 180 * 11760 - 2763.24 + \left(\frac{314.67^2 * 1.3391^2}{24 * 2763.24^2} \right) * 180 * 11760 = -223.74$$

$$B = \frac{314.67^2 * 0.6121^2}{24 * 180 * 11760} = 3272551382$$

$$Tcd^2 * (Tcd - 223.74) = 3272551382$$

$$Tcd = 1563.12 daN$$

$$EDS = \frac{1563.12}{7840} * 100 = 19.93$$

$$A = 1.15 * 10^{-5} * (-5 - 5) * 180 * 11760 - 2763.24 + \left(\frac{314.67^2 * 1.3391^2}{24 * 2763.24^2} \right) * 180 * 11760 = -712.3$$

$$B = \frac{314.67^2 * 0.6121^2}{24 * 180 * 11760} = 3272551382$$

$$T^2 * (T - 223.74) = 3272551382$$

$$T = 1764 daN$$

$$THF = \frac{1764}{7840} * 100 = 22.5$$

Los valores de EDS y THF no pueden sobrepasar los valores de 20 para EDS y 22,5 para THF. Si obtuviéramos valores mayores, tendríamos que ajustar a dichos valores y recalcular T0minima.

Con esto, obtenemos nuestra T0minima para conductor y para tierra.

$$T0minimaconductor=2861.93daN$$



$$T_{0min} = 2763.24 \text{ daN}$$

Estos parámetros son iguales que la tensión máxima de viento, por lo que calcularemos la tensión de viento mitad y de 15°C+viento, para 75°C, las flechas y la constante de catenaria para conductor y tierra.

Para conductor

Viento mitad

$$A = 1.92 \cdot 10^{-5} \cdot (-5 - 5) \cdot 281.1 \cdot 7546 - 2861.93 + \left(\frac{314.67^2 \cdot 1.101^2}{24 \cdot 2861.93^2} \right) \cdot 281.1 \cdot 7546 = 468.9$$

$$B = \frac{314.67^2 \cdot 1.101^2}{24 \cdot 281.1 \cdot 7546} = 10621497858$$

$$T_{vm}^2 \cdot (T_{vm} + 468.9) = 10621497858$$

$$T_{viento\text{mitad}} = 2052.46 \text{ daN}$$

15°C+viento

$$A = 1.92 \cdot 10^{-5} \cdot (15 - 5) \cdot 281.1 \cdot 7546 - 2861.93 + \left(\frac{314.67^2 \cdot 1.45^2}{24 \cdot 2861.93^2} \right) \cdot 281.1 \cdot 7546 = 1283.44$$

$$B = \frac{314.67^2 \cdot 1.45^2}{24 \cdot 281.1 \cdot 7546} = 18418213016$$

$$T_{15} + v^2 \cdot (T_{15} + v + 1283.44) = 18418213016$$

$$T_{15} + v = 1857.15 \text{ daN}$$

$$flecha1 - 2 = \frac{P_0 \cdot vano \cdot vano\text{ real}}{\frac{8 \cdot T_{viento} \cdot (1 + vano^2 \cdot P_0^2)}{48 \cdot T_{viento}^2}} = \frac{1.7656 \cdot 320 \cdot 325.6}{\frac{8 \cdot 2861.93 \cdot (1 + 320^2 \cdot 1.7656^2)}{48 \cdot 2861.93^2}} = 8.04 \text{ m}$$

$$flecha2 - 3 = \frac{P_0 \cdot vano \cdot vano\text{ real}}{\frac{8 \cdot T_{viento} \cdot (1 + vano^2 \cdot P_0^2)}{48 \cdot T_{viento}^2}} = \frac{1.7656 \cdot 309 \cdot 309.79}{\frac{8 \cdot 2861.93 \cdot (1 + 309^2 \cdot 1.7656^2)}{48 \cdot 2861.93^2}} = 7.38 \text{ m}$$

75°C

$$A = 1.92 \cdot 10^{-5} \cdot (75 - 5) \cdot 281.1 \cdot 7546 - 2861.93 + \left(\frac{314.67^2 \cdot 0.9575^2}{24 \cdot 2861.93^2} \right) \cdot 281.1 \cdot 7546 = 3727.04$$

$$B = \frac{314.67^2 \cdot 0.9575^2}{24 \cdot 281.1 \cdot 7546} = 8022592805$$

$$T_{75}^2 \cdot (T_{75} + 3727.04) = 8022592805$$

$$T_{75} = 1267.4 \text{ daN}$$



$$flecha1 - 2 = \frac{P0 * vano * vano\ real}{\frac{8 * Tviento * (1 + vano^2 * P0^2)}{48 * Tviento^2}} = \frac{0.9575 * 320 * 325.6}{\frac{8 * 2861.93 * (1 + 320^2 * 0.9575^2)}{48 * 2861.93^2}} = 9.85m$$

$$flecha2 - 3 = \frac{P0 * vano * vano\ real}{\frac{8 * Tviento * (1 + vano^2 * P0^2)}{48 * Tviento^2}} = \frac{0.9575 * 309 * 309.79}{\frac{8 * 2861.93 * (1 + 309^2 * 0.9575^2)}{48 * 2861.93^2}} = 9.05m$$

$$Constante\ catenaria = \frac{T75}{p} = \frac{1267.4}{0.9575} = 1323.71$$

Ahora se calcula la tabla de tendido. Se repiten las siguientes operaciones modificando la temperatura desde -5°C a 75°C. Sólo haremos la operación de -5°C porque las demás sería modificando sólo el dato de la temperatura y se pueden ver en el Excel adjunto.

$$A = 1.92 * 10^{-5} * (-5 - 5) * 281.1 * 7546 - 2861.93 + \left(\frac{314.67^2 * 1.7656^2}{24 * 2861.93^2} \right) * 281.1 * 7546 = 468.9$$

$$B = \frac{314.67^2 * 1.7656^2}{24 * 281.1 * 7546} = 8022592805$$

$$T7 - 5^2 * (T - 5 + 468.9) = 8022592805$$

$$T - 5 = 1857.15daN$$

Para tierra

Viento mitad

$$A = 1.15 * 10^{-5} * (-5 - 5) * 180 * 11760 - 2763.24 + \left(\frac{314.67^2 * 0.7524^2}{24 * 2763.24^2} \right) * 180 * 11760 = -712.306$$

$$B = \frac{314.67^2 * 0.7524^2}{24 * 180 * 11760} = 4944163053$$

$$Tvm^2 * (Tvm + 468.9) = 4944163053$$

$$Tvientomitad = 1977.12daN$$

15°C+V

$$A = 1.15 * 10^{-5} * (15 - 5) * 180 * 11760 - 2763.24 + \left(\frac{314.67^2 * 1.068^2}{24 * 2763.24^2} \right) * 180 * 1160 = -223.75$$

$$B = \frac{314.67^2 * 1.068^2}{24 * 180 * 11760} = 9958998067$$

$$T15 + v^2 * (T15 + v + 1283.44) = 9958998067$$

$$T15 + v = 2228.71daN$$



$$flecha1 - 2 = \frac{P0 * vano * vano\ real}{\frac{8 * T_{viento} * (1 + vano^2 * P0^2)}{48 * T_{viento}^2}} = \frac{1.3391 * 320 * 325.6}{\frac{8 * 2763.24 * (1 + 320^2 * 1.3391^2)}{48 * 2763.24^2}} = 6.31m$$

$$flecha2 - 3 = \frac{P0 * vano * vano\ real}{\frac{8 * T_{viento} * (1 + vano^2 * P0^2)}{48 * T_{viento}^2}} = \frac{1.3391 * 309 * 309.79}{\frac{8 * 2763.24 * (1 + 309^2 * 1.3391^2)}{48 * 2763.24^2}} = 5.80m$$

75°C

$$A = 1.15 * 10^{-5} * (75 - 5) * 180 * 11760 - 2763.24 + \left(\frac{314.67^2 * 0.6121^2}{24 * 2763.24^2} \right) * 180 * 11760 = 1241.92$$

$$B = \frac{314.67^2 * 0.6121^2}{24 * 180 * 11760} = 3272551382$$

$$T75^2 * (T75 + 3727.04) = 3272551382$$

$$T75 = 1165.83daN$$

$$flecha1 - 2 = \frac{P0 * vano * vano\ real}{\frac{8 * T_{viento} * (1 + vano^2 * P0^2)}{48 * T_{viento}^2}} = \frac{0.6121 * 320 * 325.6}{\frac{8 * 2763.24 * (1 + 320^2 * 0.6121^2)}{48 * 2763.24^2}} = 6.84m$$

$$flecha2 - 3 = \frac{P0 * vano * vano\ real}{\frac{8 * T_{viento} * (1 + vano^2 * P0^2)}{48 * T_{viento}^2}} = \frac{0.6121 * 309 * 309.79}{\frac{8 * 2763.24 * (1 + 309^2 * 0.6121^2)}{48 * 2763.24^2}} = 6.28m$$

$$Constante\ catenaria = \frac{T75}{p} = \frac{1165.83}{0.6121} = 1904.51$$

Ahora se calcula la tabla de tendido. Se repiten las siguientes operaciones modificando la temperatura desde -5°C a 75°C. Sólo haremos la operación de -5°C porque las demás sería modificando sólo el dato de la temperatura y se pueden ver en el Excel adjunto.

$$A = 1.15 * 10^{-5} * (-5 - 5) * 180 * 11760 - 2763.24 + \left(\frac{314.67^2 * 1.3391^2}{24 * 2763.24^2} \right) * 180 * 11760 = -712.3$$

$$B = \frac{314.67^2 * 1.3391^2}{24 * 180 * 11760} = 3272551382$$

$$T - 5^2 * (T - 5 + 3727.04) = 3272551382$$

$$T - 5 = 1764daN$$

7. Elección de apoyos

Elegimos los apoyos de nuestra línea. En estos ejemplos analizaremos Principio de línea, ángulo anclaje, alineación amarre, alineación anclaje y fin de línea. Partiremos de los datos anteriormente calculados de sobrecargas, T0 mínima, sobrecargas de viento mitad, así como de las características de las cadenas de aisladores que lleva montado cada tipo de apoyo. Estos datos son facilitados por el programa en el que nos hemos basado para realizar la línea aérea como es ANDELEC.

[illegible]

7.1. Principio de línea.

Apoyo nº	Tipo	Valor ángulo (sex)	Coeficiente de seguridad	Conductor	Cadena de aisladores				
					Tipo	Longitud cadena (m)	Peso de la cadena (daN)	Esfuerzo del viento 140 km/h (daN)	Esfuerzo del viento 60 km/h (daN)
1 P.Línea	---		N	Fase					
				LA280-132KV-ANC-SIM-VID	1,72	40,543	41,789	7,676	
				Tie.1	1,72	40,543	41,789	7,676	



Tramo	Conductor	Zona	Vano (a) (m)	Desnivel (h) (m)	Vano real (b) (m)	T viento conductor fase (daN)
1- 2	LA-280 HAWK Y F.Ópti OPGW48	A	320	60,13	325,600395	2861,93169
			320	60,13		

Conociendo estos datos facilitados por Andelec y otros calculados en el apartado anterior, calculamos las hipótesis según el Reglamento de Alta tensión. Para ello, necesitamos calcular antes otros datos como son Constante de viento del conductor, Constante de viento en conductor de tierra.

$$Cv\ fase = \frac{Tviento}{Sviento} = \frac{2861.93}{1.7656} = 1620.92$$

$$Cv\ tierra = \frac{Tviento}{Sviento} = \frac{2763.24}{1.3391} = 2063.54$$

1ª Hipótesis

Vertical

$$Vfase = \frac{n * p * \left(\frac{vano}{2} - Cvfase * \frac{desnivel}{vano} \right) + Peso\ cadena * n^{\circ}cadenas * n}{6}$$

$$= \frac{6 * 0.9575 * \left(\frac{320}{2} - 1620.92 * \frac{60.13}{320} \right) + 40.543 * 1 * 6}{6} = -97.88daN$$

$$Vtierra = p * \left(\frac{vano}{2} - Cvtierra * \left(\frac{desnivel}{vano} \right) \right) = 0.6121 * \left(\frac{320}{2} - 2063.24 * \left(\frac{60.13}{320} \right) \right) = -139.41daN$$

Transversal

$$Tfase = \frac{n * Esf.viento * d * 0.001 * \frac{Vano0 + Vano1}{2} + Esf.140 * n * n^{\circ}cadenas}{6}$$

$$= \frac{6 * 68.05 * 21.798 * 0.001 * \frac{0 + 320}{2} + 41.789 * 6 * 1}{6} = 279.145daN$$

$$Ttierra = \frac{Esf.vi * d * 0.001 * vano}{2} = \frac{68.05 * 17.5 * 0.001 * 320}{2} = 190.55daN$$



Longitudinales

$$L_{fase} = \frac{T_{viento} * n}{n} = \frac{2861.93 * 6}{6} = 2861.93 daN$$

$$L_{tierra} = T_{vtierra} = 2763.24 daN$$

4ª Hipótesis

Verticales fases no afectadas

$$V_{fase} = V1^{a}hipotesis = -97.88 daN$$

Longitudinales fases no afectadas

$$L_{fase} = L_{fase1}^{a}hipotesis = 2861.93 daN$$

Con estos esfuerzos, ya por fase, y con ayuda de los catálogos de apoyos de Unesa 132kV y con apoyos serie Mistral, se ha elegido el apoyo correspondiente a cada vano.

Para este, se escoge un **AG-3-4-132 kV con logitud de cruceta 2.8m**

7.2. Alineación-Suspensión.

Apoyo nº	Tipo	Valor ángulo (sex)	Coeficiente de seguridad	Conductor	Cadena de aisladores					
					Tipo	Longitud cadena (m)	Peso de la cadena (daN)	Esfuerzo del viento 140 km/h (daN)	Esfuerzo del viento 60 km/h (daN)	Número de cadenas
2	Ali-Sus	---	N	Fase	LA280-132KV-SUS-SIM-VID	1,538	39,318	37,367	6,863	1
				Tie.1		1,538	39,318	37,367	6,863	1

Tramo	Conductor	Zona	Vano (a) (m)	Desnivel (h) (m)	Vano real (b) (m)	T viento conductor fase (daN)
2- 3	LA-280 HAWK Y F.Ópti OPGW48	A	309	22,17	309,794301	2861,93169
			309	22,17		

Conociendo estos datos facilitados por Andelec y otros calculados en el apartado anterior, calculamos las hipótesis según el Reglamento de Alta tensión. Para ello, necesitamos calcular antes otros datos como son Constante de viento del conductor, Constante de viento en conductor de tierra.



$$Cv\ fase = \frac{Tviento}{Sviento} = \frac{2861.93}{1.7656} = 1620.92$$

$$Cv\ tierra = \frac{Tviento}{Sviento} = \frac{2763.24}{1.3391} = 2063.54$$

1ª Hipótesis

Vertical

$$Vfase = \frac{n * p * \left(\frac{vano1 + vano2}{2} + Cvfase1 * \frac{desnivel1}{vano1} - Cvfase2 * \frac{desnivel2}{vano2} \right) + Peso\ cadena * n^o\ cadenas * n}{6} =$$

$$\frac{6 * 0.9575 * \left(\frac{320 + 309}{2} + 1620.92 * \frac{60.13}{320} - 1620.92 * \frac{22.17}{309} \right) + 39.318 * 1 * 6}{6} = 520.71 daN$$

$$Vtierra = p * \left(\frac{vano1 + vano2}{2} + Cvtierra1 * \left(\frac{desnivel1}{vano1} \right) - Cvtierra2 * \left(\frac{desnivel2}{vano2} \right) \right) =$$

$$0.6121 * \left(\frac{320 + 309}{2} + 2063.24 * \left(\frac{60.13}{320} \right) - 2063.24 * \left(\frac{22.17}{309} \right) \right) = 339.249 daN$$

Transversal

$$Tfase = \frac{n * Esf.viento * d * 0.001 * \frac{Vano0 + Vano1}{2} + Esf.140 * n * n^o\ cadenas}{6}$$

$$= \frac{6 * 68.05 * 21.798 * 0.001 * \frac{309 + 320}{2} + 37.367 * 6 * 1}{6} = 503.92 daN$$

$$Ttierra = \frac{Esf.vi * d * 0.001 * (vano1 + vano2)}{2} = \frac{68.05 * 17.5 * 0.001 * (320 + 309)}{2}$$

$$= 374.56 daN$$

3ª Hipótesis

Verticales

$$Vfase = V1^{a\ hipotesis} = 520.71 daN$$

$$Vtierra = V1^{a\ hipotesis} = 339.249 daN$$

Longitudinales

$$Lfase = 0.15 * Tvientofase = 0.15 * 2861.93 = 429.28 daN$$

$$Ltierra = 0.15 * Tvientotierra = 0.15 * 2763.24 = 414.48 daN$$



4ª Hipótesis

Verticales fases no afectadas

$$V_{fase} = V1^{a}hipotesis = 520.71daN$$

Verticales fases afectadas

$$V_{fase} = 0.5 * V1^{a}hipotesis = 0.5 * 520.71 = 260.35daN$$

$$V_{tierra} = 0.5 * V1^{a}hipotesis = 0.5 * 339.249 = 169.62daN$$

Longitudinales fases afectadas

$$L_{fase} = 0.5 * T_{viento}fase = 0.5 * 2861.93 = 1430.96daN$$

$$L_{tierra} = 0.5 * T_{viento}tierra = 0.5 * 2763.24 = 1391.62daN$$

Con estos esfuerzos, ya por fase, y con ayuda de los catálogos de apoyos de Unesa 132kV y con apoyos serie Mistral, se ha elegido el apoyo correspondiente a cada vano.

Para este, se escoge un **AL-2-4-132 kV con logitud de cruceta 2.8m**

7.3. Ángulo-Anclaje.

Apoyo nº	Tipo	Valor ángulo (sex)	Coeficiente de seguridad	Conductor	Cadena de aisladores					
					Tipo	Longitud cadena (m)	Peso de la cadena (daN)	Esfuerzo del viento 140 km/h (daN)	Esfuerzo del viento 60 km/h (daN)	Número de cadenas
3	Áng-Anc	144	N	Fase	LA280-132KV-ANC-SIM-VID	1,72	40,543	41,789	7,676	2
				Tie.1		1,72	40,543	41,789	7,676	2

Tramo	Conductor	Zona	Vano (a) (m)	Desnivel (h) (m)	Vano real (b) (m)	T viento conductor fase (daN)
2- 3	LA-280 HAWK Y F.Ópti OPGW48	A	309	22,17	309,794301	2861,93169
			309	22,17		
3- 4	LA-280 HAWK Y F.Ópti OPGW48	A	389	-35,62	390,627424	3064,63794
			389	-35,62		



Conociendo estos datos facilitados por Andelec y otros calculados en el apartado anterior, calculamos las hipótesis según el Reglamento de Alta tensión. Para ello, necesitamos calcular antes otros datos como son Constante de viento del conductor, Constante de viento en conductor de tierra.

$$Cv\ fase = \frac{Tviento}{Sviento} = \frac{3064.63}{1.7656} = 1735.72$$

$$Cv\ tierra = \frac{Tviento}{Sviento} = \frac{2988.10}{1.3391} = 2231.46$$

1ª Hipótesis

Vertical

$$Vfase = \frac{n * p * \left(\frac{vano1 + vano2}{2} + Cvfase1 * \frac{desnivel1}{vano1} - Cvfase2 * \frac{desnivel2}{vano2} \right) + Peso\ cadena * n^o\ cadenas * n}{6} =$$

$$\frac{6 * 0.9575 * \left(\frac{389 + 309}{2} + 1620.92 * \frac{22.17}{309} - 1735.72 * \frac{-35.62}{389} \right) + 40.543 * 2 * 6}{6} = 678.76 daN$$

$$Vtierra = p * \left(\frac{vano1 + vano2}{2} + Cvtierra1 * \left(\frac{desnivel1}{vano1} \right) - Cvtierra2 * \left(\frac{desnivel2}{vano2} \right) \right) =$$

$$0.6121 * \left(\frac{389 + 309}{2} + 1620.92 * \left(\frac{22.17}{309} \right) - 1735.72 * \left(\frac{-35.62}{389} \right) \right) = 429.35 daN$$

Transversal

$$Evfase = n * p * d * 0.001 * \frac{vano1 + vano2}{2} * Cos.rad(180 - valor\ angulo) + Esf\ vientos\ cad * n^o\ cad * n =$$

$$= 6 * 0.9575 * 21.798 * 0.001 * \frac{309 + 389}{2} * Cos.rad(180 - 144) + 41.789 * 2 * 6 =$$

$$3455.82 daN$$

$$Rang = n * \sqrt{((Tviento1 + Tviento2) * (Cos(ang - 180)))^2 + ((Tviento1 + Tviento2) * (Sen(ang - 180)))^2}$$

$$= 6 * \sqrt{((2861.93 + 3064.93) * (Cos(144 - 180)))^2 + ((2861.93 + 3064.93) * (Sen(144 - 180)))^2} =$$

$$11049.17$$

$$Tfase = \frac{Ev + Rang}{6} = \frac{(11049.17 + 3455.82)}{6} = 2417.5 daN$$



$$E_{tierra} = n * p * d * 0.001 * \frac{vano1 + vano2}{2} * Cos.rad(180 - valor\ angulo)$$

$$= 6 * 0.6121 * 17.5 * 0.001 * \frac{309+389}{2} * Cos.rad(180 - 144) = 395.3daN$$

$$Rang = n *$$

$$\sqrt{((Tviento1 + Tviento2) * (Cos(ang - 180)))^2 + ((Tviento1 + Tviento2) * (Sen(ang - 180)))^2}$$

$$= 6 *$$

$$\sqrt{((2763.24 + 2988.1) * (Cos(144 - 180)))^2 + ((2763.24 + 2988.1) * (Sen(144 - 180)))^2} =$$

$$1790.08$$

$$T_{fase} = E_v + Rang = 1170.08 + 395.3 = 2185.39daN$$

3ª Hipótesis

Verticales

$$V_{fase} = V1^{a}hipotesis = 678.76daN$$

$$V_{tierra} = V1^{a}hipotesis = 429.35daN$$

Transversales

$$T_{fase} = \frac{Rang}{6} = \frac{11049.17}{6} = 1841.53daN$$

$$T_{fase} = Rang = 1790.08daN$$

Longitudinales

$$L_{fase} = 0.15 * Tvientofase = 0.5 * 2763.24 = 1532.32daN$$

$$L_{tierra} = 0.15 * Tvientotierra = 0.5 * 2988.1 = 1494.05daN$$

4ª Hipótesis

Verticales fases no afectadas

$$V_{fase} = V1^{a}hipotesis = 678.76daN$$

$$V_{tierra} = V1^{a}hipotesis = 429.35daN$$



Transversales fases no afectadas

$$T_{fase} = T3^{a}hipotesis = 1841.053daN$$

$$T_{tierra} = T3^{a}hipotesis = 1790.08daN$$

Verticales fases afectadas

$$V_{fase} = 0.5 * V1^{a}hipotesis = 0.5 * 678.76 = 339.38daN$$

$$V_{tierra} = 0.5 * V1^{a}hipotesis = 0.5 * 429.39 = 214.67daN$$

Transversales fases afectadas

$$T_{fase} = T3^{a}hipotesis * 0.5 = 1841.53 * 0.5 = 920.76daN$$

$$T_{tierra} = T3^{a}hipotesis * 0.5 = 1792.08 = 895.041daN$$

Longitudinales fases afectadas

$$L_{fase} = \frac{Sen144}{2} * T_{viento fase} = Sen144/2 * 3064.63 = 2914.64daN$$

$$L_{tierra} = T_{viento tierra} = 2988.1daN$$

Con estos esfuerzos, ya por fase, y con ayuda de los catálogos de apoyos de Unesa 132kV y con apoyos serie Mistral, se ha elegido el apoyo correspondiente a cada vano.

Para este, se escoge un **AG-1-4-132 kV con logitud de cruceta 2.8m**

7.4. Alineación-Amarre.

Apoyo nº	Tipo	Valor ángulo (sex)	Coeficiente de seguridad	Conductor	Cadena de aisladores					
					Tipo	Longitud cadena (m)	Peso de la cadena (daN)	Esfuerzo del viento 140 km/h (daN)	Esfuerzo del viento 60 km/h (daN)	Número de cadenas
5	Ali-Ama	---	R	Fase	LA280-132kV-ANC-DOB-VID	1,235	37,877	60,011	11,022	4
				Tie.1		1,235	37,877	60,011	11,022	4



Tramo	Conductor	Zona	Vano (a) (m)	Desnivel (h) (m)	Vano real (b) (m)	T viento conductor fase (daN)
4- 5	LA-280 HAWK Y F.Ópti OPGW48	A	518	-47,07	520,134199	3064,63794
			518	-47,07		
5- 6	LA-280 HAWK Y F.Ópti OPGW48	A	187	-1,82	187,008856	2534,99022
			187	-1,82		

Conociendo estos datos facilitados por Andelec y otros calculados en el apartado anterior, calculamos las hipótesis según el Reglamento de Alta tensión. Para ello, necesitamos calcular antes otros datos como son Constante de viento del conductor, Constante de viento en conductor de tierra.

$$Cv\ fase1 = \frac{Tviento}{Sviento} = \frac{3064.63}{1.7656} = 1935.73$$

$$Cv\ fase2 = \frac{Tviento}{Sviento} = \frac{2534.99}{1.7656} = 1435.75$$

$$Cv\ tierra1 = \frac{Tviento}{Sviento} = \frac{2988.1}{1.3391} = 2231.45$$

$$Cv\ tierra2 = \frac{Tviento}{Sviento} = \frac{2373.94}{1.3391} = 1772.81$$

1ª Hipótesis

Vertical

$$Vfase = \frac{n * p * \left(\frac{vano1 + vano2}{2} + Cv fase1 * \frac{desnivel1}{vano1} - Cv fase2 * \frac{desnivel2}{vano2} \right) + Peso\ cadena * n^2 * cadenas * n}{6} =$$

$$\frac{6 * 0.9575 * \left(\frac{518 + 187}{2} + 1735.73 * \frac{-47.07}{518} - 2231.46 * \frac{-1.82}{187} \right) + 37.877 * 4 * 6}{6} = 351.37 daN$$

$$Vtierra = p * \left(\frac{vano1 + vano2}{2} + Cv tierra1 * \left(\frac{desnivel1}{vano1} \right) - Cv tierra2 * \left(\frac{desnivel2}{vano2} \right) \right) =$$

$$0.6121 * \left(\frac{518 + 187}{2} + 1735.73 * \left(\frac{-47.07}{518} \right) - 2231.46 * \left(\frac{-1.82}{187} \right) \right) = 102.21 daN$$



Transversal

$$T_{fase} = \frac{n * Esf.viento * d * 0.001 * \frac{Vano0 + Vano1}{2} + Esf.140 * n * n^{\circ}cadenas}{6} =$$

$$\frac{6 * 68.05 * 21.798 * 0.001 * \frac{518 + 187}{2} + 60.11 * 6 * 4}{6} = 762.97 daN$$

$$T_{tierra} = \frac{Esf.vi * d * 0.001 * (vano1 + vano2)}{2} = \frac{68.05 * 17.5 * 0.001 * (518 + 187)}{2}$$

$$= 419.82 daN$$

3ª Hipótesis

Verticales

$$V_{fase} = V1^{a}hipotesis = 351.37 daN$$

$$V_{tierra} = V1^{a}hipotesis = 102.21 daN$$

Longitudinales

$$L_{fase} = 0.25 * T_{viento fase} = 0.25 * 2534.99 = 766.16 daN$$

$$L_{tierra} = 0.25 * T_{viento tierra} = 0.25 * 2373.93 = 747.02 daN$$

4ª Hipótesis

Verticales fases no afectadas

$$V_{fase} = V1^{a}hipotesis = 351.377 daN$$

Verticales fases afectadas

$$V_{fase} = 0.5 * V1^{a}hipotesis = 0.5 * 351.377 = 175.69 daN$$

$$V_{tierra} = 0.5 * V1^{a}hipotesis = 0.5 * 102.21 = 51.1 daN$$

Longitudinales fases afectadas

$$L_{fase} = T_{viento fase} = 3064.63 daN$$

$$L_{tierra} = T_{viento tierra} = 2988.1 daN$$



Con estos esfuerzos, ya por fase, y con ayuda de los catálogos de apoyos de Unesa 132kV y con apoyos serie Mistral, se ha elegido el apoyo correspondiente a cada vano.

Para este, se escoge un **AM-1-5.5-132 kV con logitud de cruceta 2.8m**

7.5. Fin de línea.

Apoyo nº	Tipo	Valor ángulo (sex)	Coeficiente de seguridad	Conductor	Cadena de aisladores					
					Tipo	Longitud cadena (m)	Peso de la cadena (daN)	Esfuerzo del viento 140 km/h (daN)	Esfuerzo del viento 60 km/h (daN)	Número de cadenas
56	Áng-Anc	159	R	Fase						
					LA280-132KV-ANC-DOB-VID	1,235	37,877	60,011	11,022	4
					Tie.1	1,235	37,877	60,011	11,022	4
57	F.Línea	---	R	Fase						
					LA280-132KV-ANC-DOB-VID	1,235	37,877	60,011	11,022	2
					Tie.1	1,235	37,877	60,011	11,022	2

Tramo	Conductor	Zona	Vano (a) (m)	Desnivel (h) (m)	Vano real (b) (m)	T viento conductor fase (daN)
56-57	LA-280 HAWK Y F.Ópti OPGW48	A	432	-45,6	434,4	3039,35947
			432	-45,6		

Conociendo estos datos facilitados por Andelec y otros calculados en el apartado anterior, calculamos las hipótesis según el Reglamento de Alta tensión. Para ello, necesitamos calcular antes otros datos como son Constante de viento del conductor, Constante de viento en conductor de tierra.

$$Cv\ fase = \frac{Tviento}{Sviento} = \frac{3039.36}{1.7656} = 1721.41$$

$$Cv\ tierra = \frac{Tviento}{Sviento} = \frac{2946.8}{1.3391} = 2200.62$$

1ª Hipótesis

Vertical

$$Vfase = \frac{n * p * \left(\frac{vano}{2} - Cvfase * \frac{desnivel}{vano} \right) + Peso\ cadena * n^{\circ}cadenas * n}{6}$$

$$= \frac{6 * 0.9575 * \left(\frac{432}{2} - 1721.41 * \frac{-45.6}{432} \right) + 37.877 * 2 * 6}{6} = 107.94daN$$



$$V_{tierra} = p * \left(\frac{vano}{2} - C_{v_{tierra}} * \left(\frac{desnivel}{vano} \right) \right) = 0.6121 * \left(\frac{432}{2} - 1721.41 * \left(\frac{-45.6}{432} \right) \right) = -9.97 daN$$

Transversal

$$T_{fase} = \frac{n * Esf.viento * d * 0.001 * \frac{V_{ano0} + V_{ano1}}{2} + Esf.140 * n * n^{\circ} cadenas}{6} =$$

$$\frac{6 * 68.05 * 21.798 * 0.001 * \frac{432 + 0}{2} + 60.011 * 6 * 2}{6} = 440.45 daN$$

$$T_{tierra} = \frac{Esf.vi * d * 0.001 * vano}{2} = \frac{68.05 * 17.5 * 0.001 * 432}{2} = 257.25 daN$$

Longitudinales

$$L_{fase} = \frac{T_{viento} * n}{n} = \frac{3039.36 * 6}{6} = 3039.6 daN$$

$$L_{tierra} = T_{v_{tierra}} = 2946.80 daN$$

4ª Hipótesis

Verticales fases no afectadas

$$V_{fase} = V_{1^{a}hipotesis} = 107.94 daN$$

Longitudinales fases no afectadas

$$L_{fase} = L_{fase1^{a}hipotesis} = 3039.36 daN$$

Con estos esfuerzos, ya por fase, y con ayuda de los catálogos de apoyos de Unesa 132kV y con apoyos serie Mistral, se ha elegido el apoyo correspondiente a cada vano.

Para este, se escoge un **FL-2-4-132 kV con logitud de cruceta 3.1m**

8. Cimentaciones

Una vez calculados todos los apoyos, los cuales están calculados en la hoja Excel, procedemos a calcular las cimentaciones de cada uno de ellos. Aquí explicaremos una cimentación fraccionada y una monobloque, que corresponden al apoyo 1 y 2.

Partiendo de los datos de los apoyos, y de los esfuerzos que soportan según los catálogos, podemos actuar con las fórmulas según los parámetros de cada tipo de cimentación.



Apoyo n°	Tipo	Altura conductor perfil necesaria (m)	Separación de conductores normalizada final (m)	Referencia del apoyo
1	P.Línea	37,54	4	AG-3-4-132 kV
2	Ali-Sus	21,39	4	AL-2-4-132 kV

Apoyo 1 Cimentación Fraccionada.

$$Esfuerzo\ útil = (T_{catalogofase} * n + T_{catalogotierra}) + (L_{catalogofase} * n + L_{catalogotierra}) = (468 * 6 + 333) + (3000 * 6 + 2200) = 23361daN$$

Altura normalizada= Cifra superior en catálogo a altura conductor en perfil necesaria= 39m

Resultante de conductores= Altura+Separación normalizada=39+4=43m

Peso del apoyo=9814kg (obtenido de catálogo de cimentaciones)

Lado A=2.68m

Lado B= 2.68m

Alto = 2.8m

Lado pendiente=0.2m

Alto hormigón h'=2.8-0.2=2.6

Dbase=6.37m

Densidad de la tierra=1600kg/m³

Superficie de la base= 71824cm²

$$Coeficiente\ C = Tan.rad20 * Alto * 2 + LadoA = Tan.rad20 * 2.8 * 2 + 2.68 = 4.718$$

$$Rozamiento\ tierras = Densidad * Lado\ A * Alto^2 * Tan.rad\ 22.5 * 4 = 1600 * 2.8 * 2.68 * 4 * tan.rad\ 22.5 = 55700kg$$

$$Voluen\ de\ tierras = \frac{Alto * (Coeficiente\ C^2 + Lado\ A^2 + Coeficiente\ C + Lado\ A)}{3} * \frac{Densidad}{3} = \frac{2.8 * (4.718^2 + 2.68^2 + 4.718 + 2.68)}{3} * \frac{1600}{3} = 10225.24daN$$

$$PM = Lado\ A^2 * (Alto + lado\ pendiente) * 2200 = 2200 * 2.68 * (0.2 + 2.8) = 47403.84daN$$



$$Csa = \frac{PM + VT + RZ + \frac{Peso}{4}}{\frac{Esfuerzo * Resultante}{2 * Dbase}} = \frac{47403.84 + 10225.24 + 55700 + \frac{9814}{4}}{\frac{23361 * 43}{2 * 6.37}} = 1.468$$

Si este valor fuese mayor de 1.5, tendríamos que bajar el alto para que cumpliera la normativa de Csa.

$$Csc = \frac{\frac{Peso}{4} + \frac{Esfuerzo}{4} + PM}{Sbase} = \frac{\frac{9814}{4} + \frac{23361}{4} + 47403.84}{71824} = 0.7754$$

$$Excavacion = Lado A * Lado B * Alto * 4 = 2.68 * 2.68 * 2.8 * 4 = 80.44m^3$$

$$Hormigón = Lado A * Lado B * (Alto + Lado pendiente) * 4 \\ = 2.68 * 2.68 * (2.8 + 0.2) * 4 = 59.188m^3$$

Apoyo 2 cimentación monobloque

$$Esfuerzo \text{ útil} = (T_{catalogofase} * n + T_{catalogotierra}) = (725 * 6 + 460) = 4810daN$$

Altura normalizada= Cifra superior en catálogo a altura conductor en perfil necesaria= 24m

Resultante de conductores= Altura+Separación normalizada- longitud cadena=24+4-1.538=26.462m

Peso del apoyo=2939kg (obtenido de catálogo de cimentaciones)

Lado A=2.11m

Lado B= 2.11m

Alto = 3.11m

Lado pendiente=0.2m

Alto hormigón h'=3.11-0.2=2.91

Dbase=1.95m

Densidad de la tierra=1600kg/m³

Superficie de la base= 44521cm²

$$Excavacion = Lado A * Lado B * Alto = 2.11 * 2.11 * 3.11 = 13.84m^3$$

$$Hormigón = Lado A * Lado B * (Alto + Lado pendiente) = 2.11 * 2.11 * (3.11 + 0.2) \\ = 14.73m^3$$



$$Vuelco\ de\ conductores = Esfuerzo * \left(Resultante + \frac{2}{3} * h' \right) = 4810 * \left(26.462 + \frac{2}{3} * 2.91 \right) = 136613.62 daNm$$

$$Viento\ sobre\ apoyos = 1833 * 14.07 = 25790 daNm$$

$$Total = 136613.62 + 25790 = 162403.93 daNm$$

$$Mabs = (139 * 8 * Alto^4 * Lado\ A) + \left(Lado\ A^3 * Alto * 2200 * 0.5 - \frac{2}{3} * \sqrt{\frac{1.1 * Alto}{10 * 8 * Lado\ A}} \right) = (139 * 8 * 3.11^4 * 2.11) + \left(2.11^3 * 3.11 * 2200 * 0.5 - \frac{2}{3} * \sqrt{\frac{1.1 * 3.11}{10 * 8 * 2.11}} \right) = 245533.74 daNm$$

$$\frac{Mabs}{Cs} = \frac{245533.74}{1.5} = 163689.16$$

Esta fracción tiene que ser mayor que el total de la suma de Viento sobre apoyos y Vuelco de conductores. Como podemos ver, nos cumple la cimentación elegida.

9. Cálculos eléctricos

Por último realizamos los cálculos eléctricos de la línea aérea

Densidad Máxima de corriente	Sección de conductor
A/mm²	mm²
2,068	281,1

$$Intensidad\ de\ la\ línea = 2.68 * 281.1 = 581.3148A$$

$$Frecuencia = 50Hz$$

Distancia media geométrica

Con la longitud de cruceta mayor (3.8m) y la separación de conductores mayor (7.5m) obtenemos la DMG con las mismas fórmulas que para la obtención del conductor.

	$DMG = \sqrt[3]{D1 * D2 * D3}$	
$D1 =$	$\frac{\sqrt[2]{D12 * D12' * D13 * D13'}}{D11'}$	
$D2 =$	$\frac{\sqrt[2]{D21 * D21' * D23 * D23'}}{D22'}$	
$D3 =$	$\frac{\sqrt[2]{D31 * D31' * D32 * D32'}}{D33'}$	



Aplicando estas fórmulas, obtenemos una DMG de 6.98m

<i>Diámetro del conductor</i>	<i>Resistencia eléctrica del conductor</i>
	<i>Ohm/km</i>
21,798	0,119

Con los datos que tenemos hacemos las siguientes operaciones,

Resistencia= Resistencia eléctrica*km=0.119*28.11556=3.346Ω

Radio equivalente=diámetro/2/1000=21.798/2/1000=0.0109m

$$\begin{aligned} \text{Reactancia} &= 0.25 + 4.605 * \text{Log} \frac{DMG}{\text{Radio eq.}} * 0.0001 * 28.11556 \\ &= 0.25 + 4.605 * \text{Log} \frac{6.98}{0.0109} * 0.0001 * 28.11556 = 0.037\Omega/km \end{aligned}$$

Reactancia total=0.37*28.11556=11.6363Ω

Tensión=132 kV

Longitud de la línea= 28.11556 km

$$\text{Intensidad a transportar} = \frac{70000000}{\sqrt{3} * 132000 * 0.9} = 340.189A$$

Factor de potencia=0.9

Conductancia= 0 S

Diámetro= 21.798mm

$$Ck = 2 * \frac{24.2}{\log \frac{DMG}{\text{diámetro eq}}} * 10^{-9} = 2 * \frac{24.2}{\log \frac{6.98}{0.0109}} * 10^{-9} = 1.72 * 10^{-8}H/km$$

Susceptancia= Ck*w=1.72*10⁻⁸*2*3.1416*50=5.4178*10⁻⁶S

$$\text{Impedancia} = \sqrt{3.3457^2 + 11.6363^2} = 12.10\Omega$$

$$\text{Admitancia} = \sqrt{(5.4178 * 10^{-8})^2} = 5.4178 * 10^{-6} S$$

Una vez conocidos todos los parámetros de la línea, calculamos **las tensiones e intensidades** calculando el **Método en PI** de la línea.

METODO EN PI

Se trata de hacer una matriz para calcular V1 e I1



$$1 + \frac{\text{Impedancia} \cdot \text{Admitancia}}{2} \quad \frac{\text{Impedancia}}{1 + \frac{\text{Impedancia} \cdot \text{Admitancia}}{2}} * \frac{\text{Tensión}}{\text{Intensidad}} = \frac{T1}{I1}$$

$$1 + \frac{12.1 \cdot 5.41 \cdot 10^{-6}}{2} \quad \frac{12.1}{1 + \frac{12.1 \cdot 5.41 \cdot 10^{-6}}{2}} * \frac{132000}{340.18} = \frac{T1}{I1}$$

$$5.41 \cdot 10^{-6} \left(1 + \frac{12.1 \cdot 5.41 \cdot 10^{-6}}{4} \right) \quad 1 + \frac{12.1 \cdot 5.41 \cdot 10^{-6}}{2} * \frac{132000}{340.18} = \frac{T1}{I1}$$

$$T1 = 136.123 \text{ kV}$$

$$I1 = 340.91 \text{ A}$$

$$\text{caída de tensión} = (V1 - V2) * 1000 = (136.123 - 132) * 1000 = 4123.26 \text{ V}$$

Esta cifra traducida a porcentaje es 3.123%

10. CÁLCULOS ELÉCTRICOS DEL CABLE SUBTERRÁNEO DE ALTA TENSIÓN

Los datos y cálculos eléctricos que se exponen en los siguientes apartados han sido determinados para las zanjas descritas en la memoria (punto 2.6.1), y suponiendo los siguientes parámetros de utilización:

- Tensión de servicio (kV): 132
- Frecuencia de la red (Hz): 50
- Resistividad del hormigón (K·m/W): 3000
- Temperatura de servicio del conductor (°C): 90
- Temperatura de servicio de la pantalla (°C): 80
- Temperatura final del conductor en el c.c. (°C): 250
- Temperatura final de la pantalla en el c.c. (°C): 210'
- Duración del cortocircuito en la pantalla (s): 0,5
- Temperatura del terreno (°C): 25

10.1. Cálculo de la intensidad máxima admisible en servicio

El cálculo de la intensidad máxima admisible en servicio se realiza según la norma UNE 21-144, "Cálculo de la intensidad admisible en los cables aislados en régimen permanente".



A continuación se detalla la formulación, particularizando para los datos concretos de la línea indicados en el punto 2.5.1.

10.1.1. Intensidad Admisible

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. En este caso hemos considerado que la desecación del suelo no existe, ya que se prevee rellenar los cables con un relleno de resistividad térmica controlada.

$$\Delta\theta = \left(I^2 * R + \frac{1}{2} * Wd \right) T1 + (I^2 * R(1 + \lambda) + Wd) * n * T2 \\ + (I^2 * R * (1 + \lambda1 + \lambda2) + Wd) * n * (T3 + T4)$$

donde:

- I : es la intensidad de la corriente que circula en un conductor (A);
- $\Delta\theta$: es el calentamiento del conductor respecto a la temperatura ambiente (K);
- R : es la resistencia del conductor bajo los efectos de la corriente alterna, por unidad de longitud, a su temperatura máxima de servicio (Ω/m);
- W_d : son las pérdidas dieléctricas, por unidad de longitud, del aislamiento que rodea al conductor (W/m)
- T_1 : es la resistencia térmica, por unidad de longitud, entre el conductor y la envolvente (K·m/W);
- T_2 : es la 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 de esta unidad es 0;
- T_3 : es la resistencia térmica, por unidad de longitud, del revestimiento exterior del cable (K·m/W);
- T_4 : es la resistencia térmica, por unidad de longitud, entre la superficie del cable y el medio circundante (K·m/W);
- n : es el número de conductores aislados en servicio en el cable (conductores de la misma sección y transportando la misma carga);
- λ_1 : es la relación de las pérdidas en la cubierta metálica o pantalla con respecto a las pérdidas totales en todos los conductores de ese cable;



λ_2 : es la relación de las pérdidas en la armadura respecto a las pérdidas totales en todos los conductores de ese cable;

La intensidad de corriente admisible se obtiene de la fórmula anterior como se indica seguidamente:

$$I = \left(\frac{\Delta\theta - Wd * (0.5 * T1 + n * (T2 + T3 + T4))}{R * T1 + n * R * (1 + \lambda_1) * T2 + n * R * (1 + \lambda_1 + \lambda_2) * (T3 + T4)} \right)^{0.5}$$

10.1.2. 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:

$$R = R' * (1 + \gamma_s + \gamma_p)$$

donde

R : es la resistencia del conductor con corriente alterna a la temperatura máxima de servicio (Ω/m);

R' : es la resistencia del conductor con corriente continua a la temperatura máxima de servicio (Ω/m);

γ_s : es el factor pelicular;

γ_p : es el factor de efecto proximidad;

a) La resistencia del conductor en corriente continua, por unidad de longitud, a su temperatura máxima de servicio, θ , viene dada por:

$$R' = R_0 * (1 + \alpha_{20} * (\theta - 20))$$

donde

R_0 : es la resistencia del conductor con corriente continua a 20°C



α_{20} : es el coeficiente de variación a 20°C de la resistividad en función de la temperatura, por Kelvin.

- Para conductores de aluminio se utilizará el valor de $4,03 \times 10^{-3}$.
- Para conductores de cobre se utilizará el valor de $3,93 \times 10^{-3}$.

θ : es la temperatura máxima de servicio en grados Celsius para el cable. Se tomarán como temperaturas máximas de servicio los valores de 90°C para el conductor y 80°C para la pantalla.

b) El factor de efecto pelicular γ_s viene dado por:

$$\gamma_s = \frac{\chi p^4}{192 + 0.8 \chi s^4}$$

donde

$$\chi s^2 = \frac{8 * \pi * f * 10^{-7}}{R'}$$

f : es la frecuencia de la corriente de alimentación, en hercios (50 Hz);

κ_s : es un factor. Se tomará el valor de 1 para este factor.

c) El factor de efecto proximidad γ_p , viene dado por:

$$\gamma_p = \frac{\chi p^4}{192 + 0.8 \chi p^4} \left(\frac{dc}{s} \right)^2 \left(0.312 \left(\frac{dc}{s} \right)^2 + \frac{1.18}{\frac{\chi p^4}{192 + 0.8 \chi p^4} + 0.27} \right)$$

donde

$$\chi p^2 = \frac{8 * \pi * f * 10^{-7} * Kp}{R}$$

d_c : es el diámetro del conductor;

s : es la distancia entre ejes de los conductores.

κ_p : es un factor. Se tomará el valor de 1 para este factor.



La resistencia de la pantalla en corriente alterna, se calculará igual que para el conductor, pero con la salvedad de que d_c será el diámetro medio de la pantalla. La distancia entre ejes de los conductores será la misma que en el apartado anterior.

10.1.3. 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:

$$Wd = \omega * C * U_0^2 * tg\delta \left(\frac{W}{m}\right)$$

donde

- ω : es $2 \pi f$
- C : es la capacidad por unidad de longitud (F/m);
- U_0 : es la tensión con relación a tierra
- $tg\delta$: es el factor de pérdidas del aislamiento a la frecuencia y a la temperatura de servicio. Se tomará el valor de 0,001

La capacidad para los conductores de sección circular viene dada por:

$$C = \frac{\epsilon}{18 * \ln\left(\frac{D_i}{d_c}\right)} * 10^{-9} \left(\frac{F}{m}\right)$$

donde

- ϵ : es la permitividad relativa del material aislante. Se tomará el valor de 2,5
- D_i : es el diámetro exterior del aislamiento (con exclusión de la pantalla semiconductora) ;
- d_c : es el diámetro del conductor, incluida la pantalla semiconductora.



10.1.4. Factor de pérdidas en la pantalla

Las pérdidas originadas en las pantallas (λ_1) son debidas a las corrientes de circulación (λ'_1) y a las corrientes de Foucault (λ''_1).

Así:

$$\lambda_1 = \lambda'_1 + \lambda''_1$$

1.1.1.1.- Pantallas conectadas directamente a tierra (solidly bonded)

En nuestro caso, utilizaremos esta configuración para calcular la sección de cable necesario para transportar la potencia deseada. Para cables unipolares dispuestos en tresbolillo con las pantallas en cortocircuito en ambas extremidades del circuito, el factor de pérdidas viene dado por:

$$\lambda_1 = \lambda'_1$$

ya que $\lambda''_1 = 0$, es decir, que las pérdidas por corrientes de Foucault son despreciables.

$$\lambda'_1 = \frac{R_s}{R} * \frac{1}{1 + \left(\frac{R_s}{X}\right)^2}$$

donde

R_s : es la resistencia de la pantalla metálica en ca, por unidad de longitud, a su temperatura máxima de servicio (Ω/m);

X : es la reactancia de la pantalla metálica, por unidad de longitud del cable (Ω/m)

$$X = 2 * \omega * 10^{-7} * \ln\left(\frac{2 * s}{d}\right)$$

ω : es 2π x frecuencia (1/s);

s : es la distancia entre ejes de conductores en la sección eléctrica longitudinal considerada (mm);



d : es el diámetro medio de la pantalla metálica (mm);

En el caso de utilizarse conductores de gran sección de construcción segmentada (milliken), el factor de pérdida λ_1'' no puede despreciarse, pero se podrá obtener multiplicando el valor de λ_1'' calculado según el apartado siguiente, por el factor F, dado por la fórmula:

$$F = \frac{4 * M^2 * N^2 + (M + N)^2}{4 * (M^2 + 1) * (N^2 + 1)}$$

Donde, para cables dispuestos en tresbolillo,

$$M = N * \frac{Rs}{X}$$

10.1.5. Resistencia térmica entre conductor y la envolvente, T_1

La resistencia térmica entre el conductor y la envolvente está dada por:

$$T_1 = \frac{\rho t}{2 * \pi} * \ln \left(1 + \frac{2 * t_1}{dc} \right)$$

donde

ρ_t : es la resistividad térmica correspondiente al aislamiento. En nuestro caso su valor es 3,5 K·m/W)

d_c : es el diámetro del conductor sin considerar las pantallas semiconductoras (mm);

t_1 : es el espesor del aislamiento entre conductor y envolvente considerando las pantallas semiconductoras (mm);

10.1.6. Resistencia térmica entre la cubierta y la armadura, T_2

En nuestro caso, al ser un cable no armado, el valor de $T_2 = 0$.



10.1.7. Resistencia térmica de la cubierta exterior, T_3

La resistencia térmica de las cubiertas exteriores T_3 está dada por:

$$T_3 = \frac{\rho t}{2 * \pi} * \ln \left(1 + \frac{2 * t_3}{D'_a} \right)$$

donde

t_3 : es el espesor de la cubierta (mm);

D'_a : es el diámetro exterior de la pantalla ubicada inmediatamente debajo (mm);

10.1.8. Resistencia térmica externa, T_4

1.1.1.2.- Cables instalados en tubular hormigonada

En estos casos, La resistencia térmica externa de un cable colocado en un tubo, comprende tres partes:

- i. La resistencia térmica del intervalo de aire entre la superficie del cable y la superficie interior del conducto T'_4 .
- ii. La resistencia térmica del material que constituye el tubo o conducto T''_4 .
- iii. La resistencia térmica entre la superficie exterior del conducto y el medio ambiente T'''_4 .

El valor de T_4 que debe figurar en la ecuación que da la intensidad admisible, será la suma de estos tres términos:

$$T_4 = T'_4 + T''_4 + T'''_4$$

Resistencia térmica entre el cable y el conducto o tubo (T'_4)

$$T'_4 = \frac{U}{1 + 0.1 * (V + Y * \theta m) * De}$$

donde



U , V e Y : son las constantes, dependiendo de los tipos de instalación y cuyos valores se tomarán como $U = 5,2$; $V = 1,1$; y $Y = 0,011$ según las normas UNE-EN 60865 y UNE-EN 60909.

D_e : es el diámetro exterior del cable (mm);

θ_m : es la 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 ($^{\circ}\text{C}$). Como una aproximación se puede tomar el valor de 65°C .

Resistencia térmica propia del conducto o tubo (T''_4).

La resistencia térmica a través de la pared de un conducto deberá calcularse por la fórmula:

$$T''_4 = \frac{1}{2 * \pi} * \rho_t * \ln\left(\frac{D_o}{D_d}\right)$$

donde

D_o : es el diámetro exterior del conducto (mm);

D_d : es el diámetro interior del conducto (mm);

ρ_t : es la resistividad térmica del material constitutivo del conducto ($\text{K}\cdot\text{m}/\text{W}$). Se tomará el valor de 3,5.

Resistencia térmica externa al conducto o tubo (T'''_4).

En el caso de cables idénticos igualmente cargados, la intensidad de corriente admisible se determinará por la del cable más caliente.

Es posible generalmente, de acuerdo con la configuración de la instalación, determinar este cable y así no tener que realizar el cálculo más que para éste.

En los casos en que ello sea más difícil, puede ser necesario un cálculo posterior para otro cable del grupo. El método consiste en utilizar un valor corregido de T_4 que tenga en cuenta el calentamiento mutuo de los cables del grupo. El valor



corregido de la resistencia térmica, para el cable de la posición p viene dado por (el número total de cables es q):

$$T4 = \frac{\rho_t}{2 \cdot \pi} * \ln \left((u + \sqrt{u^2 - 1}) * \left(\left(\frac{d'_{p1}}{d_{p1}} \right) * \left(\frac{d'_{p2}}{d_{p2}} \right) \dots \left(\frac{d'_{pk}}{d_{pk}} \right) \dots \left(\frac{d'_{pq}}{d_{pq}} \right) \right) \right)$$

Hay que tener en cuenta que hay $(q-1)$ términos, excluido el término (d'_{pp}/d_{pp}) .

Donde:

ρ_t : es la resistividad térmica del suelo. Se tomará un valor de 1 K·m/W;

$$u = \frac{2 * L}{D_e}$$

L : es la distancia de la superficie del suelo al eje del cable (mm);

D_e : es el diámetro exterior de la tubular (mm).

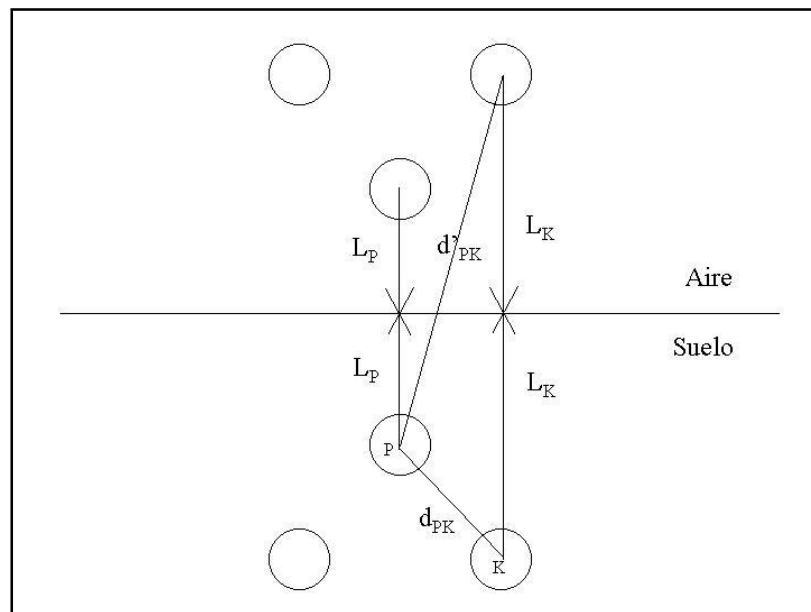


Diagrama que muestra un grupo de cables y sus imágenes con relación a la superficie aire-suelo.



Para nuestro caso, utilizaremos cables igualmente cargados.

Al estar los tubos embebidos en hormigón, se admitirá para el cálculo de la resistencia térmica, que el medio que rodea al conducto es homogéneo y que su resistividad térmica es igual a la del hormigón. Se añade entonces algebraicamente una corrección en la fórmula anterior (o bien para cables idénticos igualmente cargados, o bien para cables desigualmente cargados), para tener en cuenta la eventual diferencia entre la resistividad térmica del hormigón y la del suelo, para aquella parte del circuito térmico exterior al bloque de conductos.

La corrección de la resistencia térmica viene dada por:

$$\frac{N}{2 * \pi} * (\rho_e - \rho_c) \ln(u + \sqrt{u^2 - 1})$$

N : es el número de cables con carga en el bloque de conductos;

ρ_e : es la resistividad térmica del suelo que rodea al bloque de conductos. Se tomará el valor de 1 K·m/W

ρ_c es la resistividad térmica del hormigón. Se tomará el valor de 0,8 K·m/W

$$u = \frac{L_g}{r_b}$$

L_g es la profundidad de colocación, respecto al centro del bloque de conductos (mm)

r_b es el radio equivalente del bloque de hormigón (mm), dado por:

$$\ln r_b = \frac{1 * x}{2 * y} \left(\frac{4}{\pi} - \frac{x}{y} \right) * \ln \left(1 + \frac{y^2}{x^2} \right) + \ln \frac{x}{2}$$

Las magnitudes de x e y son respectivamente la menor y la mayor de las dimensiones del bloque de conductos, independientemente de su posición, en milímetros.

Esta fórmula sólo es aplicable cuando $\frac{y}{x}$ es inferior a 3.

Esta corrección se añadirá al valor de T_4 previamente calculado.



10.2. Cálculo de la intensidad máxima admisible en régimen cíclico

El cálculo de la intensidad máxima admisible en régimen cíclico se realizará según la norma UNE 21-191, “Cálculo de las capacidades de transporte de los cables para regímenes de carga cíclicos y sobrecarga de emergencia”. En este anexo se detallan las fórmulas y el método a utilizar y se exponen las fórmulas de base utilizadas en los cálculos del presente apartado.

10.2.1. Respuesta transitoria de la temperatura

La respuesta transitoria de la temperatura de un cable a un nivel de intensidad que circula dentro de su conductor depende de la combinación de las capacidades térmicas y de las resistencias térmicas de las partes constituidas del mismo cable y de su entorno.

El método de cálculo de la respuesta de la temperatura de un cable a la aplicación brusca de un valor constante de la intensidad en el conductor consiste en considerar que el conjunto del circuito térmico es divisible en dos partes independientes. La primera parte comprende los constituyentes del cable situados en el interior de su superficie externa, la segunda parte es el entorno del cable. Las respuestas individuales de estas dos partes constituyen los regímenes transitorios parciales, a partir de los cuales se puede reconstruir el régimen transitorio del sistema completo.

Se considerarán los cálculos de respuestas transitorias parciales para largos períodos, entendiendo por largos períodos los períodos $> \frac{1}{3} * T * Q$

Donde:

T : es la resistencia térmica total de un cable entre el conductor y la superficie exterior.

Q : es la capacidad térmica total de un cable.

Las fórmulas descritas aquí son adecuadas para períodos superiores a 1h.



Representación del aislamiento

El aislamiento se representa por constantes térmicas localizadas. La capacidad térmica total del aislamiento Q_i se reparte entre el conductor y la cubierta, de modo que el calor total almacenado en el aislamiento no se altere.

El aislamiento se representa por medio de los elementos indicados con trazo recto en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.,** donde:

$$\rho = \frac{1}{2 * \ln\left(\frac{D_i}{d_c}\right)} - \frac{1}{\left(\frac{D_i}{d_c}\right)^2 - 1}$$

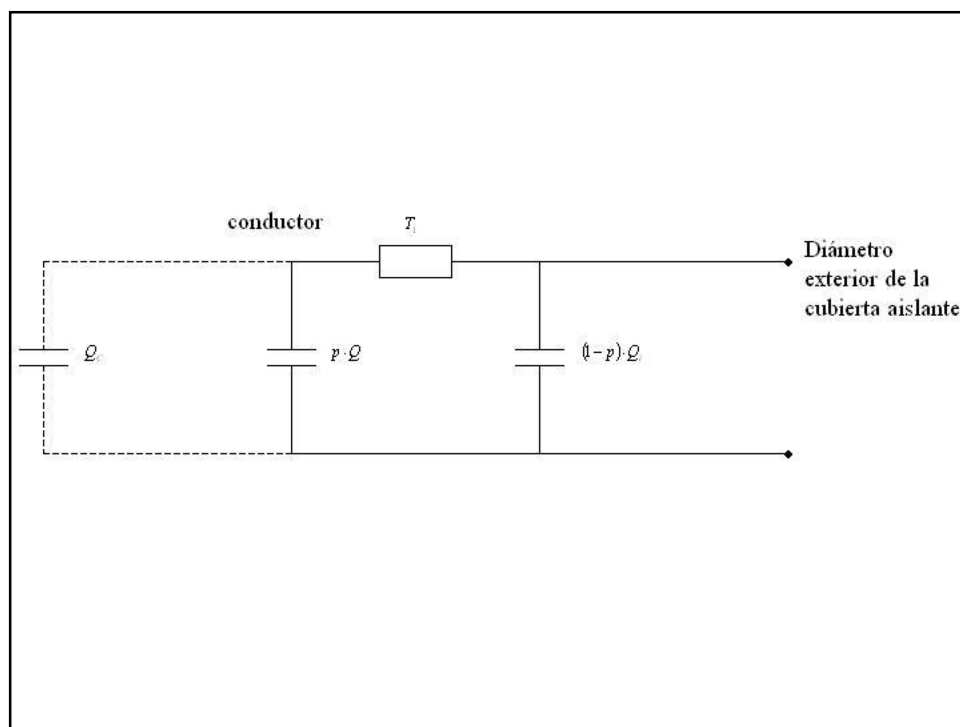
T_i : es la resistencia térmica total del aislamiento por conductor;

Q_i : es la capacidad térmica total del aislamiento por conductor;

Q_c : es la capacidad térmica total del aislamiento por conductor;

D_i : es el diámetro exterior del aislamiento, incluyendo las capas semiconductoras;

d_c : es el diámetro exterior del conductor.



Representación del aislante para los períodos superiores a $\frac{1}{3} * T * Q$



Representación del cable

La primera parte del circuito térmico que simula al cable se representa por una red de dos células (ver Figura 1). La primera célula comprende la capacidad térmica del conductor y la parte interior del aislamiento con la resistencia térmica del mismo, mientras que la segunda célula comprende la capacidad térmica y la resistencia térmica del resto del cable.

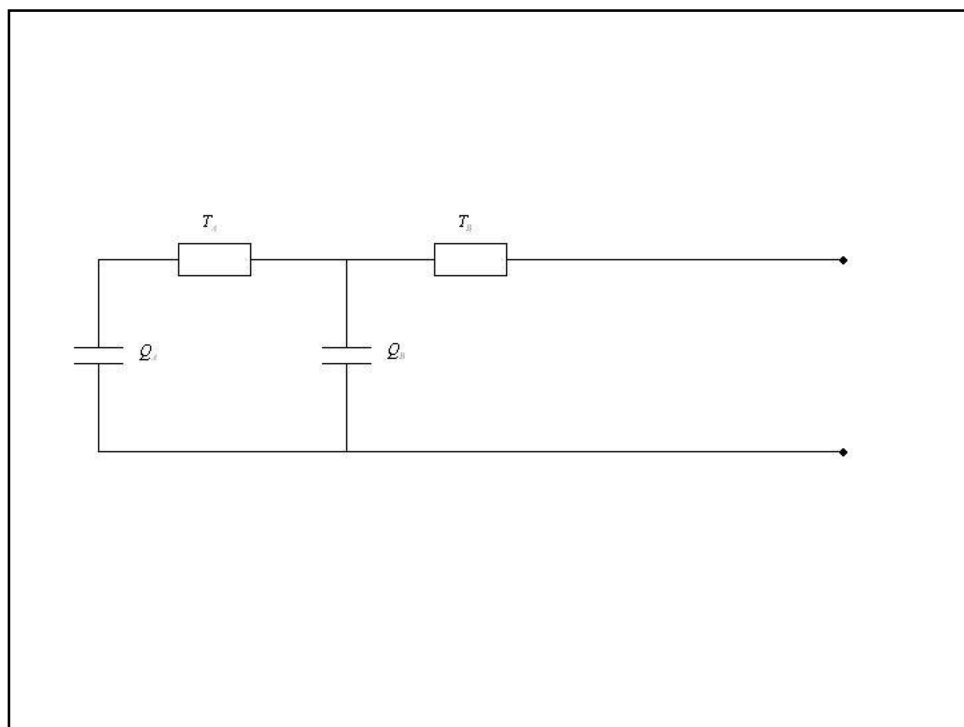


Figura 1: Red equivalente al cable para los cálculos de la respuesta transitoria

Las fórmulas aplicables en el caso de cables dentro de tubular son las siguientes:

$$Ta = T1$$

$$Tb = qs * (T3 + T'4 + T''4)$$

$$Qa = Qc + p * Qi$$



$$Qb = (1 - p)Qi + \frac{Qs + Qj + 0.5 * Qd}{qs}$$

$$qs = \left(\frac{\text{Pérdidas en conductor + cubierta}}{\text{Pérdidas en el conductor}} \right)$$

T_3 : es la resistencia térmica de la cubierta en el tubo;

T_4' : es la resistencia térmica del espacio de aire en l tubo;

T_4'' : es la resistencia térmica del tubo;

Q_s : es la capacidad térmica de la cubierta;

Q_j : es la capacidad térmica de la cubierta exterior;

Q_d : es la capacidad térmica del tubo;

Respuesta transitoria parcial del cable

La respuesta transitoria de un circuito de cable a nivel de intensidad de carga, considerada aisladamente, es decir con la pareja de terminales de la derecha puesta en cortocircuito se obtiene del modo siguiente:

$$M0 = \frac{(Qa(Ta + Tb) + Qb * Tb)}{2}$$

$$N0 = Qa * Ta * Qb * Tb$$

$$a = \frac{M0 + \sqrt{M0^2 - N0}}{N0}$$

$$b = \frac{M0 - \sqrt{M0^2 - N0}}{N0}$$

$$Ta = \frac{1}{a - b} \left(\frac{1}{Qa} - b(Ta + Tb) \right)$$

$$Tb = TA + TB - Ta$$



y el calentamiento transitorio $\theta_c(t)$ del conductor encima de la temperatura de la superficie exterior del cable es:

$$\theta_c(t) = W_c * (T_a(1 - e^{-at}) + T_b(1 - e^{-bt}))$$

donde:

W_c :representa las pérdidas lineales en un conductor calculadas a la temperatura máxima alcanzada por el conductor. Se suponen estas pérdidas constantes durante el régimen transitorio.

El factor de aproximación $a(t)$ relativo al calentamiento del conductor con relación a la superficie exterior del cable viene dado entonces por:

$$a(t) = \frac{\theta_c(t)}{(W_c(T_a + T_b))}$$

Respuesta transitoria parcial del entorno del cable

El entorno del cable constituye la segunda parte del circuito térmico. En el caso de un cable enterrado en tubular hormigonada, el calentamiento transitorio $\theta_e(t)$ por encima de la temperatura ambiente, de la superficie exterior del cable más caliente de un grupo de cables igualmente cargados es de:

$$\theta_e(t) = \frac{\rho t * W_1}{4\pi} \left(-\text{Ei} \left(\frac{-De^2}{16 * t * \delta} \right) - \left(-\text{Ei} \left(\frac{-L^2}{t * \delta} \right) \right) \right) + \sum_{K=1}^{k=N-1} \left(-\text{Ei} \left(\frac{-(dpk)^2}{4 * t * \delta} \right) - \left(-\text{Ei} \left(\frac{(d'pk)^2}{4 * t * \delta} \right) \right) \right)$$

donde:



W_1 : es la potencia total disipada por efecto Joule, por unidad de longitud de cada cable del grupo;

$-Ei(-x)$: es la función exponencial integral;

$$-Ei(-x) = \frac{1}{x * ex} \left(\frac{x^2 + a_1x + a_2}{x^2 + b_1x + b_2} \right)$$

$$a_1 = 2,3347 \quad a_2 = 0,2506$$

$$b_1 = 3,3307 \quad b_2 = 1,6815$$

Según las normas UNE-EN 600909 y UNE-EN 60865

ρ_T : es la resistividad térmica del terreno;

D_e : es el diámetro de la superficie exterior del cable;

δ : es la difusividad térmica del suelo;

t : es el tiempo transcurrido después del momento de la aplicación del calentamiento;

L : es la profundidad de tendido medida en el centro del cable más caliente;

d_{pk} : es la distancia del centro del cable al centro del cable más caliente p ;

d'_{pk} : es la distancia de la imagen del centro del cable al centro del cable más caliente p ;

N : es el número de cables.

La adición se extiende a todos los cables del grupo, con excepción del cable más caliente.

Respuesta transitoria completa de la temperatura

Después de haber calculado los dos regímenes transitorios parciales y el factor de aproximación relativo al conductor con relación a la superficie del cable, se obtiene el calentamiento total transitorio $\theta(t)$ por encima de la temperatura ambiente:

Cables instalados en tubular hormigonada

$$\theta(t) = \theta_c + a(t) * \theta_e(t)$$



donde:

$\theta(t)$: es el calentamiento transitorio del conductor por encima de la temperatura ambiente;

$\theta_c(t)$: es el calentamiento transitorio del conductor por encima de la temperatura de la superficie del cable;

$\theta_e(t)$: es el calentamiento transitorio de la superficie del cable por encima de la temperatura ambiente a partir de $t = 0$ suponiendo que las pérdidas totales (W_1) procedan de la superficie del cable;

$a(t)$: es el factor de aproximación relativo al calentamiento transitorio del conductor con relación a la superficie exterior del cable.

Régimen de emergencia

Se ha de establecer una corrección a la respuesta transitoria de la temperatura para tener en cuenta la variación de las pérdidas en el conductor con la temperatura en régimen de emergencia.

La variación de la resistencia del conductor con la temperatura durante el régimen transitorio tiene por consecuencia una variación de las pérdidas en el conductor en función del tiempo. Teniendo en cuenta la variación de las pérdidas en el conductor con la temperatura, se obtiene el calentamiento corregido:

$$\theta a(t) = \frac{\theta(t)}{1 + a(\theta(\infty) - \theta(t))}$$

donde:

$\theta(t)$: es el calentamiento transitorio del conductor por encima de la temperatura ambiente sin corrección para la variación de las pérdidas en el conductor, basado en la resistencia del conductor al final del régimen transitorio;



$\theta(\infty)$: es el calentamiento del conductor por encima de la temperatura ambiente en régimen permanente;

a : es el coeficiente de temperatura de la resistividad eléctrica del material del conductor al comienzo del régimen transitorio;

$$a = \frac{1}{\beta + \theta_i}$$

donde:

β : es la inversa del coeficiente de temperatura a 0°C;

θ_i : es la temperatura del conductor al comienzo del régimen transitorio;

Régimen transitorio debido a las pérdidas dieléctricas

Hasta ahora se ha supuesto que el calentamiento del conductor debido a pérdidas dieléctricas había alcanzado su condición estacionaria y que podía obtenerse la temperatura total en un momento cualquiera del régimen transitorio mediante simple adición del calentamiento constante debido a las pérdidas dieléctricas y al calentamiento transitorio debido a la intensidad de carga.

Si tienen lugar simultáneamente la aplicación de la intensidad de carga y la tensión de la red, será necesario calcular el calentamiento transitorio adicional debido a las pérdidas dieléctricas.

En los cables normalizados, y para los períodos aquí definidos ($> 1/3 T.Q$), basta con admitir que la mitad de las pérdidas dieléctricas se producen en el conductor y la otra mitad en la pantalla sobre aislamiento.

10.2.2. Capacidades de transporte en régimen cíclico

El factor de capacidad de transporte cíclico (M) es el factor por el cual se puede multiplicar la intensidad nominal admisible en régimen permanente (factor de carga 100%) para obtener el valor de punta de la intensidad en el curso de un ciclo diario (24h) de manera



que en el transcurso de este ciclo, el conductor alcance sin sobrepasarla la temperatura máxima admisible prescrita.

Este factor depende solamente del ciclo de carga diario y es independiente de las amplitudes reales de la intensidad. Este factor para un ciclo de carga de forma conocida es el siguiente:

$$M = \frac{1}{(\sum_{i=0}^5 Y_i \left(\frac{\theta r(i+1)}{\theta r(\infty)} - \frac{\theta r(i)}{\theta r(\infty)} \right) + \mu \left(1 - \frac{\theta r(6)}{\theta r(\infty)} \right))^{0.5}}$$

$$\frac{\theta r(i)}{\theta r(\infty)} = (1-k + k \cdot \beta(i)) \cdot a(i)$$

Esta expresión se valora para i= 1, 2, 3, ... 6h

$$\theta r(0) = 0$$

donde:

$$k = \frac{W_1 \cdot T_4}{W_c \cdot (T_a + T_b) + W_1 \cdot T_4}$$

T_4 : es la resistencia térmica exterior calculada para los cables en tubos en contacto, según el Anexo C;

W_c : son las pérdidas Joule totales en el cable por unidad de longitud a la temperatura nominal;

W_1 : son las pérdidas Joule en un solo tubo por unidad de longitud a la temperatura nominal;

$\beta(i)$: representa el factor de aproximación relativo a la superficie exterior del cable o de la tubular, a saber la relación con el tiempo i y al calentamiento en régimen permanente



$$\beta(t) = \frac{-Ei\left(\frac{De^2}{16*t*\delta}\right) - \left(-Ei\left(-\frac{L^2}{t*\delta}\right)\right)}{2 * \ln\left(\frac{4L}{De}\right)}$$

D_e : es el diámetro exterior de la tubular;

t : es 3600 i;

$a(i)$: es el factor de aproximación relativo al calentamiento del conductor en relación con la superficie exterior del cable

$$a(t) = \frac{Ta(1 - e^{-at}) + Tb(1 - e^{-bt})}{Ta + Tb}$$

El factor de carga de las pérdidas (μ) del ciclo diario de la intensidad será el siguiente:

$$\mu = \frac{1}{24} \sum_{i=0}^{23} Yi$$

Carga normalizada	diaria	invierno			verano		
(Hora del día)		carga (p.u)	Yi ²	Yi	carga (p.u)	Yi ²	Yi
1		0,65	0,423		0,75	0,563	
2		0,50	0,250		0,69	0,476	
3		0,45	0,203		0,66	0,436	
4		0,42	0,176		0,64	0,410	
5		0,41	0,168		0,63	0,399	
6		0,41	0,168		0,65	0,423	
7		0,42	0,176		0,68	0,462	
8		0,51	0,260		0,72	0,518	
9		0,68	0,462		0,80	0,640	Y ₅

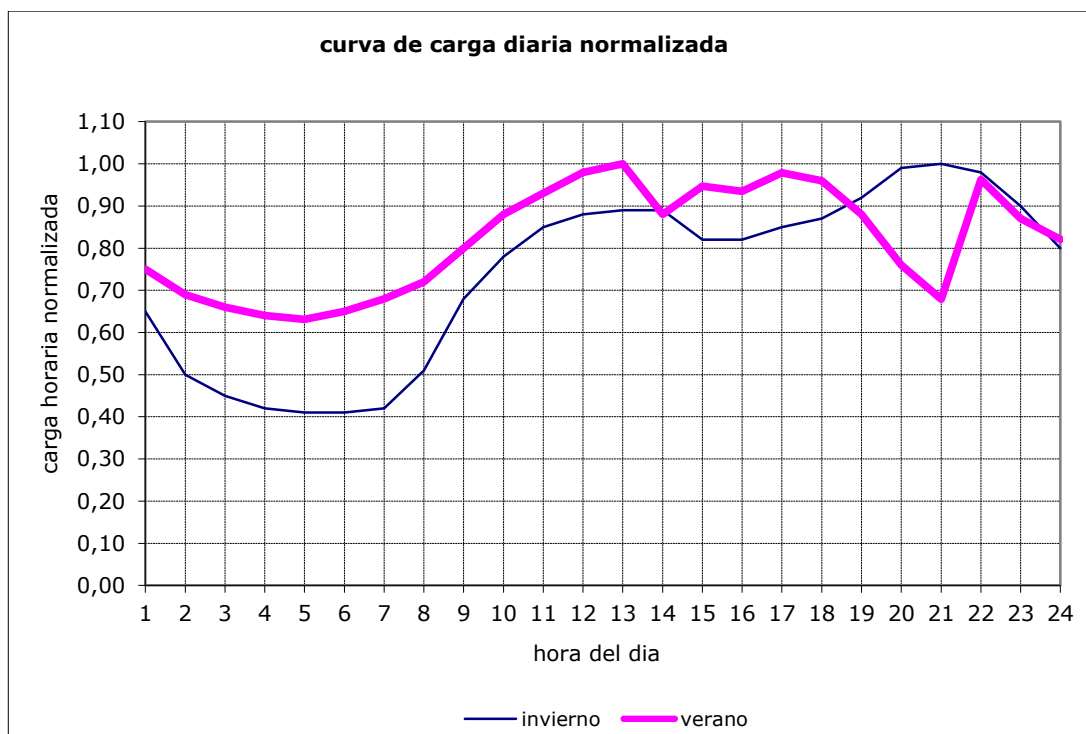


**DISEÑO DE UNA LÍNEA AÉREA A 132 KV CON ALIMENTACIÓN SUBTERÁNEA
A SUBESTACIÓN 132/66 kV.-----ANEXO Nº1 CALCULOS-----**



10	0,78	0,608		0,88	0,774	Y ₄
11	0,85	0,723		0,93	0,865	Y ₃
12	0,88	0,774		0,98	0,960	Y ₂
13	0,89	0,792		1,00	1,000	Y ₁
14	0,89	0,792		0,88	0,774	Y ₀
15	0,82	0,672		0,95	0,897	
16	0,82	0,672		0,94	0,874	
17	0,85	0,723	Y ₅	0,98	0,958	
18	0,87	0,757	Y ₄	0,96	0,922	
19	0,92	0,846	Y ₃	0,88	0,774	
20	0,99	0,980	Y ₂	0,76	0,578	
21	1,00	1,000	Y ₁	0,68	0,461	
22	0,98	0,960	Y ₀	0,96	0,927	
23	0,90	0,810		0,87	0,757	
24	0,80	0,640		0,82	0,674	
	0,737	0,585	promedio	0,820	0,688	promedio

Ciclo de carga diario



10.3. Cálculo de la intensidad máxima admisible en cortocircuito en el conductor

El cálculo de la intensidad máxima de cortocircuito en el conductor se realiza según la norma UNE 21-192, "Cálculo de las intensidades de cortocircuito térmicamente admisibles, teniendo en cuenta los efectos del calentamiento no adiabático".

La intensidad de cortocircuito admisible viene dada por la expresión:

$$I = \varepsilon * I_{ad}$$

donde

- I: es la intensidad de cortocircuito admisible;
- I_{AD} : es la intensidad de cortocircuito calculada en una hipótesis adiabática;
- ε : es el factor que tiene en cuenta la pérdida de calor en los componentes adyacentes.



10.3.1. Cálculo de la intensidad de cortocircuito adiabático

La fórmula del calentamiento adiabático, se presenta bajo la siguiente forma general:

$$I_{ad}^2 * t = K^2 * S^2 * \ln \left(\frac{\theta_f + \beta}{\theta_i + \beta} \right)$$

donde

- I_{AD} : es la intensidad de cortocircuito (valor eficaz durante el cortocircuito) calculada en una hipótesis adiabática (A);
- t : es la duración del cortocircuito (s). Se tomará el valor de 0,5 s.
- K : es la constante que depende del material del componente conductor de corriente.
 - Para conductores de aluminio se utilizará el valor de $148 \text{ A} \cdot \text{s}^{1/2} / \text{mm}^2$
- S : es la sección geométrica del componente conductor de corriente; para los conductores se tomará la sección nominal, y para las pantallas la sección de 1 alambre (ver apartado 10.1.1).
- θ_f : es la temperatura final (°C). En el conductor se utilizarán 90°C y en la pantalla se utilizarán 80°C.
- θ_i : es la temperatura inicial (°C). En el conductor se utilizarán 250°C y en la pantalla se utilizarán 210°C.
- β : es la inversa del coeficiente de variación de resistencia con la temperatura del componente conductor de corriente a °C (K);
 - Para conductores de aluminio se utilizará el valor de 228 K

10.3.2. Cálculo del factor no adiabático

La fórmula general de una ecuación empírica para el factor no adiabático es la siguiente:

$$\varepsilon = \sqrt{1 + F * A * \sqrt{\frac{t}{S}} * F^2 * B * \left(\frac{t}{S}\right)}$$



Donde:

F: es el 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 F=0,7 para los conductores y F=0,5 para las pantallas.

A, B: son las constantes empíricas basadas en las características térmicas de los materiales no metálicos adyacentes.

$$A = \frac{C_1}{\sigma_c} * \sqrt{\frac{\sigma_i}{\rho_i}} \text{ (mm}^2/\text{s)}^{1/2} \text{ donde } C_1 = 2,464 \text{ mm/}$$

$$B = \frac{C_2}{\sigma_c} * \sqrt{\frac{\sigma_i}{\rho_i}} \text{ (mm}^2/\text{s)} \text{ donde } C_2 = 1,22 \text{ K}\cdot\text{m}\cdot\text{mm}^2/\text{J}$$

donde:

σ_c : es el calor específico volumétrico del componente conductor de corriente

- Para el cobre se tomará el valor de $3,45 \times 10^6 \text{ J/K}\cdot\text{m}^3$
- Para el aluminio se tomará el valor de $2,5 \times 10^6 \text{ J/K}\cdot\text{m}^3$

σ_i : es el calor específico volumétrico de los materiales no metálicos adyacentes. Se tomará el valor de $2,4 \times 10^6 \text{ J/K}\cdot\text{m}^3$ (correspondiente al XLPE)

ρ_i : es la resistividad térmica de los materiales no metálicos adyacentes. Se tomará el valor de $3,5 \text{ K}\cdot\text{m/w}$ (correspondiente al XLPE)

10.4. Cálculo de la intensidad máxima admisible en cortocircuito en la pantalla

El cálculo de la intensidad máxima de cortocircuito en la pantalla se realiza según la norma UNE 21-192, "Cálculo de las intensidades de cortocircuito térmicamente admisibles, teniendo en cuenta los efectos del calentamiento no adiabático".

A continuación se detalla la formulación, particularizando para los datos concretos de la línea indicados en la memoria.



Se aplicará el mismo método para el cálculo de la intensidad máxima de cortocircuito en las pantallas. No se considerará la influencia de la lámina metálica adherida a la cubierta del cable ni la influencia de los flejes equipotenciales dispuestos helicoidalmente.

Se calculará para un alambre tomado individualmente y se multiplicará después por el número de alambres para obtener el valor total de la intensidad de cortocircuito. Por lo tanto, se utilizará en todas las fórmulas la sección de un alambre tomado individualmente.

10.5. Cálculo de la caída de tensión

La caída de tensión se determinará mediante la expresión:

$$e = \sqrt{3} * I_n * L(R * \cos\varphi + X * \sin\varphi)$$

Donde:

$$I_n = \text{Intensidad permanente (en A)} = \frac{P}{\sqrt{3} * U * \cos\varphi}$$

L = Longitud de la línea (en Km)

R = Resistencia óhmica (en ohm/Km)

X=Reactancia inductiva (en ohm/Km)

Cos ϕ = 0.8

Particularizando para los datos concretos de la línea resulta un valor de caída de tensión de $e = 0.74 \text{ V}$

11. Cálculos mecánicos

11.1. Cálculo de los esfuerzos de tendido del cable subterráneo

Para situar las cámaras de empalme se debe comprobar que el tendido del cable entre dos cámaras es posible, para lo cual se deberá calcular el esfuerzo necesario para el tendido de los cables y comprobar que éste es inferior al permitido.



El proceso para calcular el esfuerzo de tendido entre dos cámaras consiste en:

1. Dividir la sección de tendido en cuantos tramos distintos sean precisos. Se considerará que un tramo es distinto a otro cuando tengan diferente una o más de las siguientes características:
 - valor de la pendiente;
 - signo de la pendiente (rampa o pendiente propiamente dicha);
 - plano de la curva (horizontal o vertical);
 - valor de la curvatura (radio);
 - si la curva es vertical, sentido de tiro (ascendente o descendente).
2. Comenzando por el extremo de entrada del cable en el conducto, en el punto opuesto al de tiro, se van calculando, según las fórmulas indicadas a continuación, los incrementos de tensión que produce cada tramo, partiendo del valor de la tensión del tramo anterior, hasta llegar al extremo de la sección de tendido en que se efectúa el tiro.
3. Se comprobará que la tensión a la salida es menor que la tensión admisible para el cable.

Para calcular el esfuerzo de tracción necesario para la instalación de los cables por el tubo se utilizará un coeficiente de rozamiento de 0,35, coeficiente que estará próximo al real si los tubos están bien alineados y limpios, y el cable bien lubricado.

Las fórmulas que se emplearán para los cálculos descritos serán las siguientes:

1. El incremento de tensión (kp) producido en el cable por un tramo recto horizontal es $Tr = p * l * \mu$
siendo l su longitud, en m, p el peso en kp/m, y μ el coeficiente de rozamiento.

2. La tensión (kp) a la salida de una curva o codo horizontal es:

$$Ts = (Te + p * r)e^{\mu\phi} - p * r$$



Donde

Te= tensión a la entrada, en kp;

r= radio de curvatura, en m;

φ = ángulo central de la curva o codo, en radianes (1 radian $\approx$ 57,3 grados)

p= peso por unidad de longitud del cable (kg)

μ = coeficiente de rozamiento

3. Un tramo recto en rampa o en pendiente, produce un incremento de tensión, de valor:

$$T = p * l * (\mu \pm \operatorname{tg} \alpha)$$

donde: + para rampas y – para pendientes

l= longitud de la proyección horizontal del tramo, en m;

α = ángulo de la rampa o la pendiente con la horizontal.

4. La tensión Ts(kp) a la salida de una curva o codo vertical es:

$$Ts = Te * e^{\mu \varphi} + \varphi * p * r * \left(\mu * \cos\left(\frac{\varphi}{2}\right) \pm \operatorname{sen}\left(\frac{\varphi}{2}\right) \right)$$

donde: + para sentido ascendente y – para descendente

5. Las curvas o codos situados en planos inclinados se asimilarán a planos horizontales o verticales según su mayor similitud a uno u otro caso.

La tabla siguiente muestra los esfuerzos de tiro previstos entre cada dos cámaras de empalme.

Tramo entre cámaras	Kp
1 a 2	2000
2 a 3	1800
3 a 4	1300
...	



12. EJEMPLO DE LA ELECCION DEL CONDUCTOR DE ALTA TENSIÓN

En las siguientes páginas veremos qué conductor elegir para transportar nuestra potencia desde el apoyo Fin de Línea hasta la subestación de transformación.

Según nuestra compañía suministradora, podemos elegir entre dos secciones de conductor. Una de ellas es de 630mm² que es la que nosotros elegiremos.

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. En este caso hemos considerado que la desecación del suelo no existe, ya que se prevee rellenar los cables con un relleno de resistividad térmica controlada.

$$\Delta\theta = \left(I^2 * R + \frac{1}{2} * Wd\right) T1 + (I^2 * R(1 + \lambda) + Wd) * n * T2 + (I^2 * R * (1 + \lambda1 + \lambda2) + Wd) * n * (T3 + T4)$$

donde:

- I*: es la intensidad de la corriente que circula en un conductor (A);
- $\Delta\theta$: es el calentamiento del conductor respecto a la temperatura ambiente (K);
- R*: es la resistencia del conductor bajo los efectos de la corriente alterna, por unidad de longitud, a su temperatura máxima de servicio (Ω /m);
- W_d*: son las pérdidas dieléctricas, por unidad de longitud, del aislamiento que rodea al conductor (W/m)
- T₁*: es la resistencia térmica, por unidad de longitud, entre el conductor y la envolvente (K·m/W);
- T₂*: es la 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 de esta unidad es 0;
- T₃*: es la resistencia térmica, por unidad de longitud, del revestimiento exterior del cable (K·m/W);
- T₄*: es la resistencia térmica, por unidad de longitud, entre la superficie del cable y el medio circundante (K·m/W);
- n*: es el número de conductores aislados en servicio en el cable (conductores de la misma sección y transportando la misma carga);



- λ_1 : es la relación de las pérdidas en la cubierta metálica o pantalla con respecto a las pérdidas totales en todos los conductores de ese cable;
- λ_2 : es la relación de las pérdidas en la armadura respecto a las pérdidas totales en todos los conductores de ese cable;

La intensidad de corriente admisible se obtiene de la fórmula anterior como se indica seguidamente:

$$I = \left(\frac{\Delta\theta - Wd * (0.5 * T1 + n * (T2 + T3 + T4))}{R * T1 + n * R * (1 + \lambda_1) * T2 + n * R * (1 + \lambda_1 + \lambda_2) * (T3 + T4)} \right)^{0.5}$$

Para llegar a estas dos fórmulas, antes tenemos que calcular varios parámetros que son los siguientes. Algunos parámetros han sido obtenidos mediante estas fórmulas, pero proporcionados por la empresa suministradora para no facilitar datos de fabricación. Con estos datos obtenidos y proporcionados por la empresa suministradora de conductor, se ha decidido instalar el de sección 635mm².

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:

$$R = R' * (1 + \gamma_s + \gamma_p)$$

donde

- R : es la resistencia del conductor con corriente alterna a la temperatura máxima de servicio (Ω/m);
- R' : es la resistencia del conductor con corriente continua a la temperatura máxima de servicio (Ω/m);
- γ_s : es el factor pelicular;
- γ_p : es el factor de efecto proximidad;

d) La resistencia del conductor en corriente continua, por unidad de longitud, a su temperatura máxima de servicio, θ , viene dada por:



$$R' = R_0 * (1 + \alpha_{20} * (\theta - 20)) = 0.0617\Omega$$

donde

R_0 : es la resistencia del conductor con corriente continua a 20°C

α_{20} : es el coeficiente de variación a 20°C de la resistividad en función de la temperatura, por Kelvin.

- Para conductores de aluminio se utilizará el valor de $4,03 \times 10^{-3}$.
- Para conductores de cobre se utilizará el valor de $3,93 \times 10^{-3}$.

θ : es la temperatura máxima de servicio en grados Celsius para el cable. Se tomarán como temperaturas máximas de servicio los valores de 90°C para el conductor y 80°C para la pantalla.

e) El factor de efecto pelicular γ_s viene dado por:

$$\gamma_s = \frac{0.00203^2}{192 + 0.8 * 0.00203^2} 2.15 * 10^{-8}$$

donde

$$\chi_s^2 = \frac{8 * \pi * f * 10^{-7}}{0.0617} = 0.00203$$

f : es la frecuencia de la corriente de alimentación, en hercios (50 Hz);

κ_s : es un factor. Se tomará el valor de 1 para este factor.

f) El factor de efecto proximidad γ_p , viene dado por:

$$\gamma_p = \frac{\chi_p^4}{192 + 0.8\chi_p^4} \left(\frac{87.7}{s} \right)^2 \left(0.312 \left(\frac{87.7}{s} \right)^2 + \frac{1.18}{\frac{\chi_p^4}{192 + 0.8\chi_p^4} + 0.27} \right) = 2.03 * 10^{-8}$$

donde

$$\chi_p^2 = \frac{8 * \pi * 50 * 10^{-7}}{0.0617} = 0.00203$$

d_c : es el diámetro del conductor;



s: es la distancia entre ejes de los conductores.

κ_p : es un factor. Se tomará el valor de 1 para este factor.

La resistencia de la pantalla en corriente alterna, se calculará igual que para el conductor, pero con la salvedad de que d_c será el diámetro medio de la pantalla. La distancia entre ejes de los conductores será la misma que en el apartado anterior.

Una vez calculado esto, podemos determinar que **$R=0.0617\Omega$**

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:

$$Wd = \omega * 0.000000198 * 132000^2 * tg\delta = 361.28 \left(\frac{W}{m}\right)$$

donde

ω : es $2 \pi f$

C: es la capacidad por unidad de longitud (F/m);

U_0 : es la tensión con relación a tierra

$tg\delta$: es el factor de pérdidas del aislamiento a la frecuencia y a la temperatura de servicio. Se tomará el valor de 0,001

La capacidad para los conductores de sección circular viene dada por:

$$C = \frac{\varepsilon}{18 * \ln\left(\frac{Di}{dc}\right)} * 10^{-9} \left(\frac{F}{m}\right)$$

donde

ε : es la permitividad relativa del material aislante. Se tomará el valor de 2,5

D_i : es el diámetro exterior del aislamiento (con exclusión de la pantalla semiconductora) ;

d_c : es el diámetro del conductor, incluida la pantalla semiconductora.



Factor de pérdidas en la pantalla

Las pérdidas originadas en las pantallas (λ_1) son debidas a las corrientes de circulación (λ_1') y a las corrientes de Foucault (λ_1'').

Así:

$$\lambda_1 = \lambda_1' + \lambda_1''$$

Pantallas conectadas directamente a tierra (solidly bonded)

En nuestro caso, utilizaremos esta configuración para calcular la sección de cable necesario para transportar la potencia deseada. Para cables unipolares dispuestos en tresbolillo con las pantallas en cortocircuito en ambas extremidades del circuito, el factor de pérdidas viene dado por:

$$\lambda_1 = \lambda_1'$$

ya que $\lambda_1'' = 0$, es decir, que las pérdidas por corrientes de Foucault son despreciables.

$$\lambda_1' = \frac{R_s}{R} * \frac{1}{1 + \left(\frac{R_s}{X}\right)^2} = 0.000198$$

donde

R_s : es la resistencia de la pantalla metálica en Ω , por unidad de longitud, a su temperatura máxima de servicio (Ω/m); Este parámetro se calcula con el de la resistencia anteriormente calculada entre la longitud de la línea a instalar, en nuestro caso 20 metros.

X : es la reactancia de la pantalla metálica, por unidad de longitud del cable (Ω/m)

$$X = 2 * \omega * 10^{-7} * \ln\left(\frac{2 * 750}{67.3}\right) = 0.000195 \frac{\Omega}{m}$$

ω : es 2π x frecuencia (1/s);



- s: es la distancia entre ejes de conductores en la sección eléctrica longitudinal considerada (mm);
- d: es el diámetro medio de la pantalla metálica (mm);

Resistencia térmica entre conductor y la envolvente, T_1

La resistencia térmica entre el conductor y la envolvente está dada por:

$$T_1 = \frac{3.5}{2 * \pi} * \ln \left(1 + \frac{2 * 87.7}{14.16} \right) = 0.62961$$

donde

- ρ_r : es la resistividad térmica correspondiente al aislamiento. En nuestro caso su valor es 3,5 K·m/W)
- d_c : es el diámetro del conductor sin considerar las pantallas semiconductoras (mm);
- t_1 : es el espesor del aislamiento entre conductor y envolvente considerando las pantallas semiconductoras (mm);

Resistencia térmica entre la cubierta y la armadura, T_2

En nuestro caso, al ser un cable no armado, el valor de $T_2 = 0$.

Resistencia térmica de la cubierta exterior, T_3

La resistencia térmica de las cubiertas exteriores T_3 está dada por:

$$T_3 = \frac{3.5}{2 * \pi} * \ln \left(1 + \frac{2 * 20}{67.3} \right) = 0.264$$

donde

- t_3 : es el espesor de la cubierta (mm);



D'_a : es el diámetro exterior de la pantalla ubicada inmediatamente debajo (mm);

Resistencia térmica externa, T_4

Cables instalados en tubular hormigonada

En estos casos, La resistencia térmica externa de un cable colocado en un tubo, comprende tres partes:

- iv. La resistencia térmica del intervalo de aire entre la superficie del cable y la superficie interior del conducto T'_4 .
- v. La resistencia térmica del material que constituye el tubo o conducto T''_4 .
- vi. La resistencia térmica entre la superficie exterior del conducto y el medio ambiente T'''_4 .

El valor de T_4 que debe figurar en la ecuación que da la intensidad admisible, será la suma de estos tres términos:

$$T_4 = T'_4 + T''_4 + T'''_4$$

Resistencia térmica entre el cable y el conducto o tubo (T'_4)

$$T'_4 = \frac{U}{1 + 0.1 * (V + Y * \theta m) * D_e} = 0.307$$

donde

U , V e Y : son las constantes, dependiendo de los tipos de instalación y cuyos valores se tomarán como $U = 5,2$; $V = 1,1$; y $Y = 0,011$ según las normas UNE-EN 60865 y UNE-EN 60909.

D_e : es el diámetro exterior del cable (mm);



θ_m : es la 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 (°C). Como una aproximación se puede tomar el valor de 65°C.

Resistencia térmica propia del conducto o tubo (T''_4).

La resistencia térmica a través de la pared de un conducto deberá calcularse por la fórmula:

$$T''_4 = \frac{1}{2 * \pi} * \rho_t * \ln\left(\frac{D_o}{D_d}\right) = 0.1187$$

donde

D_o : es el diámetro exterior del conducto (mm);

D_d : es el diámetro interior del conducto (mm);

ρ_t : es la resistividad térmica del material constitutivo del conducto (K·m/W). Se tomará el valor de 3,5.

Resistencia térmica externa al conducto o tubo (T'''_4).

En el caso de cables idénticos igualmente cargados, la intensidad de corriente admisible se determinará por la del cable más caliente.

Es posible generalmente, de acuerdo con la configuración de la instalación, determinar este cable y así no tener que realizar el cálculo más que para éste.

En los casos en que ello sea más difícil, puede ser necesario un cálculo posterior para otro cable del grupo. El método consiste en utilizar un valor corregido de T_4 que tenga en cuenta el calentamiento mutuo de los cables del grupo. El valor corregido de la resistencia térmica, para el cable de la posición p viene dado por (el número total de cables es q):

$$T_4 = \frac{\rho_t}{2 * \pi} * \ln\left((u + \sqrt{u^2 - 1}) * \left(\left(\frac{d'_{p1}}{dp1}\right) * \left(\frac{d'_{p2}}{dp2}\right) \dots \left(\frac{d'_{pk}}{dpk}\right) \dots \left(\frac{d'_{pq}}{dpq}\right)\right)\right) = 6.02$$

Tras varias operaciones y datos obtenidos de la empresa suministradora, podemos concluir en que $T_4''' = 6.45$.



Los cálculos están detallados en el Excel adjunto.

Cálculo de la intensidad máxima admisible en régimen cíclico

Estos parámetros son indicados por la empresa suministradora, obteniendo en el cable de 630mm².

En el conductor tenemos una corriente de cortocircuito de 84kA en 0.5segundos. Este parámetro cumple bastante con lo que tenemos para nuestro transporte.

Cálculo de la intensidad máxima admisible en cortocircuito en la pantalla

Intensidad de cortocircuito en la pantalla según los datos de la empresa es de 23kA en 0.5segundos.

Cálculo de la caída de tensión

La caída de tensión se determinará mediante la expresión:

$$e = \sqrt{3} * I_n * L(R * \cos\varphi + X * \sin\varphi) = 0.74V$$

Donde:

$$I_n = \text{Intensidad permanente (en A)} = \frac{P}{\sqrt{3} * U * \cos\varphi}$$

$$L = \text{Longitud de la línea (en Km)} = 0.022$$

$$R = \text{Resistencia óhmica (en ohm/Km)} = 0.0617 \text{ ohm/Km}$$

$$X = \text{Reactancia inductiva (en ohm/Km)} = 0.127 \text{ ohm/Km}$$

$$\cos \phi = 0.8$$

Cálculos mecánicos

Cálculo de los esfuerzos de tendido del cable subterráneo



Para calcular el esfuerzo de tracción necesario para la instalación de los cables por el tubo se utilizará un coeficiente de rozamiento de 0,35, coeficiente que estará próximo al real si los tubos están bien alineados y limpios, y el cable bien lubricado.

Las fórmulas que se emplearán para los cálculos descritos serán las siguientes:

El incremento de tensión (kp) producido en el cable por un tramo recto horizontal es

$$Tr = p * l * \mu = 0.02 * 0.35 * 6.8 = 0.047kp$$

siendo l su longitud, en m, p el peso en kp/m, y μ el coeficiente de rozamiento.

La tensión (kp) a la salida de una curva o codo horizontal es:

$$Ts = (Te + p * r)e^{\mu\varphi} - p * r = 7.71$$

Donde

Te= tensión a la entrada, en kp;

r= radio de curvatura, en m;

φ = ángulo central de la curva o codo, en radianes (1 radian $\approx$ 57,3 grados)

p= peso por unidad de longitud del cable (kg)

μ = coeficiente de rozamiento

Un tramo recto en rampa o en pendiente, produce un incremento de tensión, de valor:

$$T = p * l * (\mu \pm \operatorname{tg}\alpha) = 0.22$$

donde: + para rampas y – para pendientes

l= longitud de la proyección horizontal del tramo, en m;

α = ángulo de la rampa o la pendiente con la horizontal.

Las demás características del conductor vienen dadas por la empresa suministradora. Nos ofrece este conductor bajo tubo una **capacidad de transporte de 519A. Nosotros sólo necesitamos 312A, por lo que el conductor valorado cumple con creces dicha demanda.**

Los cálculos están además, especificados en la hoja Excel adjunta.



13.DISEÑO DE LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE 132 KV A 66 KV

13.1. 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 132kV y el de 66kV.

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.

Parque de 132kV

13.2. Tensiones nominales normalizadas

Según las instrucciones técnicas complementarias MIE RAT 04, los valores normalizados de tensiones y de tensiones más elevada para el material son los que aparecen en la tabla 13.

Tensión nominal de la red, U_n (kV)	Tensión más elevada material, U_m (kV)
15	17,5
20	24
30	36
45	52
66	72,5
110	123
132	145
220	245
380	420

Fuente: elaboración propia, datos extraídos MIE RAT 04.

Como se puede deducir de la tabla 1.1., para el parque de 132kV, corresponde una tensión más elevada para el material de 145 kV.



13.3. Niveles de aislamiento

Según las instrucciones técnicas complementarias 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 sollicitaciones dieléctricas, se separan en tres grupos según los valores de la tensión más elevada para el material:

Grupo A: Tensión mayor de 1kV y menor de 36kV.

Grupo B: Tensión igual o mayor de 36kV y menos de 245kV.

Grupo C: Tensión igual o mayor de 245kV.

Por tanto, para el parque de 132kV, los niveles de aislamiento que se han adoptado, de acuerdo con el MIE-RAT 12, son los que corresponden a materiales del Grupo B para aislamiento pleno.

Para dicho grupo B se deduce 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.

Esto se deduce de la siguiente Tabla:

Tensión más elevada para el material, U_m (kV)	Tensión soportada nominal a los impulsos tipo rayo (kV)	Tensión soportada nominal de corta duración a frecuencia industrial (kV)
52	250	95
72,5	325	140
123	550	230
145	650	275
170	750	325
245	1050	460

Fuente: elaboración propia, datos extraídos de MIE RAT 12.



13.4. Distancias mínimas

13.4.1. Distancias fase-tierra y entre fases

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 MIE RAT 12.

Según la misma, teniendo en cuenta la tensión soportada nominal de los impulsos tipo rayo, de 650kV, se determinan las siguientes distancias mínimas a cumplir:

Distancia mínima entre fase y tierra: en el caso de conductor – estructura, se establecerá una distancia mínima de 130 cm, y para el caso de punta estructura, la distancia mínima será 130 cm.

Distancia mínima entre fases: para la situación de conductores paralelos la distancia mínima será de 130 cm y en el caso de punta conductor de 130 cm.

La configuración "punta-estructura" y "punta-conductor" es la configuración más desfavorable que normalmente puede encontrarse; la configuración "conductor-estructura" y "conductor-conductor" cubre un amplio campo de configuración normales.

Todas las distancias diseñadas del parque de 132kV y establecidas en este apartado, son superiores a las distancias mínimas calculadas. Distancias que se pueden comprobar en el documento Planos.

13.4.2. Distancias en pasillos de servicio y zonas de protección

Según la instrucción técnica complementaria MIE RAT 15, para los pasillos de servicio, se deben cumplir las siguientes medidas:

Pasillos de maniobra con elementos en tensión a un lado, 1m.

Pasillos con elementos en tensión a ambos lados, 1,2m.

Pasillos de inspección con elementos en tensión a un lado, 0,8m.

Pasillos con elementos en 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 MIE-RAT-12 y MIE-RAT-15. Según esta, la altura "H" 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 de MIE RAT 12. Por tanto, se obtiene que para el parque de 132kV, se obtiene una “d” de 130 cm, en el caso más desfavorable.

Todas las distancias diseñadas del parque de 132kV y establecidas en este apartado, son superiores a las distancias mínimas calculadas. Distancias que se pueden comprobar en el documento Planos.

13.4.3. Distancias en zonas de protección contra contactos accidentales en el interior del recinto de la instalación

Según la instrucción técnica complementaria MIE RAT 15, se deben establecer unos sistemas de protección que deben mantener unas distancias horizontales mínimas con los elementos en tensión. Estas son:

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 otro tipo:

$$E = d + 30$$

Dado que el valor de “d” en el caso más desfavorable es de 130 cm

Todas las distancias diseñadas del parque de 132kV y establecidas en este apartado, son superiores a las distancias mínimas calculadas. Distancias que se pueden comprobar en el documento Planos.

13.4.4. Distancias en zonas de protección contra contactos accidentales desde el exterior del recinto de la instalación

Según la instrucción técnica complementaria 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:



Distancias en horizontal del elemento de tensión hasta el cierre del recinto cuando este es una pared maciza:

$$F = d + 100$$

De los elementos en tensión al cierre cuando este es un enrejado:

$$G = d + 150$$

Siendo “d” en ambos casos de valor 130, y considerando que en el parque de 132kV no hay ningún cierre de recinto de tipo macizo.

Todas las distancias diseñadas del parque de 132kV y establecidas en este apartado, son superiores a las distancias mínimas calculadas. Distancias que se pueden comprobar en el Documento Nº2 Planos.

13.5. Cálculos eléctricos

13.5.1. Corrientes nominales

La intensidad máxima que podrá circular por el parque de 132kV viene impuesta por la intensidad nominal de la posición de transformación en las condiciones más desfavorables de funcionamiento, con una sola barra principal operativa.

En ese caso, siendo la potencia de la transformación de 70 MVA, la corriente máxima que circulará por un circuito en caso de fallo o mantenimiento del otro será:

$$\text{Intensidad} = \frac{\text{Potencia}}{\sqrt{3} * \text{Tensión}}$$

Para el caso de los embarrados secundarios, la corriente máxima que circulará, será solo la de una de las posiciones de transformación.

$$\text{Intensidad} = \frac{\text{Potencia}}{\sqrt{3} * \text{Tensión}}$$



13.5.2. Corriente de cortocircuito

Los datos calculados de la intensidad de cortocircuito en la parte de 132 kV son de 1.58 kA. Este dato se ha calculado teniendo en cuenta la resistencia ofrecida por la línea aérea, subterránea y la impedancia que obtenemos con la potencia de cortocircuito.

$$\text{impedancia de corto} = \frac{\text{Tensión}}{\text{Potencia de corto (500MVA)}}$$

impedancia de corto+impedancia aérea+impedancia subterránea= Ztotal

$$\text{intensidad de corto} = \frac{\text{Tensión}}{Z_{\text{total}} \cdot \sqrt{3}}$$

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. En este caso, la corriente de cortocircuito de diseño del parque de 132kV, con un tiempo de despeje de falta de 0,5 segundos, será:

$$I_{cc} = 40kA$$

13.6. Embarrados

Una vez determinadas las corrientes nominales de la subestación, se puede hacer la elección de los embarrados que la van a constituir.

13.6.1. Embarrados principales

Los embarrados principales del parque de 132kV serán tubos de aluminio de 150/134 mm de diámetro, cuyas características son las siguientes:

Aleación	AlMgSiO, 5 F22
Diámetro exterior.....	150 mm
Diámetro interior	134 mm
Sección total del conductor.....	3569 mm ²
Peso propio.....	9,63 kg/m
Momento de inercia.....	902 cm ⁴
Momento resistente.....	120 cm ³



Módulo de Young.....	70.000 N/mm ²
Límite de fluencia.....	160 N/mm ²
Coeficiente de dilatación.....	0,023 mm/m°C
Carga de rotura.....	215 N/mm ²
Intensidad máxima admisible.....	4408 A

La intensidad máxima admisible para estos tendidos es de 4408 A, equivalente a una potencia nominal en el embarrado de:

$$S = \sqrt{3} * Tensión * Intensidad embarrado$$

Además estos embarrados cuentan con unos aisladores de soporte C6-650, cuyas características mecánicas con las siguientes:

Carga de rotura a flexión.....	6000 N
Carga de rotura a torsión.....	3000 N
Altura del aislador.....	1500 mm
Diámetro del aislador.....	172 mm
Tensión nominal	132 kV
Tensión máxima del material..	650 kV
Tensión soportada bajo lluvia ..	275 kV

13.6.2. Embarrados secundarios

Los embarrados secundarios del parque de 132kV serán tubos de aluminio de 100/88 mm de diámetro, cuyas características son las siguientes:

Aleación	AlMgSiO, 5 F22
Diámetro exterior.....	100 mm
Diámetro interior	88 mm
Sección total del conductor.....	1772 mm ²
Peso propio.....	4,78 kg/m
Momento de inercia.....	196 cm ⁴
Momento resistente.....	100 cm ³



Módulo de Young.....	70.000 N/mm ²
Límite de fluencia.....	160 N/mm ²
Coeficiente de dilatación.....	0,023 mm/m°C
Carga de rotura.....	215 N/mm ²
Intensidad máxima admisible.....	2320 A

La intensidad máxima admisible para estos tendidos es de 2320 A, equivalente a una potencia nominal en el embarrado de:

$$S = \sqrt{3} * Tensión * Intensidad embarrado$$

Además estos embarrados cuentan con unos aisladores de soporte C4-650, cuyas características mecánicas con las siguientes:

Carga de rotura a flexión.....	4000 N
Carga de rotura a torsión.....	3000 N
Altura del aislador.....	1500 mm
Diámetro del aislador.....	236 mm
Tensión nominal	132 kV
Tensión máxima del material..	145 kV
Tensión soportada bajo lluvia ..	275 kV

13.7. Cálculos mecánicos

13.7.1. Cálculo mecánico del embarrado principal

Hipótesis de diseño

Para los cálculos mecánicos de los embarrados principales del parque de 132kV, se han tenido una serie de consideraciones de diseño.

Las primeras de ellas están referidas a la situación de la subestación. Como ya se ha mencionado anteriormente, esta estará situada a una altura menor a 500 metros sobre el nivel del mar (Zona A según RLAT). En estas circunstancias las condiciones climatológicas que afectan en los cálculos de la subestación son las siguientes:

Hielo: según RLAT, en zona A, no se considera la existencia de hielo en las hipótesis de diseño.



Viento: según RLAT, en zona A, se deben tener en cuenta en las hipótesis de diseño la existencia de vientos. En el caso del presente proyecto, se harán los cálculos teniendo en cuenta una presión del viento sobre los embarrados, que garantice la mayor seguridad de todos los elementos. Esta será la siguiente:

Velocidad del viento = 140 km/h

Presión equivalente = 945 N/m²

En cuanto a los parámetros geométricos y de anclaje que afectan al diseño mecánico de los embarrados, se han tomado las siguientes determinaciones:

Vano: las barras principales se encuentran entre aisladores de soporte.

Longitud del vano: 14 metros.

Distancia entre las fases: 4 metros.

Otros parámetros que afectan en el diseño de los embarrados, son los relativos a las características mecánicas de los tubos y aisladores que lo forman. Dichas características ya han sido descritas en el apartado Embarrados.

Para todos los cálculos que prosiguen, se han tenido en cuenta los procedimientos descritos por las normas UNE 60865 y UNE 60909.

Corriente de cresta

Según criterios de diseño establecidos, se ha considerado como intensidad de cortocircuito:

$$I_{cc} = 40 \text{ kA}$$

Este parámetro se ha tenido en cuenta a partir de las características de nuestro seccionador.

Según la norma UNE 60909, se debe establecer una intensidad de cresta I_p , 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. Dicha intensidad de cresta se calcula con la siguiente ecuación:

$$I_p = \chi \cdot \sqrt{2} \cdot I_{cc}$$

Siendo,

$$\chi = 1,02 + 0,98 \cdot e^{-3k}$$

k, es la relación de impedancias equivalentes del sistema en el punto de cortocircuito, que para la red de transporte en este nivel de tensión, vale 0,358.

Tensión en el tubo



Para calcular la tensión total que soporta el tubo, se tendrán en cuenta los esfuerzos producidos por el viento, por el peso propio del tubo y por cortocircuitos.

Esfuerzos por viento:

El esfuerzo producido por el viento dependerá de la presión que el mismo ejerza sobre el tubo y del diámetro externo del mismo. Se calculará para el caso más desfavorable de vientos de 140 km/h.

El esfuerzo del viento sobre el tubo será:

$$F_f = p_f \cdot D$$

Siendo,

p_v : la presión del viento, con un valor de 945 N/m²

D: el diámetro exterior del tubo, con un valor de 150 mm.

Esfuerzos por el peso propio del tubo:

El esfuerzo del peso sobre el tubo, será el relativo al peso del propio tubo F_{pp} , más el peso del cable de unión con la aparamenta, F_{ca} :

$$F_p = F_{pp} + F_{ca}$$

Para calcular F_{pp} , se utiliza la siguiente ecuación:

$$F_{pp} = P_{pt} \cdot g$$

En la cual:

P_{pt} ; se refiere al peso propio del tubo, que toma un valor de 9,63 kg/m

g , es la constante de gravitación, que vale 9,81 m/s².

Por otro lado, se debe calcular el esfuerzo debido al peso de cable de unión con la aparamenta, este, de tipo Lapwing, genera un esfuerzo de:

$$F_{ca} = 20,93 \text{ N/m}$$

Esfuerzos por cortocircuito

El mayor esfuerzo ocasionado por la corriente de cortocircuito se dará en la fase del medio, por estar situada entre las otras dos fases. La fuerza estática F_c por unidad de longitud entre



dos conductores paralelos recorridos por una corriente, se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$F_c = 0,866 * \frac{\mu_0 \cdot I_p^2}{2 \cdot \pi \cdot a}$$

Siendo:

$$\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \frac{V \cdot S}{A \cdot m}$$

a: la distancia entre las fases, en este caso, 4 metros.

I_p: la intensidad de cresta previamente calculada.

Una vez que tenemos calculada esta fuerza, se le deben aplicar dos coeficientes que tienen en cuenta los efectos de la frecuencia de vibración del tubo. Dichos esfuerzos son:

$$V_\sigma = 0,756 + 4,49 \cdot e^{-1,68k} + 0,54 \cdot \log \frac{f_c}{f}$$

$$V_r = 1 - 0,615 \cdot \log \frac{f_c}{f}$$

De estos dos coeficientes el primero de ellos tiene en cuenta el efecto dinámico, y el segundo el reenganche de la línea. Se pueden obtener de la gráfica proporcionada en la norma UNE 60865

Para calcularlos, hay que calcular previamente la frecuencia de vibración del tubo, f_c:

$$F_c = \frac{\gamma}{l^2} * \sqrt{\frac{E * I}{m}}$$

Siendo,

γ: coeficiente de tubo y los apoyos, que toma un valor de 1,57.

l: longitud del vano, en este caso 14 metros.

E: modulo de Young del material, en este caso 70.000 N/mm²

I: inercia de la sección, que toma el valor de 902 cm⁴

m: es la masa unitaria del tubo, incluido el cable de unión, que valdrá, 9,63 kg/m



Ahora que ya tenemos calculada la frecuencia de vibración, se pueden determinar los coeficientes previamente mencionados, asumiendo, según tablas de la norma UNE 60865, que k toma un valor de 1,6. Sustituyendo en las ecuaciones obtenemos los siguientes valores:

Una vez conocidos dichos valores, los aplicamos a la fuerza de cortocircuito previamente calculada, y la multiplicamos también por un coeficiente relativo a la disposición de los apoyos, que según la norma UNE 60685 vale 0,5.

Tensión total en el tubo

Una vez calculados todos los esfuerzos que soporta el tubo, se calcula la tensión de trabajo del tubo, producida por cada uno de dichos esfuerzos.

Dicha tensión, se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\sigma = \sum_i \frac{1}{8} \frac{P \cdot l^2}{W}$$

Siendo,

i: el número de vanos.

l: la longitud de los vanos.

P: la carga que produce el esfuerzo.

W: el momento resistente del material, en este caso 120 cm³.

Los valores de tensión en el tubo, serán la suma geométrica de la fórmula anterior aplicada a los valores de Viento, el propio peso y el esfuerzo por cortocircuito.

$$\sigma_{total} = \sqrt{(\sigma_v + \sigma_c)^2 + \sigma_{pp}^2}$$

Según la normativa aplicada, el tubo soportará los esfuerzos producidos sobre él, si se cumple que:

$$\sigma_{total} \leq q \cdot R_p$$

Siendo,



q: un factor geométrico que muestra la resistencia del conductor y que depende de la sección del mismo. Según la normativa aplicada, para tubos cilíndricos se debe aplicar la siguiente ecuación:

$$q = 1,7 \cdot \frac{1 - (1 - 2 \cdot \frac{s}{D})^3}{1 - (1 - 2 \cdot \frac{s}{D})^4}$$

Donde s, es el espesor de la pared del tubo, cuyo valor es 8 mm y D, es el diámetro exterior, cuyo valor es 150 mm.

R_p : que es el límite de fluencia del material del tubo, cuyo valor es 160 N/mm².

Reacciones sobre aisladores de soporte

Según indica la norma UNE 60865, el máximo esfuerzo en el vano considerado se da en los aisladores intermedios, por lo que se aplica un factor de reparto de esfuerzos en el soporte de valor 0,5. Los esfuerzos que tiene que soportar el aislador son todos de tipo horizontal y se tratan de los siguientes:

Viento sobre el tubo.

Se obtiene multiplicando el coeficiente del esfuerzo del viento por el coeficiente de reparto de 0,5 anteriormente mencionado, por la longitud del vano de 14 metros.

$$F_v = 0,5 \cdot L_a \cdot \text{Esf.viento}$$

Esfuerzos por cortocircuito.

Se obtiene multiplicando el esfuerzo de cortocircuito anteriormente calculado por el coeficiente de reparto de 0,5 anteriormente mencionado, por la longitud del vano de 14 metros.

$$F_{cc} = 0,5 \cdot L_a \cdot \text{Esf.cc}$$

Viento sobre el aislador

El esfuerzo ocasionado por el viento sobre el propio aislador, según la norma UNE 60865, se debe calcular mediante la siguiente ecuación:

$$F_{va} = L_a \cdot D_a \cdot P_v \cdot \alpha$$



Siendo

La: la longitud del aislador.

Da: el diámetro del aislador.

Pv: presión del viento, anteriormente descrita.

α : que es el coeficiente de reparto, 0,5.

Para comprobar si el aislador cumple con el coeficiente mínimo de seguridad que se exige para apoyos metálicos, se calcula el coeficiente de seguridad del aislador. Este se obtiene mediante el cociente entre la carga de rotura del aislador y la carga máxima total que soporta, y el mínimo exigido para estos apoyos metálicos es de 1,5.

$$\text{Coeficiente seguridad} = \frac{\text{carga de rotura}}{\text{Suma reacciones sobre aisladores}}$$

Flecha en el tubo

Se va a calcular la flecha máxima que tendrá el tubo en su punto medio, por ser un parámetro interesante que puede aportar información útil en la evaluación del diseño de las barras.

Dicho parámetro, según la norma UNE 60865 se determina mediante la siguiente expresión:

$$f = \frac{1}{185} \cdot \frac{P \cdot l^4}{E \cdot I}$$

Siendo;

P: carga vertical sobre el tubo, en este caso de valor 115,40 N/m

l: la longitud del vano, en este caso 14 m.

E: módulo de Young del tubo, 70.000 N/mm²

I: momento de inercia de la sección del tubo, con valor 902 cm⁴.

Elongación del embarrado

El cálculo de la elongación que sufre el embarrado por efectos térmicos, se realiza para determinar si es necesaria la instalación de unas piezas elásticas que eliminarán los efectos adversos de dicha dilatación.



De acuerdo con la norma utilizada, la expresión que determina la elongación sufrida por el tubo será:

$$\Delta l = l_0 \cdot \alpha \cdot \Delta \theta$$

Siendo,

l_0 : la longitud inicial del tubo, en este caso 14 metros.

α : coeficiente de dilatación lineal del tubo, que tiene un valor de 0,023 mm/m°C.

$\Delta \theta$: incremento de temperatura que se da entre la temperatura de montaje (35°C) y la temperatura de servicio (80°C), en este caso 45°C.

Dado el valor que obtenemos para este embarrado, será necesaria la instalación de unas piezas especiales que absorban la dilatación.

Esfuerzo térmico en cortocircuito

El cálculo de esfuerzo térmico que sufre el tubo en caso de cortocircuito es un parámetro importante, ya que nos indica si el tubo va a soportar en caso de 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:

$$I_{\theta} = I_p \sqrt{(m + n)}$$

Los valores de m y n, son dos coeficientes térmicos de disipación de calor, y son coeficientes obtenidos de la norma utilizada.

Este valor, debe ser menor que la capacidad térmica del tubo, con una densidad de 120 A/mm², según normativa.

$$Ct = \text{Densidad de corriente} * \text{sección del tubo}$$

Cálculo del 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 U_c , la cual, para conductores cilíndricos se calcula mediante la fórmula de Peek:



$$U_c = m_c \cdot m_t \cdot \delta \cdot E_{of} \cdot r_1 \cdot \ln \frac{D}{r_1}$$

En dicha ecuación,

m_c : es el coeficiente de irregularidad del conductor, que para un tubo cilíndrico y liso tiene valor 1.

m_t : es el 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, en este caso 150 mm.

D: es la distancia entre conductores, en este caso 4 metros.

δ : es el factor de correlación de densidad del aire, que se calcula:

$$\delta = \frac{3,92 \cdot H}{273 + \phi}$$

H, es la presión atmosférica en cm de mercurio, que se tomará como 76 y ϕ es la temperatura del aire, tomada de 35°C.

E_{of} : es el valor eficaz de campo eléctrico para la aparición del efecto corona. Este valor, para conductores paralelos se calcula mediante la siguiente expresión:

$$E_{of} = \frac{30 \cdot m_c \cdot (1 + \frac{0,3}{\sqrt{r_1}})}{\sqrt{2}}$$

Una vez obtenidos todos los valores, calculado la tensión crítica disruptiva, se puede calcular el valor de la tensión disruptiva.

13.7.2. Cálculo mecánico del embarrado secundario.

Hipótesis de diseño

Para los cálculos mecánicos de los embarrados secundarios del parque de 132kV, se han tenido una serie de consideraciones de diseño.

Las primeras de ellas están referidas a la situación de la subestación. Como ya se ha mencionado anteriormente, esta estará situada a una altura menor a 500 metros sobre el nivel del mar (Zona A según RLAT). En estas circunstancias las condiciones climatológicas que afectan en los cálculos de la subestación son las siguientes:

Hielo: según RLAT, en zona A, no se considera la existencia de hielo en las hipótesis de diseño.



Viento: según RLAT, en zona A, se deben tener en cuenta en las hipótesis de diseño la existencia de vientos. En el caso del presente proyecto, se harán los cálculos teniendo en cuenta una presión del viento sobre los embarrados, que garantice la mayor seguridad de todos los elementos. Esta será la siguiente:

Velocidad del viento = 140 km/h

Presión equivalente = 945 N/m²

En cuanto a los parámetros geométricos y de anclaje que afectan al diseño mecánico de los embarrados, se han tomado las siguientes determinaciones:

Vano: las barras principales se encuentran entre aisladores de soporte.

Longitud del vano: 14 metros.

Distancia entre las fases: 4 metros.

Otros parámetros que afectan en el diseño de los embarrados, son los relativos a las características mecánicas de los tubos y aisladores que lo forman. Dichas características ya han sido descritas en el apartado Embarrados.

Para todos los cálculos que prosiguen, se han tenido en cuenta los procedimientos descritos por las normas UNE 60865 y UNE 60909.

Corriente de cresta

Según criterios de diseño establecidos, se ha considerado como intensidad de cortocircuito:

$$I_{cc} = 40 \text{ kA}$$

Este parámetro se ha tenido en cuenta a partir de las características de nuestro seccionador.

Según la norma UNE 60909, se debe establecer una intensidad de cresta I_p , 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. Dicha intensidad de cresta se calcula con la siguiente ecuación:

$$I_p = \chi \cdot \sqrt{2} \cdot I_{cc}$$

Siendo,

$$\chi = 1,02 + 0,98 \cdot e^{-3k}$$

k, es la relación de impedancias equivalentes del sistema en el punto de cortocircuito, que para la red de transporte en este nivel de tensión, vale 0,358.



Tensión en el tubo

Para calcular la tensión total que soporta el tubo, se tendrán en cuenta los esfuerzos producidos por el viento, por el peso propio del tubo y por cortocircuitos.

Esfuerzos por viento:

El esfuerzo producido por el viento dependerá de la presión que el mismo ejerza sobre el tubo y del diámetro externo del mismo. Se calculará para el caso más desfavorable de vientos de 140 km/h.

El esfuerzo del viento sobre el tubo será:

$$F_f = p_f \cdot D$$

Siendo,

p_v : la presión del viento, con un valor de 945 N/m²

D: el diámetro exterior del tubo, con un valor de 150 mm.

Esfuerzos por el peso propio del tubo:

El esfuerzo del peso sobre el tubo, será el relativo al peso del propio tubo F_{pp} , más el peso del cable de unión con la aparamenta, F_{ca} :

$$F_p = F_{pp} + F_{ca}$$

Para calcular F_{pp} , se utiliza la siguiente ecuación:

$$F_{pp} = P_{pt} \cdot g$$

En la cual:

P_{pt} ; se refiere al peso propio del tubo, que toma un valor de 9,63 kg/m

g , es la constante de gravitación, que vale 9,81 m/s².

Por otro lado, se debe calcular el esfuerzo debido al peso de cable de unión con la aparamenta, este, de tipo Lapwing, genera un esfuerzo de:

$$F_{ca} = 20,93 \text{ N/m}$$



Esfuerzos por cortocircuito

El mayor esfuerzo ocasionado por la corriente de cortocircuito se dará en la fase del medio, por estar situada entre las otras dos fases. La fuerza estática F_c por unidad de longitud entre dos conductores paralelos recorridos por una corriente, se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$F_c = 0,866 * \frac{\mu_0 \cdot I_p^2}{2 \cdot \pi \cdot a}$$

Siendo:

$$\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \frac{V \cdot S}{A \cdot m}$$

a: la distancia entre las fases, en este caso, 4 metros.

I_p : la intensidad de cresta previamente calculada.

Una vez que tenemos calculada esta fuerza, se le deben aplicar dos coeficientes que tienen en cuenta los efectos de la frecuencia de vibración del tubo. Dichos esfuerzos son:

$$V_\sigma = 0,756 + 4,49 \cdot e^{-1,68k} + 0,54 \cdot \log \frac{f_c}{f}$$

$$V_r = 1 - 0,615 \cdot \log \frac{f_c}{f}$$

De estos dos coeficientes el primero de ellos tiene en cuenta el efecto dinámico, y el segundo el reenganche de la línea. Se pueden obtener de la gráfica proporcionada en la norma UNE 60865

Para calcularlos, hay que calcular previamente la frecuencia de vibración del tubo, f_c :

$$F_c = \frac{\gamma}{l^2} * \sqrt{\frac{E \cdot I}{m}}$$

Siendo,

γ : coeficiente de tubo y los apoyos, que toma un valor de 1,57.

l: longitud del vano, en este caso 14 metros.

E: modulo de Young del material, en este caso 70.000 N/mm²

I: inercia de la sección, que toma el valor de 902 cm⁴

m: es la masa unitaria del tubo, incluido el cable de unión, que valdrá, 9,63 kg/m



Ahora que ya tenemos calculada la frecuencia de vibración, se pueden determinar los coeficientes previamente mencionados, asumiendo, según tablas de la norma UNE 60865, que k toma un valor de 1,6. Sustituyendo en las ecuaciones obtenemos los siguientes valores:

Una vez conocidos dichos valores, los aplicamos a la fuerza de cortocircuito previamente calculada, y la multiplicamos también por un coeficiente relativo a la disposición de los apoyos, que según la norma UNE 60685 vale 0,5.

Tensión total en el tubo

Una vez calculados todos los esfuerzos que soporta el tubo, se calcula la tensión de trabajo del tubo, producida por cada uno de dichos esfuerzos.

Dicha tensión, se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\sigma = \sum_i \frac{1}{8} \frac{P \cdot l^2}{W}$$

Siendo,

i: el número de vanos.

l: la longitud de los vanos.

P: la carga que produce el esfuerzo.

W: el momento resistente del material, en este caso 120 cm³.

Los valores de tensión en el tubo, serán la suma geométrica de la fórmula anterior aplicada a los valores de Viento, el propio peso y el esfuerzo por cortocircuito.

$$\sigma_{total} = \sqrt{(\sigma_v + \sigma_c)^2 + \sigma_{pp}^2}$$

Según la normativa aplicada, el tubo soportará los esfuerzos producidos sobre él, si se cumple que:

$$\sigma_{total} \leq q \cdot R_p$$

Siendo,



q: un factor geométrico que muestra la resistencia del conductor y que depende de la sección del mismo. Según la normativa aplicada, para tubos cilíndricos se debe aplicar la siguiente ecuación:

$$q = 1,7 \cdot \frac{1 - (1 - 2 \cdot \frac{s}{D})^3}{1 - (1 - 2 \cdot \frac{s}{D})^4}$$

Donde s, es el espesor de la pared del tubo, cuyo valor es 8 mm y D, es el diámetro exterior, cuyo valor es 150 mm.

R_p : que es el límite de fluencia del material del tubo, cuyo valor es 160 N/mm².

Reacciones sobre aisladores de soporte

Según indica la norma UNE 60865, el máximo esfuerzo en el vano considerado se da en los aisladores intermedios, por lo que se aplica un factor de reparto de esfuerzos en el soporte de valor 0,5. Los esfuerzos que tiene que soportar el aislador son todos de tipo horizontal y se tratan de los siguientes:

Viento sobre el tubo.

Se obtiene multiplicando el coeficiente del esfuerzo del viento por el coeficiente de reparto de 0,5 anteriormente mencionado, por la longitud del vano de 14 metros.

$$F_v = 0,5 \cdot L_a \cdot \text{Esf.viento}$$

Esfuerzos por cortocircuito.

Se obtiene multiplicando el esfuerzo de cortocircuito anteriormente calculado por el coeficiente de reparto de 0,5 anteriormente mencionado, por la longitud del vano de 14 metros.

$$F_{cc} = 0,5 \cdot L_a \cdot \text{Esf.cc}$$

Viento sobre el aislador

El esfuerzo ocasionado por el viento sobre el propio aislador, según la norma UNE 60865, se debe calcular mediante la siguiente ecuación:

$$F_{va} = L_a \cdot D_a \cdot P_v \cdot \alpha$$

Siendo

L_a: la longitud del aislador.



Da: el diámetro del aislador.

Pv: presión del viento, anteriormente descrita.

α : que es el coeficiente de reparto, 0,5.

Para comprobar si el aislador cumple con el coeficiente mínimo de seguridad que se exige para apoyos metálicos, se calcula el coeficiente de seguridad del aislador. Este se obtiene mediante el cociente entre la carga de rotura del aislador y la carga máxima total que soporta, y el mínimo exigido para estos apoyos metálicos es de 1,5.

$$\text{Coeficiente seguridad} = \frac{\text{carga de rotura}}{\text{Suma reacciones sobre aisladores}}$$

Flecha en el tubo

Se va a calcular la flecha máxima que tendrá el tubo en su punto medio, por ser un parámetro interesante que puede aportar información útil en la evaluación del diseño de las barras.

Dicho parámetro, según la norma UNE 60865 se determina mediante la siguiente expresión:

$$f = \frac{1}{185} \cdot \frac{P \cdot l^4}{E \cdot I}$$

Siendo;

P: carga vertical sobre el tubo, en esta caso de valor 115,40 N/m

l: la longitud del vano, en este caso 14 m.

E: módulo de Young del tubo, 70.000 N/mm²

I: momento de inercia de la sección del tubo, con valor 902 cm⁴.

Elongación del embarrado

El cálculo de la elongación que sufre el embarrado por efectos térmicos, se realiza para determinar si es necesaria la instalación de unas piezas elásticas que eliminarán los efectos adversos de dicha dilatación.

De acuerdo con la norma utilizada, la expresión que determina la elongación sufrida por el tubo será:

$$\Delta l = l_0 \cdot \alpha \cdot \Delta \theta$$



Siendo,

l_0 : la longitud inicial del tubo, en este caso 14 metros.

α : coeficiente de dilatación lineal del tubo, que tiene un valor de 0,023 mm/m°C.

$\Delta\theta$: incremento de temperatura que se da entre la temperatura de montaje (35°C) y la temperatura de servicio (80°C), en este caso 45°C.

Dado el valor que obtenemos para este embarrado, será necesaria la instalación de unas piezas especiales que absorban la dilatación.

Esfuerzo térmico en cortocircuito

El cálculo de esfuerzo térmico que sufre el tubo en caso de cortocircuito es un parámetro importante, ya que nos indica si el tubo va a soportar en caso de 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:

$$I_{\theta} = I_p \sqrt{(m + n)}$$

Los valores de m y n, son dos coeficientes térmicos de disipación de calor, y son coeficientes obtenidos de la norma utilizada.

Este valor, debe ser menor que la capacidad térmica del tubo, con una densidad de 120 A/mm², según normativa.

$$Ct = \text{Densidad de corriente} * \text{sección del tubo}$$

Cálculo del 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 U_c , la cual, para conductores cilíndricos se calcula mediante la fórmula de Peek:

$$U_c = m_c \cdot m_t \cdot \delta \cdot E_{of} \cdot r_1 \cdot \ln \frac{D}{r_1}$$

En dicha ecuación,



m_c : es el coeficiente de irregularidad del conductor, que para un tubo cilíndrico y liso tiene valor 1.

m_t : es el 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, en este caso 150 mm.

D: es la distancia entre conductores, en este caso 4 metros.

δ : es el factor de correlación de densidad del aire, que se calcula:

$$\delta = \frac{3,92 \cdot H}{273 + \phi}$$

H, es la presión atmosférica en cm de mercurio, que se tomará como 76 y ϕ es la temperatura del aire, tomada de 35°C.

E_{of} : es el valor eficaz de campo eléctrico para la aparición del efecto corona. Este valor, para conductores paralelos se calcula mediante la siguiente expresión:

$$E_{of} = \frac{30 \cdot m_c \cdot (1 + \frac{0,3}{\sqrt{r_1}})}{\sqrt{2}}$$

Una vez obtenidos todos los valores, calculado la tensión crítica disruptiva, se puede calcular el valor de la tensión disruptiva.

13.8. Selección de autoválvulas

Para la selección de las autoválvulas del parque de 132kV, se han seguido las especificaciones de seguridad exigidas por la R.E.E. en el ET025.

Lo primero que se debe determinar para la selección de las autoválvulas es su tensión asignada. Esta depende de la tensión más elevada del material, que en el parque de 132kV tiene un valor de 145 kV, y de tiempo de despeje a falta, que como ya se ha comentado anteriormente es de 0,5 segundos. Con estos dos parámetros y según la normativa utilizada, se determina que la mínima tensión asignada a la autoválvula debe de ser:

$$U_r \geq 0,72 \cdot U_m$$



Una vez determinada la tensión mínima asignada, se debe de calcular la línea de fuga mínima, que según la normativa, viene determinada por la siguiente expresión:

$$L_{fuga} = L_{min} \cdot U_m$$

Siendo:

L_{min} : la longitud mínima específica, que para zonas de alta contaminación se considera 25 mm/kV.

U_m : la tensión más elevada del materia, que para el parque de 132 kV, vale 145 V.

La válvula seleccionada que cumple con estas especificaciones será una de clase 3 EXLIM Q36-E145, cuya tensión residual toma el valor de 254kV, tiene una línea de fuga de 5302 mm. Dichos valores, cumplen con los requeridos según los cálculos realizados.

Una vez seleccionada la autoválvula, se puede determinar la energía que deberá absorber en caso de sobretensiones. Esta viene determinada por la siguiente expresión:

$$W = \frac{U_L - U_{res}}{Z} \cdot U_{res} \cdot 2T \cdot n$$

Siendo:

W: La energía absorbida por la autoválvula.

U_L : Sobretensión eventual sin pararrayos (kV), que tendrá el valor de 3,0. Este valor viene determinado por la tabla siguiente.

U_{RES} : Tensión residual de la autoválvula.

Z: resistencia de la autoválvula (ohm), que tendrá un valor de 400 ohm. Este valor viene determinado por la tabla 3.

N: es el número consecutivo de descargas posibles, que según la norma UNE 60855, se toma como 2, por seguridad.

T: es el tiempo de propagación de la onda, que se calcula según la siguiente expresión:

$$T = \frac{L}{V}$$

donde, l, se refiere a la longitud de la línea hasta el entronque, y v a la velocidad de propagación, que toma un valor constante de 0,3 km/μs. Como longitud hasta el entronque al ser por el momento un dato desconocido, ya que debe ser facilitado por el propietario de la línea de transporte a la que se conectará el parque, se va a tomar un valor de 28,115 km para los cálculos.



Tensión más elevada de 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
345 – 525	350	2 , 6
>525	300	2,2

Fuente: elaboración propia, datos extraídos de R.E.E., ET025

Las especificaciones de la autoválvula seleccionada, EXLIM Q36-E145, establecen que dicha autoválvula es capaz de disipar hasta 7,8 KJ/kV, por tanto es la elección correcta para el parque de 132kV.

Parque de 66kV

13.9. Tensiones nominales normalizadas

Según las instrucciones técnicas complementarias MIE RAT 04, los valores normalizados de tensiones y de tensiones más elevada para el material son los que aparecen en la tabla 13.

Tensión nominal de la red, U_n (kV)	Tensión más elevada material, U_m (kV)
15	17,5
20	24
30	36
45	52
66	72,5
110	123
132	145
220	245
380	420

Fuente: elaboración propia, datos extraídos MIE RAT 04.



Como se puede deducir de la tabla 1.1., para el parque de 66kV, corresponde una tensión más elevada para el material de 72,5 kV.

13.10. Niveles de aislamiento

Según las instrucciones técnicas complementarias 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 1kV y menor de 36kV.

Grupo B: Tensión igual o mayor de 36kV y menos de 245kV.

Grupo C: Tensión igual o mayor de 245kV.

Por tanto, para el parque de 132kV, los niveles de aislamiento que se han adoptado, de acuerdo con el MIE-RAT 12, son los que corresponden a materiales del Grupo B para aislamiento pleno.

Para dicho grupo B se deduce 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.

Esto se deduce de la siguiente Tabla 2:

Tensión más elevada para el material, U_m (kV)	Tensión soportada nominal a los impulsos tipo rayo (kV)	Tensión soportada nominal de corta duración a frecuencia industrial (kV)
52	250	95
72,5	325	140
123	550	230
145	650	275
170	750	325
245	1050	460

Fuente: elaboración propia, datos extraídos de MIE RAT 12.



13.11. Distancias mínimas

13.11.1. Distancias fase-tierra y entre fases

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 MIE RAT 12.

Según la misma, teniendo en cuenta la tensión soportada nominal de los impulsos tipo rayo, de 325kV, se determinan las siguientes distancias mínimas a cumplir:

Distancia mínima entre fase y tierra: en el caso de conductor – estructura, se establecerá una distancia mínima de 63 cm, y para el caso de punta estructura, la distancia mínima será 63 cm.

Distancia mínima entre fases: para la situación de conductores paralelos la distancia mínima será de 63 cm y en el caso de punta conductor de 63 cm.

La configuración "punta-estructura" y "punta-conductor" es la configuración más desfavorable que normalmente puede encontrarse; la configuración "conductor-estructura" y "conductor-conductor" cubre un amplio campo de configuración normales.

Todas las distancias diseñadas del parque de 66kV y establecidas en este apartado, son superiores a las distancias mínimas calculadas. Distancias que se pueden comprobar en el documento Planos.

13.11.2. Distancias en pasillos de servicio y zonas de protección

Según la instrucción técnica complementaria MIE RAT 15, para los pasillos de servicio, se deben cumplir las siguientes medidas:

Pasillos de maniobra con elementos en tensión a un lado, 1m.

Pasillos con elementos en tensión a ambos lados, 1,2m.

Pasillos de inspección con elementos en tensión a un lado, 0,8m.

Pasillos con elementos en 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 MIE-RAT-12 y MIE-RAT-15. Según esta, la altura "H" 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 de MIE RAT 12. Por tanto, se obtiene que para el parque de 66kV, se obtiene una “d” de 63 cm, en el caso más desfavorable.

Todas las distancias diseñadas del parque de 66kV y establecidas en este apartado, son superiores a las distancias mínimas calculadas. Distancias que se pueden comprobar en el documento Planos.

13.11.3. Distancias en zonas de protección contra contactos accidentales en el interior del recinto de la instalación

Según la instrucción técnica complementaria MIE RAT 15, se deben establecer unos sistemas de protección que deben mantener unas distancias horizontales mínimas con los elementos en tensión. Estas son:

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 otro tipo:

$$E = d + 30$$

Dado que el valor de “d” en el caso más desfavorable es de 63 cm

Todas las distancias diseñadas del parque de 66kV y establecidas en este apartado, son superiores a las distancias mínimas calculadas. Distancias que se pueden comprobar en el documento Planos.

13.11.4. Distancias en zonas de protección contra contactos accidentales desde el exterior del recinto de la instalación



Según la instrucción técnica complementaria 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:

Distancias en horizontal del elemento de tensión hasta el cierre del recinto cuando este es una pared maciza:

$$F = d + 100$$

De los elementos en tensión al cierre cuando este es un enrejado:

$$G = d + 150$$

Siendo “d” en ambos casos de valor 63 cm, y considerando que en el parque de 66kV no hay ningún cierre de recinto de tipo macizo.

Todas las distancias diseñadas del parque de 66kV y establecidas en este apartado, son superiores a las distancias mínimas calculadas. Distancias que se pueden comprobar en el *Documento Planos*.

13.12. Cálculos eléctricos

13.12.1. Corrientes nominales

La intensidad máxima que podrá circular por el parque de 66kV viene impuesta por la intensidad nominal de la posición de transformación en las condiciones más desfavorables de funcionamiento, con una sola barra principal operativa.

En ese caso, siendo la potencia de la transformación de 70 MVA, la corriente máxima que circulará por un circuito en caso de fallo o mantenimiento del otro será:

$$\text{Intensidad} = \frac{\text{Potencia}}{\sqrt{3} * \text{Tensión}}$$

Para el caso de los embarrados secundarios, la corriente máxima que circulará, será solo la de una de las posiciones de transformación.



$$\text{Intensidad} = \frac{\text{Potencia}}{\sqrt{3} * \text{Tensión}}$$

13.12.2. Corriente de cortocircuito

Las corriente de cortocircuito que puede aparecer en las barras principales del parque de baja tensión, se determinan mediante el cálculo sobre el diagrama unifilar de la subestación utilizando el método por unidad.

En primer lugar se establecen como potencia y tensión base las de la transformación.

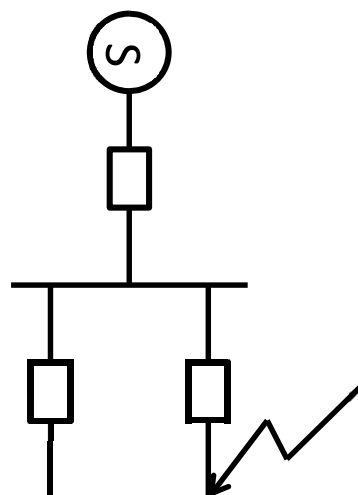
La reactancia de dispersión de cada uno de los transformadores, como se indica en la hoja de características del transformador, es del 12%. Reduciéndolo a su valor por unidad se obtiene

$$X_{Tp.u.} = X_T \cdot \frac{\frac{V_T}{S_T^2}}{\frac{V_B}{S_B^2}}$$

$$X_{tp.u.} = 0.12 * \frac{\frac{\text{Tensión}}{(\text{potencia})^2}}{\frac{\text{Tensión}}{(\text{potencia})^2}}$$

$$X_{equivalente} = \frac{\text{potencia a transportar}}{\text{potencia obtenida con la } I_{cc}}$$

Por tanto, se obtiene un esquema equivalente en p.u. como el siguiente:



La reactancia equivalente total del circuito saldrá de la asociación de las tres reactancias que de las que se disponen. Obteniéndose por tanto una potencia de cortocircuito en las barras del parque de baja tensión.



$$S_{cc} = \frac{Potencia}{Reactancia\ equivalente}$$

Y por consiguiente, una corriente de cortocircuito en las barras del secundario.

$$I_{cc} = \frac{Potencia}{\sqrt{3} * Tension}$$

A pesar de los anteriores valores de cortocircuito obtenidos, 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. En este caso, la corriente de cortocircuito de diseño del parque de 66kV, con un tiempo de despeje de falta de 0,5 segundos.

13.13. Embarrados

Una vez determinadas las corrientes nominales de la subestación, se puede hacer la elección de los embarrados que la van a constituir.

13.13.1. Embarrados principales

Los embarrados principales del parque de 66kV serán tubos de aluminio de 150/134 mm de diámetro, cuyas características son las siguientes:

Aleación	AlMgSiO, 5 F22
Diámetro exterior.....	120 mm
Diámetro interior	100 mm
Sección total del conductor.....	3456 mm ²
Peso propio.....	9,33 kg/m
Momento de inercia.....	812 cm ⁴
Momento resistente.....	110 cm ³
Módulo de Young.....	69.200 N/mm ²
Límite de fluencia.....	160 N/mm ²
Coeficiente de dilatación.....	0,023 mm/m°C
Carga de rotura.....	205 N/mm ²
Intensidad máxima admisible.....	3795 A

La intensidad máxima admisible para estos tendidos es de 3795 A, equivalente a una potencia nominal en el embarrado de:



$$S = \sqrt{3} * Tensión * Intensidad embarrado$$

Además estos embarrados cuentan con unos aisladores de soporte C3-325, cuyas características mecánicas con las siguientes:

Carga de rotura a flexión.....4000 N
Carga de rotura a torsión.....2000 N
Altura del aislador..... 770 mm
Diámetro del aislador.....158 mm
Tensión nominal 66 kV
Tensión máxima del material.. 72,5 kV
Tensión soportada bajo lluvia .. 140 kV

13.13.2. Embarrados secundarios

Los embarrados secundarios del parque de 132kV serán tubos de aluminio de 100/88 mm de diámetro, cuyas características son las siguientes:

Aleación AlMgSiO, 5 F22
Diámetro exterior.....80 mm
Diámetro interior 68 mm
Sección total del conductor.....1394 mm²
Peso propio.....3,76 kg/m
Momento de inercia.....96,1 cm⁴
Momento resistente.....90 cm³
Módulo de Young.....68.600 N/mm²
Límite de fluencia.....160 N/mm²
Coeficiente de dilatación.....0,023 mm/m°C
Carga de rotura.....225 N/mm²
Intensidad máxima admisible.....2020 A

La intensidad máxima admisible para estos tendidos es de 2020 A, equivalente a una potencia nominal en el embarrado de:



$$S = \sqrt{3} * Tensión * Intensidad embarrado$$

Además estos embarrados cuentan con unos aisladores de soporte C4-325, cuyas características mecánicas con las siguientes:

Carga de rotura a flexión.....4000 N

Carga de rotura a torsión.....2000 N

Altura del aislador..... 770 mm

Diámetro del aislador.....158 mm

Tensión nominal 66 kV

Tensión máxima del material.....72,5 kV

Tensión soportada bajo lluvia .. 140 kV

13.14. Cálculos mecánicos

13.14.1. Cálculo mecánico del embarrado principal

Hipótesis de diseño

Para los cálculos mecánicos de los embarrados principales del parque de 66kV, se han tenido una serie de consideraciones de diseño.

Las primeras de ellas están referidas a la situación de la subestación. Como ya se ha mencionado anteriormente, esta estará situada a una altura menor a 500 metros sobre el nivel del mar (Zona A según RLAT). En estas circunstancias las condiciones climatológicas que afectan en los cálculos de la subestación son las siguientes:

Hielo: según RLAT, en zona A, no se considera la existencia de hielo en las hipótesis de diseño.

Viento: según RLAT, en zona A, se deben tener en cuenta en las hipótesis de diseño la existencia de vientos. En el caso del presente proyecto, se harán los cálculos teniendo en cuenta una presión del viento sobre los embarrados, que garantice la mayor seguridad de todos los elementos. Esta será la siguiente:

Velocidad del viento = 140 km/h

Presión equivalente = 945 N/m²



En cuanto a los parámetros geométricos y de anclaje que afectan al diseño mecánico de los embarrados, se han tomado las siguientes determinaciones:

Vano: las barras principales se encuentran entre aisladores de soporte.

Longitud del vano: 8 metros.

Distancia entre las fases: 2 metros.

Otros parámetros que afectan en el diseño de los embarrados, son los relativos a las características mecánicas de los tubos y aisladores que lo forman. Dichas características ya han sido descritas en el apartado Embarrados.

Para todos los cálculos que prosiguen, se han tenido en cuenta los procedimientos descritos por las normas UNE 60865 y UNE 60909.

Corriente de cresta

Según criterios de diseño establecidos, se ha considerado como intensidad de cortocircuito:

$$I_{cc} = 40 \text{ kA}$$

Este parámetro se ha tenido en cuenta a partir de las características de nuestro seccionador.

Según la norma UNE 60909, se debe establecer una intensidad de cresta I_p , 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. Dicha intensidad de cresta se calcula con la siguiente ecuación:

$$I_p = \chi \cdot \sqrt{2} \cdot I_{cc}$$

Siendo,

$$\chi = 1,02 + 0,98 \cdot e^{-3k}$$

k , es la relación de impedancias equivalentes del sistema en el punto de cortocircuito, que para la red de transporte en este nivel de tensión, vale 0,358.

Tensión en el tubo

Para calcular la tensión total que soporta el tubo, se tendrán en cuenta los esfuerzos producidos por el viento, por el peso propio del tubo y por cortocircuitos.

Esfuerzos por viento:

El esfuerzo producido por el viento dependerá de la presión que el mismo ejerza sobre el tubo y del diámetro externo del mismo. Se calculará para el caso más desfavorable de vientos de 140 km/h.



El esfuerzo del viento sobre el tubo será:

$$F_f = p_f \cdot D$$

Siendo,

p_v : la presión del viento, con un valor de 945 N/m²

D: el diámetro exterior del tubo, con un valor de 120 mm.

Esfuerzos por el peso propio del tubo:

El esfuerzo del peso sobre el tubo, será el relativo al peso del propio tubo F_{pp} , más el peso del cable de unión con la aparamenta, F_{ca} :

$$F_p = F_{pp} + F_{ca}$$

Para calcular F_{pp} , se utiliza la siguiente ecuación:

$$F_{pp} = P_{pt} \cdot g$$

En la cual:

P_{pt} ; se refiere al peso propio del tubo, que toma un valor de 9,33 kg/m

g , es la constante de gravitación, que vale 9,81 m/s².

Por otro lado, se debe calcular el esfuerzo debido al peso de cable de unión con la aparamenta, este, de tipo Lapwing, genera un esfuerzo de:

$$F_{ca}=15.2 \text{ N/m}$$

Esfuerzos por cortocircuito

El mayor esfuerzo ocasionado por la corriente de cortocircuito se dará en la fase del medio, por estar situada entre las otras dos fases. La fuerza estática F_c por unidad de longitud entre dos conductores paralelos recorridos por una corriente, se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$F_c = 0,866 * \frac{\mu_0 \cdot I_p^2}{2 \cdot \pi \cdot a}$$

Siendo:



$$\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \frac{V \cdot S}{A \cdot m}$$

a: la distancia entre las fases, en este caso, 2 metros.

I_p: la intensidad de cresta previamente calculada.

Una vez que tenemos calculada esta fuerza, se le deben aplicar dos coeficientes que tienen en cuenta los efectos de la frecuencia de vibración del tubo. Dichos esfuerzos son:

$$V_{\sigma} = 0,756 + 4,49 \cdot e^{-1,68k} + 0,54 \cdot \log \frac{f_c}{f}$$

$$V_r = 1 - 0,615 \cdot \log \frac{f_c}{f}$$

De estos dos coeficientes el primero de ellos tiene en cuenta el efecto dinámico, y el segundo el reenganche de la línea. Se pueden obtener de la gráfica proporcionada en la norma UNE 60865

Para calcularlos, hay que calcular previamente la frecuencia de vibración del tubo, f_c:

$$F_c = \frac{\gamma}{l^2} * \sqrt{\frac{E * I}{m}}$$

Siendo,

γ: coeficiente de tubo y los apoyos, que toma un valor de 1,57.

l: longitud del vano, en este caso 8 metros.

E: modulo de Young del material, en este caso 69.200 N/mm²

I: inercia de la sección, que toma el valor de 812 cm⁴

m: es la masa unitaria del tubo, incluido el cable de unión, que valdrá, 9,33 kg/m

Ahora que ya tenemos calculada la frecuencia de vibración, se pueden determinar los coeficientes previamente mencionados, asumiendo, según tablas de la norma UNE 60865, que k toma un valor de 1,6. Sustituyendo en las ecuaciones obtenemos los siguientes valores:

Una vez conocidos dichos valores, los aplicamos a la fuerza de cortocircuito previamente calculada, y la multiplicamos también por un coeficiente relativo a la disposición de los apoyos, que según la norma UNE 60685 vale 0,5.



Tensión total en el tubo

Una vez calculados todos los esfuerzos que soporta el tubo, se calcula la tensión de trabajo del tubo, producida por cada uno de dichos esfuerzos.

Dicha tensión, se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\sigma = \sum_i \frac{1}{8} \frac{P \cdot l^2}{W}$$

Siendo,

i: el número de vanos.

l: la longitud de los vanos.

P: la carga que produce el esfuerzo.

W: el momento resistente del material, en este caso 110 cm³.

Los valores de tensión en el tubo, serán la suma geométrica de la fórmula anterior aplicada a los valores de Viento, el propio peso y el esfuerzo por cortocircuito.

$$\sigma_{total} = \sqrt{(\sigma_v + \sigma_c)^2 + \sigma_{pp}^2}$$

Según la normativa aplicada, el tubo soportará los esfuerzos producidos sobre él, si se cumple que:

$$\sigma_{total} \leq q \cdot R_p$$

Siendo,

q: un factor geométrico que muestra la resistencia del conductor y que depende de la sección del mismo. Según la normativa aplicada, para tubos cilíndricos se debe aplicar la siguiente ecuación:

$$q = 1,7 \cdot \frac{1 - (1 - 2 \cdot \frac{s}{D})^3}{1 - (1 - 2 \cdot \frac{s}{D})^4}$$

Donde s, es el espesor de la pared del tubo, cuyo valor es 20 mm y D, es el diámetro exterior, cuyo valor es 120 mm.



R_p : que es el límite de fluencia del material del tubo, cuyo valor es 160 N/mm².

Reacciones sobre aisladores de soporte

Según indica la norma UNE 60865, el máximo esfuerzo en el vano considerado se da en los aisladores intermedios, por lo que se aplica un factor de reparto de esfuerzos en el soporte de valor 0,5. Los esfuerzos que tiene que soportar el aislador son todos de tipo horizontal y se tratan de los siguientes:

Viento sobre el tubo.

Se obtiene multiplicando el coeficiente del esfuerzo del viento por el coeficiente de reparto de 0,5 anteriormente mencionado, por la longitud del vano de 8 metros.

$$F_v = 0.5 \cdot L_a \cdot \text{Esf.viento}$$

Esfuerzos por cortocircuito.

Se obtiene multiplicando el esfuerzo de cortocircuito anteriormente calculado por el coeficiente de reparto de 0,5 anteriormente mencionado, por la longitud del vano de 8 metros.

$$F_{cc} = 0.5 \cdot L_a \cdot \text{Esf.cc}$$

Viento sobre el aislador

El esfuerzo ocasionado por el viento sobre el propio aislador, según la norma UNE 60865, se debe calcular mediante la siguiente ecuación:

$$F_{va} = L_a \cdot D_a \cdot P_v \cdot \alpha$$

Siendo

L_a : la longitud del aislador.

D_a : el diámetro del aislador.

P_v : presión del viento, anteriormente descrita.

α : que es el coeficiente de reparto, 0,5.

Para comprobar si el aislador cumple con el coeficiente mínimo de seguridad que se exige para apoyos metálicos, se calcula el coeficiente de seguridad del aislador. Este se obtiene



mediante el cociente entre la carga de rotura del aislador y la carga máxima total que soporta, y el mínimo exigido para estos apoyos metálicos es de 1,5.

$$\text{Coeficiente seguridad} = \frac{\text{carga de rotura}}{\text{Suma reacciones sobre aisladores}}$$

Flecha en el tubo

Se va a calcular la flecha máxima que tendrá el tubo en su punto medio, por ser un parámetro interesante que puede aportar información útil en la evaluación del diseño de las barras.

Dicho parámetro, según la norma UNE 60865 se determina mediante la siguiente expresión:

$$f = \frac{1}{185} \cdot \frac{P \cdot l^4}{E \cdot I}$$

Siendo;

P: carga vertical sobre el tubo

l: la longitud del vano, en este caso 8 m.

E: módulo de Young del tubo, 69.200 N/mm²

I: momento de inercia de la sección del tubo, con valor 812 cm⁴.

Elongación del embarrado

El cálculo de la elongación que sufre el embarrado por efectos térmicos, se realiza para determinar si es necesaria la instalación de unas piezas elásticas que eliminarán los efectos adversos de dicha dilatación.

De acuerdo con la norma utilizada, la expresión que determina la elongación sufrida por el tubo será:

$$\Delta l = l_0 \cdot \alpha \cdot \Delta \theta$$

Siendo,

l₀: la longitud inicial del tubo, en este caso 8 metros.

α: coeficiente de dilatación lineal del tubo, que tiene un valor de 0,023 mm/m°C.

Δθ: incremento de temperatura que se da entre la temperatura de montaje (35°C) y la temperatura de servicio (80°C), en este caso 45°C.



Dado el valor que obtenemos para este embarrado, será necesaria la instalación de unas piezas especiales que absorban la dilatación.

Esfuerzo térmico en cortocircuito

El cálculo de esfuerzo térmico que sufre el tubo en caso de cortocircuito es un parámetro importante, ya que nos indica si el tubo va a soportar en caso de 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:

$$I_{\theta} = I_p \sqrt{(m + n)}$$

Los valores de m y n, son dos coeficientes térmicos de disipación de calor, y son coeficientes obtenidos de la norma utilizada.

Este valor, debe ser menor que la capacidad térmica del tubo, con una densidad de 120 A/mm², según normativa.

$$Ct = \text{Densidad de corriente} * \text{sección del tubo}$$

Cálculo del 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 U_c , la cual, para conductores cilíndricos se calcula mediante la fórmula de Peek:

$$U_c = m_c \cdot m_t \cdot \delta \cdot E_{of} \cdot r_1 \cdot \ln \frac{D}{r_1}$$

En dicha ecuación,

m_c : es el coeficiente de irregularidad del conductor, que para un tubo cilíndrico y liso tiene valor 1.

m_t : es el 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, en este caso 120 mm.

D: es la distancia entre conductores, en este caso 2 metros.



δ : es el factor de correlación de densidad del aire, que se calcula:

$$\delta = \frac{3,92 \cdot H}{273 + \phi}$$

H, es la presión atmosférica en cm de mercurio, que se tomará como 76 y ϕ es la temperatura del aire, tomada de 35°C.

E_{of} : es el valor eficaz de campo eléctrico para la aparición del efecto corona. Este valor, para conductores paralelos se calcula mediante la siguiente expresión:

$$E_{of} = \frac{30 \cdot m_c \cdot (1 + \frac{0,3}{\sqrt{r_1}})}{\sqrt{2}}$$

Una vez obtenidos todos los valores, calculado la tensión crítica disruptiva, se puede calcular el valor de la tensión disruptiva.

13.14.2. Cálculo mecánico del embarrado secundario.

Hipótesis de diseño

Para los cálculos mecánicos de los embarrados secundarios del parque de 66kV, se han tenido una serie de consideraciones de diseño.

Las primeras de ellas están referidas a la situación de la subestación. Como ya se ha mencionado anteriormente, esta estará situada a una altura menor a 500 metros sobre el nivel del mar (Zona A según RLAT). En estas circunstancias las condiciones climatológicas que afectan en los cálculos de la subestación son las siguientes:

Hielo: según RLAT, en zona A, no se considera la existencia de hielo en las hipótesis de diseño.

Viento: según RLAT, en zona A, se deben tener en cuenta en las hipótesis de diseño la existencia de vientos. En el caso del presente proyecto, se harán los cálculos teniendo en cuenta una presión del viento sobre los embarrados, que garantice la mayor seguridad de todos los elementos. Esta será la siguiente:

Velocidad del viento = 140 km/h

Presión equivalente = 945 N/m²

En cuanto a los parámetros geométricos y de anclaje que afectan al diseño mecánico de los embarrados, se han tomado las siguientes determinaciones:

Vano: las barras principales se encuentran entre aisladores de soporte.



Longitud del vano: 5 metros.

Distancia entre las fases: 2 metros.

Otros parámetros que afectan en el diseño de los embarrados, son los relativos a las características mecánicas de los tubos y aisladores que lo forman. Dichas características ya han sido descritas en el apartado Embarrados.

Para todos los cálculos que prosiguen, se han tenido en cuenta los procedimientos descritos por las normas UNE 60865 y UNE 60909.

Corriente de cresta

Según criterios de diseño establecidos, se ha considerado como intensidad de cortocircuito:

$$I_{cc} = 40 \text{ kA}$$

Este parámetro se ha tenido en cuenta a partir de las características de nuestro seccionador.

Según la norma UNE 60909, se debe establecer una intensidad de cresta I_p , 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. Dicha intensidad de cresta se calcula con la siguiente ecuación:

$$I_p = \chi \cdot \sqrt{2} \cdot I_{cc}$$

Siendo,

$$\chi = 1,02 + 0,98 \cdot e^{-3k}$$

k, es la relación de impedancias equivalentes del sistema en el punto de cortocircuito, que para la red de transporte en este nivel de tensión, vale 0,358.

Tensión en el tubo

Para calcular la tensión total que soporta el tubo, se tendrán en cuenta los esfuerzos producidos por el viento, por el peso propio del tubo y por cortocircuitos.

Esfuerzos por viento:

El esfuerzo producido por el viento dependerá de la presión que el mismo ejerza sobre el tubo y del diámetro externo del mismo. Se calculará para el caso más desfavorable de vientos de 140 km/h.

El esfuerzo del viento sobre el tubo será:

$$F_f = p_f \cdot D$$

Siendo,



p_v : la presión del viento, con un valor de 945 N/m^2

D: el diámetro exterior del tubo, con un valor de 80 mm.

Esfuerzos por el peso propio del tubo:

El esfuerzo del peso sobre el tubo, será el relativo al peso del propio tubo F_{pp} , más el peso del cable de unión con la aparamenta, F_{ca} :

$$F_p = F_{pp} + F_{ca}$$

Para calcular F_{pp} , se utiliza la siguiente ecuación:

$$F_{pp} = P_{pt} \cdot g$$

En la cual:

P_{pt} ; se refiere al peso propio del tubo, que toma un valor de $3,76 \text{ kg/m}$

g , es la constante de gravitación, que vale $9,81 \text{ m/s}^2$.

Por otro lado, se debe calcular el esfuerzo debido al peso de cable de unión con la aparamenta, este, de tipo Lapwing, genera un esfuerzo de:

$$F_{ca} = 15,2 \text{ N/m}$$

Esfuerzos por cortocircuito

El mayor esfuerzo ocasionado por la corriente de cortocircuito se dará en la fase del medio, por estar situada entre las otras dos fases. La fuerza estática F_c por unidad de longitud entre dos conductores paralelos recorridos por una corriente, se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$F_c = 0,866 * \frac{\mu_0 \cdot I_p^2}{2 \cdot \pi \cdot a}$$

Siendo:

$$\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{V} \cdot \text{S}}{\text{A} \cdot \text{m}}$$

a : la distancia entre las fases, en este caso, 2 metros.

I_p : la intensidad de cresta previamente calculada.



Una vez que tenemos calculada esta fuerza, se le deben aplicar dos coeficientes que tienen en cuenta los efectos de la frecuencia de vibración del tubo. Dichos esfuerzos son:

$$V_{\sigma} = 0,756 + 4,49 \cdot e^{-1,68k} + 0,54 \cdot \log \frac{f_c}{f}$$

$$V_r = 1 - 0,615 \cdot \log \frac{f_c}{f}$$

De estos dos coeficientes el primero de ellos tiene en cuenta el efecto dinámico, y el segundo el reenganche de la línea. Se pueden obtener de la gráfica proporcionada en la norma UNE 60865

Para calcularlos, hay que calcular previamente la frecuencia de vibración del tubo, f_c :

$$F_c = \frac{\gamma}{l^2} * \sqrt{\frac{E * I}{m}}$$

Siendo,

γ : coeficiente de tubo y los apoyos, que toma un valor de 1,57.

l : longitud del vano, en este caso 5 metros.

E : módulo de Young del material, en este caso 68.600 N/mm²

I : inercia de la sección, que toma el valor de 96,1 cm⁴

m : es la masa unitaria del tubo, incluido el cable de unión, que valdrá, 3,76 kg/m

Ahora que ya tenemos calculada la frecuencia de vibración, se pueden determinar los coeficientes previamente mencionados, asumiendo, según tablas de la norma UNE 60865, que k toma un valor de 1,6. Sustituyendo en las ecuaciones obtenemos los siguientes valores:

Una vez conocidos dichos valores, los aplicamos a la fuerza de cortocircuito previamente calculada, y la multiplicamos también por un coeficiente relativo a la disposición de los apoyos, que según la norma UNE 60685 vale 0,5.

Tensión total en el tubo

Una vez calculados todos los esfuerzos que soporta el tubo, se calcula la tensión de trabajo del tubo, producida por cada uno de dichos esfuerzos.

Dicha tensión, se calcula mediante la siguiente expresión:



$$\sigma = \sum_i \frac{1}{8} \frac{P \cdot l^2}{W}$$

Siendo,

i: el número de vanos.

l: la longitud de los vanos.

P: la carga que produce el esfuerzo.

W: el momento resistente del material, en este caso 90 cm³.

Los valores de tensión en el tubo, serán la suma geométrica de la fórmula anterior aplicada a los valores de Viento, el propio peso y el esfuerzo por cortocircuito.

$$\sigma_{total} = \sqrt{(\sigma_v + \sigma_c)^2 + \sigma_{pp}^2}$$

Según la normativa aplicada, el tubo soportará los esfuerzos producidos sobre él, si se cumple que:

$$\sigma_{total} \leq q \cdot R_p$$

Siendo,

q: un factor geométrico que muestra la resistencia del conductor y que depende de la sección del mismo. Según la normativa aplicada, para tubos cilíndricos se debe aplicar la siguiente ecuación:

$$q = 1,7 \cdot \frac{1 - (1 - 2 \cdot \frac{s}{D})^3}{1 - (1 - 2 \cdot \frac{s}{D})^4}$$

Donde s, es el espesor de la pared del tubo, cuyo valor es 12 mm y D, es el diámetro exterior, cuyo valor es 80 mm.

R_p : que es el límite de fluencia del material del tubo, cuyo valor es 160 N/mm².



Reacciones sobre aisladores de soporte

Según indica la norma UNE 60865, el máximo esfuerzo en el vano considerado se da en los aisladores intermedios, por lo que se aplica un factor de reparto de esfuerzos en el soporte de valor 0,5. Los esfuerzos que tiene que soportar el aislador son todos de tipo horizontal y se tratan de los siguientes:

Viento sobre el tubo.

Se obtiene multiplicando el coeficiente del esfuerzo del viento por el coeficiente de reparto de 0,5 anteriormente mencionado, por la longitud del vano de 5 metros.

$$F_v = 0.5 \cdot L_a \cdot \text{Esf.viento}$$

Esfuerzos por cortocircuito.

Se obtiene multiplicando el esfuerzo de cortocircuito anteriormente calculado por el coeficiente de reparto de 0,5 anteriormente mencionado, por la longitud del vano de 5 metros.

$$F_{cc} = 0.5 \cdot L_a \cdot \text{Esf.cc}$$

Viento sobre el aislador

El esfuerzo ocasionado por el viento sobre el propio aislador, según la norma UNE 60865, se debe calcular mediante la siguiente ecuación:

$$F_{va} = L_a \cdot D_a \cdot P_v \cdot \alpha$$

Siendo

L_a : la longitud del aislador.

D_a : el diámetro del aislador.

P_v : presión del viento, anteriormente descrita.

α : que es el coeficiente de reparto, 0,5.

Para comprobar si el aislador cumple con el coeficiente mínimo de seguridad que se exige para apoyos metálicos, se calcula el coeficiente de seguridad del aislador. Este se obtiene mediante el cociente entre la carga de rotura del aislador y la carga máxima total que soporta, y el mínimo exigido para estos apoyos metálicos es de 1,5.



$$\text{Coeficiente seguridad} = \frac{\text{carga de rotura}}{\text{Suma reacciones sobre asiladores}}$$

Flecha en el tubo

Se va a calcular la flecha máxima que tendrá el tubo en su punto medio, por ser un parámetro interesante que puede aportar información útil en la evaluación del diseño de las barras.

Dicho parámetro, según la norma UNE 60865 se determina mediante la siguiente expresión:

$$f = \frac{1}{185} \cdot \frac{P \cdot l^4}{E \cdot I}$$

Siendo;

P: carga vertical sobre el tubo.

l: la longitud del vano, en este caso 5 m.

E: módulo de Young del tubo, 68.600 N/mm²

I: momento de inercia de la sección del tubo, con valor 96,1 cm⁴.

Elongación del embarrado

El cálculo de la elongación que sufre el embarrado por efectos térmicos, se realiza para determinar si es necesaria la instalación de unas piezas elásticas que eliminarán los efectos adversos de dicha dilatación.

De acuerdo con la norma utilizada, la expresión que determina la elongación sufrida por el tubo será:

$$\Delta l = l_0 \cdot \alpha \cdot \Delta \theta$$

Siendo,

l₀: la longitud inicial del tubo, en este caso 5 metros.

α: coeficiente de dilatación lineal del tubo, que tiene un valor de 0,023 mm/m°C.

Δθ: incremento de temperatura que se da entre la temperatura de montaje (35°C) y la temperatura de servicio (80°C), en este caso 45°C.

Dado el valor que obtenemos para este embarrado, será necesaria la instalación de unas piezas especiales que absorban la dilatación.



Esfuerzo térmico en cortocircuito

El cálculo de esfuerzo térmico que sufre el tubo en caso de cortocircuito es un parámetro importante, ya que nos indica si el tubo va a soportar en caso de 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:

$$I_{\theta} = I_p \sqrt{(m + n)}$$

Los valores de m y n, son dos coeficientes térmicos de disipación de calor, y son coeficientes obtenidos de la norma utilizada.

Este valor, debe ser menor que la capacidad térmica del tubo, con una densidad de 120 A/mm², según normativa.

$$Ct = \text{Densidad de corriente} * \text{sección del tubo}$$

Cálculo del 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 U_c , la cual, para conductores cilíndricos se calcula mediante la fórmula de Peek:

$$U_c = m_c \cdot m_t \cdot \delta \cdot E_{of} \cdot r_1 \cdot \ln \frac{D}{r_1}$$

En dicha ecuación,

m_c : es el coeficiente de irregularidad del conductor, que para un tubo cilíndrico y liso tiene valor 1.

m_t : es el 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, en este caso 80 mm.

D: es la distancia entre conductores, en este caso 2 metros.

δ : es el factor de correlación de densidad del aire, que se calcula:

$$\delta = \frac{3,92 \cdot H}{273 + \phi}$$



H, es la presión atmosférica en cm de mercurio, que se tomará como 76 y φ es la temperatura del aire, tomada de 35°C.

E_{of} : es el valor eficaz de campo eléctrico para la aparición del efecto corona. Este valor, para conductores paralelos se calcula mediante la siguiente expresión:

$$E_{of} = \frac{30 \cdot m_c \cdot (1 + \frac{0,3}{\sqrt{r_1}})}{\sqrt{2}}$$

Una vez obtenidos todos los valores, calculado la tensión crítica disruptiva, se puede calcular el valor de la tensión disruptiva.

13.15. Selección de autoválvulas

Para la selección de las autoválvulas del parque de 66kV, se han seguido las especificaciones de seguridad exigidas por la R.E.E. en el ET025.

Lo primero que se debe determinar para la selección de las autoválvulas es su tensión asignada. Esta depende de la tensión más elevada del material, que en el parque de 66kV tiene un valor de 72,5 kV, y de tiempo de despeje a falta, que como ya se ha comentado anteriormente es de 0,5 segundos. Con estos dos parámetros y según la normativa utilizada, se determina que la mínima tensión asignada a la autoválvula debe de ser:

$$U_r \geq 0,72 \cdot U_m$$

Una vez determinada la tensión mínima asignada, se debe de calcular la línea de fuga mínima, que según la normativa, viene determinada por la siguiente expresión:

$$L_{fuga} = L_{min} \cdot U_m$$

Siendo:

L_{min} : la longitud mínima específica, que para zonas de alta contaminación se considera 25 mm/kV.

U_m : la tensión más elevada del materia, que para el parque de 66 kV, vale 72,5 V.



La válvula seleccionada que cumple con estas especificaciones será una de clase 2 de INAEL, cuya tensión residual toma el valor de 156kV, tiene una línea de fuga de 2115 mm. Dichos valores, cumplen con los requeridos según los cálculos realizados.

Una vez seleccionada la autoválvula, se puede determinar la energía que deberá absorber en caso de sobretensiones. Esta viene determinada por la siguiente expresión:

$$W = \frac{U_L - U_{res}}{Z} \cdot U_{res} \cdot 2T \cdot n$$

Siendo:

W: La energía absorbida por la autoválvula.

U_L: Sobretensión eventual sin pararrayos (kV), que tendrá el valor de 3,0. Este valor viene determinado por la tabla siguiente.

U_{RES}: Tensión residual de la autoválvula.

Z: resistencia de la autoválvula (ohm), que tendrá un valor de 450 ohm. Este valor viene determinado por la tabla 3.

N: es el número consecutivo de descargas posibles, que según la norma UNE 60855, se toma como 2, por seguridad.

T: es el tiempo de propagación de la onda, que se calcula según la siguiente expresión:

$$T = l/v$$

donde, l, se refiere a la longitud de la línea hasta el entronque, y v a la velocidad de propagación, que toma un valor constante de 0,3 km/μs. Como longitud hasta el entronque al ser por el momento un dato desconocido, ya que debe ser facilitado por el propietario de la línea de transporte a la que se conectará el parque, se va a tomar un valor de 28,115 km para los cálculos.

Tensión más elevada de 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
345 – 525	350	2 , 6
>525	300	2,2

Fuente: elaboración propia, datos extraídos de R.E.E., ET025



Las especificaciones de la autoválvula seleccionada, CLASE 2 DE INAEL, establecen que dicha autoválvula es capaz de disipar hasta 5,5 KJ/kV, por tanto es la elección correcta para el parque de 66kV.

14.Red de tierras

14.1. Criterios de cálculo

Para el diseño de la red de tierras se han seguido las indicaciones establecidas en el reglamento de Condiciones Técnicas Complementarias MIE RAT 13 y la recomendación IEEE Std. 80/2000 y el libro de “Coordinación de aislamiento en redes eléctricas de alta tensión”.

La instalación está provista de la malla de tierra principal enterrada diseñada de modo que cubra suficientemente dos finalidades principales: la seguridad del personal que se relacione con la instalación y la provisión de una buena unión con la tierra, que garantice un correcto funcionamiento de las protecciones.

Para los cálculos, se han tenido en cuenta las tensiones máximas de paso y contacto, determinadas mediante la normativa anterior. Para el diseño, se han considerado los parámetros de la parte de la subestación de 132kV, cuyos valores son más restrictivos. A efectos del diseño de la malla de tierra estos son:

Corriente de cortocircuito: La instrucción técnica complementaria MIE RAT 13, establece que para el cálculo de la red de tierras, se debe utilizar una corriente de cortocircuito un 30% menor que la utiliza para el diseño de la subestación, para tensiones nominales mayores de 100 kV.

$$I_{cc2} = I_{cc} * 0.7$$

Tiempo de despeje de falta, $t = 1$ segundo. (el MIE RAT 13, establece que a efectos de diseño, el tiempo mínimo debe ser 1 segundo)

14.2. Red de tierras inferiores

14.2.1. Descripción

La red de tierras inferiores está compuesta por una malla de cable de cobre con una sección de 120 mm². Dicha malla cubre una superficie total de 13800 m². Los cables interiores de la superficie están separados una distancia de 12 metros en el eje x y de 13,5 metros en el eje y. En total, la longitud de cable de cobre instalado suma 2700 metros. 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.



En cuanto a las características del terreno en el que estará ubicada la subestación, se ha considerado como resistividad del mismo, un valor 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.

Estos valores de las características del terreno vienen determinados en la instrucción técnica complementaria MIE RAT 13.

14.2.2. Conductor de la red de tierras inferiores

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.

El conductor será un hilo desnudo de cobre. Según MIE RAT 13, la sección mínima de dicho hilo será de 25 mm².

Para la determinación dicha sección, se utilizará la expresión que indica el estándar IEEE 80, que para conductores de cobre es la siguiente:

$$A = I \cdot \frac{1}{\sqrt{\frac{T_{CAP} \cdot 10^{-4}}{t_c \cdot \alpha_r \cdot \rho_r} \ln \left(\frac{K_0 + T_m}{K_0 + T_a} \right)}}$$

Siendo:

I=28 kA, la corriente de falta a tierra considerada para el diseño de la malla.

t_c =1 segundo, tiempo de despeje de la falta.

T_m = 1084 °C, la temperatura máxima admisible del conductor.

T_a = 40°C, la temperatura ambiente.

T_{CAP} = 3,42 K/cm³°C, la capacidad térmica del conductor

α_r = 0,00381 °C⁻¹, coeficiente térmico de resistividad a 20°C

ρ_r = 1,78 μΩ cm; resistencia del conductor a 20°C

K₀ = 262 °C, inverso del coeficiente térmico de resistividad

14.2.3. Resistencia de puesta a tierra

La resistencia de puesta a tierra se calcula mediante la siguiente expresión:

$$R_g = \rho \left(\frac{1}{L} + \frac{1}{\sqrt{20 \cdot A}} \left(1 + \frac{1}{1 + h \left(\sqrt{\frac{20}{A}} \right)} \right) \right)$$

Siendo:

ρ = 300 Ωm, la resistividad del terreno

L = 2805 m ; la longitud del conductor enterrado

h= 0,6 m, la profundidad a la que se entierra el conductor

A = 13800 m², superficie que ocupa la malla



14.2.4. Cálculos eléctricos. Tensiones de paso y contacto

Para determinar las tensiones de paso contacto máximas admisibles se utilizan las siguientes expresiones, establecidas por la instrucción técnica complementaria MIE RAT 13:

Tensión de paso:

$$Up = 10 * Uca * (1 + \frac{2*Ra1+6*\rho_s}{1000})$$

Tensión de contacto:

$$Uc = Uca * (1 + \frac{\frac{Ra1}{2} + 1.5 * \rho_s}{1000})$$

Siendo,

Uca: Valor admisible de la tensión de contacto aplicada que es función de la duración de la corriente de falta. En nuestro caso 107V

Ra1: Resistencia del calzado. Se suele tomar 2000Ω

ρ_s= 3000 Ωm, es la resistividad del hormigón.

Además, como para la determinación de las tensiones de paso y contacto de la subestación se va a seguir el procedimiento IEEE 802000, se calcularán las tensiones de paso y contacto máximas que este dictamina.

Según este, las tensiones de paso y contacto máximas serán, para una persona de 70 kg:

$$Vp = (1000 + 6 * Cs * \rho_s) * (\frac{0.157}{\sqrt{ts}})$$

$$Vp = (1000 + 1.5 * Cs * \rho_s) * (\frac{0.157}{\sqrt{ts}})$$

Siendo:

$$Cs = 1 - 0.106 * (\frac{1 - \frac{\rho}{\rho_s}}{2*hs+0.106})$$

Donde:

ρ = 300 Ωm, la resistividad del terreno.

ρ_s = 3000 Ωm, la resistividad de la gravilla.

h_s = 0,2 m espesor del hormigón

t_s = 0,5 segundos, tiempo de despeje de falta.



Ahora que están determinadas las tensiones de paso y contacto máximas admisibles según las características del terreno y la corriente de falta, se deben calcular las tensiones de paso y contacto propias de la subestación diseñada y comprobar si están por debajo de las máximas admisibles.

Para dicho cálculo se seguirá el procedimiento establecido por IEEE 80-2000.

Utilizando este estándar, se pueden calcular unos valores previstos de tensiones de paso y contacto para unos determinados niveles de falta, y para un diseño previo de la malla de la red de tierras.

Todas las variables que van a influir en el cálculo de las tensiones de paso y contacto relativas a la subestación, son variables referidas a la geometría de la red de tierras, o a propiedades del terreno. Todas ellas van a ser definidas antes de resolver los cálculos de las ecuaciones anteriores:

$\rho = 300 \Omega\text{m}$, la resistividad del terreno.

$I_c = 28 \text{ kA}$, la corriente de falta

$L = 2805 \text{ m}$, es la longitud total del conductor enterrado.

$A = 16200 \text{ m}^2$, es el área que ocupa la malla enterrada.

$L_p = 510 \text{ m}$, es la longitud del perímetro de la malla.

$L_x = 120 \text{ m}$, es la longitud máxima de la malla en el eje x.

$L_y = 135 \text{ m}$, es la longitud máxima de la malla en el eje y.

$D_m = 180,6 \text{ m}$, es la máxima distancia que hay entre puntos de unión de la malla.

$D = 12,75 \text{ m}$, es el espacio medio entre los conductores de la malla.

$d = 0,0014 \text{ m}$, es el diámetro del conductor.

Una vez definidos todos los parámetros que se usarán en el cálculo, se puede proceder a calcular.

Tensión de paso:

$$V_p = \rho \cdot K_s \cdot K_i \cdot K_{ii} \cdot \frac{I_c}{L}$$

K_s , es el factor de espaciamiento para la tensión de paso. Dicho factor se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$K_s = \frac{1}{\pi} * \left(\frac{1}{2 * h} + \frac{1}{D + h} + \frac{1}{D} * (1 - 0.5^{n-2}) \right)$$

K_{ii} , que es el factor de corrección por ubicación.

K_i , es el factor de corrección de la geometría de la malla y se determina mediante la siguiente expresión:



$$K_i = 0.644 + (0.148 * n)$$

A su vez, en la ecuación anterior, n es el factor de geometría, y se calcula mediante la ecuación:

$$n = n_a \cdot n_b \cdot n_c \cdot n_d$$

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:

$$n_a = \frac{2 \cdot L}{L_p}$$

$$n_b = \sqrt{\frac{L_p}{4\sqrt{A}}}$$

$$n_c = \left(\frac{Lx \cdot Ly}{A}\right)^{\frac{0.7 \cdot A}{Lx \cdot Ly}}$$

$$n_d = \frac{Dm}{\sqrt{Lx^2 + Ly^2}}$$

Tensión de contacto:

$$V_c = \rho \cdot K_m \cdot K_i \cdot \frac{I_g}{L}$$

K_i , es el factor de corrección de la geometría de la malla determinado anteriormente.

K_m : es el factor de espaciamento para tensión de malla, y se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$K_m = \frac{1}{2\pi} * \left(\ln \left(\frac{D^2}{16 \cdot h \cdot d} + \frac{(D+2 \cdot h)^2}{8 \cdot D \cdot d} - \frac{h}{4 \cdot d} \right) + \frac{K_{ii}}{K_h} * \ln \frac{8}{\pi \cdot (2 \cdot n - 1)} \right)$$

Siendo en esta ecuación, K_h :

$$K_h = \sqrt{1 + h}$$

Nuestros valores son menores en tensiones de paso, no así en las tensiones de contacto máximas admisibles establecidas por la instrucción técnica complementaria MIE RAT 13 y por el estándar IEEE 80-2000. Por esta razón se adopta la medida de hacer un mallazo electrosoldado cubierto de hormigón y además, vallar la subestación con el fin de evitar contactos.



Adoptándose estas medidas, se puede concluir que el diseño adoptado para la malla de la red de tierras inferiores es válido.

14.3. Red de tierras superiores

La red de tierras superiores tiene por cometido la captación de las descargas atmosféricas y su conducción a la malla de red inferiores enterrada a 0,6 metros de profundidad, para que pueda ser disipada sin poner en peligro la seguridad del personal ni de la subestación.

Esta está compuesta por un conjunto de hilos de guarda, paralelos a la calle y en unos pararrayos que protegen los equipos de la subestación.

Estos hilos y pararrayos están unidos a la red de tierras inferiores a través de las estructuras metálicas que los soportan.

Las características geométricas del sistema son las siguientes:

Altura del cable de guarda en la zona baja = 11m

Altura del cable de guarda en la zona alta = 16 m

Altura de las barras = 8 m

Altura de las bornas del transformador = 4.5m

Distancia del cable de guarda al transformador = 11 m

Distancia del cable de guarda a la barra = 9 m

Para realizar el estudio se utilizarán las fórmulas propuestas por CIGRE, donde

$$Y_s=1$$

$$Y_c=1$$

Estos datos se obtienen al tener una altura del cable y altura de las barras menor a 18 m.

Una vez conseguidos los parámetros, se calcula el apantallamiento del transformador mediante las fórmulas siguientes:

$$r_s = r_c = r_g = 6.4 * I^{0.75}$$

$$a = \sqrt{r_s^2 - (r_s - h)^2} - \sqrt{r_c^2 - (r_g - y)^2}$$

De estas ecuaciones, se deja y se despeja todo en función de I. Cuando tenemos este parámetro, podemos calcular Rs,Rc,Rg que son los radios de los cables de guarda.

La intensidad que tiene que descargar un rayo sobre una fase para que se produzca un cebado directo, viene dado por la ecuación:

$$\frac{Id}{2} * Z_{característica} + 145 * \sqrt{2} = Tensión\ cebado\ aisladores$$

Para que se produzca un cebado inverso, se comprueba con la siguiente ecuación



$$\frac{Id}{2} * Z_{\text{cable de guarda}} + 145 * \sqrt{2} = \text{Tensión cebado aisladores}$$

Las barras se hallan en medio de los cuatro cables de guarda, pero es fácil comprobar que los que mejor apantallamiento producen son los que se encuentran de forma perpendicular a la entrada de las líneas. Además se supone que esos dos cables de tierra se encuentran próximos, por lo que las zonas de acción de ambos cables cortan por encima de la zona de acción de tierra.

$$16 + y \geq rg$$

Con esto y las fórmulas propuestas por CIGRE, obtenemos el siguiente sistema de ecuaciones

$$\begin{aligned}rs^2 &= x^2 + (5 + y)^2 \\rs^2 &= (23 - x)^2 + (y)^2 \\ymc &= h - rc + \sqrt{rs^2 - rc^2}\end{aligned}$$

15. Edificio Anexo

15.1. ILUMINACIÓN INTERIOR

15.1.1. PRINCIPIOS DE ILUMINACIÓN

Uno de los aspectos más importantes en el diseño de la iluminación es determinar el número de sistemas de iluminación requeridos, basándose en el flujo luminoso dado por el fabricante del sistema de iluminación escogido. El método del factor de utilización de la estancia es un procedimiento suficientemente exacto y simple para calcular el número de luminarias necesario (n).

15.1.2. FACTOR DE UTILIZACIÓN O RENDIMIENTO DE ILUMINACIÓN DE LA ESTANCIA

Este factor es característico del fabricante escogido para que nos proporcione los sistemas de iluminación interior necesarios y se encuentra tabulado por el fabricante de luminarias y es elegido para utilizar su luminaria. Depende de otros factores: el primero es el índice del local (K) y el segundo es el factor de reflexión (ρ).

A) Índice del local (K)

Para calcular el índice del local (K) se tiene que calcular, previamente, la altura a la que se colocan las luminarias con la siguiente fórmula:

Altura del montaje (h)



La altura de los techos a considerar en las dependencias de la nave será de 4 metros para todas las estancias.

$$h = \frac{4}{5} \cdot (h' - 0,85)$$

Siendo:

h' = altura de las estancias de la caseta

Una vez calculada la altura de la luminaria en cada dependencia (h), se calcula el índice del local (K) para todas las dependencias con la siguiente fórmula:

$$K = \frac{a \cdot b}{h(a+b)}$$

Siendo:

h = altura de la luminaria

a = ancho de la dependencia

b = largo de la dependencia

Índice del local para cada dependencia.

Dependencia	H	b	a	K
Habitación 1	2.52	7	8	1.48
Habitación 2	2.52	7	7	1.38
Habitación 3	2.52	5	8	1.22
Habitación 4	2.52	5	8	1.22
Habitación 5	2.52	5	8	1.22
Pasillo	2.52	5	15	1.48

B) Factor de reflexión de suelo, paredes y techo (ρ)

Este parámetro es función de los diferentes tipos de materiales, superficies y acabados en la misma. En la tabla aparecen los factores de reflexión de las dependencias de esta fábrica, obtenidos a partir de tablas en función de la aplicación de la dependencia y del color del techo, paredes y suelos de la misma. En el *Reglamento Técnico de la Edificación y la Guía Técnica para el aprovechamiento de la luz en la iluminación de edificios*, publicada por el Ministerio de Industria, Turismo e Industria, podemos encontrar las tablas donde aparecen los valores del factor de reflexión (ρ).



En la tabla aparecen los valores del factor de reflexión (ρ) que se va a considerar en este proyecto.

Valores de Reflexión considerados

		Color	Factor de Reflexión (ρ)
Dependencias	Techo	Claro	0,5
	Paredes	Claro	0,5
	Suelo	Claro	0,3

Una vez obtenidos el índice del local (K) y el factor de reflexión (ρ), podemos conseguir el rendimiento de iluminación (CU), directamente en unas tablas ó mediante interpolación en las mismas, en caso de no encontrar el valor exacto en ellas.

Para este tipo de fábrica hemos escogido como fabricante de los sistemas de iluminación necesarios para la iluminación interior a ORNALUX, para que nos proporcione los sistemas de iluminación que se necesitan y de ellos las tablas con los valores del coeficiente de utilización (CU), que se necesita.

Valores del Coeficiente de Utilización del fabricante para el sistema de iluminación escogido.

		Factor de Reflexión (ρ)										
		Techo	0.8	0.8	0.8	0.5	0.5	0.8	0.8	0.5	0.5	0.3
		Pared	0.8	0.5	0.3	0.5	0.3	0.8	0.3	0.5	0.3	0.3
		Suelo	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
		Coeficiente De Utilización UC (%)										
Índice del local (K)	0.6	74	69	61	50	45	40	30	20	10	5	
	0.8	77	70	65	54	49	44	35	30	15	10	
	1.0	80	72	67	60	53	49	39	35	20	15	
	1.25	83	75	70	64	58	55	48	45	26	20	
	1.5	86	79	73	70	62	60	55	50	30	25	
	2	90	83	77	73	67	65	63	60	34	30	
	2.5	96	86	81	79	70	69	68	65	40	35	
	3	100	90	85	82	73	72	71	70	46	40	
	4	103	95	88	86	78	75	74	73	52	45	
	5	107	100	92	90	82	80	79	77	60	55	

Esta tabla muestra el factor de utilización de la estancia para diferentes combinaciones de los factores de la estancia y las reflectancias (teniendo en cuenta siempre la dispersión ideal). La iluminancia E requerida en una habitación de área $a \times b$, se logra con n luminaras que tienen una eficiencia L_b y con lámparas con un flujo luminoso.



Los valores de factor de utilización de la estancia escogidos son:

Valores del Coeficiente de Utilización escogidos.

<u>Dependencia</u>	<u>H</u>	<u>b</u>	<u>a</u>	<u>K</u>	<u>CU</u>
Habitación 1	2.52	7	8	1.48	70
Habitación 2	2.52	7	7	1.38	67
Habitación 3	2.52	5	8	1.22	64
Habitación 4	2.52	5	8	1.22	64
Habitación 5	2.52	5	8	1.22	64
Pasillo	2.52	5	15	1.48	70

15.1.3. FACTOR DE CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA INSTALACIÓN

Es un parámetro que marca el nivel de limpieza de las lámparas. Según el grado de suciedad que tengan las lámparas, este puede afectar al rendimiento de la misma provocando una no buena utilización.

Es escogido entre una escala de valores del *Reglamento Técnico de la Edificación*, para una limpieza periódica anual, tomando un valor de 0,8.

15.1.4. FACTOR DE TRANSMISIÓN

Es un factor característico de la cada dependencia y se calcula aplicando el factor de conservación y mantenimiento de la instalación (CC) y el Rendimiento de iluminación (CU) en la siguiente fórmula:

$$K = CU * CC$$

Tomando un valor de 0,8 para el factor de conservación y mantenimiento (CC) de la instalación, escogido entre una escala de valores del Reglamento Técnico de la Edificación, para una limpieza periódica anual; y aplicando la formula anteriormente mencionada, podemos obtener el factor de transmisión, K.

Valores del Factor de Transmisión para cada dependencia.

<u>Dependencia</u>	<u>CC</u>	<u>K</u>	<u>CU</u>
Habitación 1	0.8	0.56	70
Habitación 2	0.8	0.53	67
Habitación 3	0.8	0.51	64
Habitación 4	0.8	0.51	64
Habitación 5	0.8	0.51	64
Pasillo	0.8	0.56	70



15.1.5. ILUMINACIÓN NOMINAL

La iluminación deseada de cada dependencia, para este tipo de fábrica, es un parámetro normalizado y regulado por la Norma Europea UNE- EN 12464- 1, respecto de la iluminación de los lugares de trabajo en interior, para los distintos tipos de áreas, tareas y actividades según *la Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación*; y de acuerdo con lo expuesto en la memoria de descriptiva, los valores de la iluminación nominal (E) escogidos son:

Valores de la Iluminación Nominal

Dependencia	Iluminación, E (Lux)
Habitación 5 y pasillo	100
Habitaciones restantes	500

15.1.6. FLUJO LUMINOSO TOTAL

Para conocer el número de sistemas de iluminación necesarios a instalar en una habitación es necesario conocer previamente el flujo luminoso total (ϕ) necesario en la superficie de la dependencia. Este flujo luminoso se calcula aplicando la siguiente formula y en ella los parámetros anteriormente obtenidos como son la iluminación nominal, E; y el factor de transmisión, K; además de la superficie de la dependencia.

$$\phi = \frac{E \cdot S_L}{K}$$

En la siguiente tabla aparecen los valores del flujo luminoso total (ϕ) para cada dependencia.

Valores de Flujo Luminoso Total (ϕ) para cada dependencia.

Dependencia	Iluminacion deseada	Superficie m ²	Factor k	Flujo
Habitación 1	500	56	0.56	48214
Habitación 2	500	49	0.53	45708
Habitación 3	500	40	0.51	39062
Habitación 4	500	40	0.51	39062
Habitación 5	100	40	0.51	7812
Pasillo	100	75	0.56	13392



15.1.7. CÁLCULO DEL NÚMERO DE LUMINARIAS DE CADA DEPENDENCIA

Para poder calcular el número de sistemas de iluminación necesarios de cada dependencia es necesario conocer el tipo y el modelo de la misma con objetivo de conocer características referentes a las mismas. Una característica que es necesaria conocer es el flujo luminoso característico de los sistemas de iluminación. Una vez obtenido el flujo total de la dependencia se divide entre el flujo luminoso característico del sistemas de iluminación a instalar en dicha dependencia, se obtendrá el número total de sistemas de iluminación a instalar.

Numero de sistemas de iluminación en función del flujo luminoso característico de la lámpara.

<u>Dependencia</u>	<u>Flujo</u>	<u>Flujo lámpara</u>	<u>Número lámparas</u>
Habitación 1	48214	2.990	17
Habitación 2	45708	2.990	16
Habitación 3	39062	2.990	14
Habitación 4	39062	2.990	14
Habitación 5	7812	2.990	3
Pasillo	13392	2.990	5

15.1.8. DISPOSICIÓN DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN

La disposición y distribución de los sistemas de iluminación, para cada dependencia están reflejadas en su plano de iluminación correspondiente, Plano nº 5, plano de instalación eléctrica de iluminación interior.

15.2. ILUMINACIÓN EXTERIOR

15.2.1. ILUMINACIÓN MEDIA

Para determinar este parámetro, es necesario determinar previamente la clase de alumbrado para aparcamiento, obteniendo dicha información de la tabla siguiente, que se encuentra en el reglamento mencionado anteriormente:



Clases de alumbrados.

Situaciones de proyecto	Tipos de vías	Clase de Alumbrado ^(*)
C1	Carriles bici independientes a lo largo de la calzada, entre ciudades en área abierta y de unión en zonas urbanas Flujo de tráfico de ciclistas Alto..... Normal	S1 / S2 S3 / S4
D1 - D2	Áreas de aparcamiento en autopistas y autovías. Aparcamientos en general. Estaciones de autobuses. Flujo de tráfico de peatones Alto..... Normal	CE1A / CE2 CE3 / CE4
D3 - D4	Calles residenciales suburbanas con aceras para peatones a lo largo de la calzada Zonas de velocidad muy limitada Flujo de tráfico de peatones y ciclistas Alto..... Normal	CE2 / S1 / S2 S3 / S4

(*) Para todas las situaciones de alumbrado C1-D1-D2-D3 y D4, cuando las zonas próximas sean claras (fondos claros), todas las vías de tráfico verán incrementadas sus exigencias a las de la clase de alumbrado inmediata superior.

Una vez escogida la clase de alumbrado, que para este proyecto es CE4, debemos determinar los valores de iluminación media E_m y de uniformidad media U_m , valores adecuados a la clase de alumbrado escogido.

Iluminancia Media.

Clase de Alumbrado ⁽¹⁾	Iluminancia horizontal	
	Iluminancia Media E_m (lux) [mínima mantenida ⁽¹⁾]	Uniformidad Media U_m [mínima]
CE0	50	0,40
CE1	30	0,40
CE1A	25	0,40
CE2	20	0,40
CE3	15	0,40
CE4	10	0,40
CE5	7,5	0,40

(1) Los niveles de la tabla son valores mínimos en servicio con mantenimiento de la instalación de alumbrado. A fin de mantener dichos niveles de servicio, debe considerarse un factor de mantenimiento (f_m) elevado que dependerá de la lámpara adoptada, del tipo de luminaria, grado de contaminación del aire y modalidad de mantenimiento preventivo.

(2) También se aplican en espacios utilizados por peatones y ciclistas.

Atendiendo a lo descrito anteriormente, la clase de alumbrado acorde al tipo de iluminación exterior de este proyecto es CE4 y según esta clase de alumbrado los valores para la iluminación media (E_m) y de uniformidad media (U_m) son 10 lux y 0,4 respectivamente.



15.2.2. COEFICIENTE DE CONSERVACIÓN

Este coeficiente de conservación (Km) es un parámetro que depende del grado de suciedad ambiental y de la frecuencia de limpieza del local. Se obtiene de ente un rango de valores del *Reglamento de Eficiencia Energética para Alumbrado Exterior* que estaría entre 0,65 y 0,75; considerando un valor de 0,75; para luminaria abierta, suponiendo que las lámparas se limpiarán con frecuencia y teniendo en cuenta, además, que para la elección de este se toma un valor elevado porque el valor de Iluminación Media, Em, es el menor posible, según la tabla de reglamento.

En la siguiente tabla se muestran los valores que puede tomar el coeficiente de mantenimiento en función del tipo de luminaria.

Valores del Coeficiente de Conservación

Tipo de luminaria	Factor recomendado
Hermética	0,80 a 0,87
Ventilada	0,70 a 0,80
Abierta	0,65 a 0,75

15.2.3. FLUJO LUMINOSO TOTAL NECESARIO

Para conocer el número de sistemas de iluminación necesarios a instalar para iluminar el aparcamiento situado en el exterior es necesario conocer previamente el flujo luminoso total necesario (Φ) en la superficie de dichos aparcamientos exteriores. Este flujo luminoso se calcula aplicando la siguiente formula y en ella los parámetros anteriormente obtenidos como son la iluminación media (Em), el coeficiente de utilización (η_u), el coeficiente de depreciación de las fuentes luminosas (Kd) y el coeficiente de conservación (Km); además de la superficie de la dependencia.

$$\phi = \frac{E_m \cdot S}{\eta_u \cdot k_d \cdot k_m}$$

Siendo los valores de la siguiente tabla, los obtenidos de acuerdo con los parámetros descritos anteriormente, además de la superficie exterior de la que se quiere realizar el cálculo, los cuales se tienen que aplicar en la fórmula del Flujo Luminoso Total anterior:



Valores de sustitución.

E_m (lux)	Km	Kd	ηu	S (m ²)
10	0,75	0,8	0,45	225

NÚMERO TOTAL DE SISTEMAS DE ILUMINACIÓN NECESARIOS

Una vez calculado el Flujo Luminoso Total, calculamos el número de lámparas necesarias a colocar dividiendo este valor de flujo total luminoso entre el flujo luminoso de lámpara escogida.

Número de lámparas= Flujo luminoso/ Flujo de lámpara

15.2.4. EFICIENCIA ENERGETICA

Una vez determinada el tipo de lámpara utilizada para esta iluminación, así como la cantidad de luminarias necesarias para este fin, se comprueba que la lámpara y el cálculo realizado cumplen lo establecido en el *Reglamento de Eficiencia Energética para Alumbrado Exterior*. Según este reglamento, para aparcamientos en general, el valor de la eficiencia energética mínima, ϵ (m²*lux/W), se obtiene de la siguiente tabla en función de la iluminancia media, E_m (lux):

Valores de Eficiencia Energética

Iluminancia media en servicio E_m (lux)	EFICIENCIA ENERGÉTICA MÍNIMA $\left(\frac{m^2 \cdot lux}{W}\right)$
≥ 30	22
25	20
20	17,5
15	15
10	12
$\leq 7,5$	9,5
Nota - Para valores de iluminancia media proyectada comprendidos entre los valores indicados en la tabla, la eficiencia energética de referencia se obtendrán por interpolación lineal	

Se obtiene un valor de eficiencia energética, ϵ , de 12 m²*lux/W

15.2.5. EFICIENCIA ENERGETICA DE REFERENCIA

Del mismo modo, se obtiene el valor de la eficiencia energética de referencia, ϵ_R (m²*lux/W), en la siguiente tabla:



Valores de Eficiencia Energética de Referencia

Alumbrado vial ambiental y otras instalaciones de alumbrado	
Iluminancia media en servicio proyectada E_m (lux)	Eficiencia energética de referencia ϵ_R $\left(\frac{m^2 \cdot lux}{W} \right)$
--	--
--	--
≥ 20	13
15	11
10	9
7,5	7
≤ 5	5

Obteniendo un valor de eficiencia energética de referencia, ϵ_R , de 9 m²*lux/W.

15.2.6. INDICE DE CONSUMO ENERGÉTICO

$$I\epsilon = \frac{\epsilon}{\epsilon_R}$$

Con ese valor de índice de eficiencia energético y aplicándole la inversa, se obtiene el índice de consumo energético, ICE.

$$ICE = \frac{1}{I\epsilon}$$

Este índice de consumo energético, ICE, es un valor que tabulado en el *Reglamento de Eficiencia Energética para Alumbrado Exterior*, donde se caracteriza el consumo energético de la instalación mediante una escala de siete letras que va desde la letra A (instalación más eficiente y con menor consumo de energía) hasta la letra G (instalación menos eficiente y con mayor consumo de energía). Como se comprueba en la tabla, esta instalación de alumbrado exterior tiene un tipo de instalación B.



Valor del índice de consumo energético

Calificación Energética	Índice de consumo energético	Índice de Eficiencia Energética
A	$ICE < 0,91$	$IE > 1,1$
B	$0,91 \leq ICE < 1,09$	$1,1 \geq IE > 0,92$
C	$1,09 \leq ICE < 1,35$	$0,92 \geq IE > 0,74$
D	$1,35 \leq ICE < 1,79$	$0,74 \geq IE > 0,56$
E	$1,79 \leq ICE < 2,63$	$0,56 \geq IE > 0,38$
F	$2,63 \leq ICE < 5,00$	$0,38 \geq IE > 0,20$
G	$ICE \geq 5,00$	$IE \leq 0,20$

Calificación Energética



15.2.7. ALTURA DE INSTALACIÓN

La altura a la que deberemos situar los sistemas de iluminación necesarios, en cierto modo depende de la potencia luminosa instalada, por lo que deberemos de tener presente la siguiente tabla:

Alturas determinadas

Potencia luminosa (lúmenes)	Altura de la luminaria (metros)
3000 a 9000	6,5 a 7,5
9.000 a 19.000	7,5 a 9
> 19.000	> 9



Como los sistemas de iluminación que se han escogido para este tipo de iluminación poseen una potencia luminosa de 1.500 lúmenes y de acuerdo con la tabla anterior, se va a considerar una altura de colocación de las luminarias de 8 metros de altura.

15.3. INSTALACIÓN DE BAJA TENSIÓN

15.3.1. FÓRMULAS GENERALES

Emplearemos las siguientes:

Sistema Trifásico

$$I = \frac{P_c}{1,732 \times U \times \cos\Phi} \times \eta = \text{amp (A)}$$

$$e = \left(\frac{L \times P_c}{k \times U \times n \times S \times \eta} \right) + \left(\frac{L \times P_c \times X_u \times \sin\Phi}{1000 \times U \times n \times \eta \times \cos\Phi} \right) = \text{voltios (V)}$$

Sistema Monofásico:

$$I = \frac{P_c}{1,732 \times U \times \cos\Phi} \times \eta = \text{amp (A)}$$

$$e = \left(\frac{2 \times L \times P_c}{k \times U \times n \times S \times \eta} \right) + \left(\frac{2 \times L \times P_c \times X_u \times \sin\Phi}{1000 \times U \times n \times \eta \times \cos\Phi} \right) = \text{voltios (V)}$$

En donde:

P_c = Potencia de Cálculo en Vatios.

L = Longitud de Cálculo en metros.

e = Caída de tensión en Voltios.

K = Conductividad.

I = Intensidad en Amperios.

U = Tensión de Servicio en Voltios (Trifásica ó Monofásica).

S = Sección del conductor en mm².

Cos Φ = Coseno de fi. Factor de potencia.

η = Rendimiento. (Para líneas motor).

n = Nº de conductores por fase.

X_u = Reactancia por unidad de longitud en mΩ/m.

15.3.2. FÓRMULAS DE CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

Emplearemos las siguientes:



$$K = \frac{1}{\rho}$$

$$\rho = \rho_{20}[1 + \alpha (T - 20)]$$

$$T = T_0 + [(T_{\max} - T_0) * (\frac{I}{I_{\max}})^2]$$

Siendo:

K = Conductividad del conductor a la temperatura T.

ρ = Resistividad del conductor a la temperatura T.

ρ_{20} = Resistividad del conductor a 20°C.

Cu = 0.018

Al = 0.029

α = Coeficiente de temperatura:

Cu = 0.00392

Al = 0.00403

T = Temperatura del conductor (°C).

T_0 = Temperatura ambiente (°C):

Cables enterrados = 25°C

Cables al aire = 40°C

$T_{\max}$ = Temperatura máxima admisible del conductor (°C):

XLPE, EPR = 90°C

PVC = 70°C

I = Intensidad prevista por el conductor (A).

$I_{\max}$ = Intensidad máxima admisible del conductor (A).

15.3.3. FÓRMULAS DE CORTOCIRCUITO

Emplearemos las siguientes:

$$I_{pccI} = \frac{Ct U}{\sqrt{3} Z_t}$$

Siendo:

I_{pccI} : intensidad permanente de c.c. en inicio de línea en kA.

Ct: Coeficiente de tensión.

U: Tensión trifásica en V.

Z_t : Impedancia total en mohm, aguas arriba del punto de c.c. (sin incluir la línea o circuito en estudio).

$$I_{pccF} = \frac{Ct U_F}{2 Z_t}$$



Siendo:

I_{pccF} : Intensidad permanente de c.c. en fin de línea en kA.

C_t : Coeficiente de tensión.

U_F : Tensión monofásica en V.

Z_t : Impedancia total en mohm, incluyendo la propia de la línea o circuito (por tanto es igual a la impedancia en origen mas la propia del conductor o línea).

La impedancia total hasta el punto de cortocircuito será:

$$Z_t = \sqrt{(R_t^2 + X_t^2)}$$

Siendo:

R_t : $R_1 + R_2 + \dots + R_n$ (suma de las resistencias de las líneas aguas arriba hasta el punto de c.c.)

X_t : $X_1 + X_2 + \dots + X_n$ (suma de las reactancias de las líneas aguas arriba hasta el punto de c.c.)

$$R = \frac{L \cdot 1000 \cdot C_R}{K \cdot S \cdot n} \quad (\text{mohm})$$

$$X = \frac{X_u \cdot L}{n} \quad (\text{mohm})$$

R : Resistencia de la línea en mohm.

X : Reactancia de la línea en mohm.

L : Longitud de la línea en m.

C_R : Coeficiente de resistividad.

K : Conductividad del metal.

S : Sección de la línea en mm².

X_u : Reactancia de la línea, en mohm por metro.

n : nº de conductores por fase.

$$t_{mcicc} = \frac{C_c \cdot S^2}{I_{pccF}^2}$$

Siendo:

t_{mcicc} : Tiempo máximo en sg que un conductor soporta una I_{pcc} .

C_c = Constante que depende de la naturaleza del conductor y de su aislamiento.

S : Sección de la línea en mm².

I_{pccF} : Intensidad permanente de c.c. en fin de línea en A.

$$t_{ficc} = \frac{cte.fusible}{I_{pccF}^2}$$

Siendo:

tficc: tiempo de fusión de un fusible para una determinada intensidad de cortocircuito.

IpccF: Intensidad permanente de c.c. en fin de línea en A.

$$L_{max} = \frac{0,8 U_F}{2 \cdot I_{F5} \cdot \sqrt{(1,5 / K \cdot S \cdot n)^2 + (Xu / n \cdot 1000)^2}}$$

Siendo:

Lmax: Longitud máxima de conductor protegido a c.c. (m) (para protección por fusibles)

U_F : Tensión de fase (V)

K: Conductividad

S: Sección del conductor (mm²)

Xu: Reactancia por unidad de longitud (mohm/m). En conductores aislados suele ser 0,1.

n: nº de conductores por fase

$C_t = 0,8$: Es el coeficiente de tensión.

$C_R = 1,5$: Es el coeficiente de resistencia.

I_{F5} = Intensidad de fusión en amperios de fusibles en 5 sg.

Curvas válidas. (Para protección de Interruptores automáticos dotados de Relé electromagnético).

CURVA B IMAG = 5 In

CURVA C IMAG = 10 In

CURVA D Y MA IMAG = 20 In

15.3.4. FORMULAS DE EMBARRADOS

Cálculo electrodinámico

$$\sigma_{\max} = \frac{I_{pcc} \cdot L^2}{(60 \cdot d \cdot W_y \cdot n)}$$

Siendo:

 $\sigma_{\max}$: Tensión máxima en las pletinas (kg/cm^2)

I_{pcc} : Intensidad permanente de c.c. (kA)

L: Separación entre apoyos (cm)

d: Separación entre pletinas (cm)

n: nº de pletinas por fase

Wy: Módulo resistente por pletina eje y-y (cm³)

σ_{adm} : Tensión admisible material (kg/cm²)



Comprobación por solicitación térmica en cortocircuito

$$I_{cccs} = \frac{Kc \cdot S}{(1000 \cdot \sqrt{tcc})}$$

Siendo:

I_{pcc} : Intensidad permanente de c.c. (kA)

I_{cccs} : Intensidad de c.c. soportada por el conductor durante el tiempo de duración del c.c. (kA)

S: Sección total de las pletinas (mm²)

tcc: Tiempo de duración del cortocircuito (s)

Kc: Constante del conductor: Cu = 164, Al = 107

16. EJEMPLO DISEÑO EMBARRADO

En este ejemplo, vamos a ver cómo calcular el embarrado principal del parque de 132 kV. Tanto el embarrado secundario, como los embarrados principales y secundarios del parque de 66 kV se calculan exactamente igual, exceptuando en estos dos últimos los parámetros iniciales, los cuales se dirán en este ejemplo también cómo calcularlos.

Partimos de nuestra tensión nominal de la red 132 kV y su tensión más elevada del material que son 145 kV. Estos datos pueden ser obtenidos del MIE-RAT. Con estas tensiones, somos grupo B en condición de aislamiento. Para dicho grupo B se deduce 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.

Esto se deduce de la siguiente Tabla:

Tensión más elevada para el material, U_m (kV)	Tensión soportada nominal a los impulsos tipo rayo (kV)	Tensión soportada nominal de corta duración a frecuencia industrial (kV)
52	250	95
72,5	325	140
123	550	230
145	650	275
170	750	325
245	1050	460



Para calcular las distancias que hay que adoptar en los pasillos, con elementos de tensión, etc nos basamos en la MIE-RAT 15.

Según la instrucción técnica complementaria MIE RAT 15, para los pasillos de servicio, se deben cumplir las siguientes medidas:

Pasillos de maniobra con elementos en tensión a un lado, 1m.
Pasillos con elementos en tensión a ambos lados, 1,2m.
Pasillos de inspección con elementos en tensión a un lado, 0,8m.
Pasillos con elementos en 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 MIE-RAT-12 y MIE-RAT-15. Según esta, la altura “H” en centímetros a la que deben ubicarse los elementos en tensión no protegidos es:

$$H = 250 + d \quad \mathbf{H=250+130=380cm}$$

Siendo “d” la distancia expresada en centímetros, obtenida de MIE RAT 12. Por tanto, se obtiene que para el parque de 132kV, se obtiene una “d” de 130 cm, en el caso más desfavorable.

Según la instrucción técnica complementaria MIE RAT 15, se deben establecer unos sistemas de protección que deben mantener unas distancias horizontales mínimas con los elementos en tensión. Estas son:

De los elementos en tensión a paredes macizas de 180 cm de altura mínima:

$$B = d + 3 \quad \mathbf{B=130+3=133cm}$$

De los elementos en tensión a enrejados de 180 cm de altura mínima:

$$C = d + 10 \quad \mathbf{C=130+10=140cm}$$

De los elementos en tensión a cierres de cualquier otro tipo:

$$E = d + 30 \quad \mathbf{E=130+30=160cm}$$

Dado que el valor de “d” en el caso más desfavorable es de 130 cm

Distancias en horizontal del elemento de tensión hasta el cierre del recinto cuando este es una pared maciza:

$$F = d + 100 \quad \mathbf{F=130+100=230cm}$$



De los elementos en tensión al cierre cuando este es un enrejado:

$$G = d + 150 \quad G=130+150=280\text{cm}$$

Siendo “d” en ambos casos de valor 130, y considerando que en el parque de 132kV no hay ningún cierre de recinto de tipo macizo.

Todas estas distancias se pueden ver en el apartado de Planos.

Posteriormente, continuamos con los cálculos eléctricos del parque de 132 kV.

Intensidades nominales

En ese caso, siendo la potencia de la transformación de 70 MVA, la corriente máxima que circulará por un circuito en caso de fallo o mantenimiento del otro será:

$$\text{Intensidad} = \frac{\text{Potencia}}{\sqrt{3} * \text{Tensión}} = \frac{70000000}{\sqrt{3} * 132000} = 306.17\text{A}$$

Para el caso de los embarrados secundarios, la corriente máxima que circulará, será solo la de una de las posiciones de transformación.

$$\text{Intensidad} = \frac{\text{Potencia}}{\sqrt{3} * \text{Tensión}} = \frac{35000000}{\sqrt{3} * 132000} = 153.08\text{A}$$

Intensidad de Cortocircuito

Los datos calculados de la intensidad de cortocircuito en la parte de 132 kV son de 1.58 kA. Este dato se ha calculado teniendo en cuenta la resistencia ofrecida por la línea aérea, subterránea y la impedancia que obtenemos con la potencia de cortocircuito.

$$Z_{cc} = \frac{132000}{500\text{MVA}} = 34.84\Omega$$

$$Z_{cc \text{ total}} = 34.84 + 10.79 + 2.82 = 48.46\Omega$$

$$\text{intensidad de corto} = \frac{132000}{48.46 * \sqrt{3}} = 1.58\text{A}$$

Nuestra intensidad de Cortocircuito será impuesta por la norma UNE 60865, que tiene un poder de corte de 40kA. Con un tiempo de despeje de 0.5 segundos.

Una vez obtenidos estos parámetros, vemos la configuración que vamos a utilizar. En este caso utilizaremos las siguientes características:



Los embarrados principales del parque de 132kV serán tubos de aluminio de 150/134 mm de diámetro, cuyas características son las siguientes:

Aleación	AlMgSiO, 5 F22
Diámetro exterior.....	150 mm
Diámetro interior	134 mm
Sección total del conductor.....	3569 mm ²
Peso propio.....	9,63 kg/m
Momento de inercia.....	902 cm ⁴
Momento resistente.....	120 cm ³
Módulo de Young.....	70.000 N/mm ²
Límite de fluencia.....	160 N/mm ²
Coeficiente de dilatación.....	0,023 mm/m°C
Carga de rotura.....	215 N/mm ²
Intensidad máxima admisible.....	4408 A

La intensidad máxima admisible para estos tendidos es de 4408 A, equivalente a una potencia nominal en el embarrado de:

$$S = \sqrt{3} * 132 * 4,408 = 1007MVA$$

Como podemos comprobar, esta potencia que soporta el embarrado es mucho mayor que la potencia que queremos transportar

Además estos embarrados cuentan con unos aisladores de soporte C6-650, cuyas características mecánicas con las siguientes:

Carga de rotura a flexión.....	6000 N
Carga de rotura a torsión.....	3000 N
Altura del aislador.....	1500 mm
Diámetro del aislador.....	172 mm
Tensión nominal	132 kV
Tensión máxima del material..	650 kV
Tensión soportada bajo lluvia ..	275 kV

Cálculos mecánicos embarrado

Teniendo en cuenta los siguientes parámetros:

Velocidad del viento = 140 km/h



Presión equivalente = 945 N/m^2

Longitud del vano: 14 metros.

Distancia entre las fases: 4 metros.

$$I_{cc} = 40 \text{ kA}$$

Nos disponemos a conocer las respuestas mecánicas de los embarrados principales. El poder de cierre de los interruptores. Dicha intensidad de cresta se calcula con la siguiente ecuación:

$$I_p = \chi \cdot \sqrt{2} \cdot I_{cc}$$

Siendo,

$$\chi = 1,02 + 0,98 \cdot e^{-3k}$$

$$\chi = 1.02 + 0.98 * e^{-3*0.358}=1.35$$

$$I_p = 1.35 * \sqrt{2} * 40 = 76.63 \text{ kA}$$

k, es la relación de impedancias equivalentes del sistema en el punto de cortocircuito, que para la red de transporte en este nivel de tensión, vale 0,358.

Tensión en el tubo

Para calcular la tensión total que soporta el tubo, se tendrán en cuenta los esfuerzos producidos por el viento, por el peso propio del tubo y por cortocircuitos.

Esfuerzos por viento:

El esfuerzo producido por el viento dependerá de la presión que el mismo ejerza sobre el tubo y del diámetro externo del mismo. Se calculará para el caso más desfavorable de vientos de 140 km/h.

El esfuerzo del viento sobre el tubo será:

$$F_f = p_f \cdot D$$

$$F_f = 945 * 0.15 = 141.75 \text{ N}$$

Siendo,

p_v : la presión del viento, con un valor de 945 N/m^2

D : el diámetro exterior del tubo, con un valor de 150 mm.

Esfuerzos por el peso propio del tubo:



El esfuerzo del peso sobre el tubo, será el relativo al peso del propio tubo F_{pp} , más el peso del cable de unión con la aparamenta, F_{ca} :

$$F_p = F_{pp} + F_{ca}$$

Para calcular F_{pp} , se utiliza la siguiente ecuación:

$$F_{pp} = P_{pt} \cdot g$$

$$F_{pp} = 9.63 \cdot 9.81 = 94.47 \text{ N/m}$$

En la cual:

P_{pt} ; se refiere al peso propio del tubo, que toma un valor de 9,63 kg/m

g , es la constante de gravitación, que vale 9,81 m/s².

Por otro lado, se debe calcular el esfuerzo debido al peso de cable de unión con la aparamenta, este, de tipo Lapwing, genera un esfuerzo de:

$$F_{ca} = 20,93 \text{ N/m}$$

$$F_p = 20.93 + 94.47 = 115.4 \text{ N/m}$$

Esfuerzos por cortocircuito

El mayor esfuerzo ocasionado por la corriente de cortocircuito se dará en la fase del medio, por estar situada entre las otras dos fases. La fuerza estática F_c por unidad de longitud entre dos conductores paralelos recorridos por una corriente, se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$F_c = 0,866 \cdot \frac{\mu_0 \cdot I_p^2}{2 \cdot \pi \cdot a}$$

$$F_c = 0.866 \cdot \frac{4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \cdot 40^2}{2 \cdot \pi \cdot 4} = 254.33 \text{ N/m}$$

Siendo:

$$\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{V} \cdot \text{S}}{\text{A} \cdot \text{m}}$$

a : la distancia entre las fases, en este caso, 4 metros.

I_p : la intensidad de cresta previamente calculada.

Una vez que tenemos calculada esta fuerza, se le deben aplicar dos coeficientes que tienen en cuenta los efectos de la frecuencia de vibración del tubo. Dichos esfuerzos son:

$$V_\sigma = 0,756 + 4,49 \cdot e^{-1,68k} + 0,54 \cdot \log \frac{f_c}{f}$$



$$V_r = 1 - 0,615 \cdot \log \frac{f_c}{f}$$

$$V_\sigma = 0.756 + 4.49 * e^{-1.68*1.6} + 0.54 * \log \frac{2.051}{50} = 0.31$$

$$V_r = 1 - 0.615 * \log \frac{2.051}{50} = 1.85$$

De estos dos coeficientes el primero de ellos tiene en cuenta el efecto dinámico, y el segundo el reenganche de la línea. Se pueden obtener de la gráfica proporcionada en la norma UNE 60865

Para calcularlos, hay que calcular previamente la frecuencia de vibración del tubo, f_c :

$$F_c = \frac{\gamma}{l^2} * \sqrt{\frac{E * l}{m}} = \frac{1.57}{14^2} * \sqrt{\frac{70000 * 14}{9.63}} = 2.051 \text{ Hz}$$

Siendo,

γ : coeficiente de tubo y los apoyos, que toma un valor de 1,57.

l : longitud del vano, en este caso 14 metros.

E : módulo de Young del material, en este caso 70.000 N/mm²

I : inercia de la sección, que toma el valor de 902 cm⁴

m : es la masa unitaria del tubo, incluido el cable de unión, que valdrá, 9,63 kg/m

Ahora que ya tenemos calculada la frecuencia de vibración, se pueden determinar los coeficientes previamente mencionados, asumiendo, según tablas de la norma UNE 60865, que k toma un valor de 1,6. Sustituyendo en las ecuaciones obtenemos los siguientes valores:

Una vez conocidos dichos valores, los aplicamos a la fuerza de cortocircuito previamente calculada, y la multiplicamos también por un coeficiente relativo a la disposición de los apoyos, que según la norma UNE 60685 vale 0,5.

$$F_c = 254.32 * 1.85 * 0.31 * 0.5 = 73.61 \text{ N/m}$$

Tensión total en el tubo

Una vez calculados todos los esfuerzos que soporta el tubo, se calcula la tensión de trabajo del tubo, producida por cada uno de dichos esfuerzos.

Dicha tensión, se calcula mediante la siguiente expresión:



$$\sigma = \sum_i \frac{1}{8} \frac{P \cdot l^2}{W}$$

Siendo,

i: el número de vanos.

l: la longitud de los vanos.

P: la carga que produce el esfuerzo.

W: el momento resistente del material, en este caso 120 cm³.

$$\sigma_v = \frac{2 \cdot 141.75 \cdot 14^2}{0.00012} = 57.88 N/mm^2$$

$$\sigma_p = \frac{2 \cdot 115.4 \cdot 14^2}{0.00012} = 47.12 N/mm^2$$

$$\sigma_{cc} = \frac{2 \cdot 254.32 \cdot 14^2}{0.00012} = 103.85 N/mm^2$$

Los valores de tensión en el tubo, serán la suma geométrica de la fórmula anterior aplicada a los valores de Viento, el propio peso y el esfuerzo por cortocircuito.

$$\sigma_{total} = \sqrt{(\sigma_v + \sigma_c)^2 + \sigma_{pp}^2} = \sqrt{(57.88 + 103.85)^2 + 47.12^2} = 168.45 N/mm^2$$

Según la normativa aplicada, el tubo soportará los esfuerzos producidos sobre él, si se cumple que:

$$\sigma_{total} \leq q \cdot R_p$$

$$168.45 \leq 1.34 \cdot 160$$

Se comprueba que cumple dicho requisito

Siendo,

q: un factor geométrico que muestra la resistencia del conductor y que depende de la sección del mismo. Según la normativa aplicada, para tubos cilíndricos se debe aplicar la siguiente ecuación:

$$q = 1,7 \cdot \frac{1 - (1 - 2 \cdot \frac{S}{D})^3}{1 - (1 - 2 \cdot \frac{S}{D})^4}$$



$$q = 1.7 * \frac{1 - \left(1 - 2 * \frac{8}{150}\right)^3}{1 - \left(1 - 2 * \frac{8}{150}\right)^4} = 1.34$$

Donde s, es el espesor de la pared del tubo, cuyo valor es 8 mm y D, es el diámetro exterior, cuyo valor es 150 mm.

R_p : que es el límite de fluencia del material del tubo, cuyo valor es 160 N/mm².

Reacciones sobre aisladores de soporte

Según indica la norma UNE 60865, el máximo esfuerzo en el vano considerado se da en los aisladores intermedios, por lo que se aplica un factor de reparto de esfuerzos en el soporte de valor 0,5. Los esfuerzos que tiene que soportar el aislador son todos de tipo horizontal y se tratan de los siguientes:

Viento sobre el tubo.

Se obtiene multiplicando el coeficiente del esfuerzo del viento por el coeficiente de reparto de 0,5 anteriormente mencionado, por la longitud del vano de 14 metros.

$$F_v = 0.5 * 14 * 141.75 = 992.25 \text{ N/m}$$

Esfuerzos por cortocircuito.

Se obtiene multiplicando el esfuerzo de cortocircuito anteriormente calculado por el coeficiente de reparto de 0,5 anteriormente mencionado, por la longitud del vano de 14 metros.

$$F_{cc} = 0.5 * 14 * 254.32 = 1780.28 \text{ N/m}$$

Viento sobre el aislador

El esfuerzo ocasionado por el viento sobre el propio aislador, según la norma UNE 60865, se debe calcular mediante la siguiente ecuación:

$$F_{va} = L_a \cdot D_a \cdot P_v \cdot \alpha \quad F_{va} = 14 * 0.5 * 945 * 0.236 = 167.26 \text{ N/m}$$

Siendo

L_a: la longitud del aislador.



Da: el diámetro del aislador.

Pv: presión del viento, anteriormente descrita.

α : que es el coeficiente de reparto, 0,5.

Para comprobar si el aislador cumple con el coeficiente mínimo de seguridad que se exige para apoyos metálicos, se calcula el coeficiente de seguridad del aislador. Este se obtiene mediante el cociente entre la carga de rotura del aislador y la carga máxima total que soporta, y el mínimo exigido para estos apoyos metálicos es de 1,5.

$$\text{Coeficiente seguridad} = \frac{6000}{2939.8} = 2.04$$

Flecha en el tubo

Se va a calcular la flecha máxima que tendrá el tubo en su punto medio, por ser un parámetro interesante que puede aportar información útil en la evaluación del diseño de las barras.

Dicho parámetro, según la norma UNE 60865 se determina mediante la siguiente expresión:

$$f = \frac{1}{185} \cdot \frac{P \cdot l^4}{E \cdot I} \qquad f = \frac{1 \cdot 115.4 \cdot 14^4}{185 \cdot 70000 \cdot 902^{-8}} = 0.038m$$

Siendo;

P: carga vertical sobre el tubo, en esta caso de valor 115,40 N/m

l: la longitud del vano, en este caso 14 m.

E: módulo de Young del tubo, 70.000 N/mm²

I: momento de inercia de la sección del tubo, con valor 902 cm⁴.

Elongación del embarrado

El cálculo de la elongación que sufre el embarrado por efectos térmicos, se realiza para determinar si es necesaria la instalación de unas piezas elásticas que eliminarán los efectos adversos de dicha dilatación.

De acuerdo con la norma utilizada, la expresión que determina la elongación sufrida por el tubo será:



$$\Delta l = l_0 \cdot \alpha \cdot \Delta \theta$$

$$\Delta l = 14 * 0.023 * 45 = 14.49mm$$

Siendo,

l_0 : la longitud inicial del tubo, en este caso 14 metros.

α : coeficiente de dilatación lineal del tubo, que tiene un valor de 0,023 mm/m°C.

$\Delta \theta$: incremento de temperatura que se da entre la temperatura de montaje (35°C) y la temperatura de servicio (80°C), en este caso 45°C.

Dado el valor que obtenemos para este embarrado, será necesaria la instalación de unas piezas especiales que absorban la dilatación.

Esfuerzo térmico en cortocircuito

El cálculo de esfuerzo térmico que sufre el tubo en caso de cortocircuito es un parámetro importante, ya que nos indica si el tubo va a soportar en caso de 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:

$$I_{\theta} = I_p \sqrt{(m + n)}$$

$$I_{\theta} = 76.63 * \sqrt{0.097 + 0.758} = 70.86kA$$

Los valores de m y n, son dos coeficientes térmicos de disipación de calor, y son coeficientes obtenidos de la norma utilizada.

Este valor, debe ser menor que la capacidad térmica del tubo, con una densidad de 120 A/mm², según normativa.

$$Ct = \text{Densidad de corriente} * \text{sección del tubo} = 3569 * 10^{-3} * 120 = 428.28 kA$$

Se puede comprobar que es menor

Cálculo del 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 U_c , la cual, para conductores cilíndricos se calcula mediante la fórmula de Peek:



$$U_c = m_c \cdot m_t \cdot \delta \cdot E_{of} \cdot r_1 \cdot \ln \frac{D}{r_1}$$

$$U_c = 1 * 1 * 0.96 * 22.85 * 150 * 10^{-3} * \ln \frac{4}{0.15} = 1088.86kV$$

En dicha ecuación,

m_c : es el coeficiente de irregularidad del conductor, que para un tubo cilíndrico y liso tiene valor 1.

m_t : es el 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, en este caso 150 mm.

D : es la distancia entre conductores, en este caso 4 metros.

δ : es el factor de correlación de densidad del aire, que se calcula:

$$\delta = \frac{3,92 \cdot H}{273 + \phi}$$

$$\delta = \frac{3.92 * 76}{273 + 35} = 0.96$$

H , es la presión atmosférica en cm de mercurio, que se tomará como 76 y ϕ es la temperatura del aire, tomada de 35°C.

E_{of} : es el valor eficaz de campo eléctrico para la aparición del efecto corona. Este valor, para conductores paralelos se calcula mediante la siguiente expresión:

$$E_{of} = \frac{30 \cdot m_c \cdot (1 + \frac{0,3}{\sqrt{r_1}})}{\sqrt{2}}$$

$$E_{of} = \frac{30 * 1 * (1 + \frac{0.3}{\sqrt{0.15}})}{\sqrt{2}} = 22.85kV/cm$$

Una vez obtenidos todos los valores, calculado la tensión crítica disruptiva, se puede calcular el valor de la tensión disruptiva. Selección de autoválvulas



Autoválvulas

Para la selección de las autoválvulas del parque de 132kV, se han seguido las especificaciones de seguridad exigidas por la R.E.E. en el ET025.

Lo primero que se debe determinar para la selección de las autoválvulas es su tensión asignada. Esta depende de la tensión más elevada del material, que en el parque de 132kV tiene un valor de 145 kV, y de tiempo de despeje a falta, que como ya se ha comentado anteriormente es de 0,5 segundos. Con estos dos parámetros y según la normativa utilizada, se determina que la mínima tensión asignada a la autoválvula debe de ser:

$$U_r \geq 0,72 \cdot U_m$$

$$U_r \geq 0.72 * 145 = 104.4kV$$

Una vez determinada la tensión mínima asignada, se debe de calcular la línea de fuga mínima, que según la normativa, viene determinada por la siguiente expresión:

$$L_{fuga} = L_{min} \cdot U_m$$

$$L_{fuga} = (25 * 145) * 10^{-3} = 3.625m$$

Siendo:

L_{min} : la longitud mínima específica, que para zonas de alta contaminación se considera 25 mm/kV.

U_m : la tensión más elevada del materia, que para el parque de 132 kV, vale 145 V.

La válvula seleccionada que cumple con estas especificaciones será una de clase 3 EXLIM Q36-E145, cuya tensión residual toma el valor de 254kV, tiene una línea de fuga de 5302 mm. Dichos valores, cumplen con los requeridos según los cálculos realizados.

Una vez seleccionada la autoválvula, se puede determinar la energía que deberá absorber en caso de sobretensiones. Esta viene determinada por la siguiente expresión:

$$W = \frac{U_L - U_{res}}{Z} \cdot U_{res} \cdot 2T \cdot n$$

$$W = \frac{3 * 145 - 254}{400} * 254 * 2 * 94.05 * 2 = 43.23kJ$$

Siendo:



W: La energía absorbida por la autoválvula.

U_L : Sobretensión eventual sin pararrayos (kV), que tendrá el valor de 3 veces la tensión más elevada. Este valor viene determinado por la tabla siguiente.

U_{RES} : Tensión residual de la autoválvula.

Z: resistencia de la autoválvula (ohm), que tendrá un valor de 400 ohm. Este valor viene determinado por la tabla 3.

N: es el número consecutivo de descargas posibles, que según la norma UNE 60855, se toma como 2, por seguridad.

T: es el tiempo de propagación de la onda, que se calcula según la siguiente expresión:

$$T = l/v$$

$$T=28,215/0.3=94.05 \cdot 10^{-6} \text{ S}$$

donde, l, se refiere a la longitud de la línea hasta el entronque, y v a la velocidad de propagación, que toma un valor constante de 0,3 km/ μ s. Como longitud hasta el entronque al ser por el momento un dato desconocido, ya que debe ser facilitado por el propietario de la línea de transporte a la que se conectará el parque, se va a tomar un valor de 28,115 km para los cálculos.

Tensión más elevada de 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
345 – 525	350	2 , 6
>525	300	2,2

Fuente: elaboración propia, datos extraídos de R.E.E., ET025

Las especificaciones de la autoválvula seleccionada, EXLIM Q36-E145, establecen que dicha autoválvula es capaz de disipar hasta 7,8 KJ/kV, por tanto es la elección correcta para el parque de 132kV.

Los demás embarrados se calculan exactamente igual a este ejemplo, exceptuando las corrientes de cortocircuito de los embarrados del parque de 66kV.



Corrientes de cortocircuito del parque de 66 kV

Los parámetros de tensión de base y potencia base son:

$$U_b = 132 \text{ kV}$$

$$S_b = 70 \text{ MVA}$$

$$I_{cc} = 1.57 \text{ kA}$$

$$S_{cc} = 359.5 \text{ MVA}$$

La reactancia de dispersión de cada uno de los transformadores, como se indica en la hoja de características del transformador, es del 12%. Reduciéndolo a su valor por unidad se obtiene

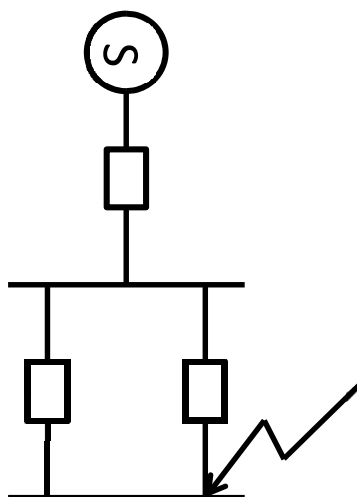
$$X_{T \text{ p.u.}} = X_T \cdot \frac{\frac{V_T}{S_T^2}}{\frac{V_B}{S_B^2}}$$

$$X_{tp.u.} = 0.12 * \frac{\frac{132 * 10^3}{(70 * 10^6)^2}}{\frac{132 * 10^3}{(70 * 10^6)^2}} = 0.12 \text{ p.u.}$$

$$X_{equivalente} = \frac{70}{359.5} = 0.1947 \text{ p.u.}$$

$$X_{total} = 0.1947 * \frac{0.12 * 0.12}{0.12 + 0.12} = 0.2547 \text{ p.u.}$$

Por tanto, se obtiene un esquema equivalente en p.u. como el siguiente:



La reactancia equivalente total del circuito saldrá de la asociación de las tres reactancias que de las que se disponen. Obteniéndose por tanto una potencia de cortocircuito en las barras del parque de baja tensión.

$$S_{cc} = \frac{70}{0.1} = 274.81 \text{ MVA}$$



Y por consiguiente, una corriente de cortocircuito en las barras del secundario.

$$I_{cc} = \frac{274.81}{\sqrt{3} * 66000} = 2.4kA$$

A pesar de los anteriores valores de cortocircuito obtenidos, 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. En este caso, la corriente de cortocircuito de diseño del parque de 66kV, con un tiempo de despeje de falta de 0,5 segundos.

Cálculo de las tierras de la subestación

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.

El conductor será un hilo desnudo de cobre. Según MIE RAT 13, la sección mínima de dicho hilo será de 25 mm².

Para la determinación dicha sección, se utilizará la expresión que indica el estándar IEEE 80, que para conductores de cobre es la siguiente:

$$A = I \cdot \frac{1}{\sqrt{\frac{T_{CAP} \cdot 10^{-4}}{t_c \cdot \alpha_r \cdot \rho_r} \ln \left(\frac{K_0 + T_m}{K_0 + T_a} \right)}}$$

Siendo:

I=28 kA, la corriente de falta a tierra considerada para el diseño de la malla.

t_c =1 segundo, tiempo de despeje de la falta.

T_m = 1084 °C, la temperatura máxima admisible del conductor.

T_a = 40°C, la temperatura ambiente.

T_{CAP} = 3,42 K/cm³°C, la capacidad térmica del conductor

α_r = 0,00381 °C⁻¹, coeficiente térmico de resistividad a 20°C

ρ_r = 1,78 μΩ cm; resistencia del conductor a 20°C

K₀ = 262 °C, inverso del coeficiente térmico de resistividad

$$A = 28 * \frac{1}{\sqrt{\frac{3.42*10^{-4}}{1*0.00381*1.78} * \ln \left(\frac{262+1084}{262+40} \right)}} = 148.31mm^2$$

Esto supone un diámetro de 13.74mm

Resistencia de puesta a tierra

La resistencia de puesta a tierra se calcula mediante la siguiente expresión:



$$Rg = \rho \left(\frac{1}{L} + \frac{1}{\sqrt{20 * A}} \left(1 + \frac{1}{1 + h \left(\sqrt{\frac{20}{A}} \right)} \right) \right)$$

$$= 300 \left(\frac{1}{2805} + \frac{1}{\sqrt{20 * 13800}} \left(1 + \frac{1}{1 + 0.6 \left(\sqrt{\frac{20}{148.31}} \right)} \right) \right) = 1.15 \Omega$$

Siendo:

$\rho = 300 \Omega m$, la resistividad del terreno

$L = 2805 m$; la longitud del conductor enterrado

$h = 0,6 m$, la profundidad a la que se entierra el conductor

$A = 13800 m^2$, superficie que ocupa la malla

Cálculos eléctricos. Tensiones de paso y contacto

Para determinar las tensiones de paso contacto máximas admisibles se utilizan las siguientes expresiones, establecidas por la instrucción técnica complementaria MIE RAT 13:

Tensión de paso:

$$Up = 10 * Uca * \left(1 + \frac{2*2000+6*300}{1000} \right) = 7276V$$

Tensión de contacto:

$$Uc = Uca * \left(1 + \frac{\frac{2000}{2} + 1.5 * 3000}{1000} \right) = 695.5V$$

Siendo,

Uca : Valor admisible de la tensión de contacto aplicada que es función de la duración de la corriente de falta. En nuestro caso 107V

$Ra1$: Resistencia del calzado. Se suele tomar 2000 Ω

$\rho_s = 3000 \Omega m$, es la resistividad del hormigón.

Además, como para la determinación de las tensiones de paso y contacto de la subestación se va a seguir el procedimiento IEEE 802000, se calcularán las tensiones de paso y contacto máximas que este dictamina.

Según este, las tensiones de paso y contacto máximas serán, para una persona de 70 kg:



$$V_p = (1000 + 6 * 0.81 * 3000) * \left(\frac{0.157}{\sqrt{0.5}} \right) = 3465V$$

$$V_p = (1000 + 1.5 * 0.81 * 3000) * \left(\frac{0.157}{\sqrt{0.5}} \right) = 1032.8V$$

Siendo:

$$C_s = 1 - 0.106 * \left(\frac{1 - \frac{300}{3000}}{2 * 0.2 + 0.106} \right) = 0.81$$

Donde:

$\rho = 300 \Omega m$, la resistividad del terreno.

$\rho_s = 3000 \Omega m$, la resistividad de la gravilla.

$h_s = 0,2$ m espesor del hormigón

$t_s = 0,5$ segundos, tiempo de despeje de falta.

Ahora que están determinadas las tensiones de paso y contacto máximas admisibles según las características del terreno y la corriente de falta, se deben calcular las tensiones de paso y contacto propias de la subestación diseñada y comprobar si están por debajo de las máximas admisibles.

Para dicho cálculo se seguirá el procedimiento establecido por IEEE 80-2000.

Utilizando este estándar, se pueden calcular unos valores previstos de tensiones de paso y contacto para unos determinados niveles de falta, y para un diseño previo de la malla de la red de tierras.

Todas las variables que van a influir en el cálculo de las tensiones de paso y contacto relativas a la subestación, son variables referidas a la geometría de la red de tierras, o a propiedades del terreno. Todas ellas van a ser definidas antes de resolver los cálculos de las ecuaciones anteriores:

$\rho = 300 \Omega m$, la resistividad del terreno.

$I_c = 28$ kA, la corriente de falta

$L = 2805$ m, es la longitud total del conductor enterrado.

$A = 13800$ m², es el área que ocupa la malla enterrada.

$L_p = 510$ m, es la longitud del perímetro de la malla.

$L_x = 120$ m, es la longitud máxima de la malla en el eje x.

$L_y = 135$ m, es la longitud máxima de la malla en el eje y.

$D_m = 180,6$ m, es la máxima distancia que hay entre puntos de unión de la malla.

$D = 12,75$ m, es el espacio medio entre los conductores de la malla.

$d = 0,0014$ m, es el diámetro del conductor.

Una vez definidos todos los parámetros que se usarán en el cálculo, se puede proceder a calcular.



Tensión de paso:

$$V_p = \rho \cdot K_s \cdot K_i \cdot K_{ii} \cdot \frac{I_c}{L}$$

$$V_p = 300 \cdot 0.314 \cdot 2.27 \cdot 1 \cdot \frac{28}{2805} = 2137.66V$$

K_s , es el factor de espaciamiento para la tensión de paso. Dicho factor se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$K_s = \frac{1}{\pi} * \left(\frac{1}{2 * 0.6} + \frac{1}{12.75 + 0.6} + \frac{1}{12.75} * (1 - 0.5^{11-2}) \right) = 0.314$$

K_{ii} , que es el factor de corrección por ubicación.

K_i , es el factor de corrección de la geometría de la malla y se determina mediante la siguiente expresión:

$$K_i = 0.644 + (0.148 * 11) = 2.27$$

A su vez, en la ecuación anterior, n es el factor de geometría, y se calcula mediante la ecuación:

$$n = n_a \cdot n_b \cdot n_c \cdot n_d$$

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:

$$n_a = \frac{2 \cdot L}{L_p}$$

$$n_a = \frac{2 * 2805}{510} = 11$$

$$n_b = \sqrt{\frac{L_p}{4\sqrt{A}}}$$

$$n_b = \sqrt{\frac{510}{4 * \sqrt{16200}}} = 1$$

$$n_c = \left(\frac{Lx \cdot Ly}{A} \right)^{\frac{0.7 \cdot A}{Lx \cdot Ly}} = \left(\frac{120 \cdot 135}{16200} \right)^{\frac{0.7 \cdot 16200}{120 \cdot 135}} = 1$$



$$nd = \frac{Dm}{\sqrt{Lx^2 + Ly^2}} = \frac{180.6}{\sqrt{120^2 + 135^2}} = 0.99$$

$$N = 0.99 * 1 * 1 * 11 = 11$$

Tensión de contacto

$$V_c = \rho \cdot K_m \cdot K_i \cdot \frac{I_g}{L}$$

$$V_c = 300 * 0.864 * 2.27 * \frac{28000}{2805} = 5881.75V$$

K_i , es el factor de corrección de la geometría de la malla determinado anteriormente.

K_m : es el factor de espaciamento para tensión de malla, y se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$K_m = \frac{1}{2 * \pi} * \left(\ln \left(\frac{12.75^2}{16 * 0.6 * 0.0014} + \frac{(12.75 + 2 * 0.0014)^2}{8 * 12.75 * 0.0014} - \frac{0.6}{4 * 0.0014} \right) + \frac{1}{1.265} * \ln \frac{8}{\pi * (2 * 11 - 1)} \right) = 0.864$$

Siendo en esta ecuación, K_h :

$$K_h = \sqrt{1 + h}$$

$$kh = \sqrt{1 + 0.6} = 1.265$$

Nuestros valores son menores en tensiones de paso, no así en las tensiones de contacto máximas admisibles establecidas por la instrucción técnica complementaria MIE RAT 13 y por el estándar IEEE 80-2000. Por esta razón se adopta la medida de hacer un mallazo electrosoldado cubierto de hormigón y además, vallar la subestación con el fin de evitar contactos.

Adoptándose estas medidas, se puede concluir que el diseño adoptado para la malla de la red de tierras inferiores es válido.

Red de tierras superiores

La red de tierras superiores tiene por cometido la captación de las descargas atmosféricas y su conducción a la malla de red inferiores enterrada a 0,6 metros de profundidad, para que pueda ser disipada sin poner en peligro la seguridad del personal ni de la subestación.

Esta está compuesta por un conjunto de hilos de guarda, paralelos a la calle y en unos pararrayos que protegen los equipos de la subestación.

Estos hilos y pararrayos están unidos a la red de tierras inferiores a través de las estructuras metálicas que los soportan.



Las características geométricas del sistema son las siguientes:

Altura del cable de guarda en la zona baja = 11m

Altura del cable de guarda en la zona alta = 16 m

Altura de las barras = 8 m

Altura de las bornas del transformador = 4.5m

Distancia del cable de guarda al transformador = 11 m

Distancia del cable de guarda a la barra = 9 m

Para realizar el estudio se utilizarán las fórmulas propuestas por CIGRE, donde

$Y_s=1$

$Y_c=1$

Estos datos se obtienen al tener una altura del cable y altura de las barras menor a 18 m.

Una vez conseguidos los parámetros, se calcula el apantallamiento del transformador mediante las fórmulas siguientes:

$$r_s = r_c = r_g = 6.4 * I^{0.75}$$

$$a = \sqrt{r_s^2 - (r_s - h)^2} - \sqrt{r_c^2 - (r_g - y)^2} \\ = \sqrt{(6.4 * I)^2 - ((6.4 * I) - h)^2} - \sqrt{(6.4 * I)^2 - ((6.4 * I) - 4.5)^2} = 11$$

Cuando despejamos I, obtenemos

$$I = \frac{53.35^{\frac{1}{0.75}}}{6.4} = 16.9kA$$

La intensidad que tiene que descargar un rayo sobre una fase para que se produzca un cebado directo, viene dado por la ecuación:

$$\frac{Id}{2} * 400 + 145 * \sqrt{2} = 950kV$$

$Id=3.72kA$

Para que se produzca un cebado inverso, se comprueba con la siguiente ecuación

$$\frac{Id}{2} * 5 + 145 * \sqrt{2} = 950$$

$Id=305.33kA$

Las barras se hallan en medio de los cuatro cables de guarda, pero es fácil comprobar que los que mejor apantallamiento producen son los que se encuentran de forma perpendicular a la entrada de las líneas. Además se supone que esos dos cables de tierra se encuentran próximos, por lo que las zonas de acción de ambos cables cortan por encima de la zona de acción de tierra.



$$16 + y \geq 23.79$$

Con esto y las fórmulas propuestas por CIGRE, obtenemos el siguiente sistema de ecuaciones

$$\begin{aligned}(6.4 * I)^2 &= x^2 + (5 + y)^2 \\ (6.4 * I)^2 &= (23 - x)^2 + (y)^2 \\ 8 &= 11 - (6.4 * I) + \sqrt{(6.4 * I)^2 - (6.4 * I)^2}\end{aligned}$$

Despejando, tenemos

$$X=9.2616m$$

$$Y=7.795m$$

$$I=3.33kA$$

En este caso no se producirá cebado directo puesto que éste ocurre cuando la intensidad de la descarga que impacta en las barras es de más de 3.72 kA.

Las probabilidades de impacto, así como los demás cálculos están en el Excel adjunto.

Iluminación y electrificación del edificio anexo

Veremos cómo dimensionar una habitación, puesto que las demás se hacen exactamente igual.

A) Índice del local (K)

Para calcular el índice del local (K) se tiene que calcular, previamente, la altura a la que se colocan las luminarias con la siguiente fórmula:

Altura del montaje (h)

La altura de los techos a considerar en las dependencias de la nave será de 4 metros para todas las estancias.

$$h = \frac{4}{5} \cdot (h' - 0.85)$$

Siendo:

h' = altura de las estancias de la caseta. En nuestro caso 4 metros

$$h = \frac{4 * (4 - 0.85)}{5} = 2.52m$$



Una vez calculada la altura de la luminaria en cada dependencia (h), se calcula el índice del local (K) para todas las dependencias con la siguiente fórmula:

$$K = \frac{a \cdot b}{h(a+b)}$$

Para la habitación 1 con dimensiones de 7x8, el índice k es igual a:

$$k = \frac{7 * 8}{2.52 * (7 + 8)} = 1.48$$

Siendo:

h = altura de la luminaria
a = ancho de la dependencia
b = largo de la dependencia

Índice del local para cada dependencia.

<u>Dependencia</u>	<u>h</u>	<u>b</u>	<u>a</u>	<u>K</u>
Habitación 1	2.52	7	8	1.48
Habitación 2	2.52	7	7	1.38
Habitación 3	2.52	5	8	1.22
Habitación 4	2.52	5	8	1.22
Habitación 5	2.52	5	8	1.22
Pasillo	2.52	5	15	1.48

B) Factor de reflexión de suelo, paredes y techo (ρ)

Este parámetro es función de los diferentes tipos de materiales, superficies y acabados en la misma. En la tabla aparecen los factores de reflexión de las dependencias de esta fábrica, obtenidos a partir de tablas en función de la aplicación de la dependencia y del color del techo, paredes y suelos de la misma. En el *Reglamento Técnico de la Edificación y la Guía Técnica para el aprovechamiento de la luz en la iluminación de edificios*, publicada por el Ministerio de Industria, Turismo e Industria, podemos encontrar las tablas donde aparecen los valores del factor de reflexión (ρ).

En la tabla aparecen los valores del factor de reflexión (ρ) que se va a considerar en este proyecto.



Valores de Reflexión considerados

		Color	Factor de Reflexión (ρ)
Dependencias	Techo	Claro	0,5
	Paredes	Claro	0,5
	Suelo	Claro	0,3

Una vez obtenidos el índice del local (K) y el factor de reflexión (ρ), podemos conseguir el rendimiento de iluminación (CU), directamente en unas tablas ó mediante interpolación en las mismas, en caso de no encontrar el valor exacto en ellas.

Para este tipo de fábrica hemos escogido como fabricante de los sistemas de iluminación necesarios para la iluminación interior a ORNALUX, para que nos proporcione los sistemas de iluminación que se necesitan y de ellos las tablas con los valores del coeficiente de utilización (CU), que se necesita.

Valores del Coeficiente de Utilización del fabricante para el sistema de iluminación escogido.

		Factor de Reflexión (ρ)										
		Techo	0.8	0.8	0.8	0.5	0.5	0.8	0.8	0.5	0.5	0.3
		Pared	0.8	0.5	0.3	0.5	0.3	0.8	0.3	0.5	0.3	0.3
		Suelo	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
		Coeficiente De Utilización UC (%)										
Índice del local (K)	0.6	74	69	61	50	45	40	30	20	10	5	
	0.8	77	70	65	54	49	44	35	30	15	10	
	1.0	80	72	67	60	53	49	39	35	20	15	
	1.25	83	75	70	64	58	55	48	45	26	20	
	1.5	86	79	73	70	62	60	55	50	30	25	
	2	90	83	77	73	67	65	63	60	34	30	
	2.5	96	86	81	79	70	69	68	65	40	35	
	3	100	90	85	82	73	72	71	70	46	40	
	4	103	95	88	86	78	75	74	73	52	45	
	5	107	100	92	90	82	80	79	77	60	55	

Esta tabla muestra el factor de utilización de la estancia para diferentes combinaciones de los factores de la estancia y las reflectancias (teniendo en cuenta siempre la dispersión ideal). La iluminancia E requerida en una habitación de área a x b, se logra con n luminarias que tienen una eficiencia L_b y con lámparas con un flujo luminoso.

Los valores de factor de utilización de la estancia escogidos son:

Valores del Coeficiente de Utilización escogidos.



<u>Dependencia</u>	<u>h</u>	<u>b</u>	<u>a</u>	<u>K</u>	<u>CU</u>
Habitación 1	2.52	7	8	1.48	70
Habitación 2	2.52	7	7	1.38	67
Habitación 3	2.52	5	8	1.22	64
Habitación 4	2.52	5	8	1.22	64
Habitación 5	2.52	5	8	1.22	64
Pasillo	2.52	5	15	1.48	70

FACTOR DE CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA INSTALACIÓN

Es un parámetro que marca el nivel de limpieza de las lámparas. Según el grado de suciedad que tengan las lámparas, este puede afectar al rendimiento de la misma provocando una no buena utilización.

Es escogido entre una escala de valores del *Reglamento Técnico de la Edificación*, para una limpieza periódica anual, tomando un valor de 0,8.

FACTOR DE TRANSMISIÓN

Es un factor característico de la cada dependencia y se calcula aplicando el factor de conservación y mantenimiento de la instalación (CC) y el Rendimiento de iluminación (CU) en la siguiente fórmula:

$$K = CU * CC$$

Tomando un valor de 0,8 para el factor de conservación y mantenimiento (CC) de la instalación, escogido entre una escala de valores del Reglamento Técnico de la Edificación, para una limpieza periódica anual; y aplicando la formula anteriormente mencionada, podemos obtener el factor de transmisión, K.

Valores del Factor de Transmisión para cada dependencia.

<u>Dependencia</u>	<u>CC</u>	<u>K</u>	<u>CU</u>
Habitación 1	0.8	0.56	70
Habitación 2	0.8	0.53	67
Habitación 3	0.8	0.51	64
Habitación 4	0.8	0.51	64
Habitación 5	0.8	0.51	64
Pasillo	0.8	0.56	70



ILUMINACIÓN NOMINAL

La iluminación deseada de cada dependencia, para este tipo de fábrica, es un parámetro normalizado y regulado por la Norma Europea UNE- EN 12464- 1, respecto de la iluminación de los lugares de trabajo en interior, para los distintos tipos de áreas, tareas y actividades según *la Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación*; y de acuerdo con lo expuesto en la memoria de descriptiva, los valores de la iluminación nominal (E) escogidos son:

Valores de la Iluminación Nominal

Dependencia	Iluminación, E (Lux)
Habitación 5 y pasillo	100
Habitaciones restantes	500

FLUJO LUMINOSO TOTAL

Para conocer el número de sistemas de iluminación necesarios a instalar en una habitación es necesario conocer previamente el flujo luminoso total (ϕ) necesario en la superficie de la dependencia. Este flujo luminoso se calcula aplicando la siguiente formula y en ella los parámetros anteriormente obtenidos como son la iluminación nominal, E; y el factor de transmisión, K; además de la superficie de la dependencia.

$$\phi = \frac{E \cdot S_L}{K}$$

$$\phi = \frac{56 \cdot 500}{0.56} = 48214 \text{ Lum}$$

En la siguiente tabla aparecen los valores del flujo luminoso total (ϕ) para cada dependencia.

Valores de Flujo Luminoso Total (ϕ) para cada dependencia.

Dependencia	Iluminacion deseada	Superficie m²	Factor k	Flujo
Habitación 1	500	56	0.56	48214
Habitación 2	500	49	0.53	45708
Habitación 3	500	40	0.51	39062
Habitación 4	500	40	0.51	39062
Habitación 5	100	40	0.51	7812
Pasillo	100	75	0.56	13392



CÁLCULO DEL NÚMERO DE LUMINARIAS DE CADA DEPENDENCIA

Lo conseguimos dividiendo el flujo anteriormente descrito entre el flujo que nos proporciona la lámpara

Numero de sistemas de iluminación en función del flujo luminoso característico de la lámpara.

<u>Dependencia</u>	<u>Flujo</u>	<u>Flujo lámpara</u>	<u>Número lámparas</u>
Habitación 1	48214	2.990	18
Habitación 2	45708	2.990	16
Habitación 3	39062	2.990	14
Habitación 4	39062	2.990	14
Habitación 5	7812	2.990	3
Pasillo	13392	2.990	5

ILUMINACIÓN EXTERIOR

ILUMINACIÓN MEDIA

Para determinar este parámetro, es necesario determinar previamente la clase de alumbrado para aparcamiento, obteniendo dicha información de la tabla siguiente, que se encuentra en el reglamento mencionado anteriormente:

Clases de alumbrados.

Situaciones de proyecto	Tipos de vías	Clase de Alumbrado^(*)
C1	<i>Carriles bici independientes a lo largo de la calzada, entre ciudades en área abierta y de unión en zonas urbanas</i> Flujo de tráfico de ciclistas Alto..... Normal.....	S1 / S2 S3 / S4
D1 - D2	<i>Áreas de aparcamiento en autopistas y autovías.</i> <i>Aparcamientos en general.</i> <i>Estaciones de autobuses.</i> Flujo de tráfico de peatones Alto..... Normal.....	CE1A / CE2 CE3 / CE4
D3 - D4	<i>Calles residenciales suburbanas con aceras para peatones a lo largo de la calzada</i> <i>Zonas de velocidad muy limitada</i> Flujo de tráfico de peatones y ciclistas Alto..... Normal.....	CE2 / S1 / S2 S3 / S4

(*) Para todas las situaciones de alumbrado C1-D1-D2-D3 y D4, cuando las zonas próximas sean claras (fondos claros), todas las vías de tráfico verán incrementadas sus exigencias a las de la clase de alumbrado inmediata superior.



Una vez escogida la clase de alumbrado, que para este proyecto es CE4, debemos determinar los valores de iluminación media E_m y de uniformidad media U_m , valores adecuados a la clase de alumbrado escogido.

Iluminancia Media.

Clase de Alumbrado (¹)	Iluminancia horizontal	
	Iluminancia Media E_m (lux) [mínima mantenida(¹)]	Uniformidad Media U_m [mínima]
CE0	50	0,40
CE1	30	0,40
CE1A	25	0,40
CE2	20	0,40
CE3	15	0,40
CE4	10	0,40
CE5	7,5	0,40

(¹) Los niveles de la tabla son valores mínimos en servicio con mantenimiento de la instalación de alumbrado. A fin de mantener dichos niveles de servicio, debe considerarse un factor de mantenimiento (f_m) elevado que dependerá de la lámpara adoptada, del tipo de luminaria, grado de contaminación del aire y modalidad de mantenimiento preventivo.

(²) También se aplican en espacios utilizados por peatones y ciclistas.

Atendiendo a lo descrito anteriormente, la clase de alumbrado acorde al tipo de iluminación exterior de este proyecto es CE4 y según esta clase de alumbrado los valores para la iluminación media (E_m) y de uniformidad media (U_m) son 10 lux y 0,4 respectivamente.

COEFICIENTE DE CONSERVACIÓN

Este coeficiente de conservación (K_m) es un parámetro que depende del grado de suciedad ambiental y de la frecuencia de limpieza del local. Se obtiene de entre un rango de valores del *Reglamento de Eficiencia Energética para Alumbrado Exterior* que estaría entre 0,65 y 0,75; considerando un valor de 0,75; para luminaria abierta, suponiendo que las lámparas se limpiarán con frecuencia y teniendo en cuenta, además, que para la elección de este se toma un valor elevado porque el valor de Iluminación Media, E_m , es el menor posible, según la tabla de reglamento.

En la siguiente tabla se muestran los valores que puede tomar el coeficiente de mantenimiento en función del tipo de luminaria.

Valores del Coeficiente de Conservación

Tipo de luminaria	Factor recomendado
Hermética	0,80 a 0,87
Ventilada	0,70 a 0,80



Tipo de luminaria	Factor recomendado
Abierta	0,65 a 0,75

FLUJO LUMINOSO TOTAL NECESARIO

Para conocer el número de sistemas de iluminación necesarios a instalar para iluminar el aparcamiento situado en el exterior es necesario conocer previamente el flujo luminoso total necesario (Φ) en la superficie de dichos aparcamientos exteriores. Este flujo luminoso se calcula aplicando la siguiente formula y en ella los parámetros anteriormente obtenidos como son la iluminación media (E_m), el coeficiente de utilización (η_u), el coeficiente de depreciación de las fuentes luminosas (K_d) y el coeficiente de conservación (K_m); además de la superficie de la dependencia.

$$\phi = \frac{E_m \cdot S}{\eta_u \cdot k_d \cdot k_m}$$

$$\phi = \frac{10 \cdot 225}{0.45 \cdot 0.8 \cdot 0.75} = 7352Lm$$

Siendo los valores de la siguiente tabla, los obtenidos de acuerdo con los parámetros descritos anteriormente, además de la superficie exterior de la que se quiere realizar el cálculo, los cuales se tienen que aplicar en la fórmula del Flujo Luminoso Total anterior:

Valores de sustitución.

E_m (lux)	K_m	K_d	η_u	S (m ²)
10	0,75	0,8	0,45	225

NÚMERO TOTAL DE SISTEMAS DE ILUMINACIÓN NECESARIOS

Una vez calculado el Flujo Luminoso Total, calculamos el número de lámparas necesarias a colocar dividiendo este valor de flujo total luminoso entre el flujo luminoso de lámpara escogida.

Número de lámparas= Flujo luminoso/ Flujo de lámpara= 15 lámparas

EFICIENCIA ENERGETICA

Una vez determinada el tipo de lámpara utilizada para esta iluminación, así como la cantidad de luminarias necesarias para este fin, se comprueba que la lámpara y el cálculo realizado cumplen lo establecido en el *Reglamento de Eficiencia Energética para Alumbrado Exterior*.



Según este reglamento, para aparcamientos en general, el valor de la eficiencia energética mínima, ϵ ($m^2 \cdot \text{lux}/W$), se obtiene de la siguiente tabla en función de la iluminancia media, E_m (lux):

Valores de Eficiencia Energética

Iluminancia media en servicio E_m (lux)	EFICIENCIA ENERGÉTICA MÍNIMA $\left(\frac{m^2 \cdot \text{lux}}{W} \right)$
≥ 30	22
25	20
20	17,5
15	15
10	12
$\leq 7,5$	9,5

Nota - Para valores de iluminancia media proyectada comprendidos entre los valores indicados en la tabla, la eficiencia energética de referencia se obtendrán por interpolación lineal

Se obtiene un valor de eficiencia energética, ϵ , de $12 m^2 \cdot \text{lux}/W$

EFICIENCIA ENERGETICA DE REFERENCIA

Del mismo modo, se obtiene el valor de la eficiencia energética de referencia, ϵ_R ($m^2 \cdot \text{lux}/W$), en la siguiente tabla:

Valores de Eficiencia Energética de Referencia

Alumbrado vial ambiental y otras instalaciones de alumbrado	
Iluminancia media en servicio proyectada E_m (lux)	Eficiencia energética de referencia ϵ_R $\left(\frac{m^2 \cdot \text{lux}}{W} \right)$
--	--
--	--
≥ 20	13
15	11
10	9
7,5	7
≤ 5	5

Obteniendo un valor de eficiencia energética de referencia, ϵ_R , de $9 m^2 \cdot \text{lux}/W$.



INDICE DE CONSUMO ENERGÉTICO

Con ese valor de índice de eficiencia energético y aplicándole la inversa, se obtiene el índice

$$I\varepsilon = \frac{\varepsilon}{\varepsilon R}$$

de consumo energético, ICE.

$$ICE = \frac{1}{I\varepsilon}$$

$$I\varepsilon = \frac{12}{9} = 1.33$$

$$ICE = \frac{1}{1.33} = 0.75$$

Este índice de consumo energético, ICE, es un valor que tabulado en el *Reglamento de Eficiencia Energética para Alumbrado Exterior*, donde se caracteriza el consumo energético de la instalación mediante una escala de siete letras que va desde la letra A (instalación más eficiente y con menor consumo de energía) hasta la letra G (instalación menos eficiente y con mayor consumo de energía). Como se comprueba en la tabla, esta instalación de alumbrado exterior tiene un tipo de instalación B.

Valor del índice de consumo energético

Calificación Energética	Índice de consumo energético	Índice de Eficiencia Energética
A	ICE < 0,91	$I\varepsilon > 1,1$
B	$0,91 \leq ICE < 1,09$	$1,1 \geq I\varepsilon > 0,92$
C	$1,09 \leq ICE < 1,35$	$0,92 \geq I\varepsilon > 0,74$
D	$1,35 \leq ICE < 1,79$	$0,74 \geq I\varepsilon > 0,56$
E	$1,79 \leq ICE < 2,63$	$0,56 \geq I\varepsilon > 0,38$
F	$2,63 \leq ICE < 5,00$	$0,38 \geq I\varepsilon > 0,20$
G	ICE $\geq 5,00$	$I\varepsilon \leq 0,20$

Calificación Energética



ALTURA DE INSTALACIÓN

La altura a la que deberemos situar los sistemas de iluminación necesarios, en cierto modo depende de la potencia luminosa instalada, por lo que deberemos de tener presente la siguiente tabla:

Alturas determinadas

Potencia luminosa (lúmenes)	Altura de la luminaria (metros)
3000 a 9000	6,5 a 7,5
9.000 a 19.000	7,5 a 9
> 19.000	> 9

Como los sistemas de iluminación que se han escogido para este tipo de iluminación poseen una potencia luminosa de 1.500 lúmenes y de acuerdo con la tabla anterior, se va a considerar una altura de colocación de las luminarias de 8 metros de altura.

INSTALACIÓN DE BAJA TENSIÓN

Los conductores son tomados a partir de ITC RBT 19

- Tensión de servicio: 230 V.
- Canalización: C-Unip.o Mult.sobre Pared
- Longitud: 20 m; Cos Φ : 0.8; $X_u(m\Omega/m)$: 0;
- Potencia a instalar: 1200 W.
- Potencia de cálculo:

1200 W.(Coef. de Simult.: 1)



$$I = \frac{1200 * 1.8}{230 * 0.8} = 5.42 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares 4x1.5mm²Cu

Aislamiento, Nivel Aislamiento: PVC, 450/750 V

I.ad. a 40°C (Fc=1) 104 A. según ITC-BT-19

- Caída de tensión:

Temperatura cable (°C): 66.33

$$e = \frac{2 * 20 * 1.8 * 1200}{230 * 56 * 1.5} = 4.47V$$

E%=1.94%

Prot. Térmica:

I. Aut./Tet. In.: 10 A. Térmico reg. Int.Reg.: 10A.

Protección diferencial:

Relé y Transfor. Diferencial Sens.: 30 mA.





ANEXO Nº2:RESUMEN DE TIERRAS LÍNEA AÉREA





1. Cálculo de las tensiones de paso y acceso de los apoyos frecuentados

Para calcular las tensiones de los apoyos frecuentados, nos basamos en el MIE-RAT 13, así como en las normas de UNESA para el cálculo de Kr, Kc, y Kp.

Partiendo de la intensidad de defecto que tenemos y de la impedancia de puesta a tierra, obtenemos según UNESA las siguientes relaciones.

$$Id = \frac{\frac{U_{línea}}{\sqrt{3}}}{\sqrt{Xn^2 + (Rt + Rn)^2}}$$

Siendo Xn=20Ω, Rn=40Ω, Ulínea= 132kV

$$Rt = \rho * Kr$$

Kr es sacado de las normas de UNESA según la configuración de nuestro cuadrado o rectángulo de picas. Para nuestros apoyos frecuentados, ponemos las picas por dentro de los apoyos, aunque el mallazo electrosoldado vaya 1 metro por fuera de estos.

La tensión de contacto y de paso que no deben de superar las del reglamento son las siguientes:

$$Uc = \rho * Id * Kc$$

$$Up = \rho * Id * Kp$$

Las tensiones del reglamento de Alta tensión, son las siguientes.

$$Uc = Uca * \left(1 + \frac{Ra1 + 1.5 * \rho s}{1000}\right)$$

$$Up = Upa * \left(1 + \frac{2 * Ra1 + 6 * \rho s}{1000}\right)$$

$$Upacceso = Upa * \left(1 + \frac{3 * Ra1 + 3 * Ra2}{1000}\right)$$

Siendo

Ra1=Resistencia calzado

Ra2= 1.5*Resistividad superficial

Upa= 107 V sacado de la MIE-RAT 13

ps=resistividad del terreno

Una vez se comprueba que no cumple las tensiones de reglamento, se adoptan medidas como por ejemplo el mallazo electrosoldado.

EJEMPLO

El apoyo Principio de Línea lo consideramos apoyo frecuentado, por lo que nos disponemos a ver si necesita corrección, o no, de las tierras.



Según el RAT, nosotros tenemos unas tensiones de paso y contacto que son:

$$U_c = 107 * \left(1 + \frac{3000 + 1.5 * 300}{1000}\right) = 476.15V$$

$$U_p = 107 * \left(1 + \frac{2 * 3000 + 6 * 300}{1000}\right) = 941.6V$$

$$U_{paccso} = 107 * \left(1 + \frac{3 * 3000 + 3 * 1.5 * 300}{1000}\right) = 1214.45V$$

Queremos montar para este apoyo un anillo interior de 4x4, por lo que los parámetros son:

Kr=0.096

Kc=0.0482

Kp=0.022

Según estos parámetros, las tensiones de paso y contacto e intensidad de defecto son:

$$I_d = \frac{\frac{132000}{\sqrt{3}}}{\sqrt{20^2 + (28.8 + 40)^2}} = 1063.67A$$

$$R_t = 300 * 0.096 = 28.8\Omega$$

$$U_c = 300 * 1063.67 * 0.0482 = 15380V$$

$$U_p = 300 * 1063.67 * 0.022 = 7020V$$

Como se puede comprobar, se necesita un mallazo electrosoldado, que es la medida correctora que pondremos para paliar estas tensiones.

Los datos y gráficas de estas operaciones, las podemos encontrar en el Excel adjunto y a continuación en el proyecto.

2. Resumen de puesta a tierra del apoyo nº1



2.1. Datos de la instalación

Toma de tierra: Anillo

Apoyo aislado: No

Apoyo frecuentado: Si

Desconexión automática: No

Largo: 4,00 m

Ancho: 4,00 m

Conductor: Cobre

Sección: 50,00 mm²

Picas: Si

Diámetro: 14,00 mm

Longitud: 1,00 m

Nº de picas: 4

Profundidad enterramiento: 0,50 m

Resistividad del terreno: 300,00 Ohm*m

Resistividad superficial: 3000,00 Ohm*m

Resistividad del calzado: 3000,00 Ohm*m

Medidas correctoras: Si

2.2. Resultados generales

Apoyo nº	Tipo	Corriente de falta A	Tensión de puesta a tierra V	Resistencia de puesta a tierra		Medidas correctoras
				Coeficiente de resistencia $\Omega/(\Omega*m)$	Valor Ω	
1	P.Línea	1030,19	32164,80	0,10407	31,22	Mallazo electrosoldado



2.3. Tensión de contacto

Coeficiente de tensión de contacto $V/(\Omega \cdot m)$	Tensión reglamentaria V	Tensión de cálculo en el apoyo V	Diseño Válido	Coordenada X m	Coordenada Y m
0,07975	476,15	24648,72	Correcto	3,000	3,000

Tensión de paso

Coeficiente de tensión de contacto $V/(\Omega \cdot m)$	Tensión reglamentaria V	Tensión de cálculo en el apoyo V	Diseño Válido	Coordenada X m	Coordenada Y m
0,01759	12626,00	5436,18	Correcto	1,500 - 1,104	2,000 - 1,354

2.4. Tensión de paso en el acceso

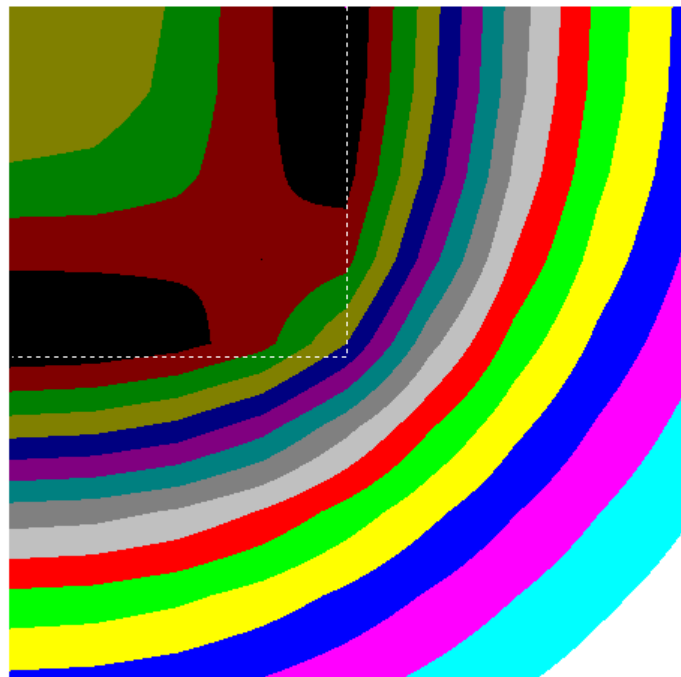
Coeficiente de tensión de contacto $V/(\Omega \cdot m)$	Tensión reglamentaria V	Tensión de cálculo en el apoyo V	Diseño Válido
0,08	11663,00	24648,72	Incorrecto

2.5. Gráficos

2.5.1 Distribución de potenciales ¼ de la zona de estudio

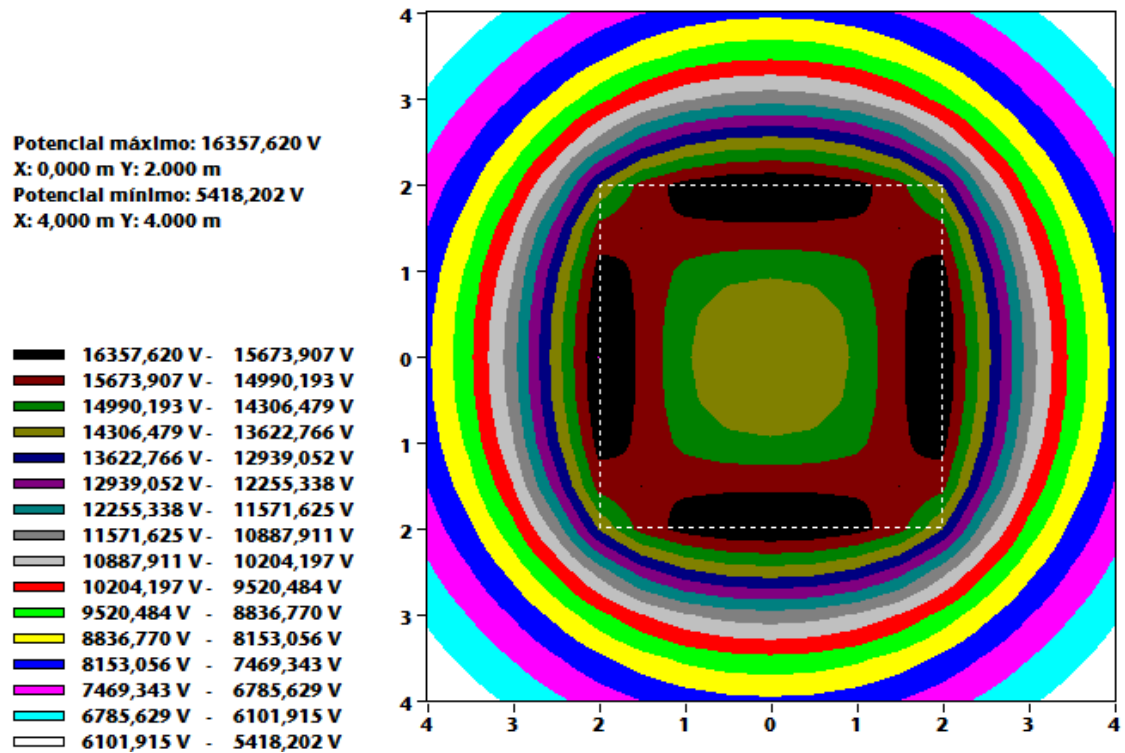
Potencial máximo: 16357,620 V
X: 0,000 Y: 2.000
Potencial mínimo: 5418,202 V
X: 4,000 Y: 4.000

16357,620 V -	15673,907 V
15673,907 V -	14990,193 V
14990,193 V -	14306,479 V
14306,479 V -	13622,766 V
13622,766 V -	12939,052 V
12939,052 V -	12255,338 V
12255,338 V -	11571,625 V
11571,625 V -	10887,911 V
10887,911 V -	10204,197 V
10204,197 V -	9520,484 V
9520,484 V -	8836,770 V
8836,770 V -	8153,056 V
8153,056 V -	7469,343 V
7469,343 V -	6785,629 V
6785,629 V -	6101,915 V
6101,915 V -	5418,202 V

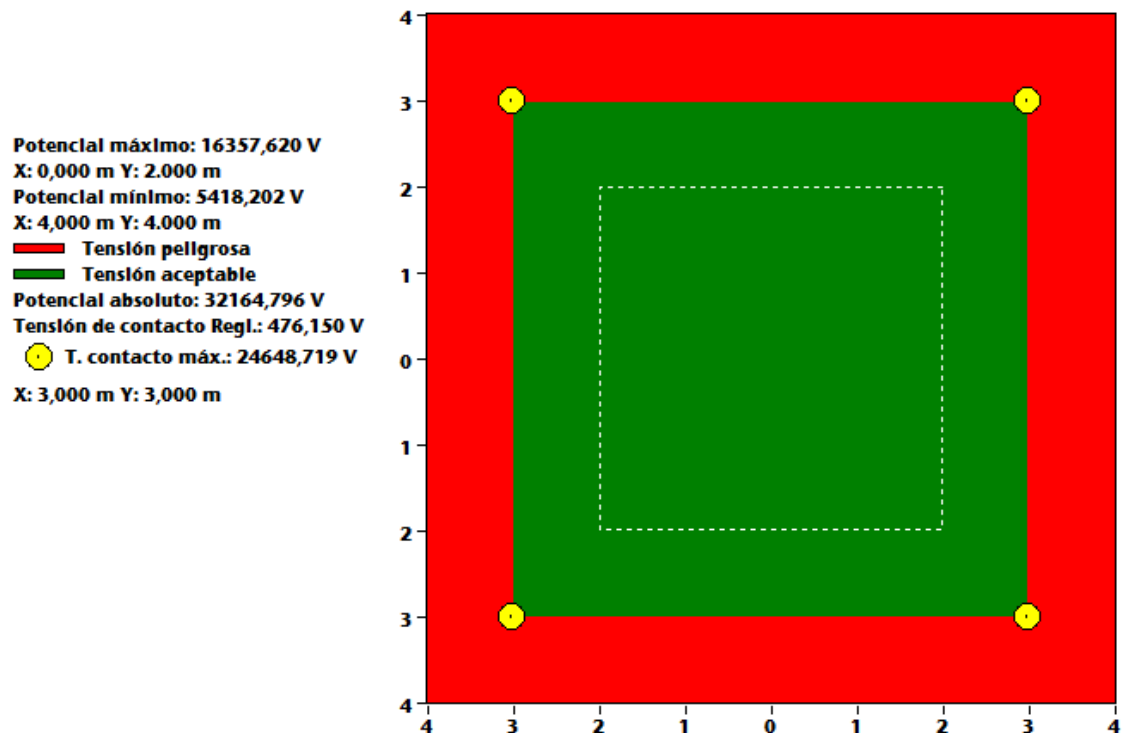




2.5.2 Distribución de potenciales en la zona de estudio

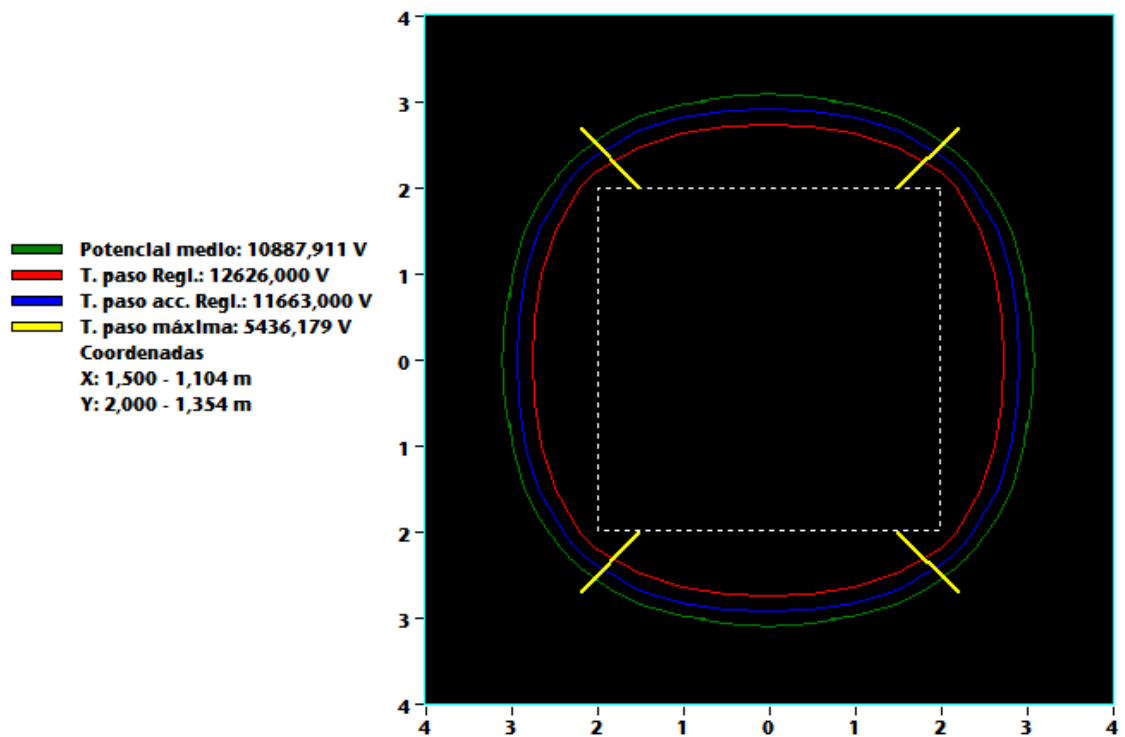


2.5.3 Tensiones de contacto

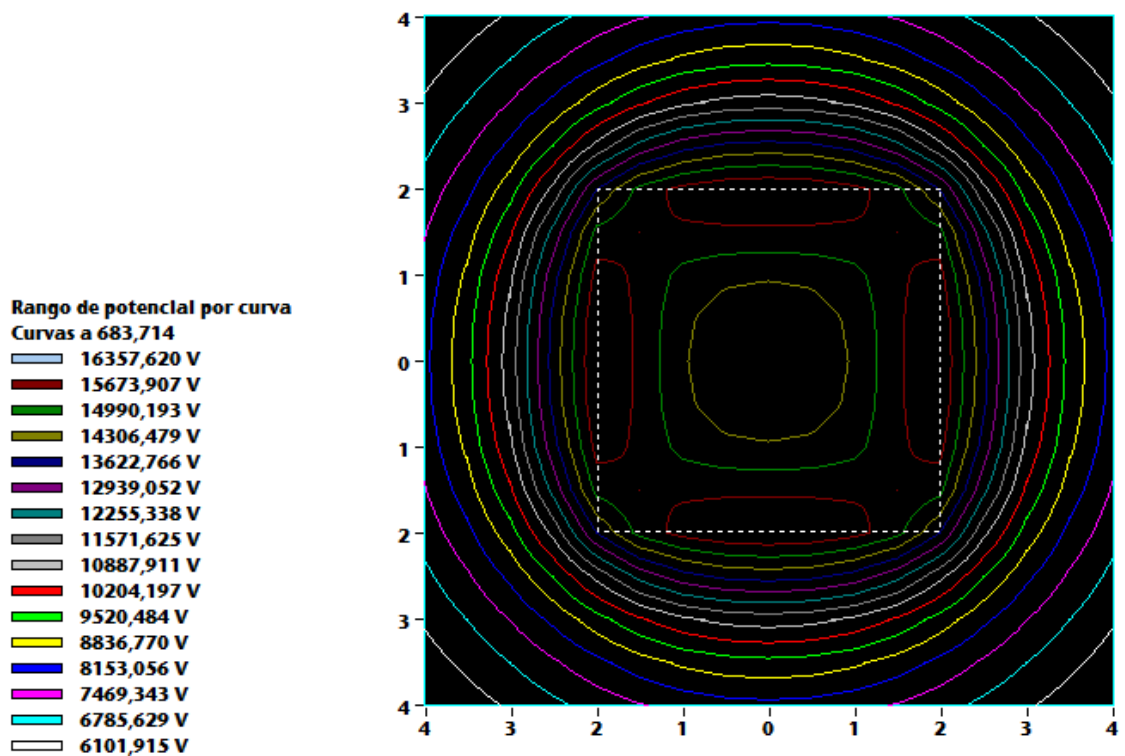




2.5.4 Tensiones de paso

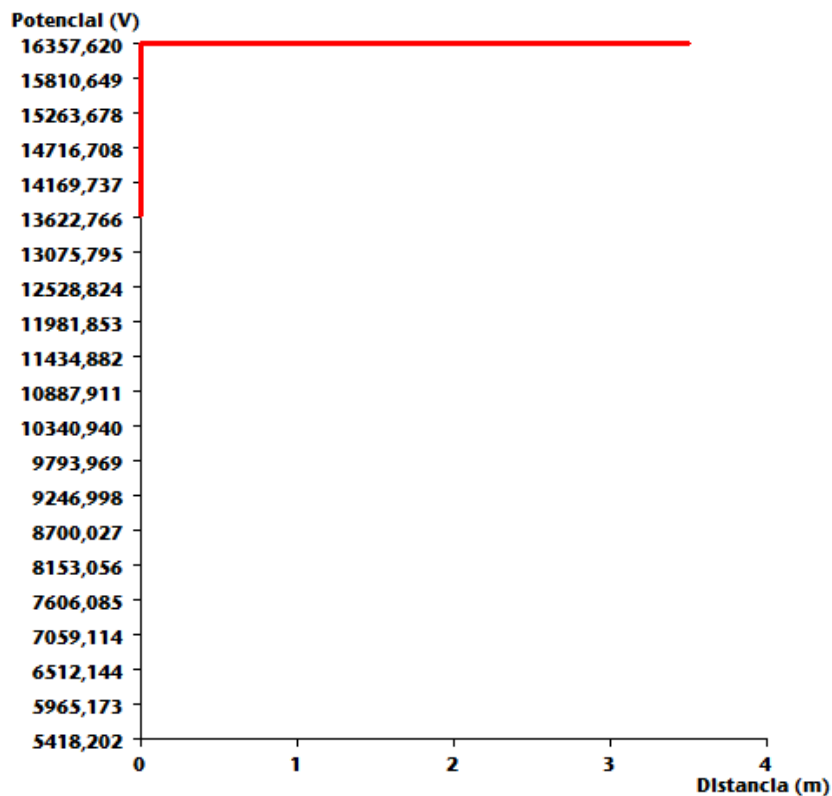


2.5.5 Líneas equipotenciales

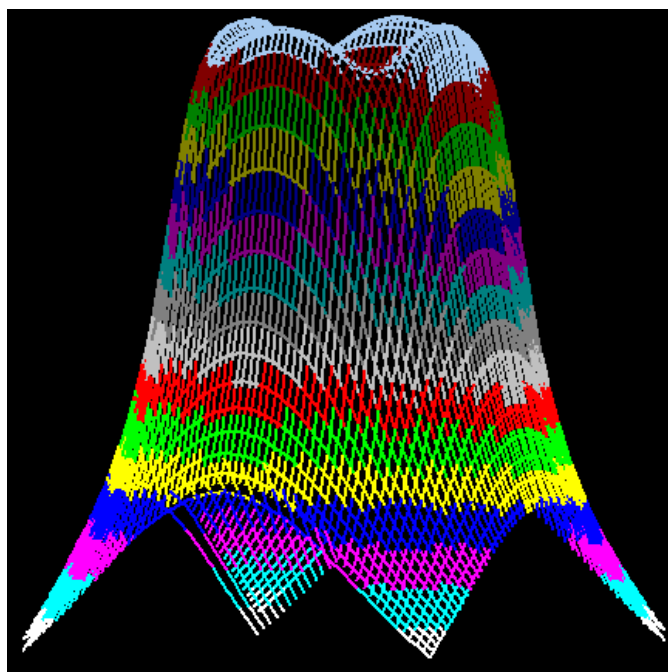




2.5.6 Línea de máximo potencial



2.5.7 Distribución de potenciales en 3D



Punto de vista vertical: 88,0 °
Punto de vista horizontal: 120,000 °

Potencial máximo: 16357,620 V
X: 0,000 m Y: 2,000 m
Potencial mínimo: 5418,202 V
X: 4,000 m Y: 4,000 m

16357,620 V -	15673,907 V
15673,907 V -	14990,193 V
14990,193 V -	14306,479 V
14306,479 V -	13622,766 V
13622,766 V -	12939,052 V
12939,052 V -	12255,338 V
12255,338 V -	11571,625 V
11571,625 V -	10887,911 V
10887,911 V -	10204,197 V
10204,197 V -	9520,484 V
9520,484 V -	8836,770 V
8836,770 V -	8153,056 V
8153,056 V -	7469,343 V
7469,343 V -	6785,629 V
6785,629 V -	6101,915 V
6101,915 V -	5418,202 V



3. Resumen de puesta a tierra del apoyo nº20

3.1. Datos de la instalación

Toma de tierra: Anillo

Apoyo aislado: No

Apoyo frecuentado: Si

Desconexión automática: No

Largo: 4,00 m

Ancho: 4,00 m

Conductor: Cobre

Sección: 50,00 mm²

Picas: Si

Diámetro: 14,00 mm

Longitud: 1,00 m

Nº de picas: 4

Profundidad enterramiento: 0,50 m

Resistividad del terreno: 300,00 Ohm*m

Resistividad superficial: 3000,00 Ohm*m

Resistividad del calzado: 3000,00 Ohm*m

Medidas correctoras: Si

3.2. Resultados generales

Apoyo nº	Tipo	Corriente de falta A	Tensión de puesta a tierra V	Resistencia de puesta a tierra		Medidas correctoras
				Coeficiente de resistencia $\Omega/(\Omega*m)$	Valor Ω	
20	Ali-Sus	1030,19	32164,80	0,10407	31,22	Mallazo electrosoldado



3.3. Tensión de contacto

Coeficiente de tensión de contacto $V/(\Omega \cdot m)$	Tensión reglamentaria V	Tensión de cálculo en el apoyo V	Diseño Válido	Coordenada X m	Coordenada Y m
0,07975	476,15	24648,72	Correcto	2,000	2,000

Tensión de paso

Coeficiente de tensión de contacto $V/(\Omega \cdot m)$	Tensión reglamentaria V	Tensión de cálculo en el apoyo V	Diseño Válido	Coordenada X m	Coordenada Y m
0,01759	12626,00	5436,18	Correcto	1,000 - 0,854	1,000 - 0,854

3.4. Tensión de paso en el acceso

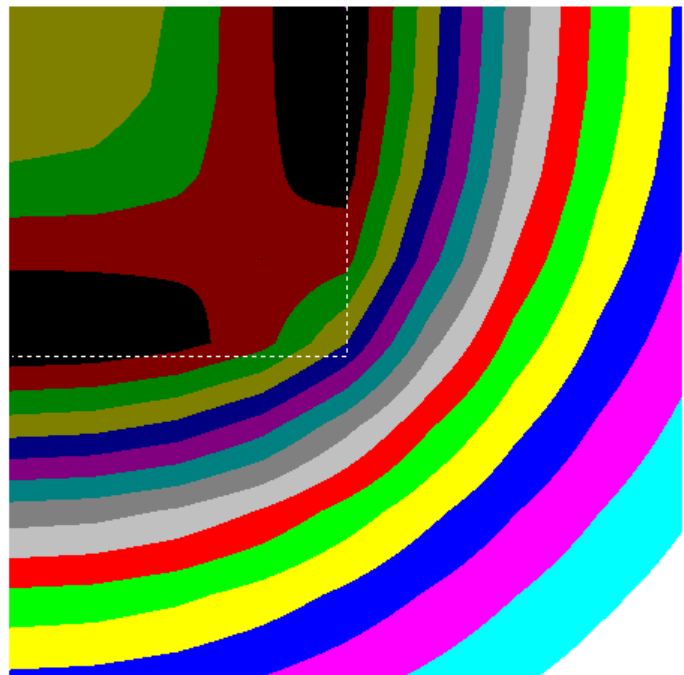
Coeficiente de tensión de contacto $V/(\Omega \cdot m)$	Tensión reglamentaria V	Tensión de cálculo en el apoyo V	Diseño Válido
0,08	11663,00	24648,72	Incorrecto

3.5. Gráficos

3.5.1 Distribución de potenciales ¼ de la zona de estudio

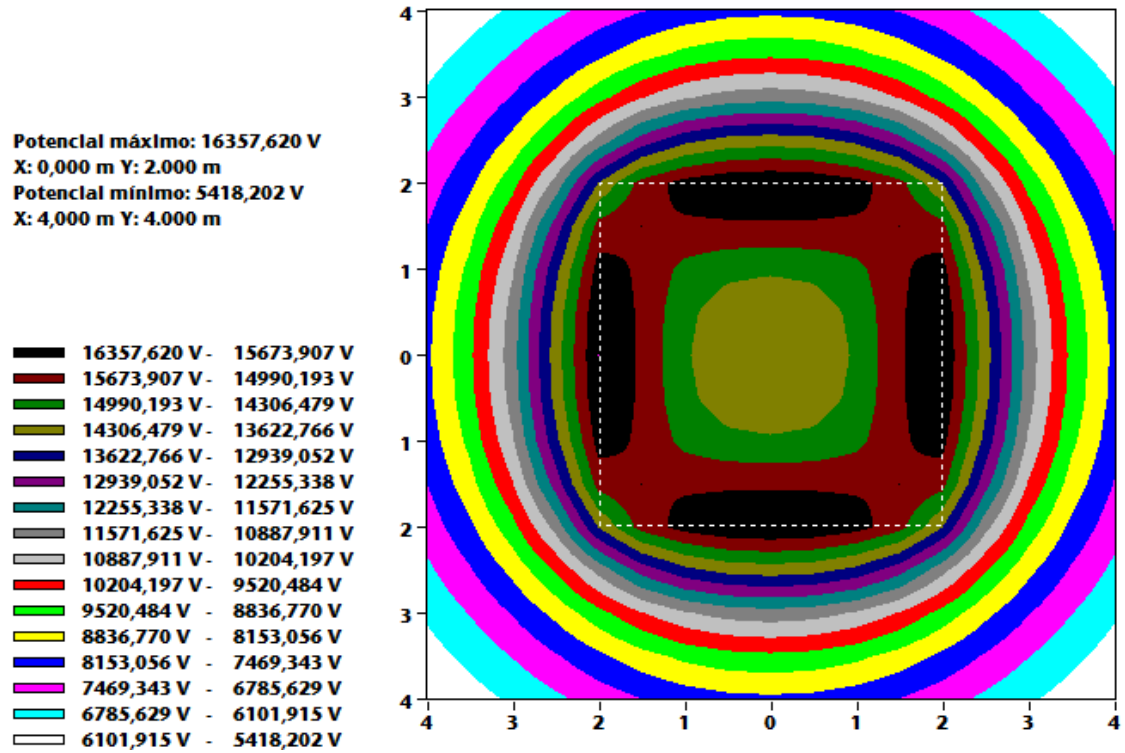
Potencial máximo: 16357,620 V
X: 0,000 Y: 2.000
Potencial mínimo: 5418,202 V
X: 4,000 Y: 4.000

16357,620 V -	15673,907 V
15673,907 V -	14990,193 V
14990,193 V -	14306,479 V
14306,479 V -	13622,766 V
13622,766 V -	12939,052 V
12939,052 V -	12255,338 V
12255,338 V -	11571,625 V
11571,625 V -	10887,911 V
10887,911 V -	10204,197 V
10204,197 V -	9520,484 V
9520,484 V -	8836,770 V
8836,770 V -	8153,056 V
8153,056 V -	7469,343 V
7469,343 V -	6785,629 V
6785,629 V -	6101,915 V
6101,915 V -	5418,202 V

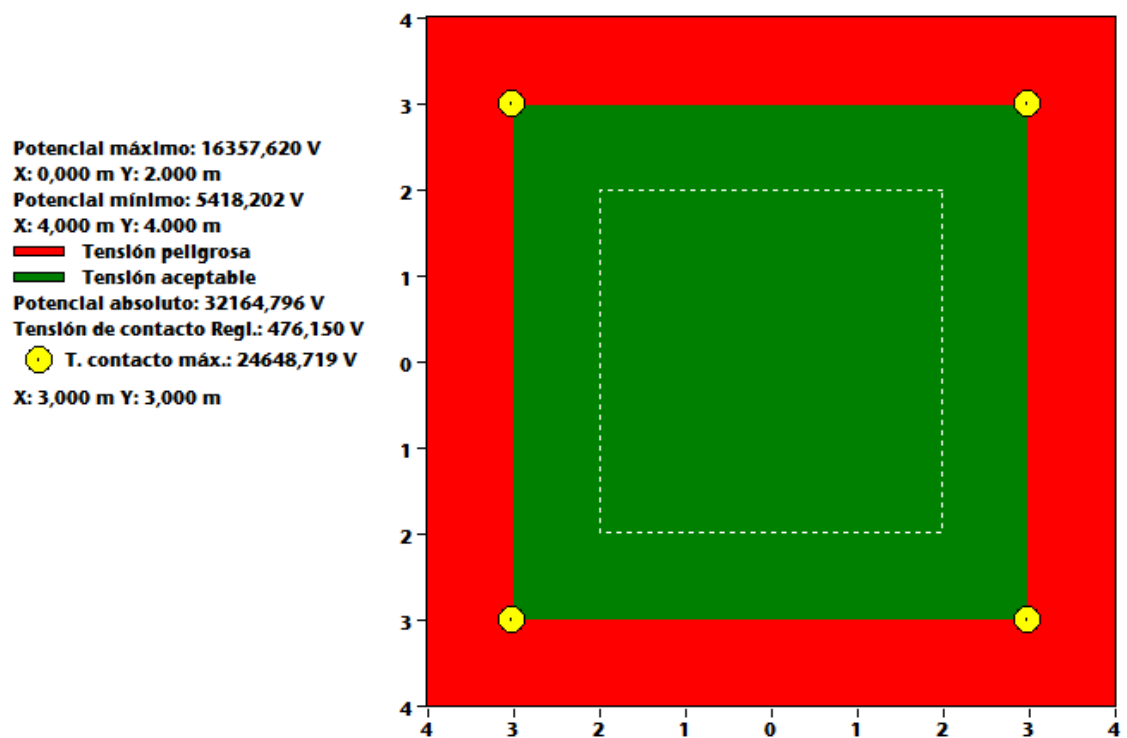




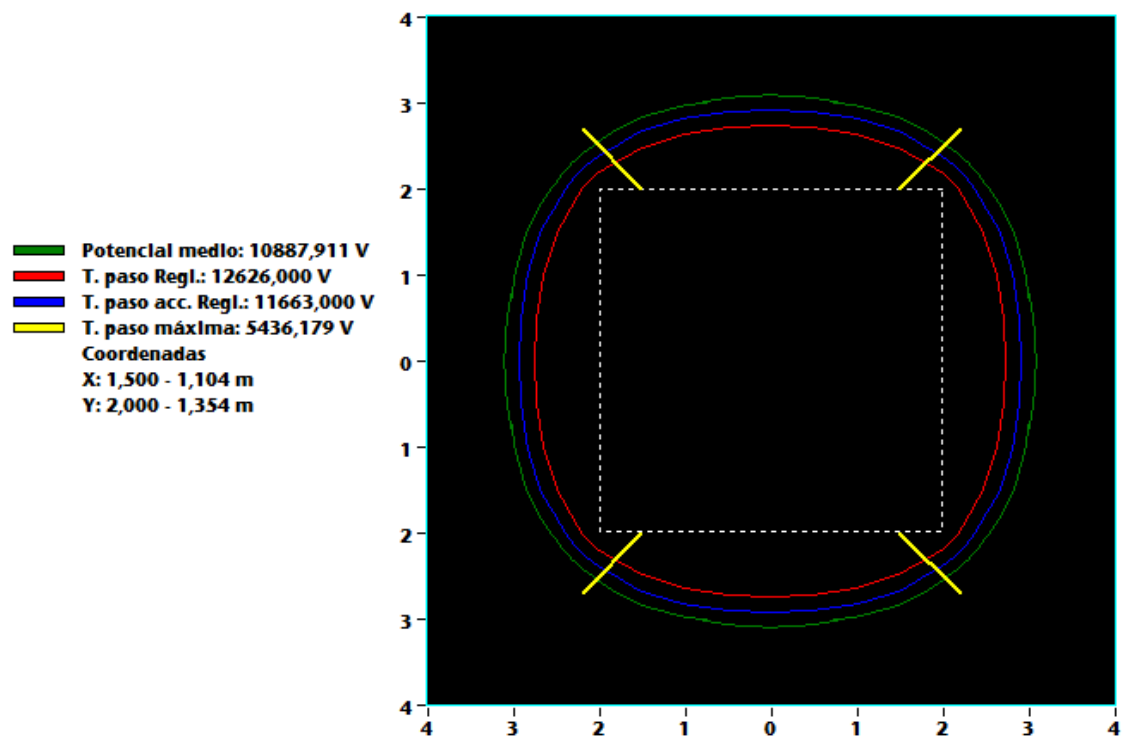
3.5.2 Distribución de potenciales en la zona de estudio



3.5.3 Tensiones de contacto

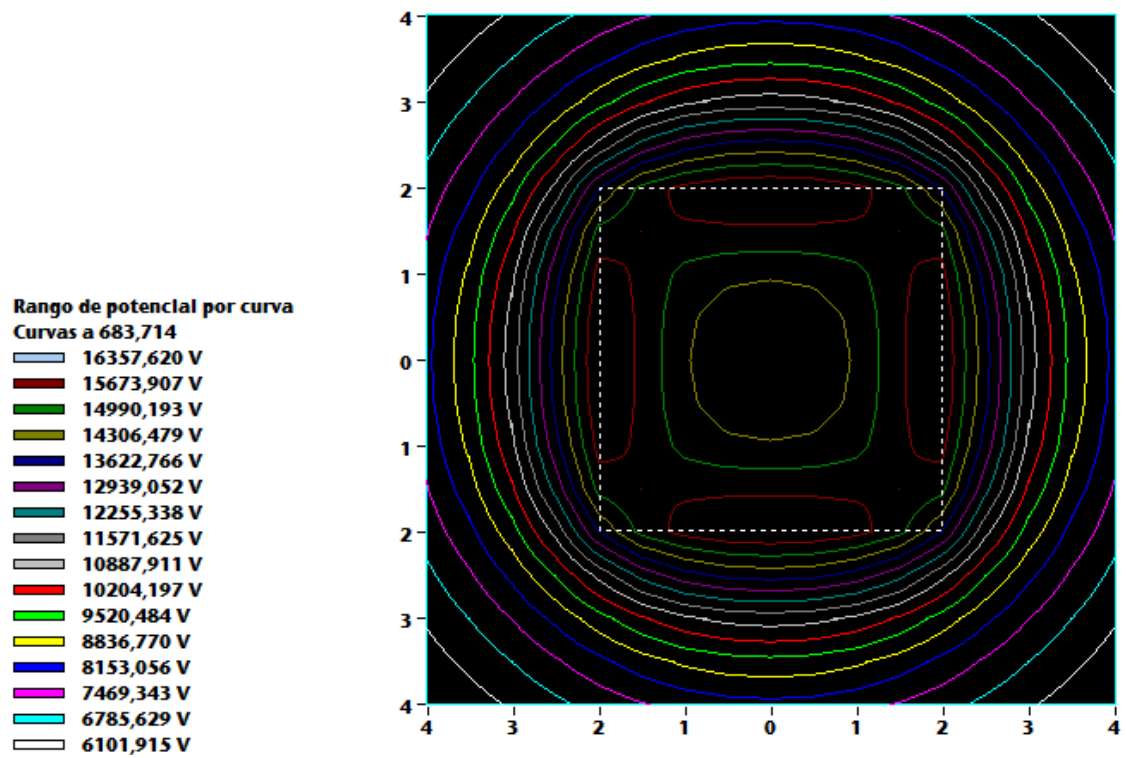


3.5.4 Tensiones de paso

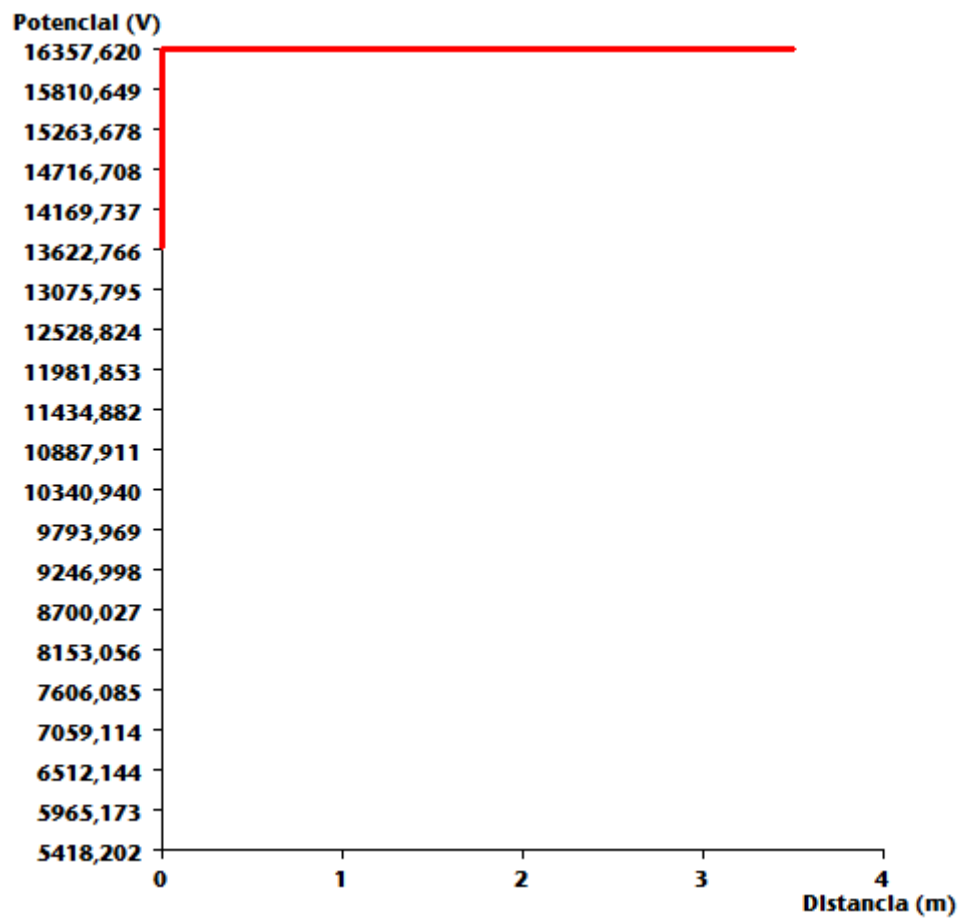




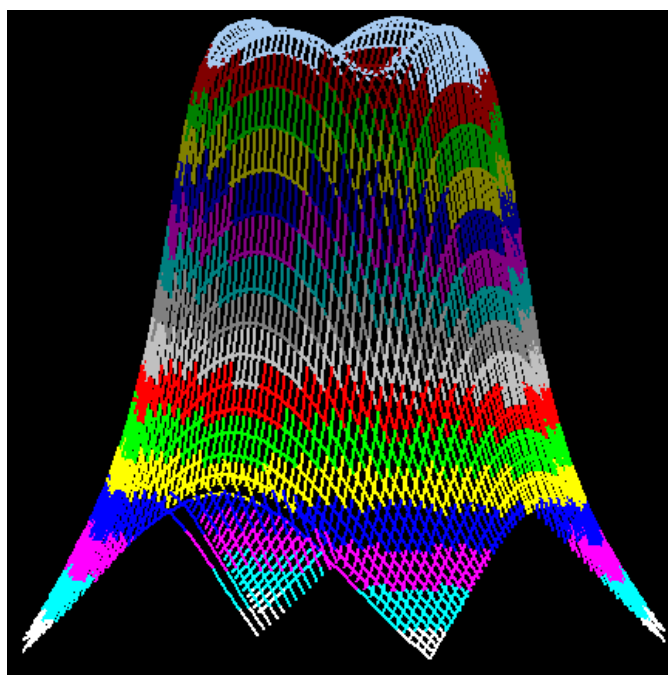
3.5.5 Líneas equipotenciales



3.5.6 Línea de máximo potencial



3.5.7 Distribución de potenciales en 3D



Punto de vista vertical: 88,0 °
Punto de vista horizontal: 120,000 °

Potencial máximo: 16357,620 V
X: 0,000 m Y: 2,000 m
Potencial mínimo: 5418,202 V
X: 4,000 m Y: 4,000 m

16357,620 V -	15673,907 V
15673,907 V -	14990,193 V
14990,193 V -	14306,479 V
14306,479 V -	13622,766 V
13622,766 V -	12939,052 V
12939,052 V -	12255,338 V
12255,338 V -	11571,625 V
11571,625 V -	10887,911 V
10887,911 V -	10204,197 V
10204,197 V -	9520,484 V
9520,484 V -	8836,770 V
8836,770 V -	8153,056 V
8153,056 V -	7469,343 V
7469,343 V -	6785,629 V
6785,629 V -	6101,915 V
6101,915 V -	5418,202 V



4. Resumen de puesta a tierra del apoyo nº30

4.1. Datos de la instalación

Toma de tierra: Anillo

Apoyo aislado: No

Apoyo frecuentado: Si

Desconexión automática: No

Largo: 4,00 m

Ancho: 4,00 m

Conductor: Cobre

Sección: 50,00 mm²

Picas: Si

Diámetro: 14,00 mm

Longitud: 1,00 m

Nº de picas: 4

Profundidad enterramiento: 0,50 m

Resistividad del terreno: 300,00 Ohm*m

Resistividad superficial: 47575,87 Ohm*m

Resistividad del calzado: 3000,00 Ohm*m

Medidas correctoras: Si

4.2. Resultados generales

Apoyo nº	Tipo	Corriente de falta A	Tensión de puesta a tierra V	Resistencia de puesta a tierra		Medidas correctoras
				Coeficiente de resistencia $\Omega/(\Omega*m)$	Valor Ω	
30	Áng- Anc	1030,19	32164,80	0,10407	31,22	Mallazo electrosoldado



4.3. Tensión de contacto

Coeficiente de tensión de contacto $V/(\Omega \cdot m)$	Tensión reglamentaria V	Tensión de cálculo en el apoyo V	Diseño Válido	Coordenada X m	Coordenada Y m
0,07975	476,15	24648,72	Correcto	2,000	2,000

Tensión de paso

Coeficiente de tensión de contacto $V/(\Omega \cdot m)$	Tensión reglamentaria V	Tensión de cálculo en el apoyo V	Diseño Válido	Coordenada X m	Coordenada Y m
0,01759	12626,00	5436,18	Correcto	1,000 - 0,854	1,000 - 0,854

4.4. Tensión de paso en el acceso

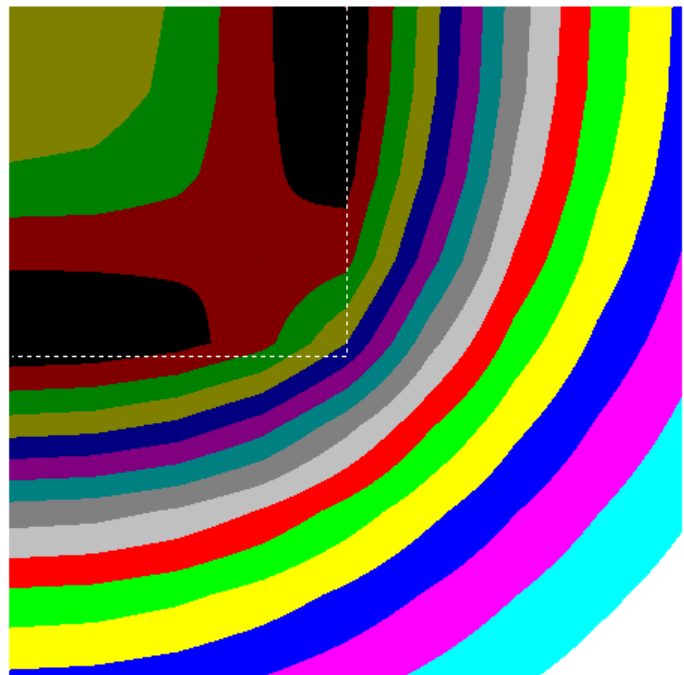
Coeficiente de tensión de contacto $V/(\Omega \cdot m)$	Tensión reglamentaria V	Tensión de cálculo en el apoyo V	Diseño Válido
0,08	154751,55	24648,72	Correcto

4.5. Gráficos

4.5.1 Distribución de potenciales ¼ de la zona de estudio

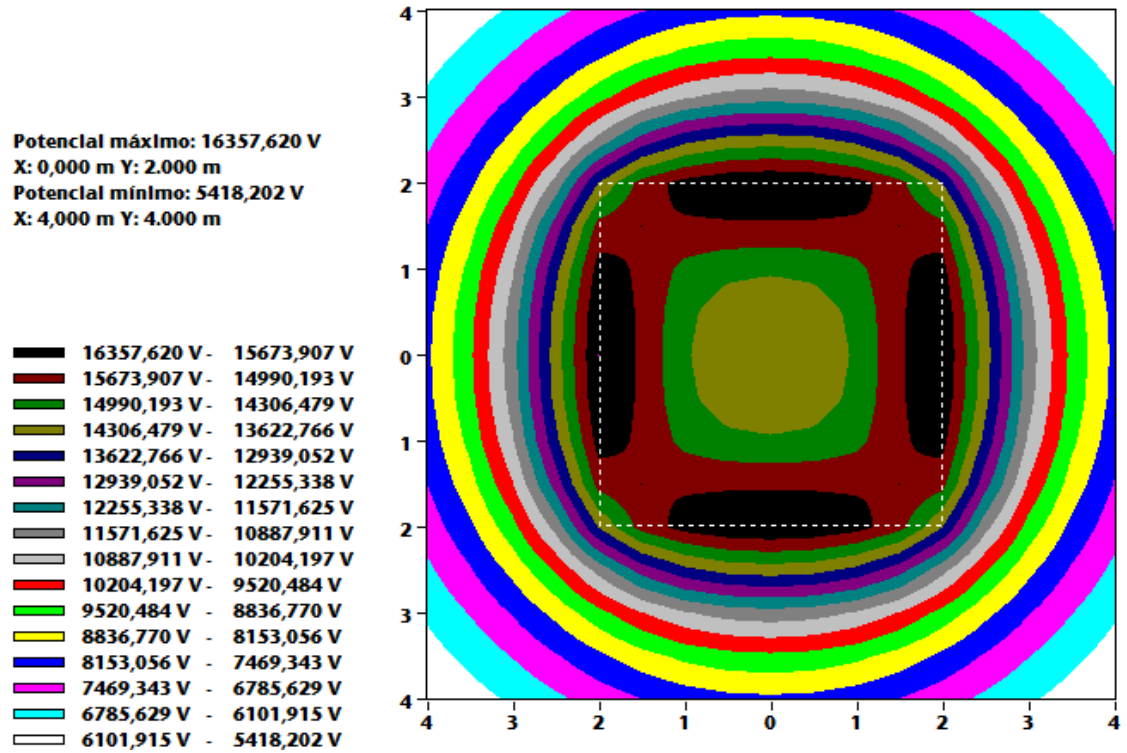
Potencial máximo: 16357,620 V
X: 0,000 Y: 2.000
Potencial mínimo: 5418,202 V
X: 4,000 Y: 4.000

16357,620 V -	15673,907 V
15673,907 V -	14990,193 V
14990,193 V -	14306,479 V
14306,479 V -	13622,766 V
13622,766 V -	12939,052 V
12939,052 V -	12255,338 V
12255,338 V -	11571,625 V
11571,625 V -	10887,911 V
10887,911 V -	10204,197 V
10204,197 V -	9520,484 V
9520,484 V -	8836,770 V
8836,770 V -	8153,056 V
8153,056 V -	7469,343 V
7469,343 V -	6785,629 V
6785,629 V -	6101,915 V
6101,915 V -	5418,202 V

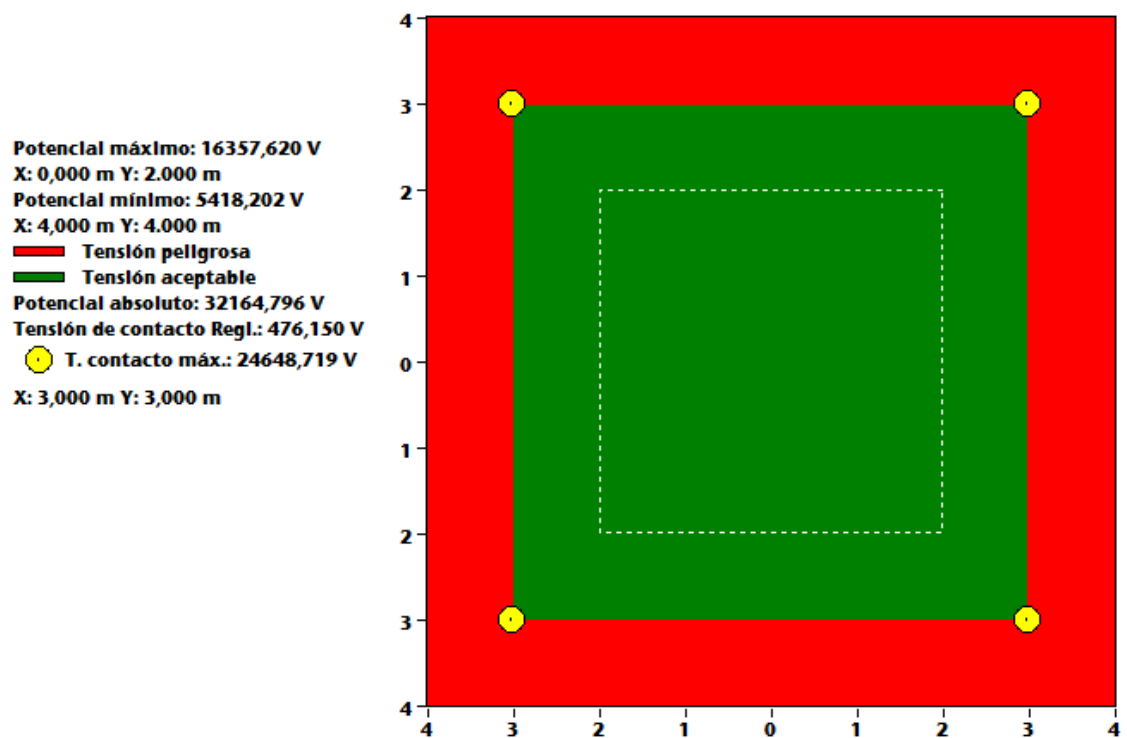




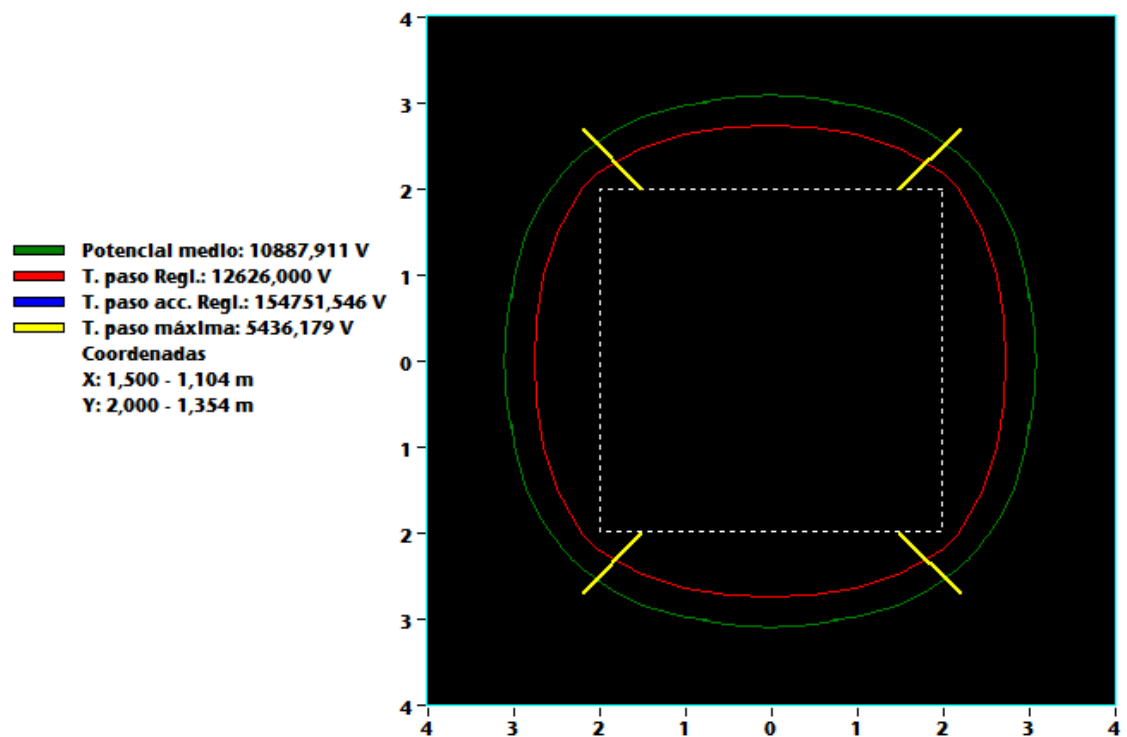
4.5.2 Distribución de potenciales en la zona de estudio



4.5.3 Tensiones de contacto

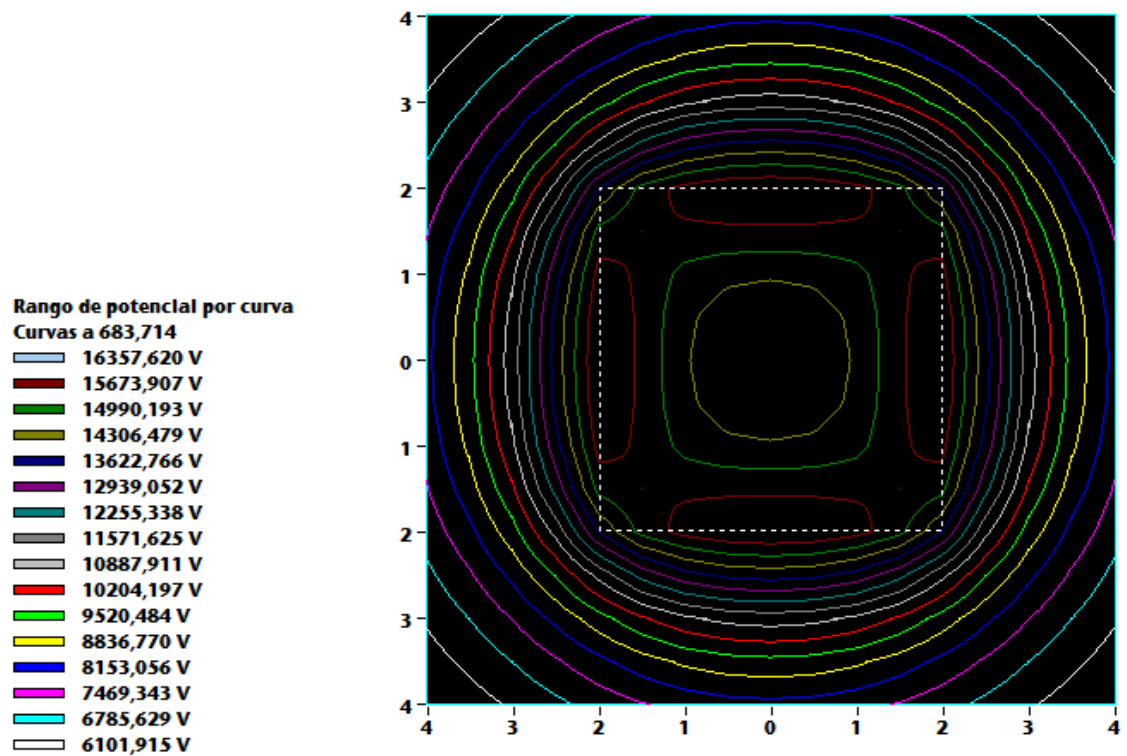


4.5.4 Tensiones de paso

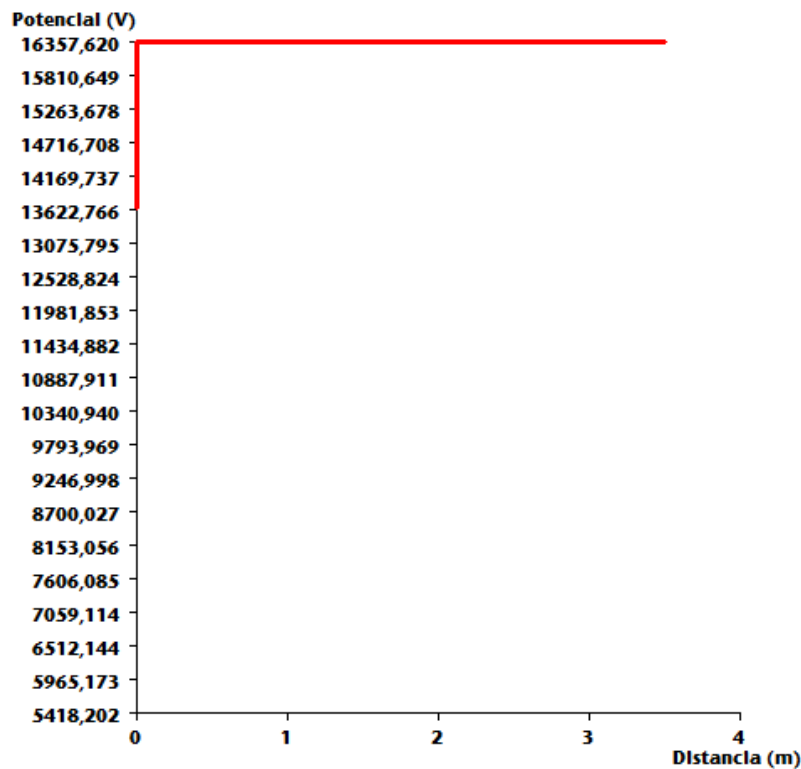




4.5.5 Líneas equipotenciales

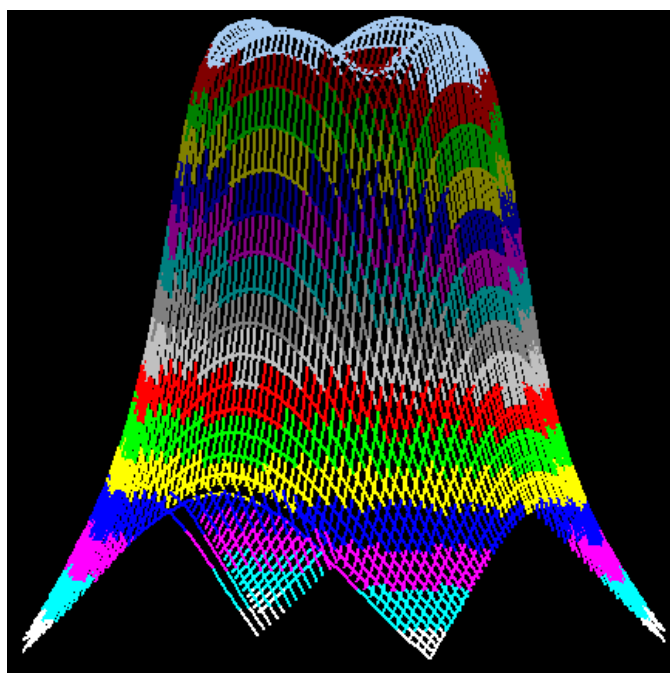


4.5.6 Línea de máximo potencial





4.5.7 Distribución de potenciales en 3D



Punto de vista vertical: 88,0 °
Punto de vista horizontal: 120,000 °

Potencial máximo: 16357,620 V
X: 0,000 m Y: 2.000 m
Potencial mínimo: 5418,202 V
X: 4,000 m Y: 4.000 m

16357,620 V -	15673,907 V
15673,907 V -	14990,193 V
14990,193 V -	14306,479 V
14306,479 V -	13622,766 V
13622,766 V -	12939,052 V
12939,052 V -	12255,338 V
12255,338 V -	11571,625 V
11571,625 V -	10887,911 V
10887,911 V -	10204,197 V
10204,197 V -	9520,484 V
9520,484 V -	8836,770 V
8836,770 V -	8153,056 V
8153,056 V -	7469,343 V
7469,343 V -	6785,629 V
6785,629 V -	6101,915 V
6101,915 V -	5418,202 V



5. Resumen de puesta a tierra del apoyo nº40

5.1. Datos de la instalación

Toma de tierra: Anillo

Apoyo aislado: No

Apoyo frecuentado: Si

Desconexión automática: No

Largo: 5,00 m

Ancho: 5,00 m

Conductor: Cobre

Sección: 50,00 mm²

Picas: Si

Diámetro: 14,00 mm

Longitud: 1,00 m

Nº de picas: 4

Profundidad enterramiento: 0,50 m

Resistividad del terreno: 300,00 Ohm*m

Resistividad superficial: 3000,00 Ohm*m

Resistividad del calzado: 3000,00 Ohm*m

Medidas correctoras: Si

5.2. Resultados generales

Apoyo nº	Tipo	Corriente de falta A	Tensión de puesta a tierra V	Resistencia de puesta a tierra		Medidas correctoras
				Coeficiente de resistencia $\Omega/(\Omega*m)$	Valor Ω	
40	Ali- Sus	1096,27	29137,27	0,08859	26,58	Mallazo electrosoldado



5.3. Tensión de contacto

Coeficiente de tensión de contacto $V/(\Omega \cdot m)$	Tensión reglamentaria V	Tensión de cálculo en el apoyo V	Diseño Válido	Coordenada X m	Coordenada Y m
0,06496	476,15	21365,59	Correcto	2,000	2,000

Tensión de paso

Coeficiente de tensión de contacto $V/(\Omega \cdot m)$	Tensión reglamentaria V	Tensión de cálculo en el apoyo V	Diseño Válido	Coordenada X m	Coordenada Y m
0,01494	12626,00	4913,08	Correcto	1,000 - 0,854	1,000 - 0,854

5.4. Tensión de paso en el acceso

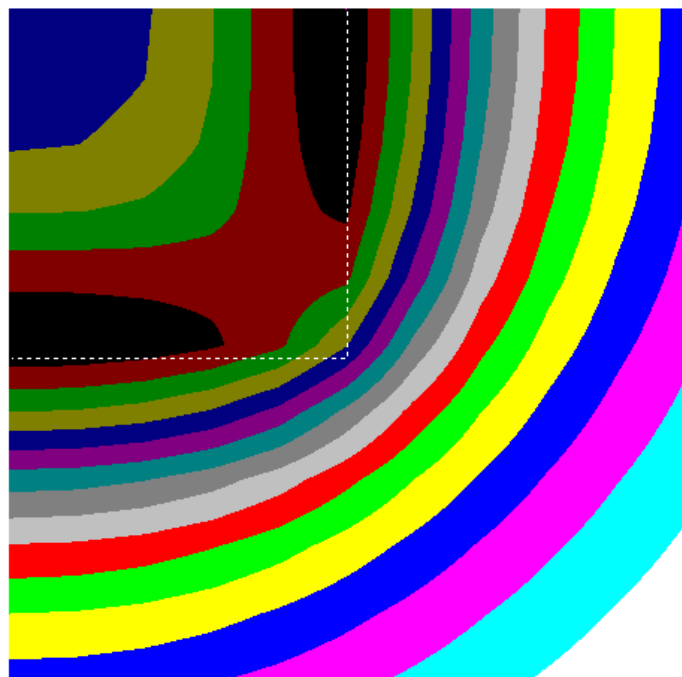
Coeficiente de tensión de contacto $V/(\Omega \cdot m)$	Tensión reglamentaria V	Tensión de cálculo en el apoyo V	Diseño Válido
0,06	11663,00	21365,59	Incorrecto

5.5. Gráficos

5.5.1 Distribución de potenciales ¼ de la zona de estudio

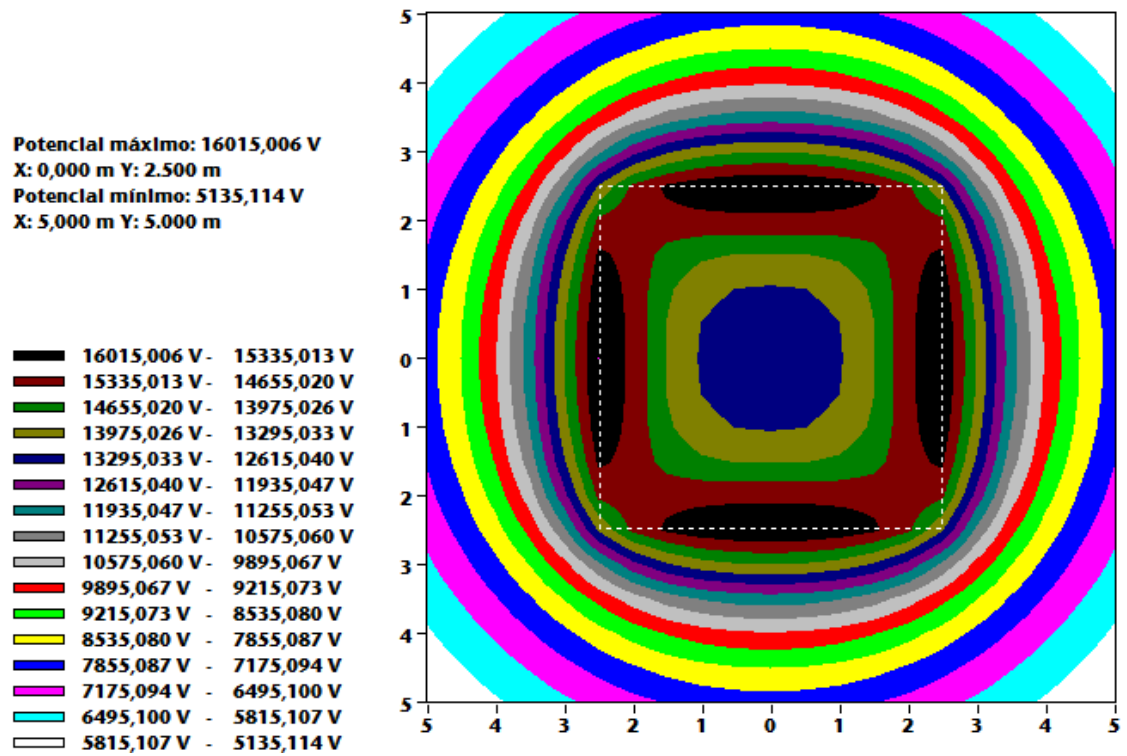
Potencial máximo: 16015,006 V
X: 0,000 Y: 2.500
Potencial mínimo: 5135,114 V
X: 5,000 Y: 5.000

16015,006 V -	15335,013 V
15335,013 V -	14655,020 V
14655,020 V -	13975,026 V
13975,026 V -	13295,033 V
13295,033 V -	12615,040 V
12615,040 V -	11935,047 V
11935,047 V -	11255,053 V
11255,053 V -	10575,060 V
10575,060 V -	9895,067 V
9895,067 V -	9215,073 V
9215,073 V -	8535,080 V
8535,080 V -	7855,087 V
7855,087 V -	7175,094 V
7175,094 V -	6495,100 V
6495,100 V -	5815,107 V
5815,107 V -	5135,114 V

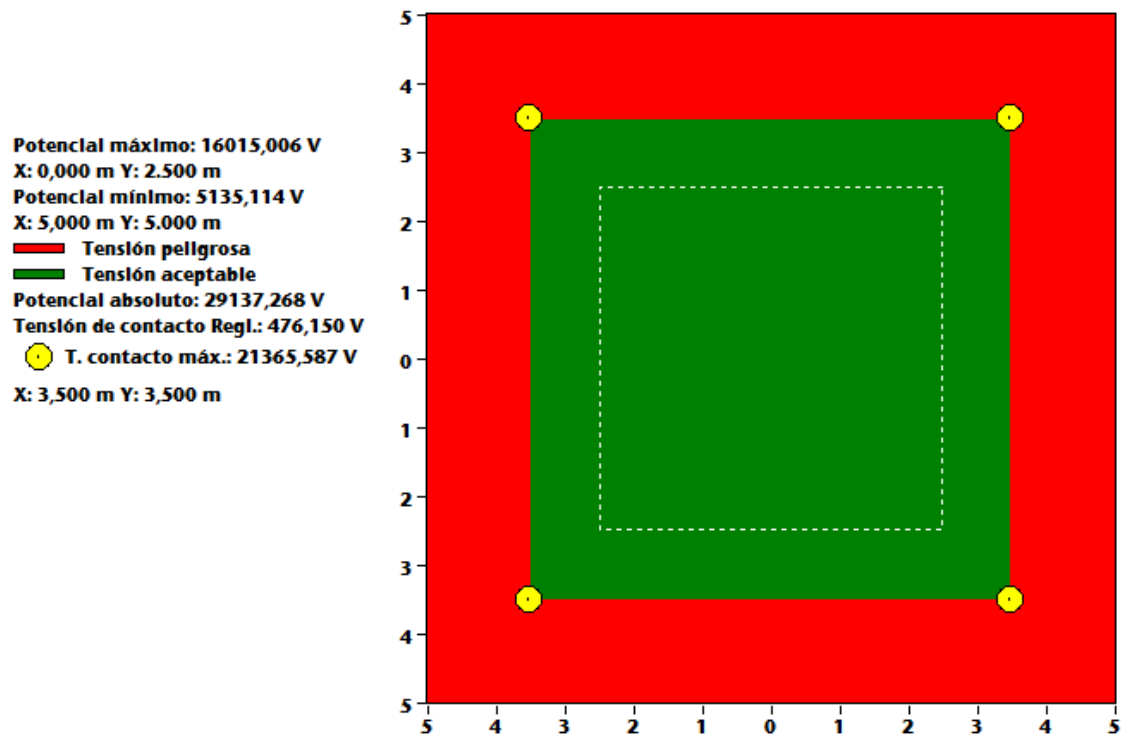




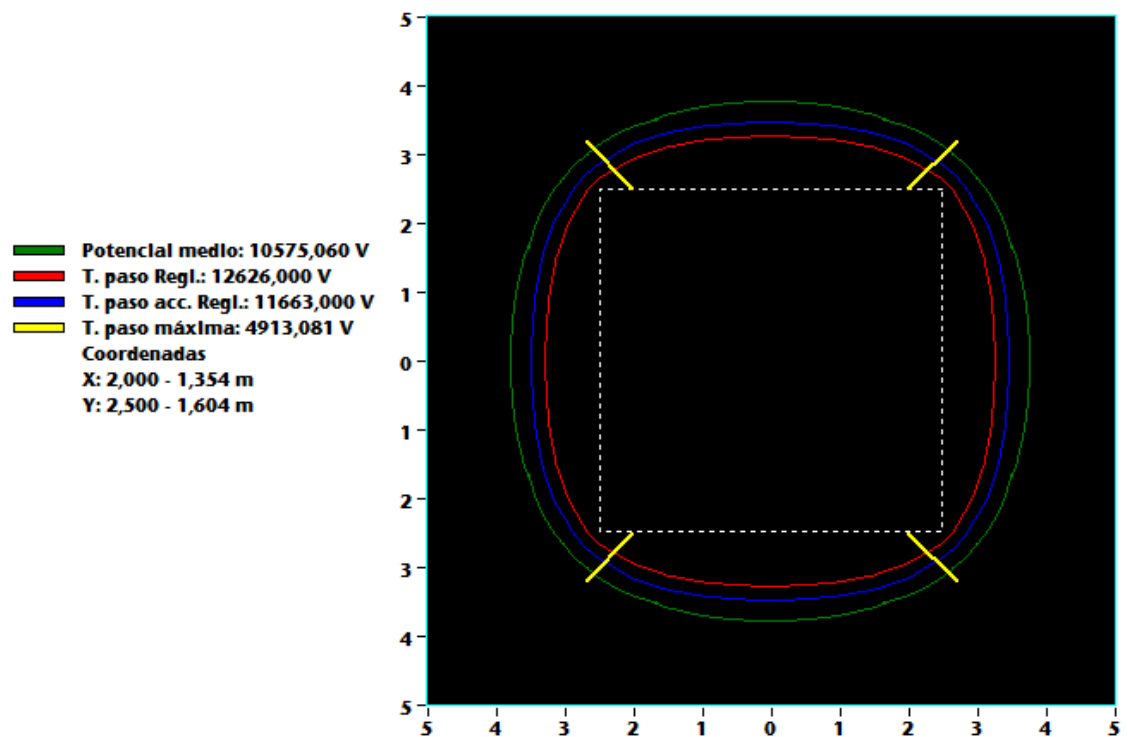
5.5.2 Distribución de potenciales en la zona de estudio



5.5.3 Tensiones de contacto

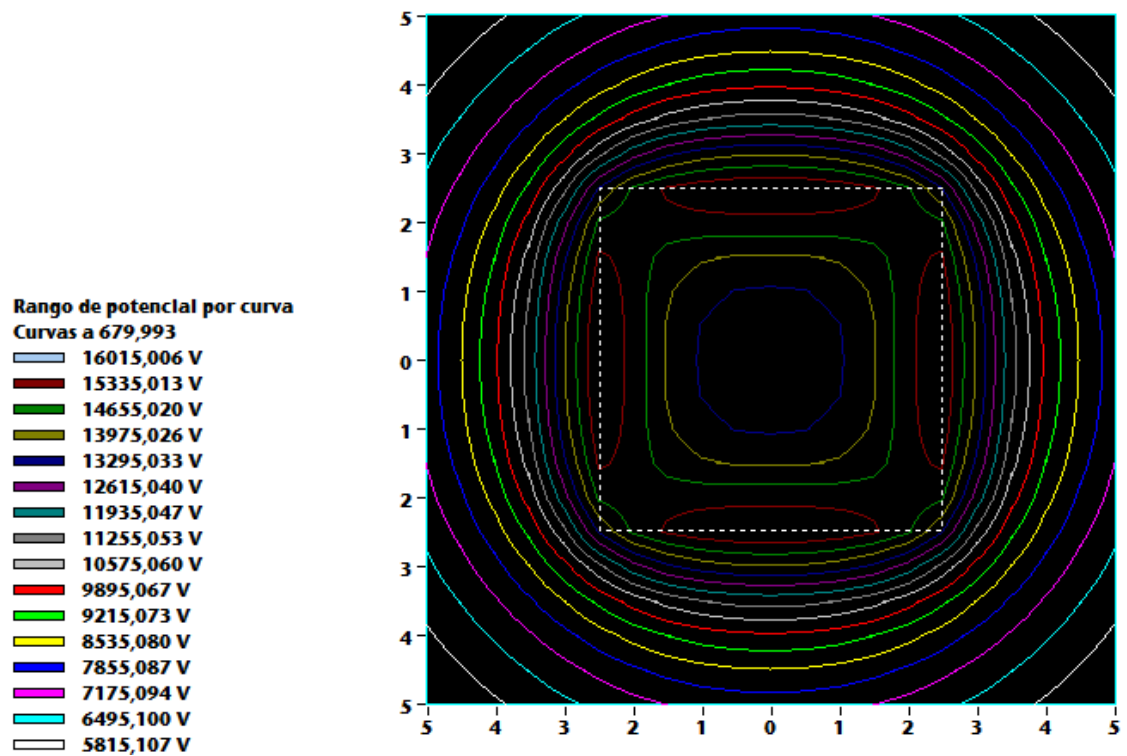


5.5.4 Tensiones de paso

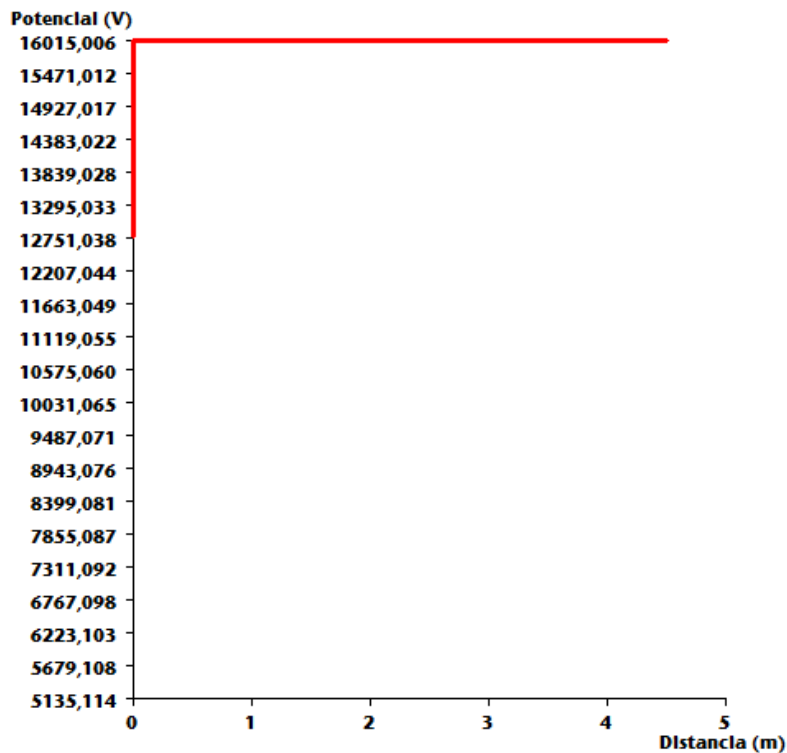




5.5.5 Líneas equipotenciales

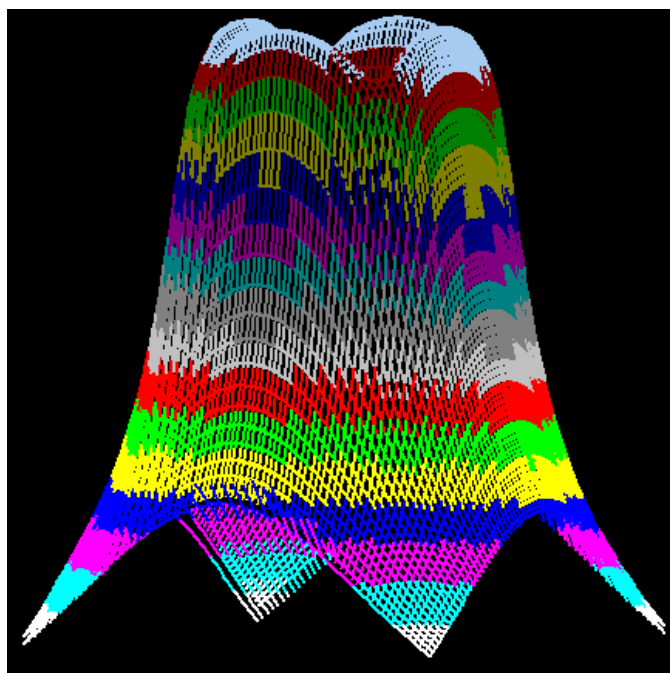


5.5.6 Línea de máximo potencial





5.5.7 Distribución de potenciales en 3D



Punto de vista vertical: 88,0 °
Punto de vista horizontal: 120,000 °

Potencial máximo: 16015,006 V
X: 0,000 m Y: 2.500 m
Potencial mínimo: 5135,114 V
X: 5,000 m Y: 5.000 m

16015,006 V -	15335,013 V
15335,013 V -	14655,020 V
14655,020 V -	13975,026 V
13975,026 V -	13295,033 V
13295,033 V -	12615,040 V
12615,040 V -	11935,047 V
11935,047 V -	11255,053 V
11255,053 V -	10575,060 V
10575,060 V -	9895,067 V
9895,067 V -	9215,073 V
9215,073 V -	8535,080 V
8535,080 V -	7855,087 V
7855,087 V -	7175,094 V
7175,094 V -	6495,100 V
6495,100 V -	5815,107 V
5815,107 V -	5135,114 V



6. Resumen de puesta a tierra del apoyo nº50

6.1. Datos de la instalación

Toma de tierra: Anillo

Apoyo aislado: No

Apoyo frecuentado: Si

Desconexión automática: No

Largo: 5,00 m

Ancho: 5,00 m

Conductor: Cobre

Sección: 50,00 mm²

Picas: Si

Diámetro: 14,00 mm

Longitud: 1,00 m

Nº de picas: 4

Profundidad enterramiento: 0,50 m

Resistividad del terreno: 300,00 Ohm*m

Resistividad superficial: 3000,00 Ohm*m

Resistividad del calzado: 3000,00 Ohm*m

Medidas correctoras: Si

6.2. Resultados generales

Apoyo nº	Tipo	Corriente de falta A	Tensión de puesta a tierra V	Resistencia de puesta a tierra		Medidas correctoras
				Coeficiente de resistencia $\Omega/(\Omega*m)$	Valor Ω	
50	Ali- Sus	1096,27	29137,27	0,08859	26,58	Mallazo electrosoldado



6.3. Tensión de contacto

Coeficiente de tensión de contacto $V/(\Omega \cdot m)$	Tensión reglamentaria V	Tensión de cálculo en el apoyo V	Diseño Válido	Coordenada X m	Coordenada Y m
0,06496	476,15	21365,59	Correcto	2,000	2,000

6.4. Tensión de paso

Coeficiente de tensión de contacto $V/(\Omega \cdot m)$	Tensión reglamentaria V	Tensión de cálculo en el apoyo V	Diseño Válido	Coordenada X m	Coordenada Y m
0,01494	12626,00	4913,08	Correcto	1,000 - 0,854	1,000 - 0,854

6.5. Tensión de paso en el acceso

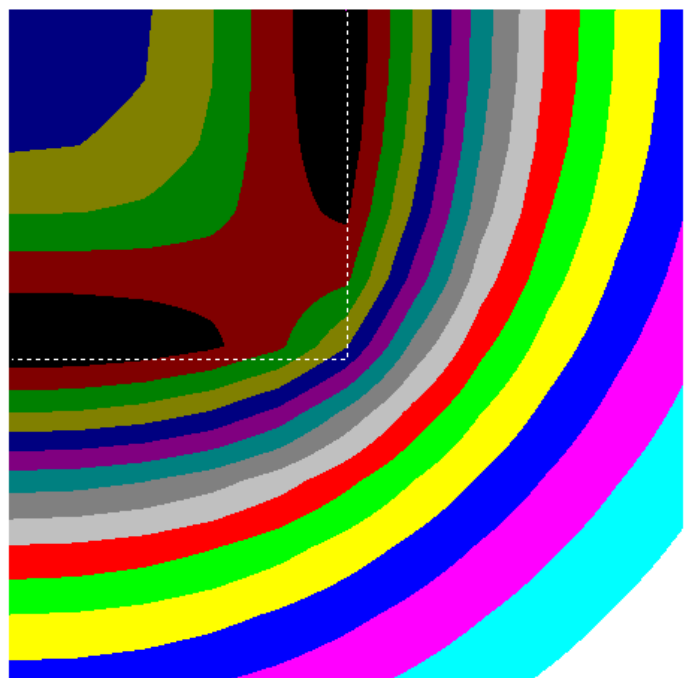
Coeficiente de tensión de contacto $V/(\Omega \cdot m)$	Tensión reglamentaria V	Tensión de cálculo en el apoyo V	Diseño Válido
0,06	11663,00	21365,59	Incorrecto

6.6. Gráficos

6.6.1 Distribución de potenciales ¼ de la zona de estudio

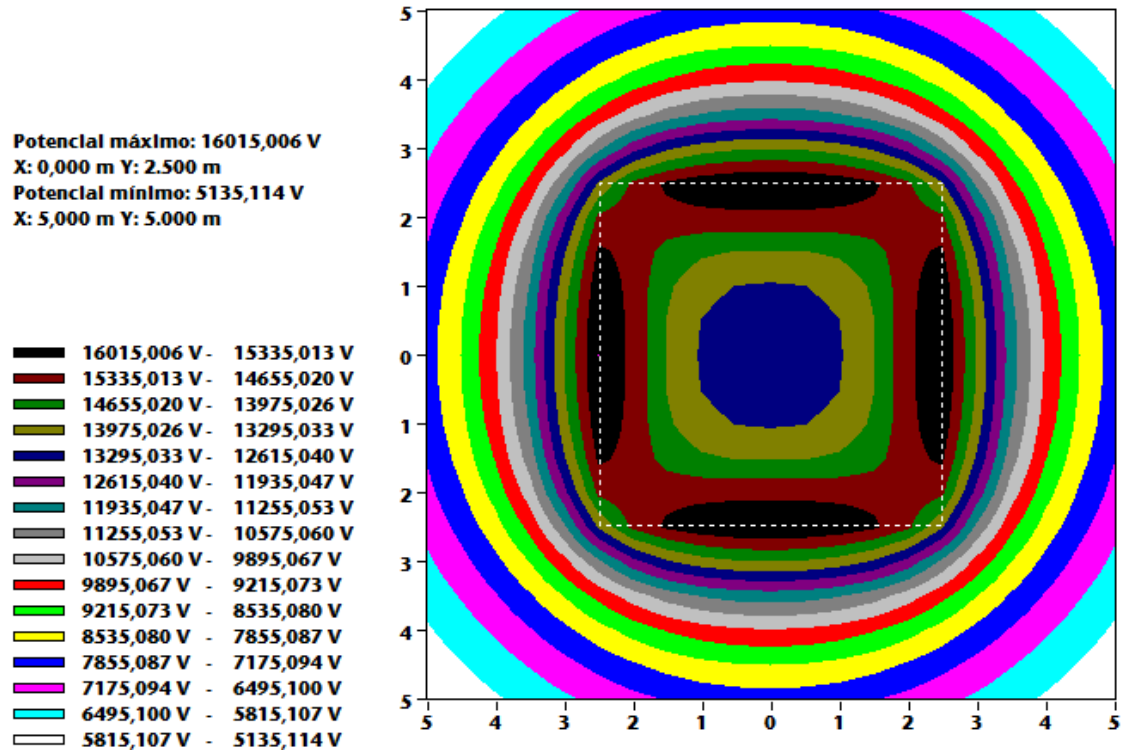
Potencial máximo: 16015,006 V
X: 0,000 Y: 2.500
Potencial mínimo: 5135,114 V
X: 5,000 Y: 5.000

16015,006 V -	15335,013 V
15335,013 V -	14655,020 V
14655,020 V -	13975,026 V
13975,026 V -	13295,033 V
13295,033 V -	12615,040 V
12615,040 V -	11935,047 V
11935,047 V -	11255,053 V
11255,053 V -	10575,060 V
10575,060 V -	9895,067 V
9895,067 V -	9215,073 V
9215,073 V -	8535,080 V
8535,080 V -	7855,087 V
7855,087 V -	7175,094 V
7175,094 V -	6495,100 V
6495,100 V -	5815,107 V
5815,107 V -	5135,114 V

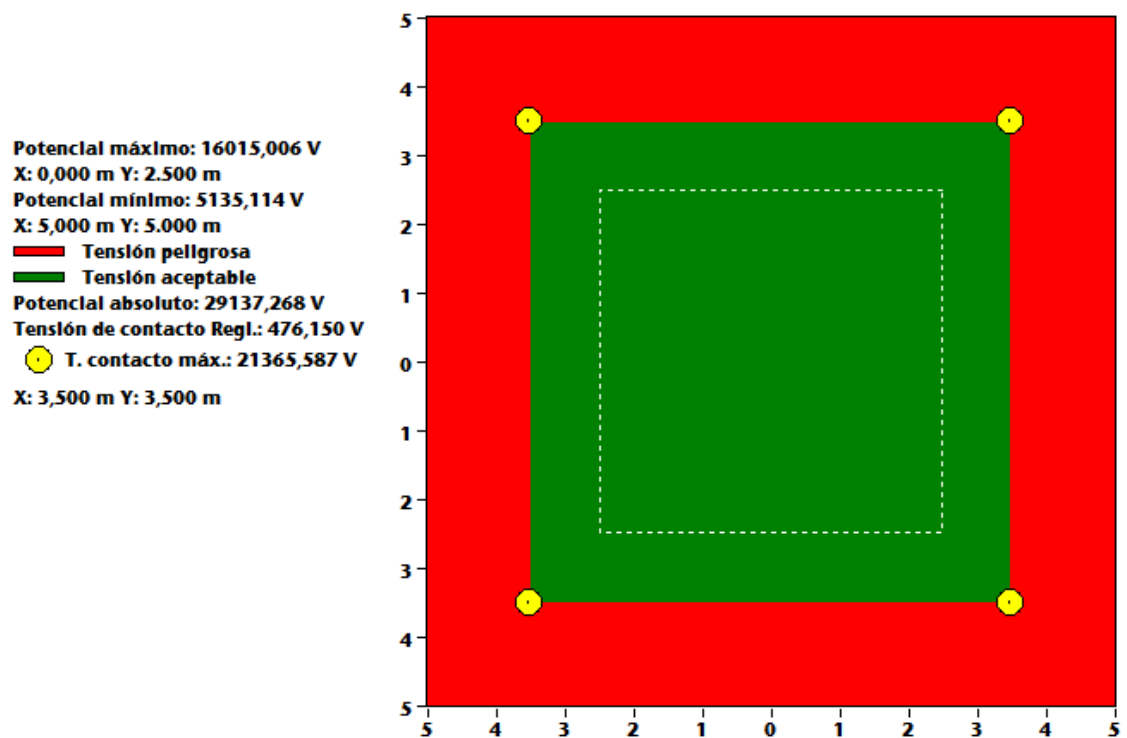




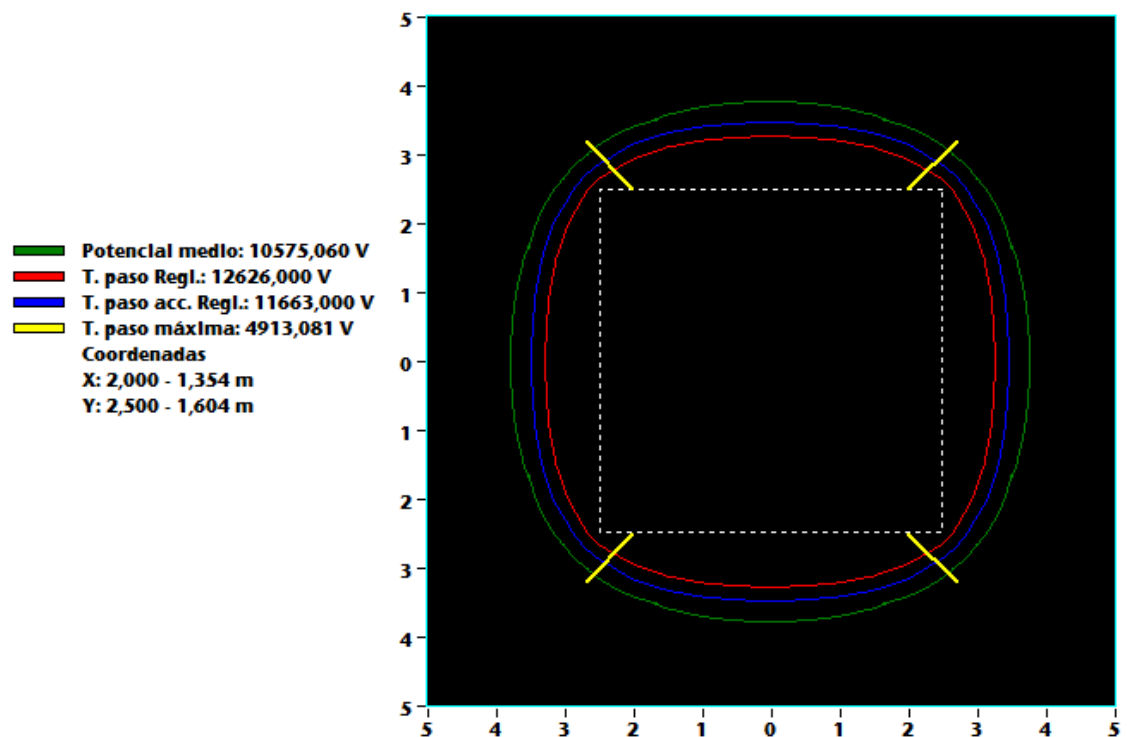
6.6.2 Distribución de potenciales en la zona de estudio



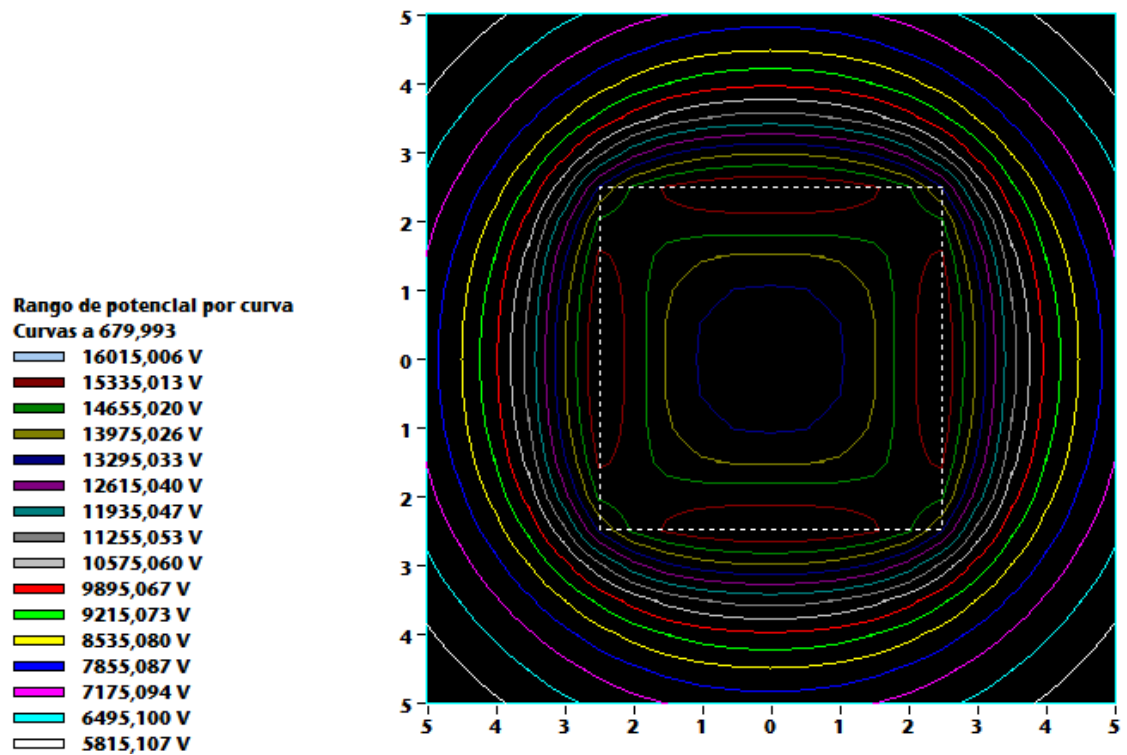
6.6.3 Tensiones de contacto



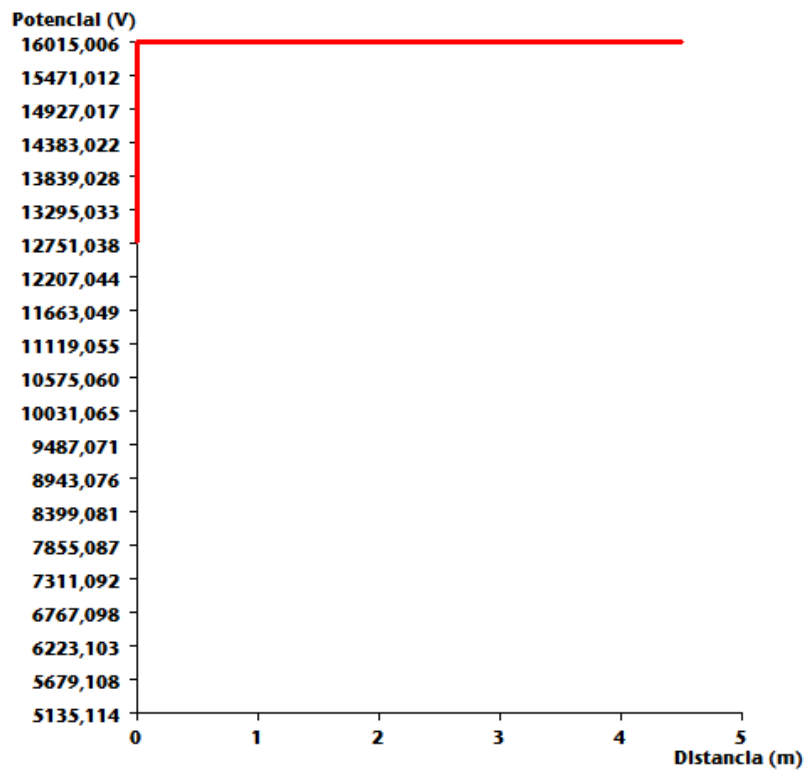
6.6.4 Tensiones de paso



6.6.5 Líneas equipotenciales

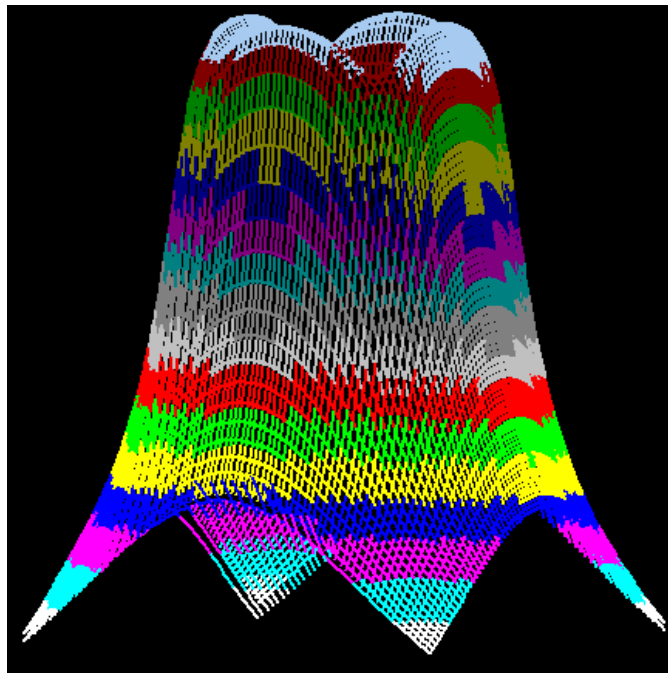


6.6.6 Línea de máximo potencial





6.6.7 Distribución de potenciales en 3D



Punto de vista vertical: 88,0 °
Punto de vista horizontal: 120,000 °

Potencial máximo: 16015,006 V
X: 0,000 m Y: 2.500 m
Potencial mínimo: 5135,114 V
X: 5,000 m Y: 5.000 m

16015,006 V -	15335,013 V
15335,013 V -	14655,020 V
14655,020 V -	13975,026 V
13975,026 V -	13295,033 V
13295,033 V -	12615,040 V
12615,040 V -	11935,047 V
11935,047 V -	11255,053 V
11255,053 V -	10575,060 V
10575,060 V -	9895,067 V
9895,067 V -	9215,073 V
9215,073 V -	8535,080 V
8535,080 V -	7855,087 V
7855,087 V -	7175,094 V
7175,094 V -	6495,100 V
6495,100 V -	5815,107 V
5815,107 V -	5135,114 V



7. Resumen de puesta a tierra del apoyo nº57

7.1. Datos de la instalación

Toma de tierra: Anillo

Apoyo aislado: No

Apoyo frecuentado: Si

Desconexión automática: No

Largo: 5,00 m

Ancho: 5,00 m

Conductor: Cobre

Sección: 50,00 mm²

Picas: Si

Diámetro: 14,00 mm

Longitud: 1,00 m

Nº de picas: 4

Profundidad enterramiento: 0,50 m

Resistividad del terreno: 300,00 Ohm*m

Resistividad superficial: 47575,87 Ohm*m

Resistividad del calzado: 3000,00 Ohm*m

Medidas correctoras: Si

7.2. Resultados generales

Apoyo nº	Tipo	Corriente de falta A	Tensión de puesta a tierra V	Resistencia de puesta a tierra		Medidas correctoras
				Coefficiente de resistencia $\Omega/(\Omega*m)$	Valor Ω	
57	F.Línea	1096,27	29137,27	0,08859	26,58	Mallazo electrosoldado



7.3. Tensión de contacto

Coeficiente de tensión de contacto $V/(\Omega \cdot m)$	Tensión reglamentaria V	Tensión de cálculo en el apoyo V	Diseño Válido	Coordenada X m	Coordenada Y m
0,06496	476,15	21365,59	Correcto	2,000	2,000

7.4. Tensión de paso

Coeficiente de tensión de contacto $V/(\Omega \cdot m)$	Tensión reglamentaria V	Tensión de cálculo en el apoyo V	Diseño Válido	Coordenada X m	Coordenada Y m
0,01494	12626,00	4913,08	Correcto	1,000 - 0,854	1,000 - 0,854

7.5. Tensión de paso en el acceso

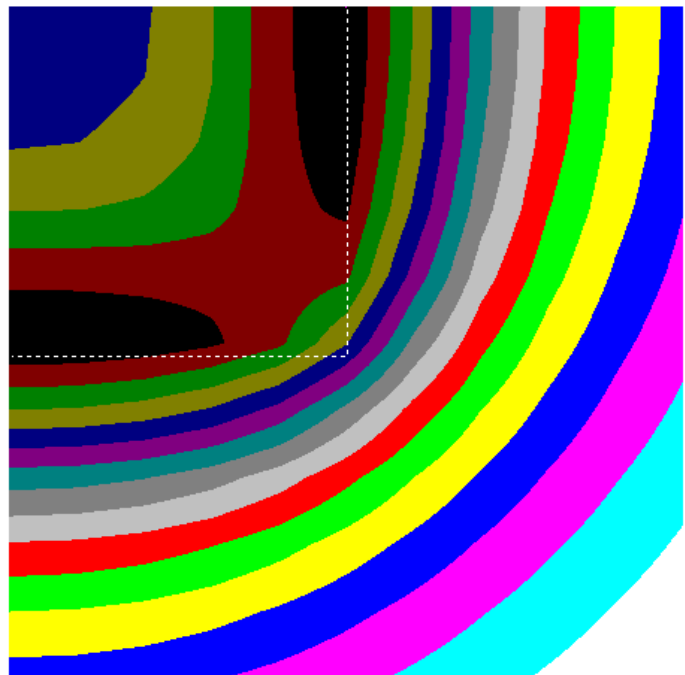
Coeficiente de tensión de contacto $V/(\Omega \cdot m)$	Tensión reglamentaria V	Tensión de cálculo en el apoyo V	Diseño Válido
0,06	154751,55	21365,59	Correcto

7.6. Gráficos

7.6.1 Distribución de potenciales ¼ de la zona de estudio

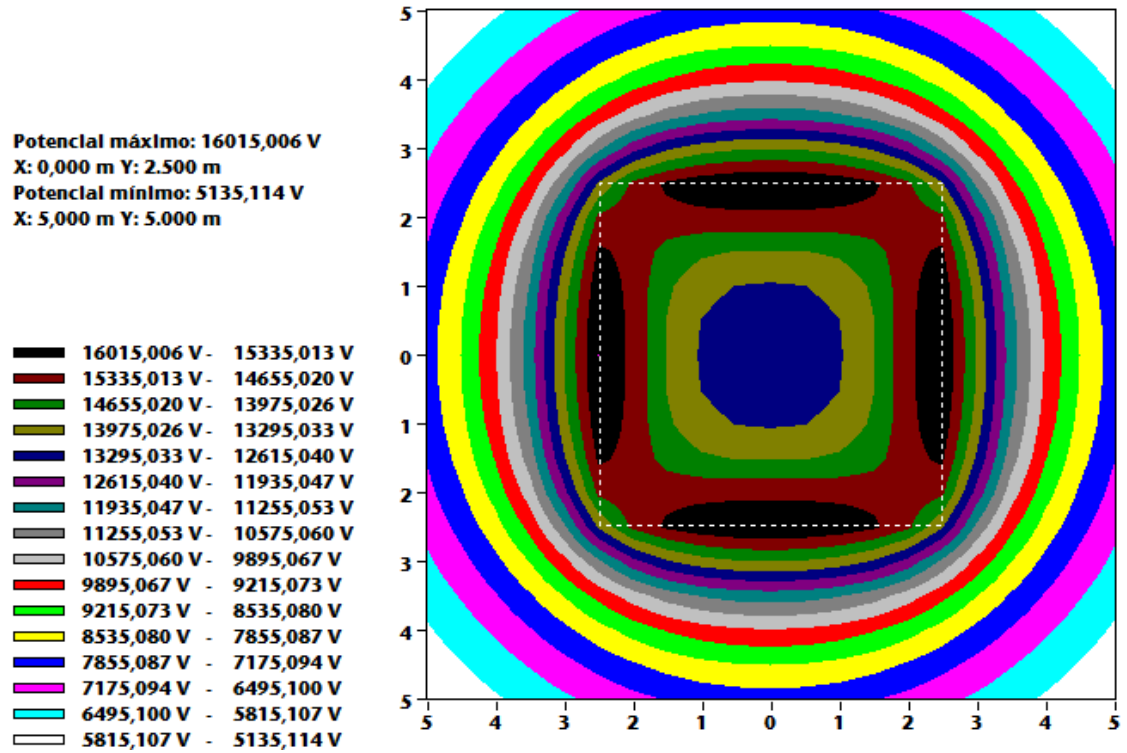
Potencial máximo: 16015,006 V
X: 0,000 Y: 2.500
Potencial mínimo: 5135,114 V
X: 5,000 Y: 5.000

16015,006 V -	15335,013 V
15335,013 V -	14655,020 V
14655,020 V -	13975,026 V
13975,026 V -	13295,033 V
13295,033 V -	12615,040 V
12615,040 V -	11935,047 V
11935,047 V -	11255,053 V
11255,053 V -	10575,060 V
10575,060 V -	9895,067 V
9895,067 V -	9215,073 V
9215,073 V -	8535,080 V
8535,080 V -	7855,087 V
7855,087 V -	7175,094 V
7175,094 V -	6495,100 V
6495,100 V -	5815,107 V
5815,107 V -	5135,114 V

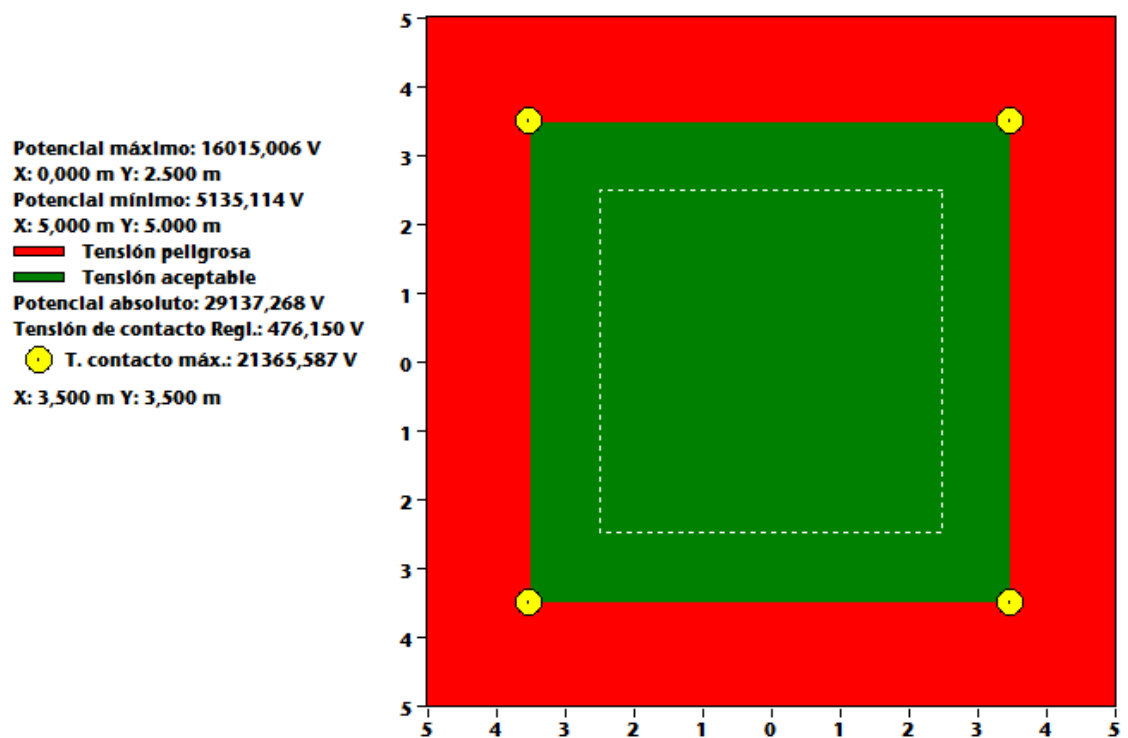




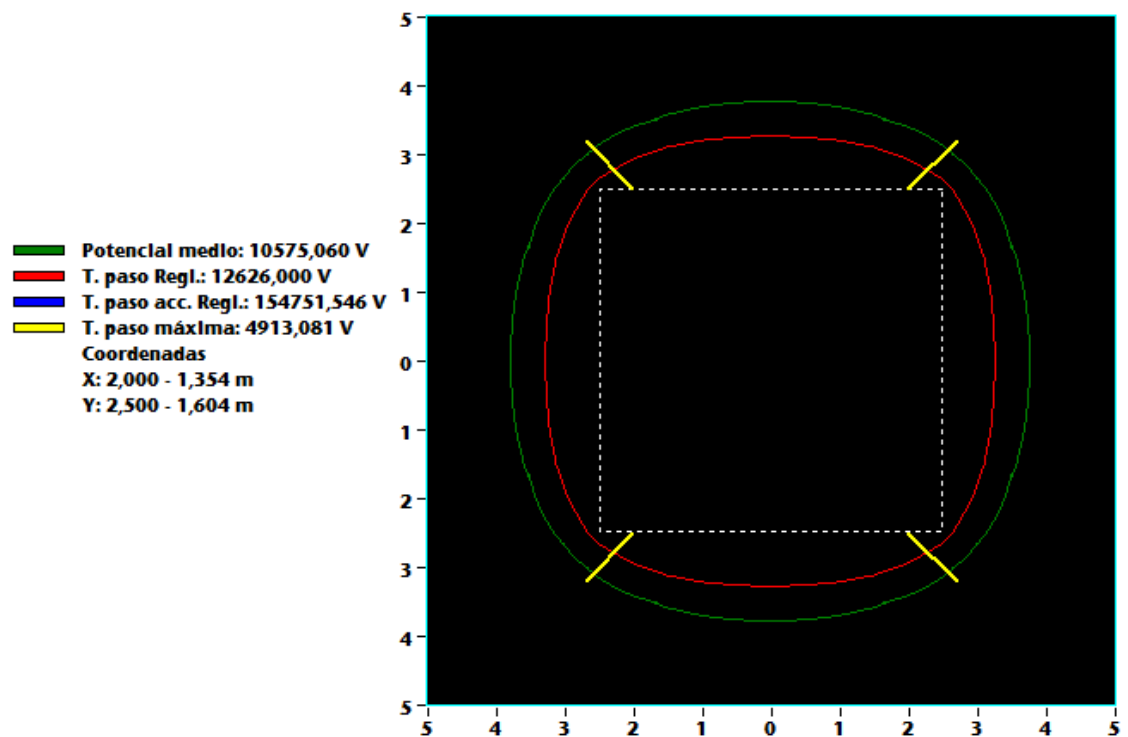
7.6.2 Distribución de potenciales en la zona de estudio



7.6.3 Tensiones de contacto

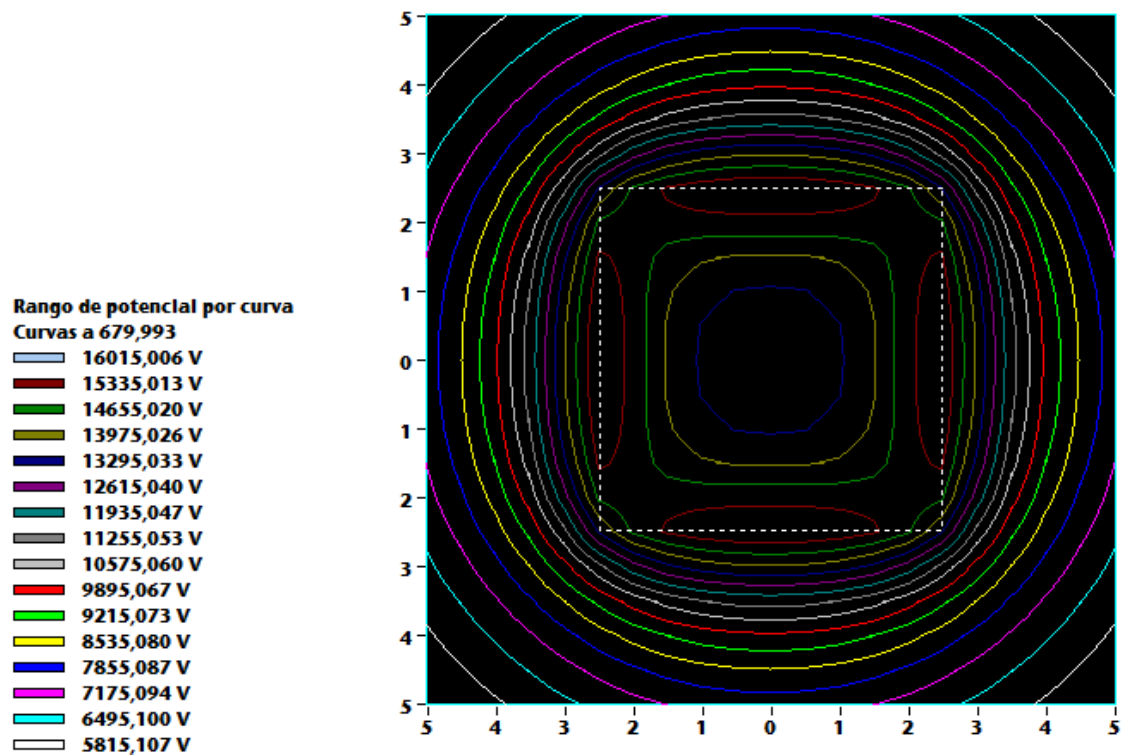


7.6.4 Tensiones de paso

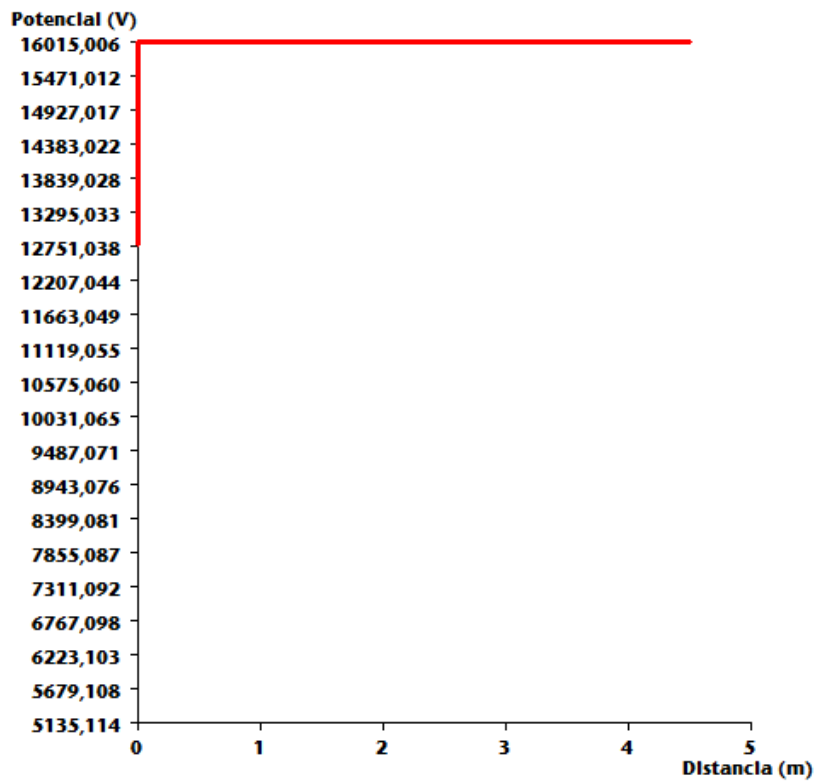




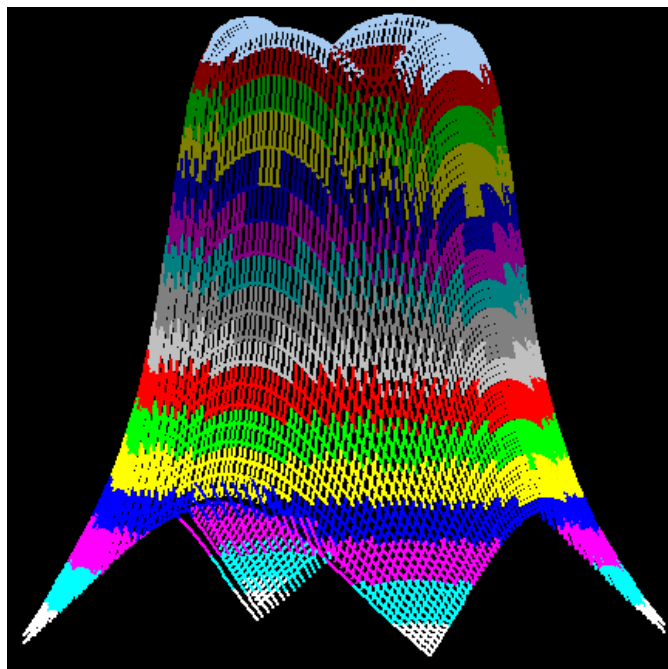
7.6.5 Líneas equipotenciales



7.6.6 Línea de máximo potencial



7.6.7 Distribución de potenciales en 3D



Punto de vista vertical: 88,0 °
Punto de vista horizontal: 120,000 °

Potencial máximo: 16015,006 V
X: 0,000 m Y: 2.500 m
Potencial mínimo: 5135,114 V
X: 5,000 m Y: 5.000 m

16015,006 V -	15335,013 V
15335,013 V -	14655,020 V
14655,020 V -	13975,026 V
13975,026 V -	13295,033 V
13295,033 V -	12615,040 V
12615,040 V -	11935,047 V
11935,047 V -	11255,053 V
11255,053 V -	10575,060 V
10575,060 V -	9895,067 V
9895,067 V -	9215,073 V
9215,073 V -	8535,080 V
8535,080 V -	7855,087 V
7855,087 V -	7175,094 V
7175,094 V -	6495,100 V
6495,100 V -	5815,107 V
5815,107 V -	5135,114 V





ANEXO Nº3:RESULTADOS DE CÁLCULO



Cuadro nº 1

Cálculo de conductores de fase - tensiones reglamentarias

Proyecto: Proyecto corregido.pro

Tensiones en daN - Flechas en m

Hipótesis de cálculo para tensiones máximas:

Zona A

Zona B

Zona C

-5°C+V(140km/h)

-10°C+V(140km/h), -15°C+H

-15°C+V(140km/h), -20°C+H

Tramo	Conductor	Zona	Vano	Desnivel	Vano	Const.	E.D.S.			T.H.F.		Tensiones y Flechas								
							Reg.	Caten.	Cálc.	Valor	Temp.	T.máxima	T.máxima	T.máxima	T.Viento 1/2	15°C+V	0°C+H		75°C	
(m)	(m)	(m)	%	%	°C	T (daN)	T (daN)	T (daN)	T (daN)	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)					
1- 2	LA-280 Hawk	A	320	60,13	315	1324	20,02	21,00	15	22,50	2863	—	—	2053	2275	8,31	—	—	1266	9,85
2- 3			309	22,17												7,63	—		9,05	



DISEÑO DE UNA LÍNEA AÉREA A 132 KV CON ALIMENTACIÓN SUBTERÁNEA A SUBESTACIÓN 132/66 kV.-ANEXO Nº3 RESULTADOS DE CÁLCULO LÍNEA AÉREA--



3-	4	LA-280 Hawk	A	389	-35,62	467	1546	21,00	21,00	15	22,38	3067	—	—	2080	2476	11,14	—	—	1479	12,30
4-	5			518	-47,07												19,76		—		21,83
5-	6	LA-280 Hawk	A	187	-1,82	187	987	18,07	21,00	15	22,50	2535	—	—	1986	1943	3,26	—	—	944	4,43
6-	7	LA-280 Hawk	A	433	-23,24	409	1481	20,79	21,00	15	22,50	3013	—	—	2079	2422	14,07	—	—	1417	15,87
7-	8			381	10,50												10,88		—		12,27
8-	9	LA-280 Hawk	A	372	6,70	339	1370	20,25	21,00	15	22,50	2907	—	—	2061	2319	10,83	—	—	1310	12,65
9-	10			291	18,52												6,64		—		7,75
10-	11	LA-280 Hawk	A	388	43,97	362	1409	20,45	21,00	15	22,50	2945	—	—	2068	2356	11,67	—	—	1348	13,46
11-	12			328	31,92												8,32		—		9,60
12-	13			416	16,35												12,69		—		14,00
13-	14	LA-280 Hawk	A	357	-45,36	470	1548	21,00	21,00	15	22,37	3068	—	—	2079	2477	9,41	—	—	1481	10,38
14-	15			561	-62,79												23,23		—		25,64
15-	16			609	13,62												26,74		—		28,67
16-	17			538	25,87												20,87		—		22,38
17-	18	LA-280 Hawk	A	567	-15,94	583	1622	21,00	21,00	15	21,91	3106	—	—	2052	2522	23,17	—	—	1552	24,84
18-	19			557	-15,42												22,36		—		23,97
19-	20			460	49,58												15,32		—		16,42
20-	21			691	-39,47												34,49		—		36,99



DISEÑO DE UNA LÍNEA AÉREA A 132 KV CON ALIMENTACIÓN SUBTERÁNEA A SUBESTACIÓN 132/66 kV.-ANEXO Nº3 RESULTADOS DE CÁLCULO LÍNEA AÉREA--



21-	22			651	65,85												30,40	—		31,84	
22-	23	LA-280 Hawk	A	647	-29,79	739	1678	20,91	21,00	15	21,48	3125	—	—	2022	2547	29,90	—	—	1605	31,32
23-	24			551	-50,92												21,74	—		22,77	
24-	25			929	68,72												61,94	—		64,89	
25-	26			376	-21,97												10,43	—		11,62	
26-	27	LA-280 Hawk	A	513	-12,44	444	1526	20,99	21,00	15	22,50	3055	—	—	2086	2463	19,41	—	—	1459	21,62
27-	28			408	15,48												12,28	—		13,67	
28-	29	LA-280 Hawk	A	726	-63,89	645	1651	21,00	21,00	15	21,75	3120	—	—	2042	2538	37,92	—	—	1579	40,23
29-	30			506	-9,53												18,32	—		19,43	
30-	31	LA-280 Hawk	A	453	-48,66	432	1511	20,92	21,00	15	22,50	3041	—	—	2084	2449	15,30	—	—	1445	17,11



Cuadro nº 1

Cálculo de conductores de fase - tensiones reglamentarias

Proyecto: Proyecto corregido.pro

Tensiones en daN - Flechas en m

Hipótesis de cálculo para tensiones máximas:

Zona A

Zona B

Zona C

-5°C+V(140km/h)

-10°C+V(140km/h), -15°C+H

-15°C+V(140km/h), -20°C+H

Tramo	Conductor	Zona	Vano	Desnivel	Vano	Const.	E.D.S.		T.H.F.		Tensiones y Flechas										
							Reg.	Caten.	Cálc.	Valor	Temp.	T.máxima viento	T.máxima hielo	T.máxima hielo+viento	T.Viento 1/2 (120km/h)	15°C+V		0°C+H		75°C	
										máxi.	%					(120km/h)					
										(m)	(m)					(m)	%	%	°C	T (daN)	T (daN)
31- 32			408	-20,05												12,35		—		13,81	
32- 33	LA-280 Hawk	A	636	-16,91	636	1647	21,00	21,00	15	21,77	3118	—	—	2043	2536	29,00	—	—	1575	30,80	



DISEÑO DE UNA LÍNEA AÉREA A 132 KV CON ALIMENTACIÓN SUBTERÁNEA A SUBESTACIÓN 132/66 kV.-ANEXO Nº3 RESULTADOS DE CÁLCULO LÍNEA AÉREA--



33-	34			598	13,86										25,59		—	27,12			
34-	35	LA-280 Hawk	A	757	31,47	651	1653	21,00	21,00	15	21,73	3121	—	—	2041	2540	41,10	—	—	1581	43,56
35-	36			533	30,57										20,35		—	21,56			
36-	37	LA-280 Hawk	A	578	-14,11	509	1578	21,00	21,00	15	22,17	3083	—	—	2068	2495	24,33	—	—	1509	26,55
37-	38			381	-3,19										10,56		—	11,51			
38-	39			613	-20,70										26,99		—	28,76			
39-	40	LA-280 Hawk	A	659	-9,16	617	1639	21,00	21,00	15	21,81	3114	—	—	2046	2531	31,20	—	—	1567	33,24
40-	41			569	-31,20										23,27		—	24,79			
41-	42			729	-15,23										38,26		—	40,86			
42-	43	LA-280 Hawk	A	544	3,45	605	1633	21,00	21,00	15	21,85	3111	—	—	2048	2528	21,26	—	—	1562	22,71
43-	44			392	11,48										11,04		—	11,78			
44-	45	LA-280 Hawk	A	714	-13,89	641	1649	21,00	21,00	15	21,76	3119	—	—	2042	2537	36,55	—	—	1577	38,80
45-	46			525	-5,54										19,73		—	20,94			
46-	47	LA-280 Hawk	A	571	25,13	571	1616	21,00	21,00	15	21,94	3102	—	—	2054	2518	23,55	—	—	1546	25,31
47-	48			582	-2,62										24,55		—	26,58			
48-	49	LA-280 Hawk	A	559	22,78	538	1597	21,00	21,00	15	22,06	3093	—	—	2061	2507	22,66	—	—	1528	24,54
49-	50			560	-1,14										22,73		—	24,61			
50-	51			387	-12,87										10,85		—	11,74			



DISEÑO DE UNA LÍNEA AÉREA A 132 KV CON ALIMENTACIÓN SUBTERÁNEA A SUBESTACIÓN 132/66 kV.-ANEXO Nº3 RESULTADOS DE CÁLCULO LÍNEA AÉREA--



51- 52	LA-280 Hawk	A	508	-27,83	483	1559	21,00	21,00	15	22,30	3073	—	—	2075	2484	18,90	—	—	1491	20,77
52- 53			454	-8,55												15,07		—		16,56
53- 54	LA-280 Hawk	A	468	82,32	468	1547	21,00	21,00	15	22,38	3067	—	—	2080	2476	16,30	—	—	1480	18,00
54- 55	LA-280 Hawk	A	221	-41,97	267	1219	19,46	21,00	15	22,50	2762	—	—	2033	2174	4,15	—	—	1166	5,10
55- 56			297	-71,12												7,57		—		9,31
56- 57	LA-280 Hawk	A	432	-45,60	432	1511	20,92	21,00	15	22,50	3041	—	—	2084	2449	13,91	—	—	1445	15,55



Cuadro nº 2

Cálculo de conductor de tierra 1 - tensiones reglamentarias

Proyecto: Proyecto corregido.pro

Tensiones en daN - Flechas en m

Hipótesis de cálculo para tensiones máximas:

Zona A

Zona B

Zona C

-5°C+V(140km/h)

-10°C+V(140km/h), -15°C+H

-15°C+V(140km/h), -20°C+H

Tramo	Conductor	Zona	Vano	Desnivel	Vano	Const.	E.D.S.			T.H.F.		Tensiones y Flechas								
							Reg.	Caten.	Cálc.	Valor	Temp.	T.máxima	T.máxima	T.máxima	-5°C+½ V	15°C+V	0°C+H	75°C		
			(m)	(m)	(m)	%	%	°C	%	viento	hielo	hielo+viento	(120km/h)	(120km/h)						
											T (daN)	T (daN)	T (daN)	T (daN)	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)
1- 2	F.Ópti OPGW48	A	320	60,13	315	1906	19,93	20,00	15	22,50	2764	—	—	1977	2229	6,24	—	—	1165	6,84
2- 3			309	22,17													5,73	—		6,28



DISEÑO DE UNA LÍNEA AÉREA A 132 KV CON ALIMENTACIÓN SUBTERÁNEA A SUBESTACIÓN 132/66 kV.-ANEXO Nº3 RESULTADOS DE CÁLCULO LÍNEA AÉREA--



3-	4	F.Ópti OPGW48	A	389	-35,62	467	2155	20,00	20,00	15	21,43	2989	—	—	1960	2412	8,41	—	—	1318	8,82
4-	5			518	-47,07												14,92		—		15,65
5-	6	F.Ópti OPGW48	A	187	-1,82	187	1457	18,52	20,00	15	22,50	2374	—	—	1884	1889	2,47	—	—	891	3,00
6-	7	F.Ópti OPGW48	A	433	-23,24	409	2080	20,00	20,00	15	21,77	2919	—	—	1967	2356	10,64	—	—	1272	11,29
7-	8			381	10,50												8,23		—		8,73
8-	9	F.Ópti OPGW48	A	372	6,70	339	1960	20,00	20,00	15	22,34	2812	—	—	1979	2269	8,14	—	—	1198	8,83
9-	10			291	18,52												4,99		—		5,41
10-	11	F.Ópti OPGW48	A	388	43,97	362	2003	20,00	20,00	15	22,13	2849	—	—	1975	2300	8,80	—	—	1225	9,46
11-	12			328	31,92												6,28		—		6,75
12-	13			416	16,35												9,58		—		10,04
13-	14	F.Ópti OPGW48	A	357	-45,36	470	2158	20,00	20,00	15	21,41	2992	—	—	1960	2414	7,11	—	—	1320	7,45
14-	15			561	-62,79												17,53		—		18,37
15-	16			609	13,62												20,06		—		20,71
16-	17			538	25,87												15,66		—		16,17
17-	18	F.Ópti OPGW48	A	567	-15,94	583	2243	19,76	20,00	15	20,70	3069	—	—	1928	2471	17,39	—	—	1372	17,95
18-	19			557	-15,42												16,78		—		17,32
19-	20			460	49,58												11,50		—		11,87
20-	21			691	-39,47												25,87		—		26,71



21- 22			651	65,85											23,53	—		24,03	
22- 23	F.Ópti OPGW48	A	647	-29,79	739	2220	18,66	20,00	15	19,18	3017	—	—	1814	2420	23,15	—	1357	23,64
23- 24			551	-50,92												16,83	—		17,19
24- 25			929	68,72												47,88	—		48,91
25- 26			376	-21,97												7,91	—		8,33
26- 27	F.Ópti OPGW48	A	513	-12,44	444	2127	20,00	20,00	15	21,55	2963	—	—	1963	2391	14,71	—	1301	15,49
27- 28			408	15,48												9,30	—		9,80
28- 29	F.Ópti OPGW48	A	726	-63,89	645	2230	19,20	20,00	15	19,92	3043	—	—	1870	2445	28,94	—	1364	29,73
29- 30			506	-9,53												13,99	—		14,37
30- 31	F.Ópti OPGW48	A	453	-48,66	432	2112	20,00	20,00	15	21,62	2948	—	—	1964	2379	11,59	—	1291	12,23



Cuadro nº 2

Cálculo de conductor de tierra 1 - tensiones reglamentarias

Proyecto: Proyecto corregido.pro

Tensiones en daN - Flechas en m

Hipótesis de cálculo para tensiones máximas:

Zona A

Zona B

Zona C

-5°C+V(140km/h)

-10°C+V(140km/h), -15°C+H

-15°C+V(140km/h), -20°C+H

Tramo	Conductor	Zona	Vano	Desnivel	Vano	Const.	E.D.S.			T.H.F.			Tensiones y Flechas													
							Reg.	Caten.	Cálc.	Valor	Temp.	T.máxima	T.máxima	T.máxima	-5°C+½ V	15°C+V	0°C+H		75°C							
										máxi.	%				viento	hielo	hielo+viento	(120km/h)	(120km/h)	T (daN)	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)
31- 32			408	-20,05			%	%	°C		T (daN)	T (daN)	T (daN)	T (daN)	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)						
32- 33	F.Ópti OPGW48	A	636	-16,91	636	2270	19,66	20,00	15	20,45	3094	—	—	1915	2489	21,73	—	—	1388	22,32						



DISEÑO DE UNA LÍNEA AÉREA A 132 KV CON ALIMENTACIÓN SUBTERÁNEA A SUBESTACIÓN 132/66 kV.-ANEXO Nº3 RESULTADOS DE CÁLCULO LÍNEA AÉREA--



33-	34			598	13,86												19,37	—		19,88	
34-	35	F.Ópti OPGW48	A	757	31,47	651	2252	19,40	20,00	15	20,13	3070	—	—	1889	2468	31,08	—	—	1377	31,91
35-	36			533	30,57												15,40	—		15,81	
36-	37	F.Ópti OPGW48	A	578	-14,11	509	2200	20,00	20,00	15	21,23	3033	—	—	1956	2446	18,26	—	—	1346	19,01
37-	38			381	-3,19												7,92	—		8,25	
38-	39			613	-20,70												20,23	—		20,81	
39-	40	F.Ópti OPGW48	A	659	-9,16	617	2261	19,70	20,00	15	20,55	3087	—	—	1920	2484	23,37	—	—	1383	24,05
40-	41			569	-31,20												17,44	—		17,95	
41-	42			729	-15,23												28,61	—		29,47	
42-	43	F.Ópti OPGW48	A	544	3,45	605	2259	19,77	20,00	15	20,65	3087	—	—	1927	2484	15,91	—	—	1382	16,39
43-	44			392	11,48												8,26	—		8,51	
44-	45	F.Ópti OPGW48	A	714	-13,89	641	2266	19,60	20,00	15	20,37	3089	—	—	1908	2484	27,44	—	—	1386	28,19
45-	46			525	-5,54												14,82	—		15,22	
46-	47	F.Ópti OPGW48	A	571	25,13	571	2256	20,00	20,00	15	21,01	3088	—	—	1952	2488	17,53	—	—	1379	18,11
47-	48			582	-2,62												18,35	—		19,03	
48-	49	F.Ópti OPGW48	A	559	22,78	538	2228	20,00	20,00	15	21,12	3060	—	—	1954	2467	16,94	—	—	1363	17,57
49-	50			560	-1,14												16,98	—		17,61	
50-	51			387	-12,87												8,11	—		8,41	



DISEÑO DE UNA LÍNEA AÉREA A 132 KV CON ALIMENTACIÓN SUBTERÁNEA A SUBESTACIÓN 132/66 kV.-ANEXO Nº3 RESULTADOS DE CÁLCULO LÍNEA AÉREA--



51- 52	F.Ópti OPGW48	A	508	-27,83	483	2174	20,00	20,00	15	21,35	3007	—	—	1959	2425	14,23	—	—	1329	14,88
52- 53			454	-8,55												11,35		—		11,87
53- 54	F.Ópti OPGW48	A	468	82,32	468	2156	20,00	20,00	15	21,42	2990	—	—	1960	2412	12,31	—	—	1319	12,90
54- 55	F.Ópti OPGW48	A	221	-41,97	267	1763	19,49	20,00	15	22,50	2634	—	—	1947	2118	3,13	—	—	1078	3,53
55- 56			297	-71,12												5,72		—		6,43
56- 57	F.Ópti OPGW48	A	432	-45,60	432	2111	20,00	20,00	15	21,62	2948	—	—	1964	2379	10,53	—	—	1291	11,12



Cuadro nº 4

Cálculo de conductores de fase - tabla de tendido nº 1

Sección del conductor 281,10mm²

Proyecto: Proyecto corregido.pro

Tensiones en daN - Flechas en m

Tramo	Conductor	Zona	Vano	Desnivel	Vano		Tensiones y Flechas											
					Regulación	-5°C		0°C		5°C		10°C		15°C		20°C		
						(m)	(m)	(m)	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)
1- 2	LA-280 Hawk	A	320,23	60,13	314,67	1857	6,71	1801	6,92	1748	7,13	1699	7,34	1652	7,54	1609	7,75	
2- 3			308,81	22,17			6,17		6,36		6,55		6,74		6,93		7,12	
3- 4	LA-280 Hawk	A	389,14	-35,62	467,06	1847	9,84	1817	10,01	1788	10,17	1760	10,33	1733	10,49	1708	10,65	
4- 5			517,61	-47,07			17,46		17,76		18,05		18,33		18,62		18,90	



DISEÑO DE UNA LÍNEA AÉREA A 132 KV CON ALIMENTACIÓN SUBTERÁNEA A SUBESTACIÓN 132/66 kV.-ANEXO Nº3 RESULTADOS DE CÁLCULO LÍNEA AÉREA--



5- 6	LA-280 Hawk	A	187,14	-1,82	187,00	1857	2,25	1753	2,39	1658	2,52	1571	2,66	1492	2,80	1420	2,95
6- 7	LA-280 Hawk	A	432,85	-23,24	409,48	1857	12,10	1819	12,35	1783	12,60	1749	12,85	1716	13,10	1684	13,34
7- 8			381,12	10,50			9,36		9,55		9,75		9,94		10,13		10,32
8- 9	LA-280 Hawk	A	371,94	6,70	338,84	1857	8,92	1806	9,17	1759	9,42	1714	9,66	1672	9,91	1632	10,15
9- 10			290,72	18,52			5,47		5,62		5,77		5,92		6,07		6,22
10- 11	LA-280 Hawk	A	388,21	43,97	361,75	1857	9,76	1811	10,01	1768	10,26	1727	10,50	1688	10,74	1651	10,98
11- 12			327,53	31,92			6,96		7,14		7,32		7,49		7,66		7,83
12- 13			416,27	16,35			11,23		11,41		11,60		11,78		11,96		12,14
13- 14	LA-280 Hawk	A	357,26	-45,36	469,50	1846	8,33	1816	8,46	1787	8,60	1760	8,73	1733	8,87	1708	9,00
14- 15			560,86	-62,79			20,54		20,88		21,22		21,56		21,89		22,22
15- 16			609,36	13,62			24,58		24,85		25,12		25,39		25,65		25,91
16- 17			537,53	25,87			19,19		19,40		19,61		19,82		20,02		20,23
17- 18	LA-280 Hawk	A	566,63	-15,94	583,22	1808	21,31	1789	21,54	1770	21,77	1751	22,00	1733	22,23	1716	22,46
18- 19			557,04	-15,42			20,56		20,79		21,01		21,23		21,45		21,67
19- 20			460,03	49,58			14,09		14,24		14,40		14,55		14,70		14,85
20- 21			691,11	-39,47			31,71		32,06		32,41		32,75		33,09		33,43
21- 22			651,14	65,85			28,80		29,00		29,20		29,39		29,58		29,78
22- 23	LA-280 Hawk	A	647,31	-29,79	738,68	1773	28,33	1761	28,53	1749	28,72	1737	28,91	1726	29,10	1715	29,29



DISEÑO DE UNA LÍNEA AÉREA A 132 KV CON ALIMENTACIÓN SUBTERÁNEA A SUBESTACIÓN 132/66 kV.-ANEXO Nº3 RESULTADOS DE CÁLCULO LÍNEA AÉREA--



23- 24			551,43	-50,92			20,60		20,74		20,88		21,02		21,16		21,30
24- 25			929,42	68,72			58,67		59,07		59,48		59,88		60,27		60,67
25- 26			376,08	-21,97			9,12		9,29		9,46		9,62		9,78		9,94
26- 27	LA-280 Hawk	A	513,27	-12,44	444,34	1857	16,97	1824	17,28	1792	17,59	1761	17,90	1732	18,20	1704	18,50
27- 28			408,41	15,48			10,73		10,93		11,13		11,32		11,51		11,70
28- 29	LA-280 Hawk	A	725,81	-63,89	644,79	1795	35,35	1779	35,67	1763	35,99	1748	36,31	1733	36,62	1719	36,93
29- 30			505,68	-9,53			17,08		17,24		17,39		17,54		17,69		17,84
30- 31	LA-280 Hawk	A	453,38	-48,66	432,26	1857	13,30	1822	13,56	1789	13,81	1757	14,06	1727	14,31	1698	14,55



Cuadro nº 4

Cálculo de conductores de fase - tabla de tendido nº 1

Sección del conductor 281,10mm²

Proyecto: Proyecto corregido.pro

Tensiones en daN - Flechas en m

Tramo	Conductor	Zona	Vano (m)	Desnivel (m)	Vano Regulación (m)	Tensiones y Flechas								15°C T (daN)	15°C F (m)	20°C T (daN)	20°C F (m)
						-5°C T (daN)	-5°C F (m)	0°C T (daN)	0°C F (m)	5°C T (daN)	5°C F (m)	10°C T (daN)	10°C F (m)				
31- 32			408,05	-20,05			10,74		10,95		11,15		11,35		11,55		11,75
32- 33	LA-280 Hawk	A	635,61	-16,91	636,00	1797	26,99	1780	27,24	1764	27,49	1749	27,74	1733	27,98	1718	28,23
33- 34			597,95	13,86			23,89		24,10		24,31		24,52		24,73		24,94
34- 35	LA-280 Hawk	A	756,62	31,47	650,56	1794	38,36	1778	38,70	1763	39,04	1748	39,37	1733	39,71	1719	40,04
35- 36			532,60	30,57			19,00		19,17		19,33		19,50		19,66		19,83



DISEÑO DE UNA LÍNEA AÉREA A 132 KV CON ALIMENTACIÓN SUBTERÁNEA A SUBESTACIÓN 132/66 kV.-ANEXO Nº3 RESULTADOS DE CÁLCULO LÍNEA AÉREA--



36- 37	LA-280 Hawk	A	578,23	-14,11	508,95	1830	21,87	1805	22,18	1780	22,49	1756	22,80	1733	23,10	1711	23,40
37- 38			381,44	-3,19			9,49		9,63		9,76		9,89		10,02		10,15
38- 39			613,22	-20,70			25,02		25,27		25,51		25,76		26,00		26,24
39- 40	LA-280 Hawk	A	658,91	-9,16	616,96	1800	28,92	1783	29,20	1766	29,48	1749	29,76	1733	30,04	1718	30,32
40- 41			568,81	-31,20			21,57		21,79		22,00		22,20		22,41		22,62
41- 42			729,36	-15,23			35,36		35,72		36,08		36,43		36,79		37,14
42- 43	LA-280 Hawk	A	543,72	3,45	604,61	1803	19,66	1785	19,86	1767	20,06	1750	20,26	1733	20,45	1717	20,65
43- 44			391,92	11,48			10,20		10,31		10,41		10,51		10,61		10,72
44- 45	LA-280 Hawk	A	713,73	-13,89	640,76	1796	34,05	1780	34,36	1764	34,67	1748	34,98	1733	35,28	1719	35,59
45- 46			524,55	-5,54			18,38		18,55		18,72		18,88		19,05		19,21
46- 47	LA-280 Hawk	A	571,28	25,13	571,00	1811	21,58	1791	21,83	1771	22,07	1752	22,32	1733	22,56	1715	22,80
47- 48			582,01	-2,62			22,29		22,57		22,86		23,14		23,41		23,69
48- 49	LA-280 Hawk	A	558,67	22,78	538,46	1820	20,58	1798	20,84	1775	21,10	1754	21,36	1733	21,61	1713	21,87
49- 50			559,66	-1,14			20,63		20,90		21,16		21,42		21,67		21,93
50- 51			386,62	-12,87			9,85		9,98		10,10		10,22		10,35		10,47
51- 52	LA-280 Hawk	A	507,55	-27,83	483,27	1840	16,82	1812	17,08	1785	17,34	1759	17,60	1733	17,86	1709	18,11
52- 53			453,69	-8,55			13,41		13,62		13,83		14,03		14,24		14,44



53- 54	LA-280 Hawk	A	467,72	82,32	468,00	1847	14,41	1817	14,65	1788	14,89	1760	15,13	1733	15,36	1708	15,59
54- 55	LA-280 Hawk	A	221,20	-41,97	267,24	1857	3,20	1787	3,33	1722	3,45	1662	3,58	1606	3,70	1554	3,83
55- 56			296,91	-71,12			5,84		6,07		6,30		6,53		6,76		6,98
56- 57	LA-280 Hawk	A	431,63	-45,60	432,00	1857	12,09	1822	12,33	1789	12,56	1757	12,78	1727	13,01	1698	13,23



Cuadro nº 4

Cálculo de conductores de fase - tabla de tendido nº 2

Sección del conductor 281,10mm²

Proyecto: Proyecto corregido.pro

Tensiones en daN - Flechas en m

Tramo	Conductor	Zona	Vano	Desnivel	Vano Regulación	Tensiones y Flechas											
						25°C		30°C		35°C		40°C		45°C		50°C	
			(m)	(m)	(m)	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)
1- 2	LA-280 Hawk	A	320,23	60,13	314,67	1568	7,95	1530	8,15	1493	8,35	1459	8,54	1427	8,74	1396	8,93
2- 3			308,81	22,17			7,30		7,49		7,67		7,85		8,03		8,20
3- 4	LA-280 Hawk	A	389,14	-35,62	467,06	1683	10,81	1659	10,96	1636	11,12	1614	11,27	1593	11,42	1572	11,57
4- 5			517,61	-47,07			19,18		19,45		19,73		20,00		20,27		20,53



5-	6	LA-280 Hawk	A	187,14	-1,82	187,00	1354	3,09	1295	3,23	1241	3,37	1192	3,51	1147	3,65	1106	3,78
6-	7	LA-280 Hawk	A	432,85	-23,24	409,48	1655	13,59	1626	13,82	1599	14,06	1572	14,30	1547	14,53	1523	14,76
7-	8			381,12	10,50			10,50		10,69		10,87		11,05		11,23		11,41
8-	9	LA-280 Hawk	A	371,94	6,70	338,84	1594	10,39	1559	10,63	1525	10,86	1493	11,10	1463	11,33	1434	11,55
9-	10			290,72	18,52			6,37		6,51		6,66		6,80		6,94		7,08
10-	11	LA-280 Hawk	A	388,21	43,97	361,75	1616	11,22	1583	11,46	1552	11,69	1522	11,92	1493	12,15	1466	12,37
11-	12			327,53	31,92			8,00		8,17		8,34		8,50		8,66		8,82
12-	13			416,27	16,35			12,32		12,49		12,67		12,84		13,01		13,18
13-	14	LA-280 Hawk	A	357,26	-45,36	469,50	1683	9,13	1660	9,26	1637	9,39	1615	9,52	1594	9,65	1573	9,77
14-	15			560,86	-62,79			22,54		22,86		23,18		23,50		23,81		24,12
15-	16			609,36	13,62			26,17		26,43		26,68		26,94		27,19		27,44
16-	17			537,53	25,87			20,43		20,63		20,83		21,03		21,23		21,42
17-	18	LA-280 Hawk	A	566,63	-15,94	583,22	1699	22,68	1683	22,90	1666	23,13	1651	23,35	1636	23,56	1621	23,78
18-	19			557,04	-15,42			21,89		22,10		22,31		22,53		22,74		22,95
19-	20			460,03	49,58			15,00		15,15		15,29		15,44		15,58		15,72
20-	21			691,11	-39,47			33,76		34,09		34,43		34,75		35,08		35,40
21-	22			651,14	65,85			29,97		30,16		30,35		30,54		30,73		30,92
22-	23	LA-280 Hawk	A	647,31	-29,79	738,68	1704	29,48	1693	29,67	1683	29,86	1672	30,04	1662	30,23	1652	30,41



DISEÑO DE UNA LÍNEA AÉREA A 132 KV CON ALIMENTACIÓN SUBTERÁNEA A SUBESTACIÓN 132/66 kV.-ANEXO Nº3 RESULTADOS DE CÁLCULO LÍNEA AÉREA--



23-	24		551,43	-50,92			21,43		21,57		21,71		21,84		21,98		22,11	
24-	25		929,42	68,72			61,06		61,45		61,84		62,23		62,62		63,00	
25-	26		376,08	-21,97			10,10		10,26		10,42		10,57		10,73		10,88	
26-	27	LA-280 Hawk	A	513,27	-12,44	444,34	1677	18,80	1652	19,09	1627	19,38	1603	19,67	1580	19,96	1558	20,24
27-	28		408,41	15,48			11,89		12,07		12,26		12,44		12,62		12,80	
28-	29	LA-280 Hawk	A	725,81	-63,89	644,79	1705	37,24	1691	37,55	1677	37,85	1664	38,15	1651	38,46	1638	38,75
29-	30		505,68	-9,53			17,99		18,14		18,29		18,43		18,58		18,72	
30-	31	LA-280 Hawk	A	453,38	-48,66	432,26	1670	14,80	1643	15,04	1618	15,28	1593	15,51	1569	15,75	1547	15,98



Cuadro nº 4

Cálculo de conductores de fase - tabla de tendido nº 2

Sección del conductor 281,10mm²

Proyecto: Proyecto corregido.pro

Tensiones en daN - Flechas en m

Tramo	Conductor	Zona	Vano	Desnivel	Vano Regulación	Tensiones y Flechas											
						25°C		30°C		35°C		40°C		45°C		50°C	
			(m)	(m)	(m)	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)
31- 32			408,05	-20,05			11,95		12,14		12,33		12,52		12,71		12,90
32- 33	LA-280 Hawk	A	635,61	-16,91	636,00	1704	28,47	1690	28,71	1676	28,95	1662	29,18	1649	29,42	1636	29,65
33- 34			597,95	13,86			25,14		25,34		25,55		25,75		25,95		26,15
34- 35	LA-280 Hawk	A	756,62	31,47	650,56	1705	40,37	1691	40,69	1678	41,02	1665	41,34	1652	41,67	1640	41,99
35- 36			532,60	30,57			19,99		20,15		20,31		20,47		20,63		20,79



DISEÑO DE UNA LÍNEA AÉREA A 132 KV CON ALIMENTACIÓN SUBTERÁNEA A SUBESTACIÓN 132/66 kV.-ANEXO Nº3 RESULTADOS DE CÁLCULO LÍNEA AÉREA--



36- 37	LA-280 Hawk	A	578,23	-14,11	508,95	1690	23,70	1669	23,99	1649	24,29	1630	24,58	1611	24,87	1592	25,15
37- 38			381,44	-3,19			10,28		10,41		10,54		10,66		10,79		10,91
38- 39			613,22	-20,70			26,47		26,71		26,94		27,18		27,41		27,64
39- 40	LA-280 Hawk	A	658,91	-9,16	616,96	1702	30,59	1687	30,86	1673	31,14	1658	31,40	1645	31,67	1631	31,94
40- 41			568,81	-31,20			22,82		23,03		23,23		23,43		23,63		23,82
41- 42			729,36	-15,23			37,49		37,84		38,18		38,52		38,86		39,20
42- 43	LA-280 Hawk	A	543,72	3,45	604,61	1701	20,84	1686	21,03	1671	21,22	1656	21,41	1641	21,60	1627	21,79
43- 44			391,92	11,48			10,82		10,92		11,01		11,11		11,21		11,31
44- 45	LA-280 Hawk	A	713,73	-13,89	640,76	1704	35,89	1690	36,19	1677	36,49	1663	36,78	1650	37,07	1637	37,37
45- 46			524,55	-5,54			19,37		19,53		19,69		19,85		20,01		20,17
46- 47	LA-280 Hawk	A	571,28	25,13	571,00	1698	23,03	1681	23,27	1664	23,50	1648	23,73	1632	23,96	1617	24,19
47- 48			582,01	-2,62			23,96		24,23		24,50		24,77		25,04		25,30
48- 49	LA-280 Hawk	A	558,67	22,78	538,46	1694	22,12	1675	22,37	1657	22,62	1639	22,87	1622	23,11	1605	23,35
49- 50			559,66	-1,14			22,18		22,43		22,68		22,93		23,17		23,42
50- 51			386,62	-12,87			10,59		10,71		10,83		10,94		11,06		11,18
51- 52	LA-280 Hawk	A	507,55	-27,83	483,27	1686	18,36	1663	18,61	1641	18,86	1620	19,11	1600	19,35	1580	19,59
52- 53			453,69	-8,55			14,64		14,84		15,04		15,23		15,43		15,62



53- 54	LA-280 Hawk	A	467,72	82,32	468,00	1683	15,82	1659	16,05	1636	16,27	1614	16,50	1593	16,72	1572	16,94
54- 55	LA-280 Hawk	A	221,20	-41,97	267,24	1506	3,95	1461	4,07	1419	4,19	1380	4,31	1343	4,43	1309	4,54
55- 56			296,91	-71,12			7,21		7,43		7,65		7,87		8,08		8,29
56- 57	LA-280 Hawk	A	431,63	-45,60	432,00	1670	13,45	1643	13,67	1617	13,89	1593	14,11	1569	14,32	1547	14,53



Cuadro nº 4

Cálculo de conductores de fase - tabla de tendido nº 3

Sección del conductor 281,10mm²

Proyecto: Proyecto corregido.pro

Tensiones en daN - Flechas en m

Tramo	Conductor	Zona	Vano	Desnivel	Vano Regulación	Tensiones y Flechas									
						55°C		60°C		65°C		70°C		75°C	
			(m)	(m)	(m)	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)
1- 2	LA-280 Hawk	A	320,23	60,13	314,67	1368	9,12	1340	9,30	1314	9,49	1290	9,67	1266	9,85
2- 3			308,81	22,17			8,38		8,55		8,72		8,89		9,05
3- 4	LA-280 Hawk	A	389,14	-35,62	467,06	1552	11,72	1533	11,87	1514	12,01	1496	12,16	1479	12,30
4- 5			517,61	-47,07			20,80		21,06		21,32		21,58		21,83



5-	6	LA-280 Hawk	A	187,14	-1,82	187,00	1068	3,92	1033	4,05	1001	4,18	972	4,31	944	4,43
6-	7	LA-280 Hawk	A	432,85	-23,24	409,48	1500	14,99	1478	15,21	1457	15,43	1436	15,66	1417	15,87
7-	8			381,12	10,50			11,59		11,76		11,93		12,10		12,27
8-	9	LA-280 Hawk	A	371,94	6,70	338,84	1407	11,78	1381	12,00	1356	12,22	1333	12,44	1310	12,65
9-	10			290,72	18,52			7,22		7,35		7,49		7,62		7,75
10-	11	LA-280 Hawk	A	388,21	43,97	361,75	1440	12,59	1416	12,81	1392	13,03	1370	13,25	1348	13,46
11-	12			327,53	31,92			8,98		9,14		9,29		9,45		9,60
12-	13			416,27	16,35			13,35		13,51		13,68		13,84		14,00
13-	14	LA-280 Hawk	A	357,26	-45,36	469,50	1554	9,90	1534	10,02	1516	10,14	1498	10,26	1481	10,38
14-	15			560,86	-62,79			24,43		24,74		25,04		25,34		25,64
15-	16			609,36	13,62			27,69		27,94		28,18		28,42		28,67
16-	17			537,53	25,87			21,62		21,81		22,00		22,19		22,38
17-	18	LA-280 Hawk	A	566,63	-15,94	583,22	1606	24,00	1592	24,21	1578	24,42	1565	24,63	1552	24,84
18-	19			557,04	-15,42			23,15		23,36		23,57		23,77		23,97
19-	20			460,03	49,58			15,87		16,01		16,15		16,29		16,42
20-	21			691,11	-39,47			35,72		36,04		36,36		36,67		36,99
21-	22			651,14	65,85			31,10		31,29		31,47		31,66		31,84
22-	23	LA-280 Hawk	A	647,31	-29,79	738,68	1642	30,60	1633	30,78	1623	30,96	1614	31,14	1605	31,32



DISEÑO DE UNA LÍNEA AÉREA A 132 KV CON ALIMENTACIÓN SUBTERÁNEA A SUBESTACIÓN 132/66 kV.-ANEXO Nº3 RESULTADOS DE CÁLCULO LÍNEA AÉREA--



23- 24			551,43	-50,92			22,24		22,38		22,51		22,64		22,77
24- 25			929,42	68,72			63,38		63,76		64,14		64,52		64,89
25- 26			376,08	-21,97			11,03		11,18		11,33		11,47		11,62
26- 27	LA-280 Hawk	A	513,27	-12,44	444,34	1537	20,52	1517	20,80	1497	21,07	1478	21,35	1459	21,62
27- 28			408,41	15,48			12,98		13,15		13,32		13,50		13,67
28- 29	LA-280 Hawk	A	725,81	-63,89	644,79	1626	39,05	1614	39,35	1602	39,64	1590	39,93	1579	40,23
29- 30			505,68	-9,53			18,86		19,01		19,15		19,29		19,43
30- 31	LA-280 Hawk	A	453,38	-48,66	432,26	1525	16,21	1504	16,44	1484	16,66	1464	16,89	1445	17,11



Cuadro nº 4

Cálculo de conductores de fase - tabla de tendido nº 3

Sección del conductor 281,10mm²

Proyecto: Proyecto corregido.pro

Tensiones en daN - Flechas en m

Tramo	Conductor	Zona	Vano (m)	Desnivel (m)	Vano Regulación (m)	Tensiones y Flechas									
						55°C		60°C		65°C		70°C		75°C	
						T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)
31- 32			408,05	-20,05			13,08		13,27		13,45		13,63		13,81
32- 33	LA-280 Hawk	A	635,61	-16,91	636,00	1624	29,89	1611	30,12	1599	30,35	1587	30,58	1575	30,80
33- 34			597,95	13,86			26,34		26,54		26,73		26,93		27,12
34- 35	LA-280 Hawk	A	756,62	31,47	650,56	1628	42,30	1616	42,62	1604	42,93	1592	43,25	1581	43,56
35- 36			532,60	30,57			20,94		21,10		21,26		21,41		21,56



36- 37	LA-280 Hawk	A	578,23	-14,11	508,95	1575	25,44	1558	25,72	1541	26,00	1525	26,27	1509	26,55
37- 38			381,44	-3,19			11,03		11,16		11,28		11,40		11,51
38- 39			613,22	-20,70			27,86		28,09		28,32		28,54		28,76
39- 40	LA-280 Hawk	A	658,91	-9,16	616,96	1618	32,20	1605	32,46	1592	32,72	1580	32,98	1567	33,24
40- 41			568,81	-31,20			24,02		24,22		24,41		24,60		24,79
41- 42			729,36	-15,23			39,54		39,87		40,20		40,53		40,86
42- 43	LA-280 Hawk	A	543,72	3,45	604,61	1614	21,97	1600	22,16	1587	22,34	1574	22,52	1562	22,71
43- 44			391,92	11,48			11,40		11,50		11,59		11,69		11,78
44- 45	LA-280 Hawk	A	713,73	-13,89	640,76	1625	37,66	1613	37,94	1601	38,23	1589	38,52	1577	38,80
45- 46			524,55	-5,54			20,32		20,48		20,63		20,78		20,94
46- 47	LA-280 Hawk	A	571,28	25,13	571,00	1602	24,42	1587	24,64	1573	24,87	1559	25,09	1546	25,31
47- 48			582,01	-2,62			25,56		25,82		26,08		26,33		26,58
48- 49	LA-280 Hawk	A	558,67	22,78	538,46	1589	23,59	1573	23,83	1557	24,07	1542	24,31	1528	24,54
49- 50			559,66	-1,14			23,66		23,90		24,14		24,37		24,61
50- 51			386,62	-12,87			11,29		11,41		11,52		11,63		11,74
51- 52	LA-280 Hawk	A	507,55	-27,83	483,27	1561	19,83	1543	20,07	1525	20,30	1508	20,54	1491	20,77
52- 53			453,69	-8,55			15,81		16,00		16,19		16,37		16,56



53- 54	LA-280 Hawk	A	467,72	82,32	468,00	1553	17,15	1533	17,37	1515	17,58	1497	17,79	1480	18,00
54- 55	LA-280 Hawk	A	221,20	-41,97	267,24	1277	4,66	1247	4,77	1218	4,88	1191	4,99	1166	5,10
55- 56			296,91	-71,12			8,50		8,71		8,91		9,11		9,31
56- 57	LA-280 Hawk	A	431,63	-45,60	432,00	1525	14,74	1504	14,95	1483	15,15	1464	15,35	1445	15,55



Cuadro nº 5

Cálculo de conductor de tierra 1 - tabla de tendido nº 1

Sección del conductor 180,00mm²

Proyecto: Proyecto corregido.pro

Tensiones en daN - Flechas en m

Tramo	Conductor	Zona	Vano	Desnivel	Vano Regulación	Tensiones y Flechas											
						-5°C		0°C		5°C		10°C		15°C		20°C	
			(m)	(m)	(m)	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)
1- 2	F.Ópti OPGW48	A	320,23	60,13	314,67	1764	4,52	1710	4,66	1658	4,80	1609	4,95	1563	5,10	1519	5,24
2- 3			308,81	22,17			4,15		4,28		4,41		4,55		4,68		4,82
3- 4	F.Ópti OPGW48	A	389,14	-35,62	467,06	1680	6,92	1650	7,04	1622	7,17	1594	7,29	1568	7,41	1543	7,53
4- 5			517,61	-47,07			12,27		12,49		12,71		12,93		13,15		13,36



DISEÑO DE UNA LÍNEA AÉREA A 132 KV CON ALIMENTACIÓN SUBTERÁNEA A SUBESTACIÓN 132/66 kV.-ANEXO Nº3 RESULTADOS DE CÁLCULO LÍNEA AÉREA--



5- 6	F.Ópti OPGW48	A	187,14	-1,82	187,00	1764	1,52	1680	1,59	1600	1,67	1524	1,75	1452	1,84	1384	1,93
6- 7	F.Ópti OPGW48	A	432,85	-23,24	409,48	1706	8,42	1669	8,60	1634	8,79	1600	8,97	1568	9,16	1537	9,34
7- 8			381,12	10,50			6,51		6,65		6,80		6,94		7,08		7,22
8- 9	F.Ópti OPGW48	A	371,94	6,70	338,84	1751	6,04	1702	6,22	1655	6,40	1610	6,57	1568	6,75	1528	6,93
9- 10			290,72	18,52			3,70		3,81		3,92		4,03		4,14		4,25
10- 11	F.Ópti OPGW48	A	388,21	43,97	361,75	1735	6,68	1690	6,86	1647	7,03	1607	7,21	1568	7,39	1531	7,57
11- 12			327,53	31,92			4,76		4,89		5,02		5,14		5,27		5,40
12- 13			416,27	16,35			7,89		8,03		8,17		8,31		8,45		8,59
13- 14	F.Ópti OPGW48	A	357,26	-45,36	469,50	1679	5,85	1649	5,96	1621	6,06	1594	6,16	1568	6,27	1543	6,37
14- 15			560,86	-62,79			14,43		14,69		14,95		15,20		15,45		15,71
15- 16			609,36	13,62			17,49		17,70		17,91		18,12		18,33		18,53
16- 17			537,53	25,87			13,66		13,83		13,99		14,15		14,31		14,47
17- 18	F.Ópti OPGW48	A	566,63	-15,94	583,22	1623	15,16	1603	15,35	1585	15,53	1567	15,71	1549	15,89	1532	16,06
18- 19			557,04	-15,42			14,63		14,81		14,98		15,16		15,33		15,50
19- 20			460,03	49,58			10,03		10,15		10,27		10,39		10,51		10,63
20- 21			691,11	-39,47			22,56		22,83		23,10		23,37		23,64		23,90
21- 22			651,14	65,85			21,69		21,84		21,99		22,14		22,29		22,44
22- 23	F.Ópti OPGW48	A	647,31	-29,79	738,68	1504	21,33	1493	21,48	1483	21,63	1473	21,78	1463	21,93	1453	22,07



DISEÑO DE UNA LÍNEA AÉREA A 132 KV CON ALIMENTACIÓN SUBTERÁNEA A SUBESTACIÓN 132/66 kV.-ANEXO Nº3 RESULTADOS DE CÁLCULO LÍNEA AÉREA--



23- 24			551,43	-50,92				15,52	15,62		15,73		15,84		15,95		16,05
24- 25			929,42	68,72				44,12	44,43		44,74		45,05		45,36		45,66
25- 26			376,08	-21,97				6,41	6,54		6,66		6,78		6,91		7,03
26- 27	F.Ópti OPGW48	A	513,27	-12,44	444,34	1689	11,92	1657	12,15	1626	12,38	1596	12,61	1568	12,84	1541	13,07
27- 28			408,41	15,48				7,54	7,69		7,83		7,98		8,13		8,27
28- 29	F.Ópti OPGW48	A	725,81	-63,89	644,79	1562	25,94	1547	26,18	1533	26,43	1519	26,67	1505	26,92	1492	27,16
29- 30			505,68	-9,53				12,54	12,66		12,78		12,90		13,02		13,13
30- 31	F.Ópti OPGW48	A	453,38	-48,66	432,26	1695	9,31	1661	9,50	1629	9,69	1598	9,88	1568	10,07	1539	10,25



Cuadro nº 5

Cálculo de conductor de tierra 1 - tabla de tendido nº 1

Sección del conductor 180,00mm²

Proyecto: Proyecto corregido.pro

Tensiones en daN - Flechas en m

Tramo	Conductor	Zona	Vano (m)	Desnivel (m)	Vano Regulación (m)	Tensiones y Flechas											
						-5°C		0°C		5°C		10°C		15°C		20°C	
						T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)
31- 32			408,05	-20,05			7,52		7,67		7,83		7,98		8,13		8,28
32- 33	F.Ópti OPGW48	A	635,61	-16,91	636,00	1604	19,31	1587	19,51	1572	19,70	1556	19,90	1542	20,09	1527	20,28
33- 34			597,95	13,86			17,34		17,51		17,67		17,84		18,00		18,16
34- 35	F.Ópti OPGW48	A	756,62	31,47	650,56	1578	27,83	1563	28,10	1549	28,36	1535	28,62	1521	28,88	1507	29,14
35- 36			532,60	30,57			13,79		13,93		14,06		14,19		14,32		14,45



DISEÑO DE UNA LÍNEA AÉREA A 132 KV CON ALIMENTACIÓN SUBTERÁNEA A SUBESTACIÓN 132/66 kV.-ANEXO Nº3 RESULTADOS DE CÁLCULO LÍNEA AÉREA--



36- 37	F.Ópti OPGW48	A	578,23	-14,11	508,95	1665	15,36	1639	15,60	1615	15,84	1591	16,07	1568	16,31	1546	16,54
37- 38			381,44	-3,19			6,67		6,77		6,88		6,98		7,08		7,18
38- 39			613,22	-20,70			17,86		18,06		18,25		18,44		18,63		18,82
39- 40	F.Ópti OPGW48	A	658,91	-9,16	616,96	1611	20,64	1594	20,86	1577	21,08	1561	21,30	1545	21,52	1529	21,74
40- 41			568,81	-31,20			15,40		15,57		15,73		15,90		16,06		16,22
41- 42			729,36	-15,23			25,13		25,42		25,70		25,98		26,26		26,54
42- 43	F.Ópti OPGW48	A	543,72	3,45	604,61	1619	13,98	1601	14,14	1584	14,30	1567	14,45	1550	14,61	1534	14,76
43- 44			391,92	11,48			7,26		7,34		7,42		7,50		7,58		7,66
44- 45	F.Ópti OPGW48	A	713,73	-13,89	640,76	1597	24,44	1581	24,69	1566	24,93	1551	25,17	1536	25,41	1522	25,65
45- 46			524,55	-5,54			13,20		13,34		13,47		13,60		13,73		13,86
46- 47	F.Ópti OPGW48	A	571,28	25,13	571,00	1647	15,16	1626	15,35	1606	15,55	1587	15,74	1568	15,93	1550	16,11
47- 48			582,01	-2,62			15,65		15,88		16,10		16,31		16,53		16,75
48- 49	F.Ópti OPGW48	A	558,67	22,78	538,46	1656	14,45	1633	14,66	1610	14,86	1589	15,06	1568	15,26	1548	15,46
49- 50			559,66	-1,14			14,49		14,70		14,90		15,10		15,30		15,50
50- 51			386,62	-12,87			6,92		7,02		7,12		7,21		7,31		7,40
51- 52	F.Ópti OPGW48	A	507,55	-27,83	483,27	1674	11,81	1646	12,01	1619	12,21	1593	12,41	1568	12,61	1544	12,81
52- 53			453,69	-8,55			9,42		9,58		9,74		9,90		10,06		10,21



53- 54	F.Ópti OPGW48	A	467,72	82,32	468,00	1679	10,13	1650	10,31	1622	10,49	1594	10,67	1568	10,85	1543	11,03
54- 55	F.Ópti OPGW48	A	221,20	-41,97	267,24	1764	2,15	1700	2,24	1639	2,32	1582	2,40	1528	2,49	1477	2,57
55- 56			296,91	-71,12			3,93		4,08		4,23		4,38		4,54		4,70
56- 57	F.Ópti OPGW48	A	431,63	-45,60	432,00	1695	8,47	1661	8,64	1629	8,81	1598	8,98	1568	9,15	1539	9,32



Cuadro nº 5

Cálculo de conductor de tierra 1 - tabla de tendido nº 2

Sección del conductor 180,00mm²

Proyecto: Proyecto corregido.pro

Tensiones en daN - Flechas en m

Tramo	Conductor	Zona	Vano	Desnivel	Vano Regulación	Tensiones y Flechas											
						25°C		30°C		35°C		40°C		45°C		50°C	
			(m)	(m)	(m)	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)
1- 2	F.Ópti OPGW48	A	320,23	60,13	314,67	1478	5,39	1438	5,54	1401	5,69	1366	5,83	1332	5,98	1301	6,13
2- 3			308,81	22,17			4,95		5,09		5,22		5,36		5,49		5,63
3- 4	F.Ópti OPGW48	A	389,14	-35,62	467,06	1518	7,65	1495	7,77	1472	7,89	1451	8,01	1430	8,13	1409	8,25
4- 5			517,61	-47,07			13,58		13,79		14,00		14,21		14,42		14,63



DISEÑO DE UNA LÍNEA AÉREA A 132 KV CON ALIMENTACIÓN SUBTERÁNEA A SUBESTACIÓN 132/66 kV.-ANEXO Nº3 RESULTADOS DE CÁLCULO LÍNEA AÉREA--



5- 6	F.Ópti OPGW48	A	187,14	-1,82	187,00	1321	2,02	1262	2,12	1207	2,21	1156	2,31	1109	2,41	1066	2,51
6- 7	F.Ópti OPGW48	A	432,85	-23,24	409,48	1508	9,53	1479	9,71	1452	9,89	1426	10,07	1401	10,25	1378	10,43
7- 8			381,12	10,50			7,37		7,51		7,65		7,79		7,93		8,06
8- 9	F.Ópti OPGW48	A	371,94	6,70	338,84	1490	7,11	1454	7,28	1419	7,46	1387	7,63	1356	7,81	1326	7,98
9- 10			290,72	18,52			4,36		4,46		4,57		4,68		4,79		4,89
10- 11	F.Ópti OPGW48	A	388,21	43,97	361,75	1496	7,74	1463	7,92	1431	8,10	1401	8,27	1372	8,45	1345	8,62
11- 12			327,53	31,92			5,52		5,65		5,78		5,90		6,02		6,15
12- 13			416,27	16,35			8,72		8,86		8,99		9,13		9,26		9,39
13- 14	F.Ópti OPGW48	A	357,26	-45,36	469,50	1519	6,47	1495	6,57	1473	6,67	1451	6,77	1431	6,87	1410	6,97
14- 15			560,86	-62,79			15,96		16,21		16,45		16,70		16,94		17,18
15- 16			609,36	13,62			18,74		18,94		19,14		19,34		19,54		19,74
16- 17			537,53	25,87			14,63		14,79		14,95		15,10		15,26		15,41
17- 18	F.Ópti OPGW48	A	566,63	-15,94	583,22	1515	16,24	1499	16,42	1483	16,59	1468	16,76	1453	16,94	1439	17,11
18- 19			557,04	-15,42			15,67		15,84		16,01		16,18		16,34		16,51
19- 20			460,03	49,58			10,74		10,86		10,97		11,09		11,20		11,32
20- 21			691,11	-39,47			24,16		24,43		24,69		24,94		25,20		25,46
21- 22			651,14	65,85			22,59		22,73		22,88		23,03		23,17		23,32
22- 23	F.Ópti OPGW48	A	647,31	-29,79	738,68	1444	22,22	1435	22,37	1425	22,51	1416	22,65	1407	22,80	1399	22,94



DISEÑO DE UNA LÍNEA AÉREA A 132 KV CON ALIMENTACIÓN SUBTERÁNEA A SUBESTACIÓN 132/66 kV.-ANEXO Nº3 RESULTADOS DE CÁLCULO LÍNEA AÉREA--



23- 24			551,43	-50,92				16,16	16,27		16,37		16,47		16,58		16,68
24- 25			929,42	68,72				45,96	46,26		46,56		46,86		47,16		47,46
25- 26			376,08	-21,97				7,15	7,27		7,39		7,51		7,63		7,75
26- 27	F.Ópti OPGW48	A	513,27	-12,44	444,34	1514	13,30	1489	13,52	1465	13,75	1442	13,97	1419	14,19	1398	14,41
27- 28			408,41	15,48				8,41	8,56		8,70		8,84		8,98		9,12
28- 29	F.Ópti OPGW48	A	725,81	-63,89	644,79	1479	27,40	1466	27,64	1454	27,88	1442	28,11	1430	28,35	1418	28,58
29- 30			505,68	-9,53				13,25	13,36		13,48		13,59		13,71		13,82
30- 31	F.Ópti OPGW48	A	453,38	-48,66	432,26	1512	10,44	1486	10,62	1461	10,81	1437	10,99	1413	11,17	1391	11,35



Cuadro nº 5

Cálculo de conductor de tierra 1 - tabla de tendido nº 2

Sección del conductor 180,00mm²

Proyecto: Proyecto corregido.pro

Tensiones en daN - Flechas en m

Tramo	Conductor	Zona	Vano	Desnivel	Vano		Tensiones y Flechas											
					Regulación	25°C		30°C		35°C		40°C		45°C		50°C		
						(m)	(m)	(m)	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)
31- 32			408,05	-20,05				8,43		8,58		8,73		8,87		9,02		9,16
32- 33	F.Ópti OPGW48	A	635,61	-16,91	636,00	1513	20,47	1499	20,66	1485	20,85	1472	21,04	1459	21,23	1447	21,41	
33- 34			597,95	13,86				18,32		18,48		18,64		18,80		18,96		19,11
34- 35	F.Ópti OPGW48	A	756,62	31,47	650,56	1494	29,40	1481	29,66	1469	29,91	1456	30,17	1444	30,42	1433	30,67	
35- 36			532,60	30,57				14,57		14,70		14,83		14,95		15,08		15,20



36- 37	F.Ópti OPGW48	A	578,23	-14,11	508,95	1525	16,77	1504	17,01	1484	17,23	1465	17,46	1446	17,69	1428	17,91
37- 38			381,44	-3,19			7,28		7,38		7,48		7,58		7,68		7,78
38- 39			613,22	-20,70			19,00		19,19		19,37		19,56		19,74		19,92
39- 40	F.Ópti OPGW48	A	658,91	-9,16	616,96	1514	21,96	1500	22,17	1485	22,39	1471	22,60	1458	22,81	1445	23,02
40- 41			568,81	-31,20			16,39		16,55		16,71		16,86		17,02		17,18
41- 42			729,36	-15,23			26,81		27,08		27,36		27,63		27,89		28,16
42- 43	F.Ópti OPGW48	A	543,72	3,45	604,61	1518	14,91	1503	15,07	1488	15,22	1474	15,37	1459	15,52	1446	15,66
43- 44			391,92	11,48			7,74		7,82		7,90		7,98		8,06		8,13
44- 45	F.Ópti OPGW48	A	713,73	-13,89	640,76	1508	25,89	1495	26,12	1481	26,36	1468	26,59	1456	26,82	1443	27,05
45- 46			524,55	-5,54			13,98		14,11		14,24		14,36		14,49		14,61
46- 47	F.Ópti OPGW48	A	571,28	25,13	571,00	1532	16,30	1515	16,49	1498	16,67	1482	16,86	1466	17,04	1450	17,22
47- 48			582,01	-2,62			16,96		17,17		17,39		17,60		17,80		18,01
48- 49	F.Ópti OPGW48	A	558,67	22,78	538,46	1528	15,66	1509	15,85	1491	16,05	1473	16,24	1456	16,44	1439	16,63
49- 50			559,66	-1,14			15,70		15,90		16,09		16,29		16,48		16,67
50- 51			386,62	-12,87			7,50		7,59		7,69		7,78		7,87		7,96
51- 52	F.Ópti OPGW48	A	507,55	-27,83	483,27	1521	13,00	1499	13,20	1477	13,39	1456	13,58	1436	13,77	1417	13,96
52- 53			453,69	-8,55			10,37		10,52		10,68		10,83		10,98		11,13



53- 54	F.Ópti OPGW48	A	467,72	82,32	468,00	1518	11,20	1495	11,38	1473	11,55	1451	11,73	1430	11,90	1410	12,07
54- 55	F.Ópti OPGW48	A	221,20	-41,97	267,24	1428	2,66	1383	2,75	1341	2,84	1300	2,92	1263	3,01	1227	3,10
55- 56			296,91	-71,12			4,86		5,01		5,17		5,33		5,49		5,65
56- 57	F.Ópti OPGW48	A	431,63	-45,60	432,00	1512	9,49	1486	9,66	1461	9,83	1437	9,99	1413	10,16	1391	10,32



Cuadro nº 5

Cálculo de conductor de tierra 1 - tabla de tendido nº 3

Sección del conductor 180,00mm²

Proyecto: Proyecto corregido.pro

Tensiones en daN - Flechas en m

Tramo	Conductor	Zona	Vano	Desnivel	Vano Regulación	Tensiones y Flechas									
						55°C		60°C		65°C		70°C		75°C	
			(m)	(m)	(m)	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)
1- 2	F.Ópti OPGW48	A	320,23	60,13	314,67	1271	6,27	1242	6,41	1215	6,56	1190	6,70	1165	6,84
2- 3			308,81	22,17			5,76		5,89		6,02		6,15		6,28
3- 4	F.Ópti OPGW48	A	389,14	-35,62	467,06	1390	8,36	1371	8,48	1353	8,59	1335	8,71	1318	8,82
4- 5			517,61	-47,07			14,84		15,04		15,24		15,45		15,65



DISEÑO DE UNA LÍNEA AÉREA A 132 KV CON ALIMENTACIÓN SUBTERÁNEA A SUBESTACIÓN 132/66 kV.-ANEXO Nº3 RESULTADOS DE CÁLCULO LÍNEA AÉREA--



5- 6	F.Ópti OPGW48	A	187,14	-1,82	187,00	1025	2,61	988	2,71	953	2,81	921	2,90	891	3,00
6- 7	F.Ópti OPGW48	A	432,85	-23,24	409,48	1355	10,60	1333	10,78	1312	10,95	1291	11,12	1272	11,29
7- 8			381,12	10,50			8,20		8,33		8,47		8,60		8,73
8- 9	F.Ópti OPGW48	A	371,94	6,70	338,84	1298	8,16	1271	8,33	1246	8,50	1222	8,67	1198	8,83
9- 10			290,72	18,52			5,00		5,10		5,21		5,31		5,41
10- 11	F.Ópti OPGW48	A	388,21	43,97	361,75	1318	8,79	1293	8,96	1269	9,13	1247	9,30	1225	9,46
11- 12			327,53	31,92			6,27		6,39		6,51		6,63		6,75
12- 13			416,27	16,35			9,52		9,65		9,78		9,91		10,04
13- 14	F.Ópti OPGW48	A	357,26	-45,36	469,50	1391	7,06	1372	7,16	1354	7,26	1337	7,35	1320	7,45
14- 15			560,86	-62,79			17,42		17,66		17,90		18,14		18,37
15- 16			609,36	13,62			19,93		20,13		20,32		20,52		20,71
16- 17			537,53	25,87			15,57		15,72		15,87		16,02		16,17
17- 18	F.Ópti OPGW48	A	566,63	-15,94	583,22	1425	17,28	1411	17,45	1397	17,62	1384	17,78	1372	17,95
18- 19			557,04	-15,42			16,67		16,84		17,00		17,16		17,32
19- 20			460,03	49,58			11,43		11,54		11,65		11,76		11,87
20- 21			691,11	-39,47			25,71		25,96		26,21		26,46		26,71
21- 22			651,14	65,85			23,46		23,60		23,75		23,89		24,03
22- 23	F.Ópti OPGW48	A	647,31	-29,79	738,68	1390	23,08	1382	23,22	1374	23,36	1365	23,50	1357	23,64



DISEÑO DE UNA LÍNEA AÉREA A 132 KV CON ALIMENTACIÓN SUBTERÁNEA A SUBESTACIÓN 132/66 kV.-ANEXO Nº3 RESULTADOS DE CÁLCULO LÍNEA AÉREA--



23- 24			551,43	-50,92			16,79		16,89		16,99		17,09		17,19
24- 25			929,42	68,72			47,75		48,04		48,33		48,62		48,91
25- 26			376,08	-21,97			7,87		7,98		8,10		8,21		8,33
26- 27	F.Ópti OPGW48	A	513,27	-12,44	444,34	1377	14,63	1357	14,85	1338	15,06	1319	15,27	1301	15,49
27- 28			408,41	15,48			9,25		9,39		9,53		9,66		9,80
28- 29	F.Ópti OPGW48	A	725,81	-63,89	644,79	1407	28,81	1396	29,04	1385	29,27	1374	29,50	1364	29,73
29- 30			505,68	-9,53			13,93		14,04		14,15		14,26		14,37
30- 31	F.Ópti OPGW48	A	453,38	-48,66	432,26	1370	11,53	1349	11,71	1329	11,88	1310	12,06	1291	12,23



Cuadro nº 5

Cálculo de conductor de tierra 1 - tabla de tendido nº 3

Sección del conductor 180,00mm²

Proyecto: Proyecto corregido.pro

Tensiones en daN - Flechas en m

Tramo	Conductor	Zona	Vano	Desnivel	Vano Regulación	Tensiones y Flechas									
						55°C		60°C		65°C		70°C		75°C	
			(m)	(m)	(m)	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)	T (daN)	F (m)
31- 32			408,05	-20,05			9,31		9,45		9,59		9,73		9,87
32- 33	F.Ópti OPGW48	A	635,61	-16,91	636,00	1434	21,60	1422	21,78	1411	21,96	1399	22,14	1388	22,32
33- 34			597,95	13,86			19,27		19,42		19,58		19,73		19,88
34- 35	F.Ópti OPGW48	A	756,62	31,47	650,56	1421	30,92	1410	31,17	1399	31,42	1388	31,66	1377	31,91
35- 36			532,60	30,57			15,32		15,45		15,57		15,69		15,81



DISEÑO DE UNA LÍNEA AÉREA A 132 KV CON ALIMENTACIÓN SUBTERÁNEA A SUBESTACIÓN 132/66 kV.-ANEXO Nº3 RESULTADOS DE CÁLCULO LÍNEA AÉREA--



36- 37	F.Ópti OPGW48	A	578,23	-14,11	508,95	1410	18,13	1393	18,36	1377	18,58	1361	18,79	1346	19,01
37- 38			381,44	-3,19			7,87		7,97		8,06		8,16		8,25
38- 39			613,22	-20,70			20,10		20,28		20,46		20,64		20,81
39- 40	F.Ópti OPGW48	A	658,91	-9,16	616,96	1432	23,23	1419	23,44	1407	23,64	1395	23,85	1383	24,05
40- 41			568,81	-31,20			17,33		17,49		17,64		17,79		17,95
41- 42			729,36	-15,23			28,43		28,69		28,95		29,21		29,47
42- 43	F.Ópti OPGW48	A	543,72	3,45	604,61	1432	15,81	1419	15,96	1406	16,10	1394	16,25	1382	16,39
43- 44			391,92	11,48			8,21		8,29		8,36		8,44		8,51
44- 45	F.Ópti OPGW48	A	713,73	-13,89	640,76	1431	27,28	1420	27,51	1408	27,74	1397	27,96	1386	28,19
45- 46			524,55	-5,54			14,74		14,86		14,98		15,10		15,22
46- 47	F.Ópti OPGW48	A	571,28	25,13	571,00	1436	17,40	1421	17,58	1407	17,76	1393	17,93	1379	18,11
47- 48			582,01	-2,62			18,22		18,42		18,63		18,83		19,03
48- 49	F.Ópti OPGW48	A	558,67	22,78	538,46	1423	16,82	1407	17,01	1392	17,19	1377	17,38	1363	17,57
49- 50			559,66	-1,14			16,86		17,05		17,24		17,43		17,61
50- 51			386,62	-12,87			8,05		8,14		8,23		8,32		8,41
51- 52	F.Ópti OPGW48	A	507,55	-27,83	483,27	1398	14,14	1380	14,33	1363	14,51	1346	14,70	1329	14,88
52- 53			453,69	-8,55			11,28		11,43		11,58		11,72		11,87



53- 54	F.Ópti OPGW48	A	467,72	82,32	468,00	1390	12,24	1371	12,41	1353	12,57	1336	12,74	1319	12,90
54- 55	F.Ópti OPGW48	A	221,20	-41,97	267,24	1194	3,18	1162	3,27	1133	3,36	1105	3,44	1078	3,53
55- 56			296,91	-71,12			5,81		5,97		6,12		6,28		6,43
56- 57	F.Ópti OPGW48	A	431,63	-45,60	432,00	1369	10,48	1349	10,64	1329	10,80	1310	10,96	1291	11,12





Datos de la línea

Tensión de servicio	132
Frecuencia de red	50
Resistividad del hormigón	3,5
Tª de servicio de conductor	90
Tª de servicio de la pantalla	80
Tª final del conductor en cc	250
Tª final de la pantalla en el cc	210
Duración del cortocircuito	0,5
Tª del terreno	25
Profundidad de canalización	1,55
factor del pérdidas del aislamiento	0,001
Sección del conductor	630
Rdc a 20º	0,04844
Rac a 90º	0,06141
Capacidad	0,000000198
intensidad de carga capacitiva	6,5871
inductancia	0,127
kp y ks	1
longitud entre ejes de conductores	0,75
diámetro de la pantalla metálica	67,3
diámetro de la pantalla envolvente	87,7
radio del conductor	14,16104616
Temperatura entre conductor y tubo	65
Diametro exterior del conducto	125
Diametro interior del conducto	101

Resistencia del conductor en corriente alterna		
R'	Xs^2	Xp^2
0,06176584	0,002034518	0,002034523

Pérdidas dieléctricas Wd
361,278129

Caida de tensión
0,740164768

Factor de pérdidas en la pantalla			
A=A'+A''			
A''	A'	Rs	X
0	0,00019862	0,003088292	0,00019503

Ys	Yp
2,15587E-08	2,03792E-08
R	
0,061765847	

Intensidad capacitiva
5,207417975

T1		T2 (Cable no armado)	T3	T4		T4'''			
0,629613634		0	0,26398039	0,307373113	0,11875764	Dpk	Dpk'	u	rb
						0	47,5	24,8	0,54966319
						0,125	47,5001645		
						0,25	47,5006579	T4 definitivo	
						0,375	47,5014802	6,025858947	
						0,5	47,5026315		
						0,625	47,5041117		

Intensidad admisible
519
Intensidad real de la línea
340,1895526

CUMPLE

T4'''
6,4519897



Datos de la línea

Tensión de servicio	132		
Frecuencia de red	50		
Resistividad del hormigón	3,5	Tr (kp) horizontal	
Tª de servicio de conductor	90		0,0476
Tª de servicio de la pantalla	80	Ts	
Tª final del conductor en cc	250		7,717658316
Tª final de la pantalla en el cc	210	T	
Duración del cortocircuito	0,5		0,227475
Tª del terreno	25		
Profundidad de canalización	1,55		
factor del pérdidas del aislamiento	0,001		
Sección del conductor	630		
Rdc a 20º	0,04844		
Rac a 90º	0,06141		
Capacidad	0,000000198		
intensidad de carga capacitiva	6,5871	Peso del conductor	8,425
inductancia	0,18469	radio de curvatura	1,755
kp y ks	1		
longitud entre ejes de conductores	0,75		
diámetro de la pantalla metálica	67,3		
diámetro de la pantalla envolvente	87,7		
radio del conductor	14,16104616		
Temperatura entre conductor y tubo	65		
Diametro exterior del conducto	125		
Diametro interior del conducto	101		
Perdidas del cable	7,106913694		
Perdidas de la pantalla	1,543		



Sc _c (MVA)	500			
U(kV)	132			
Z(Ohm)	34,848			
R _{la} area(Ohm/km)	0,119	3,345685	Z_{tot}	48,4663619
X(Ohm/km)	0,365	10,261975		
R _{sub} terr(Ohm/m)	0,0618	1,236	I_{cc}(kA)	1,57243566
X _{sub} terr(Ohm/m)	0,127	2,54		
Z _{la} area(Ohm)		10,7935971		
Z _{sub} terr(Ohm)		2,82476477		

R _{tot}	X _{tot}
4,581685	12,801975

Relación de X 0,35788892





Tensión de red (kV)	132							
Tensión más elevada de material (kV)		Pasillos de servicio y zonas de protección MIE RAT 15		Distancias zonas de protección contra contactos accidentales en el interior de la instalación MIE RAT 15			Distancias en zonas de protección contra contactos accidentales en el exterior de la instalación MIE RAT 15	
	145							
Tensión soportada a los impulsos tipo rayo (kV)	650	H; Altura sobre el suelo(cm)	T; Distancia de elementos de tensión y aparatos o máquinas	B (cm)	C (cm)	E (cm)	F (cm)	G (cm)
Tensión soportada nominal de corta duración a frecuencia industrial (kV)	275	380	140	133	140	160	230	280
Distancia mínima Fase Tierra en el aire (cm)	130							
Distancia mínima entre Fases (cm)	130							
Pasillos de servicio								
ITC14								
Pasillos de maniobra con elementos en alta tensión a un solo lado			1 metro					
Pasillos de maniobra con elementos en alta tensión a ambos lados			1,2 metros					
Pasillos de inspección con elementos en alta tensión a un solo lado			0,8 metros					
Pasillos de inspección con elementos en alta tensión a ambos lados			1 metro					



Tensión soportada nominal a frecuencia industrial (kV)

275

Aleación

AlMgSiO

Aleación

AlMgSiO

306,1705973

153,0852986

1007804155

530423239,3

SUPERIOR
A 70 MVA

Tensión soportada nominal a los impulsos tipo rayo(kV)

650

Diámetro exterior mm

150

Diámetro exterior mm

100

Aisladores soporte C6-650 primario Poina

Aisladores soporte C4-650 secundario Poina

Distancia mínima de aislamiento en aire fase a tierra entre fases.(mm)

1300

Diámetro interior mm

134

Diámetro interior mm

88

Carga de rotura a flexión

6000

Carga de rotura a flexión

4000

Sección total del conductor mm^2

3569

Sección total del conductor mm^2

1772

Carga de rotura a torsión

3000

Carga de rotura a torsión

3000

Tensión nominal

220

Peso propio kg/m

9,63

Peso propio kg/m

4,78

Altura del aislador

1500

Altura del aislador

1500

Intensidad máxima embarrado principal 132

4408

Momento de inercia cm^4

902

Momento de inercia cm^4

196

Diámetro de las armaduras metálicas D1

127

127/200

Diámetro de las armaduras metálicas D1

127

127/200

Intensidad máxima embarrado secundario

2320

Momento resistente cm^3

120

Momento resistente cm^3

100

Diámetro de las armaduras metálicas D2

172

172/236

Diámetro de las armaduras metálicas D2

172

172/236

Módulo de Young N/mm^2

70000

Módulo de Young N/mm^2

70000

Diámetro de las armaduras metálicas D3

M16

M16/18

Diámetro de las armaduras metálicas D3

M16

M16/18

Límite de fluencia N/mm^2

160

Límite de fluencia N/mm^2

160

Tensión nominal

132

Tensión nominal

132

Coefficiente de dilatación mm/m°C

0,023

Coefficiente de dilatación mm/m°C

0,023

Tensión máxima del material

145

Tensión máxima del material

145

Carga de rotura N/mm^2

215

Carga de rotura N/mm^2

215

Tensión soportada bajo lluvia

275

Tensión soportada bajo lluvia

275

Intensidad máxima admisible A

4408

Intensidad máxima admisible A

2320

Tensión soportada al choque

650

Tensión soportada al choque

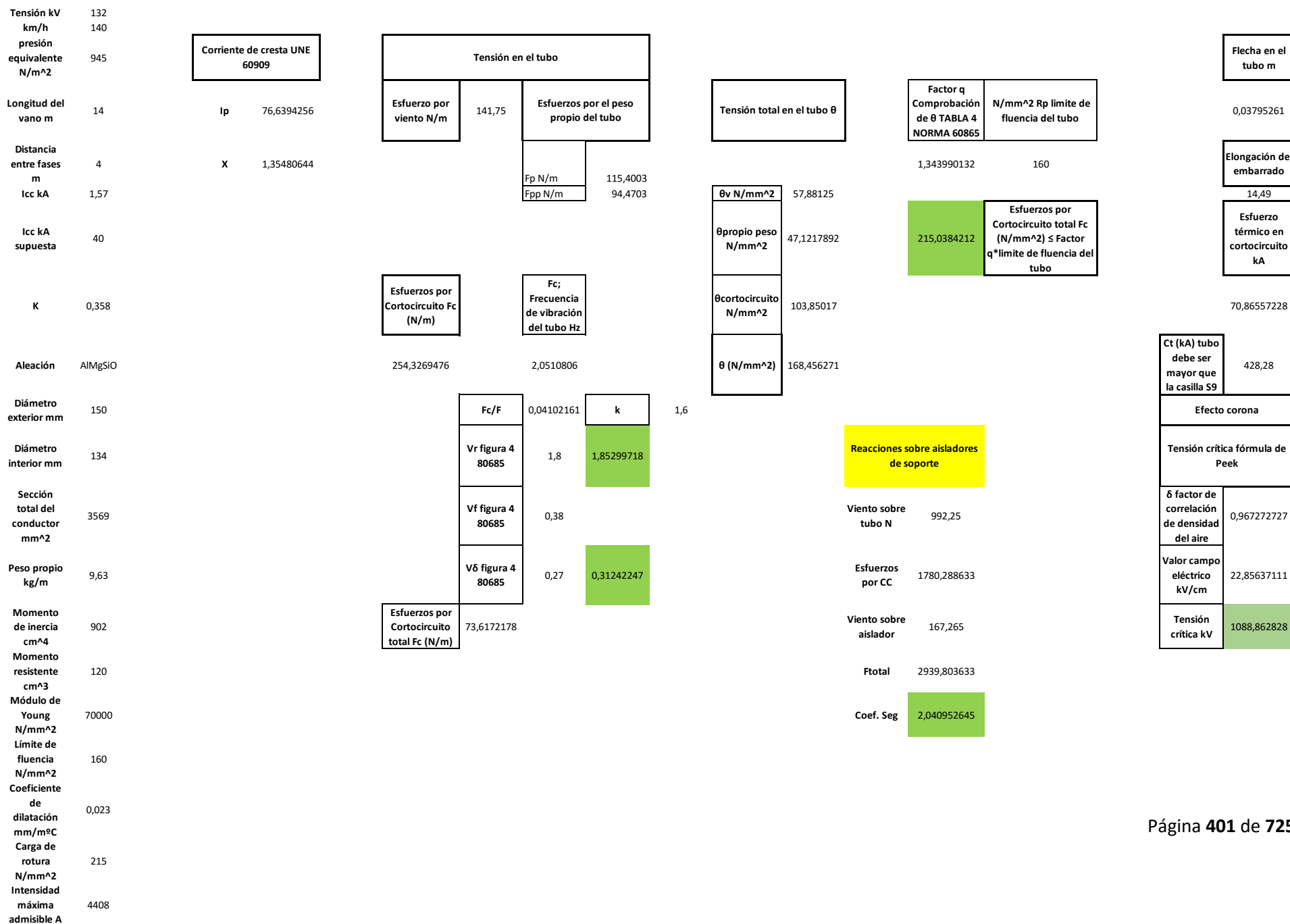
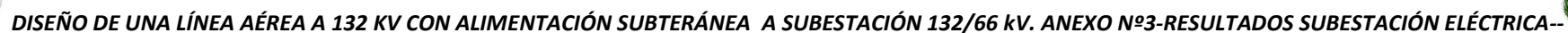
650

Línea de Fuga

3625

Línea de Fuga

3625





DISEÑO DE UNA LÍNEA AÉREA A 132 KV CON ALIMENTACIÓN SUBTERÁNEA A SUBESTACIÓN 132/66 kV. ANEXO Nº3-RESULTADOS SUBESTACIÓN ELÉCTRICA--



Tensión kV	132	Corriente de cresta UNE 60909		Tensión en el tubo				Tensión total en el tubo θ		Factor q Comprobación de θ TABLA 4 NORMA 60865		N/mm^2 Rp limite de fluencia del tubo		Flecha en el tubo m	
km/h	140														
presión equivalente N/m^2	945			94,5		Esfuerzos por el peso propio del tubo				1,352713773		160		0,015046962	
Longitud del vano m	9,5	Ip	76,6394256												
Distancia entre fases m	4	X	1,35480644												
Icc kA	1,63														
Icc kA supuesta	40													Elongación de embarrado	
K	0,358													9,8325	
Aleación	AlMgSiO													Esfuerzo térmico en cortocircuito kA	
Diámetro exterior mm	100													70,86557228	
Diámetro interior mm	88														
Sección total del conductor mm^2	1772														
Peso propio kg/m	4,78														
Momento de inercia cm^4	196														
Momento resistente cm^3	100														
Módulo de Young N/mm^2	70000														
Límite de fluencia N/mm^2	160														
Coefficiente de dilatación mm/m°C	0,023														
Carga de rotura N/mm^2	215														
Intensidad máxima admisible A	2320														

Tensión en el tubo	
Esfuerzo por viento N/m	94,5
Esfuerzos por el peso propio del tubo	
Fp N/m	67,8218
Fpp N/m	46,8918

Tensión total en el tubo θ	
θ_v N/mm^2	21,3215625
$\theta_{propio\ peso}$ N/mm^2	15,3022936
$\theta_{cortocircuito}$ N/mm^2	57,3825176
θ N/mm^2	80,1778798

Factor q Comprobación de θ TABLA 4 NORMA 60865	N/mm^2 Rp limite de fluencia del tubo
1,352713773	160

216,4342037	Esfuerzos por Cortocircuito total Fc (N/mm^2) $\leq$ Factor q*limite de fluencia del tubo

Esfuerzos por Cortocircuito Fc (N/m)	Fc; Frecuencia de vibración del tubo Hz
254,3269476	2,94724031

k	Fc/F	0,05894481
1,6	Vr figura 4 80685	1,8
	Vf figura 4 80685	0,33
	V δ figura 4 80685	0,25
Esfuerzos por Cortocircuito total Fc (N/m)	88,7560227	

Reacciones sobre aisladores de soporte	
Viento sobre tubo N	448,875
Esfuerzos por CC	1208,053001
Viento sobre aislador	167,265
Ftotal	1824,193001
Coef. Seg	2,192750437

Ct (kA) tubo debe ser mayor que la casilla S9	212,64
Efecto corona	
Tensión crítica fórmula de Peek	
δ factor de correlación de densidad del aire	0,967272727
Valor campo eléctrico kV/cm	23,22566462
Tensión crítica kV	828,7271303

Página 402 de 725



Tensión (kV)	132		
Tensión más elevada (kV)	145		
Tiempo de despeje (s)	0,5	Ur (kV); Tensión mínima asignada de la autoválvula	Línea de fuga mínima (m)
Long. Mínima específica	25	104,4	3,625
Tiempo de propagación de la onda	94,05		
Tensión residual	254		
Línea de fuga	5,302	Energía en caso de sobretensiones (kJ)	Capacidad de absorción
Tensión residual	254	43,238547	0,414162328



Tensión de red (kV)	66							
Tensión más elevada de material (kV)		Pasillos de servicio y zonas de protección MIE RAT 15		Distancias zonas de protección contra contactos accidentales en el interior de la instalación MIE RAT 15			Distancias en zonas de protección contra contactos accidentales en el exterior de la instalación MIE RAT 15	
	72,5							
Tensión soportada a los impulsos tipo rayo (kV)		H; Altura sobre el suelo(cm)	T; Distancia de elementos de tensión y aparatos o máquinas	B (cm)	C (cm)	E (cm)	F (cm)	G (cm)
	325							
Tensión soportada nominal de corta duración a frecuencia industrial (kV)		313	73	66	73	93	163	213
	140							
Distancia mínima Fase Tierra en el aire (cm)	63							
Distancia mínima entre Fases (cm)	63							
Pasillos de servicio ITC14								
		Pasillos de maniobra con elementos en alta tensión a un solo lado	1 metro					
		Pasillos de maniobra con elementos en alta tensión a ambos lados	1,2 metros					
		Pasillos de inspección con elementos en alta tensión a un solo lado	0,8 metros					
		Pasillos de inspección con elementos en alta tensión a ambos lados	1 metro					

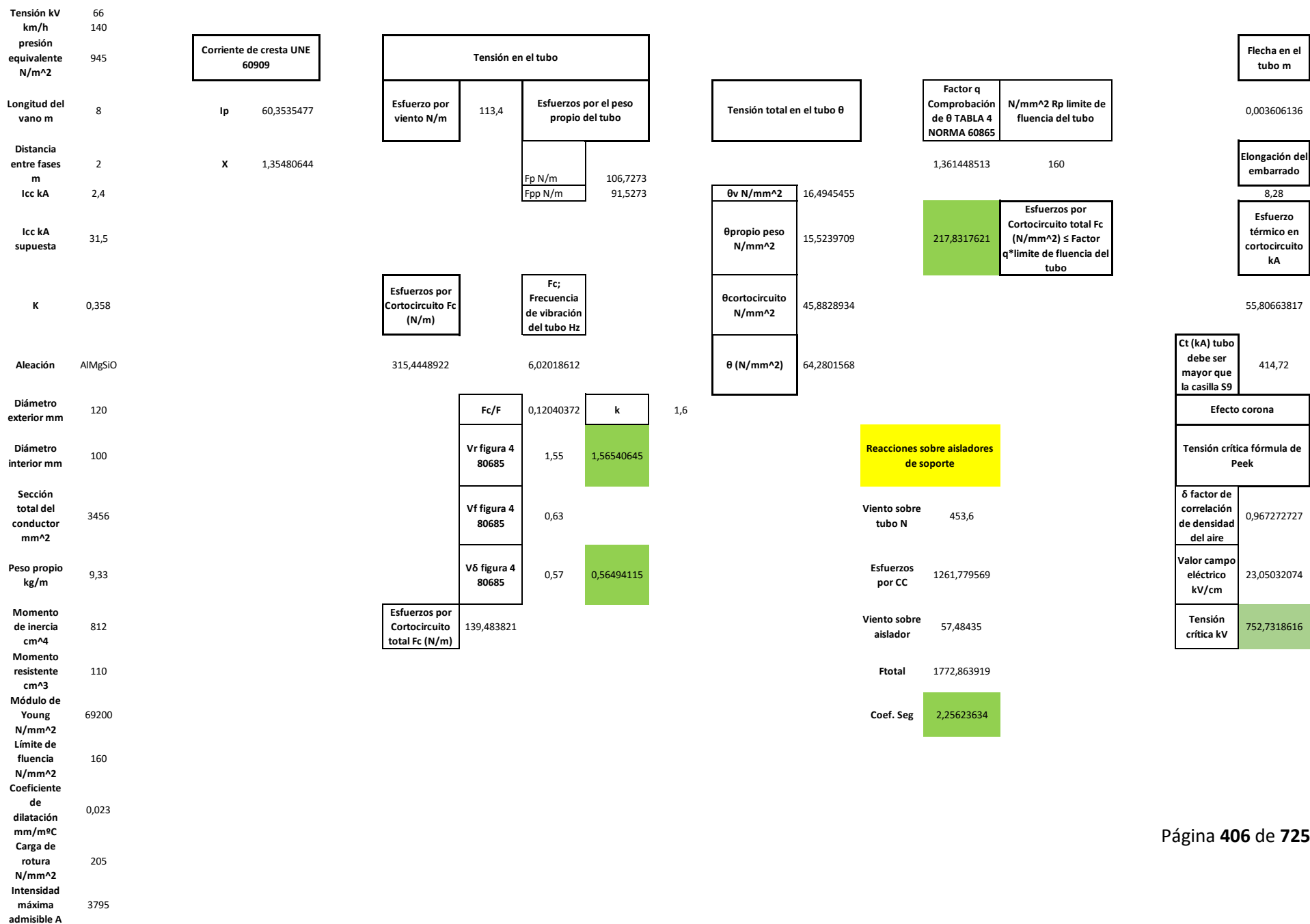
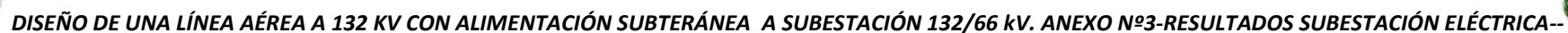


DISEÑO DE UNA LÍNEA AÉREA A 132 KV CON ALIMENTACIÓN SUBTERÁNEA A SUBESTACIÓN 132/66 kV. ANEXO N°3-RESULTADOS SUBESTACIÓN ELÉCTRICA--



Tensión	66000							Potencia embarrado principal 132	Potencia embarrado secundario 132
Potencia	70000000	Embarrados principales		Embarrados secundarios		Embarrados			
						In Primario (A)	In secundario (A)		
Tensión soportada nominal a frecuencia industrial (kV)	140	Aleación	AlMgSiO	Aleación	AlMgSiO	612,3411946	306,1705973	433826765,8	230917013,7
Tensión soportada nominal a los impulsos tipo rayo(kV)	325	Diámetro exterior mm	120	Diámetro exterior mm	80	Aisladores soporte C4-325 primario Poinsa		Aisladores soporte C4-325 secundario Poinsa	
Distancia mínima de aislamiento en aire fase a tierra entre fases.(mm)	630	Diámetro interior mm	100	Diámetro interior mm	68	Carga de rotura a flexión	4000	Carga de rotura a flexión	4000
		Sección total del conductor mm^2	3456	Sección total del conductor mm^2	1394	Carga de rotura a torsión	2000	Carga de rotura a torsión	2000
Tensión nominal	66	Peso propio kg/m	9,33	Peso propio kg/m	3,76	Altura del aislador	770	Altura del aislador	770
Intensidad máxima embarrado principal 132	4408	Momento de inercia cm^4	812	Momento de inercia cm^4	96,1	Diámetro de las armaduras metálicas D1	127	Diámetro de las armaduras metálicas D1	127
Intensidad máxima embarrado secundario	2320	Momento resistente cm^3	110	Momento resistente cm^3	90	Diámetro de las armaduras metálicas D2	158	Diámetro de las armaduras metálicas D2	158
		Módulo de Young N/mm^2	69200	Módulo de Young N/mm^2	68600	Diámetro de las armaduras metálicas D3	M16	Diámetro de las armaduras metálicas D3	M16
		Límite de fluencia N/mm^2	160	Límite de fluencia N/mm^2	160	Tensión nominal	66	Tensión nominal	66
		Coefficiente de dilatación mm/m°C	0,023	Coefficiente de dilatación mm/m°C	0,023	Tensión máxima del material	72,5	Tensión máxima del material	72,5
		Carga de rotura N/mm^2	205	Carga de rotura N/mm^2	225	Tensión soportada bajo lluvia	140	Tensión soportada bajo lluvia	140
		Intensidad máxima admisible A	3795	Intensidad máxima admisible A	2020	Tensión soportada al choque	325	Tensión soportada al choque	325
						Línea de Fuga	1160	Línea de Fuga	1160

**SUPERIOR
A 70 MVA**





DISEÑO DE UNA LÍNEA AÉREA A 132 KV CON ALIMENTACIÓN SUBTERÁNEA A SUBESTACIÓN 132/66 kV. ANEXO N°3-RESULTADOS SUBESTACIÓN ELÉCTRICA--



Tensión kV 66
km/h 140

presión
equivalente
N/m² 945

Longitud del
vano m 5

Distancia
entre fases
m 2

Icc kA 2,4

Icc kA
supuesta 31,5

K 0,358

Aleación AlMgSiO

Diámetro
exterior mm 80

Diámetro
interior mm 68

Sección
total del
conductor
mm² 1394

Peso propio
kg/m 3,76

Momento
de inercia
cm⁴ 96,1

Momento
resistente
cm³ 90

Módulo de
Young
N/mm² 68600

Límite de
fluencia
N/mm² 160

Coefficiente
de
dilatación
mm/m°C 0,023

Carga de
rotura
N/mm² 225

Intensidad
máxima
admisible A 2020

Corriente de cresta UNE
60909

Ip 60,3535477

X 1,35480644

Tensión en el tubo

Esfuerzo por
viento N/m 75,6

Esfuerzos por el peso
propio del tubo

Fp N/m 52,0856
Fpp N/m 36,8856

Esfuerzos por
Cortocircuito Fc
(N/m)

Fc;
Frecuencia
de vibración
del tubo Hz

315,4448922

8,31552116

Fc/F	0,16631042	k	1,6
Vr figura 4 80685	1,5		1,47913453
Vf figura 4 80685	0,77		
Vδ figura 4 80685	0,62		0,64069211

Esfuerzos por
Cortocircuito
total Fc (N/m)

149,468803

Tensión total en el tubo θ

θv N/mm² 5,25

θpropio peso
N/mm² 3,61705556

θcortocircuito
N/mm² 21,9058953

θ (N/mm²) 27,3957248

Factor q
Comprobación
de θ TABLA 4
NORMA 60865

1,405149051

N/mm² Rp limite de
fluencia del tubo 160

224,8238482

Esfuerzos por
Cortocircuito total Fc
(N/mm²) ≤ Factor
q*limite de fluencia del
tubo

Flèche en el
tubo m

0,002668897

Elongación del
embarrado

5,175

Esfuerzo
térmico en
cortocircuito
kA

55,80663817

Ct (kA) tubo
debe ser
mayor que
la casilla S9

167,28

Efecto corona

Tensión crítica fórmula de
Peek

δ factor de
correlación
de densidad
del aire

0,967272727

Valor campo
eléctrico
kV/cm

23,46320344

Tensión
crítica kV

584,4272521

Reacciones sobre aisladores
de soporte

Viento sobre
tubo N 189

Esfuerzos
por CC 788,6122305

Viento sobre
aislador 57,48435

Ftotal 1035,096581

Coef. Seg 3,864373697



Tensión (kV)	66		
Tensión más elevada (kV)	72,5		
Tiempo de despeje (s)	0,5	Ur (kV); Tensión mínima asignada de la autoválvula	Línea de fuga mínima (m)
Long. Mínima específica	25	52,2	1,8125
Tiempo de propagación de la onda	94,05		
Tensión residual	156		
Línea de fuga	2,115	Energía en caso de sobretensiones (kJ)	Capacidad de absorción
Tensión residual	156	8,020584	0,153651034



**DISEÑO DE UNA LÍNEA AÉREA A 132 KV CON ALIMENTACIÓN SUBTERÁNEA
A SUBESTACIÓN 132/66 kV. ANEXO Nº3--RESULTADOS SUBESTACIÓN ELÉCTRICA--**



Tensión	132							
Icc	1,10068	Tierras inferiores						
		Sección malla	120					
		superficie	16200					
		separación x	12					
		Separación y	13,5					
		longitud	2805					
		resistividad	300					
		capa de hormigon	0,2					
		resistividad hormigon	3000					
		longitud total picas	123					
Tensión de contacto aplicada	107	Sección conductor mínima	25					
Resistencia de calzado	2000	Corriente de falta considerada	28					
		Tiempo	1	Sección mm^2	Diámetro mm	Resistencia de puesta a tierra Ohm		
		Tem. Admisible	1084	148,314241	13,7418906	1,15016272		
		Tem. Ambiente	40					
		Capacidad Térmica	3,85	Calculos eléctricos				
		Coficiente térmico	0,00378	Tensiones de paso (V)	Tensión de contacto (V)	Cs	Tensión de paso máxima (V)	Tensión de contacto máxima (V)
		Resistencia del conductor a 20°C	4,4	7276	695,5	0,811462451	3465,096009	1032,79765
		inverso de coef. Térmico	245					
		Longitud perímetro malla	510					
		Longitud máxima malla eje x	120	Tensión de contacto	km	kh	n	Ls
		Longitud máxima malla eje y	135	5881,75285	0,86401951	1,264911064	11,00807829	2208,3
		Máxima distancia entre puntos de unión malla	180,6	na	nb	nc	nd	Lm
		Espacio medio entre conductores	12,75	11	1,00086693	1	0,999867577	2996,82898
		Diámetro conductor	0,014	Tensión de paso	ks	ki		
				2137,6603	0,31401867	2,273195587		

mallazo electrosoldado cubierto de hormigón, además de vallar la subestación



**DISEÑO DE UNA LÍNEA AÉREA A 132 KV CON ALIMENTACIÓN SUBTERÁNEA
A SUBESTACIÓN 132/66 kV. ANEXO Nº3--RESULTADOS SUBESTACIÓN ELÉCTRICA--**



Red de tierras superiores

Altura del cable de guarda en la zona baja	11		Formulas CIGRE	
Altura del cable de guarda en la zona alta	16	Ys	1	Porque H e Y (4 primeras casillas) son menores de 18
Altura de las barras	8	Yc	1	
Altura de las bornas del transformador	4,5		Apantallamiento del transformador	
Distancia del cable de guarda al transformador	11	Rs=Rc=Rg	53,35	Para rayos de menos de 16,9 kA existe la posibilidad de caer en una fase
distancia del cable de guarda a las barras	9	I	16,9020455	
Tensión de cebado aisladores kV	950			
Impedancia Ctca	400	Id kA	3,724695167	Intensidad para un cebado directo
		Id kA	297,9756134	Intensidad para un cebado inverso
				%
		Probabilidad impacto en una fase sin cebado directo	0,975817444	2,418255615
		Probabilidad impacto en una fase con cebado directo y sin fallo de aislamiento	0,591520539	40,84794611
		Probabilidad de impacto en un cable de guarda sin cebado inverso	0,002617761	99,73822388
		Apantallamiento de barras		
		$Rs^2 = x^2 + (5+y)^2$	x=9,26	
		$Rs^2 = (23-x)^2 + y^2$	y=7,79	16+y=23,79
		Resolviendo		Las suposiciones son correctas
		$Ymc = h - rc + Raiz(rs^2 - rc^2)$	l=3,33	rg=6,4*I^0,75=15,77
		Probabilidad impacto en una fase sin cebado directo	0,980998853	1,900114722
		Probabilidad impacto en una fase con cebado directo y sin fallo de aislamiento	0,002617761	99,73822388
		Radio crítico		
		R	27,00745548	
		I	6,5	



DISEÑO DE UNA LÍNEA AÉREA A 132 KV CON ALIMENTACIÓN SUBTERÁNEA A SUBESTACIÓN 132/66 kV. ANEXO N°3 RESULTADOS SUBESTACIÓN ELÉCTRICA



Tensión 230
Potencia a 4400
instalar
altura techo 4

Iluminación interior

Iluminación exterior

Factor de
utilización o
rendimiento

Clase CE4 según reglamento de ef. Energética

h	k habitación1	k habitación 2	k habitación 3	k habitación 4	k habitación 5	k pasillo
2,52	1,481481481	1,388888889	1,22100122	1,22100122	1,22100122	1,48809524
Factores de reflexión						
Techo	0,5					
Paredes	0,5					
Suelo	0,3					
CU habitación1	CU habitación 2	CU habitación 3	CU habitación 4	CU habitación 5	CU pasillo	
70	67	64	64	64	70	
Factor de conservación						
0,8						
Factor de transmisión						
K1	k2	k3	k4	k5	kp	
0,56	0,536	0,512	0,512	0,512	0,56	
Iluminación nominal						
E1	E2	E3	E4	E5	Ep	
500	500	500	500	100	100	
Flujo luminoso						
50000	45708,9552	39062,5	39062,5	7812,5	13392,8571	
Número de lámparas ormalux c218 tubos fluorescentes potencia 58w						
17,24137931	15,7617087	13,4698276	13,4698276	2,69396552	4,6182266	
18	16	14	14	3	5	
Potencia						
1044	928	812	812	174	290	

Total

7810

Iluminación media lux 10
Uniformidad media 0,4
Coeficiente de utilización 0,45
Coeficiente de depreciación 0,8
Coeficiente de conservación 0,85
Flujo luminoso 7352,941176
Número de lámparas 14,70588235
15
Potencia 3750

Eficiencia energética 1,33333333
Indice de consumo energético 0,75 Tipo B
Altura de instalación 8
Iluminación de emergencia disalux serie c3 6



Potencia 13310
Tensión 230

Potencia interior						Potencia exterior
1200	1200	1200	1200	500	500	1250
Longitud						
20	13	20	15	15	8	25
Potencia de cálculo						
2160	2160	2160	2160	900	900	2250
Intensidad						
5,42207209	5,42207209	5,42207209	5,42207209	2,25919671	2,25919671	5,64799176
sección						
1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2,5
Caída de tensión						
4,47204969	2,9068323	4,47204969	3,35403727	1,39751553	0,74534161	3,49378882
%caída de tensión						
1,94436943	1,26384013	1,94436943	1,45827707	0,60761545	0,32406157	1,51903862
Interruptor automático						
10	10	10	10	10	10	10
Tomas de corriente zona 1			Tomas de corriente zona 2			
Potencia	2000		Potencia	2000		
longitud	20		longitud	30		
Intensidad	10,8695652		Intensidad	10,8695652		
sección	1,5		sección	1,5		
caída de tensión	2,07039337		caída de tensión	3,10559006		
%caída de tensión	0,90017103		%caída de tensión	1,35025655		
protección térmica	10A		protección térmica	10A		
Protección diferencial		30 mA				





ANEXO Nº4:ESTUDIO DEL IMPACTO MEDIOAMBIENTAL





1. Localización, objeto, finalidad y descripción de la actividad

1.1 Localización

El proyecto se localiza entre el término municipal de El bosque y el Embalse del Guadalacín, en Cádiz. Las instalaciones que se proyectan estarán ubicadas en el término municipal de según puede verse en los planos que se acompañan.

Puede apreciarse que la línea no afecta a ningún Parque Natural, ni a Parque Nacional ó Espacio Protegido.

La instalación de la que se trata en este proyecto, no está situada 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.

Esta estimación de Impacto Ambiental evalúa la alternativa más favorable y de menor impacto ambiental.

1.1.1 Características y descripción de la zona

1.1.1.1 Características de la zona

Desde el punto de vista medioambiental, la zona del proyecto, así como sus aledaños, se caracteriza por ser una zona mixta entre formaciones arbustivas y arbóreas de árboles autóctonos y de replantación. También comprende zonas de uso ganadero y comunal, como zonas de pasto del ganado.

Vegetación:

La vegetación de la zona en la que se realizará la subestación, está compuesta principalmente por plantas características de praderas y pastizales, de monte bajo y por formaciones boscosas.

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. Esta posible alteración afectaría principalmente a especies típicas de monte bajo.

En cuanto a sus características botánicas, la vegetación de la zona del proyecto presenta especies características de la zona de montaña de la región.

La zona afectada por el proyecto se encuentra con un grado de conservación medio-alto.

Predomina principalmente la vegetación de montaña y monte bajo, tales como los alcornoques, encinas y algarrobos. También predominan los árboles autóctonos como acebuches, madroños, espinos, lentiscos.



Fauna:

Por las características topográficas de pendientes suaves y los usos del suelo que han ido despejando grandes formaciones boscosas para convertirlas en praderas y pastos, la fauna predominante en estos espacios abiertos, son mamíferos de pequeño porte, quedando los grandes mamíferos confinados a zonas donde la vegetación es de mayor envergadura, como los bosques de pinsapos.

Ocasionalmente zorros y jabalíes se acercan a las zonas pobladas ya que la presencia en sus cercanías de vertederos y cultivos, supone una comida fácil para ellos.

Por estas razones, esta zona cuenta con una gran diversidad de rapaces que se benefician de estas zonas abiertas; en la zona del proyecto y sus alrededores se pueden encontrar cernícalos, ratoneros y milanos.

En cuanto a los mamíferos de pequeño porte estos son principalmente micromamíferos y roedores como ratas, ratones, topos, etc.

Dentro de las aves de pequeño y mediano tamaño aparecen gorriones, carboneros, urracas, cornejas, etc.

Valoración ambiental

En este apartado se intentará valorar la calidad del medio natural en el que se va a desarrollar el proyecto desde el punto de vista de la vegetación y de la fauna.

Vegetación:

Tipos de vegetación

- **Especies protegidas:** presencia de especies catalogadas como protegidas, en peligro de extinción, o sensibles a las alteraciones de su hábitat, recogidas en la legislación estatal o autonómica.
- **Especies singulares:** especies que presentan peculiaridades o características que les confieren un grado de diferenciación y singularidad que es necesario conservar.
- **Vegetación natural:** Presencia de formaciones vegetales desarrolladas ecológicamente, presentando un alto grado de madurez y diversidad.
- **Pastos y cultivos:** presencia de especies vegetales características de estos sistemas, sometidas a la explotación humana y en general con una rotación temporal y espacial a lo largo del año.
- **Ruderales:** especies presentes en bordes de caminos, escombreras y zonas degradadas. No exigentes ecológicamente y con una facilidad para colonizar distintos nichos ecológicos.



Fauna:

Tipos de fauna:

- Especies protegidas: presencia de especies catalogadas como protegidas, en peligro de extinción, o sensibles a las alteraciones de su hábitat, recogidas en la legislación estatal o autonómica.
- Especies singulares o características de un hábitat: Presencia de especies faunísticas que componen una estructura trófica y ecológica característica de un ecosistema o nicho ecológico maduro.
- Especies generalistas no representativas de un hábitat: Especies faunísticas que se encuentran repartidas en distintos nichos ecológicos a los que se adapta con facilidad, con una distribución más o menos extensa.
- Especies de interés económico: Especies introducidas por el hombre que ven favorecida su pervivencia por intervenciones directas sobre ellas o el hábitat. En general presentan un valor económico o estético.

Fauna:

- Naturalidad: Grado de transformación y alteración paisajística generada por la acción del hombre.
- Singularidad: Presencia de elementos tanto bióticos como abióticos que confieren al paisaje una característica peculiar que lo revaloriza.
- Fragilidad: Capacidad de un paisaje para absorber la alteración generada por el proyecto, que depende principalmente de la estructura, topología y grado de alteración del paisaje de partida.

La calidad del paisaje es Media, en este caso, al tratarse de una zona de espacios abiertos. La capacidad de absorción de la modificación la consideraremos Media. No se producen interferencias con los lugares o paisajes pintorescos.

1.2 Objeto

ENDESA, empresa distribuidora de energía eléctrica en Cádiz y su provincia, con domicilio para todos los efectos en Paseo Marítimo Nº30 de esta capital, formula el presente anexo al proyecto de “Diseño de una línea aérea de 132 kV con alimentación subterránea a una subestación 132/66 kV”, con objeto de obtener de la Administración la Autorización Administrativa de la construcción de las instalaciones que en él se reflejan, así como la aprobación del proyecto de ejecución de las mismas.

ENDESA, está tramitando la obtención del certificado AENOR del cumplimiento de la Norma UNE-EN ISO 14001, que avalaría nuestros procedimientos y actuaciones desde el punto de vista Medioambiental, a través de las comprobaciones y auditorías que dicho certificado AENOR estipula.

Este anexo ha sido redactado de acuerdo con la vigente reglamentación.



1.3 Finalidad

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.

1.4 Descripción de la actividad

1.4.1 Antecedentes

Este Análisis Ambiental se realiza como complemento del proyecto de línea eléctrica aérea de alta tensión y diseño de una subestación, junto con la unión de estas dos instalaciones mediante una línea de alta tensión subterránea, denominado: Diseño de una línea aérea de 132 kV con alimentación subterránea a una subestación 132/66 kV.

La finalidad perseguida es la de mejorar la calidad de suministro de los clientes existentes que se ven afectados por dicha instalación, así como atender peticiones de nuevos suministros de energía eléctrica en la zona próxima al emplazamiento de esta, a dicho proyecto podrán remitirse para ampliar cualquier detalle, no incluido aquí por no ser reiterativos.

1.4.2 Suelo ocupado por la subestación

La superficie ocupada por la subestación eléctrica varía dependiendo de la configuración que se adopte a la hora de montar los parques de transformación. En nuestro caso, vamos a montar una configuración de interruptor y medio en el lado de 132 kV y de doble barra en el lado de 66 kV. La superficie total que nos ocupará esta configuración será de 16200 m².

1.4.3 Franja de suelo sobrevolada por los conductores aéreos

Cuando una línea atraviesa una zona de bosque y la solución técnica obliga, de acuerdo con el punto 5.12 de la ITC-LAT 07, a la tala de una calle de paso, la determinación del suelo ocupado coincide con la superficie de dicha calle de paso. Por contra cuando no hay que efectuar calle de paso la determinación del suelo ocupado por la línea es el resultado de multiplicar la separación entre los conductores extremos por la longitud de la línea.

En la instalación que nos ocupa no es necesaria la apertura de calle y obtenemos: 85000 m² de suelo sobrevolado por los conductores.

1.4.4 ALTURA DE LOS CONDUCTORES AÉREOS SOBRE EL TERRENO

La altura mínima viene fijada por condiciones de seguridad de acuerdo con el punto 5.5 de la ITC-LAT 07, y para este tipo de líneas, es de 6 m.



En los pasos por encima de árboles, se incrementará la altura de los apoyos de forma que, entre los conductores y las ramas más altas, exista siempre una separación mínima de 2 metros (punto 5.12.1 de la ITC-LAT 07), ya que se consideran las ramas como masa conductora. Para el cumplimiento de esta condición tendremos en cuenta la altura previsible y la velocidad de crecimiento, al objeto de determinar si son necesarias podas periódicas y su frecuencia, en el caso de la instalación que nos ocupa, la línea discurre por encima de pinos entre los apoyos B y C, y se dejará una distancia mínima entre la copa de los citados árboles y el conductor más bajo de 2 m.

1.4.5 CARACTERÍSTICAS DE LA LÍNEA AÉREA

La línea aérea de alta tensión (L.A.A.T.) que se proyecta para Endesa será de aluminio con conductor LA-280 Hawk en montaje tipo doble circuito.

1.4.5.1 RESUMEN TIPOS DE APOYOS

Nº APOYOS CON CADENAS DE AISLADORES HORIZONTALES: **32**

Nº APOYOS CON CADENAS DE AISLADORES VERTICALES: **25**

2. Maquinaria, equipos y procesos

En el proceso de construcción de la línea aérea, línea subterránea y subestación podemos distinguir las siguientes fases:

2.1 REPLANTEO

El replanteo de las instalaciones (línea aérea, línea subterránea y ubicación de la subestación) será efectuado por el topógrafo de E.D.E. o por la ingeniería encargada, para lo cual dispondrá de un equipo de topográfico tipo GPS con estación fija de referencia y unidad móvil de precisión centimétrica.

2.2 ACCESOS Y EXCAVACIÓN

Los caminos que se efectúen para el acceso a los apoyos o acceder a la subestación se realizarán de modo que se produzcan las mínimas alteraciones del terreno. A tal fin se utilizarán preferentemente los caminos existentes, aunque en algunos casos su desarrollo o características no sean los más adecuados.

Todos los accesos serán acordados, en cada caso, previamente con los correspondientes organismos o propietarios.

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.



Para aquellos apoyos ubicados en cultivos, prados, olivares, etc., o bien resulte necesario atravesar por ellos para acceder a los mismos, se tendrán en cuenta los siguientes requisitos:

Señalar 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.

En huertos, frutales, viñas y otros espacios sensibles, el responsable de E.D.E. podrá imponer que el acceso sea realizado con vehículos ligeros (Dumper), caballerías, etc.

La excavación de los apoyos, cimentaciones de la subestación, línea subterránea, etc. se realizará mediante máquina retroexcavadora con ruedas o cadenas. En caso de no sea posible el acceso de estas máquinas, se efectuará la excavación manual mediante herramientas manuales o compresores.

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.



La tierra sobrante de la excavación deberá ser transportada a un lugar donde al depositarla no ocasione perjuicio alguno.

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, pudiendo el representante de E.D.E. paralizar los trabajos de excavación si los de hormigonado no avanzan adecuadamente.

2.3 HORMIGONADO

El hormigonado se realizará con hormigón de planta (resistencia característica de 150 kp/cm² a los 28 días, con una cantidad mínima de cemento por m³ de 200 kg) mediante camión hormigonera. En los casos en que no sea posible el acceso del mismo, el hormigón se realizará in situ a pie de hoyo.

La primera operación a realizar, inmediatamente antes de comenzar el hormigonado consistirá en el hincado de la pica de toma a tierra en el fondo de la excavación, así como el conexionado de los cables de toma de tierra y maya respectivamente con dicha pica. Estos cables, en el caso de los apoyos de la línea aérea, deberán quedar introducidos dentro de un tubo coarrugado de 29 mm de diámetro interior y con una longitud suficiente para sobresalir al menos 25 cm sobre la peana del apoyo.

Se colocará el anclaje de todos los elementos superiores a esta cimentación sobre el foso debidamente emplazado en alineación, cota y nivelación, fijándolo a continuación al terreno de forma que no pueda sufrir movimiento.

Se rellenará la excavación de hormigón, vertido por capas o tongadas, evitando desplazamientos en la base del apoyo o anclaje. Se cuidará especialmente la compactación del hormigón, para lo cual se apisonará, como mínimo, cada 30 cm evitando cualquier golpe contra el anclaje.

En el caso de los apoyos de la línea aérea, la bancada que sobresale del terreno, o peana, tendrá terminación en forma de tronco de pirámide, siendo la inclinación de sus caras no inferior al 20%. En terrenos de labor, la peana sobresaldrá del terreno, en su parte más baja, un mínimo de 30 cm siendo esta altura en el resto de terrenos no inferior a 20 cm. Se cuidará que las superficies vistas estén bien terminadas.



2.4 ARMADO E IZADO

Una vez comprobado que los apoyos y los elementos de estructura de la subestación no presentan anomalías se procederá al armado de las series de estos elementos.

Para realizar esta operación con los apoyos de alta tensión, se tendrá en cuenta que el izado puede efectuarse de dos formas:

- Armado en el suelo para posteriormente izar la torre completa con grúa.
- Armado e izado por elementos (barras o cuerpos) de la torre mediante pluma.

El sistema de izado de las estructuras debe ser el adecuado al tipo de las mismas, y una vez instaladas dichas estructuras, deberán quedar vertical, salvo en los apoyos de fin de línea o ángulo, que se le dará una inclinación de 0,5 a 1 % en sentido opuesto a la resultante de los esfuerzos producidos por los conductores.

No podrá comenzarse a izar ningún elemento de estructura hasta que haya transcurrido, como mínimo, una semana desde que se realizó el hormigonado de su anclaje.

En el izado de los elementos se tendrá que tener la longitud de la grúa, por lo que esta habrá de tener una longitud de pluma y una carga útil de trabajo para poder izar el elemento más desfavorable, teniendo en cuenta los coeficientes de seguridad exigibles en este tipo de maquinaria. No está permitido izar con grúa aquellos elementos que por encontrarse en zonas de viñedos, frutales, huertas, etc., pudiera provocar daño en los cultivos. Los accesos de las grúas serán los mismos que los usados para la obra civil y los acopios.

En cada apoyo de alta tensión se colocará una placa normalizada de “riesgo eléctrico”, utilizando alguna de las soluciones constructivas previstas (flejado o adhesivo), no pudiéndose taladrar el montante del apoyo.

Igualmente se numerará el apoyo, siguiendo la numeración dada por el técnico encargado de la obra.

2.5 TENDIDO TENSE Y REGULADO

Necesariamente, antes de proceder al tendido de los conductores, en todos los elementos eléctricos habrán de estar colocadas las placas de indicación de riesgo eléctrico.

No podrá comenzarse el tendido de los conductores en los apoyos y en la subestación hasta transcurrido un tiempo mínimo de una semana entre la terminación del hormigonado de los apoyos y el comienzo del tendido. No obstante a lo anterior, siempre que sea posible, se procurará que el tiempo transcurrido entre la terminación del hormigonado y el comienzo del tendido sea lo mayor posible, siendo lo óptimo que hayan transcurrido 28 días.



Las bobinas de conductores, en sus diversos movimientos, deberán ser tratadas con sumo cuidado para evitar deterioros en los cables y mantener el carrete de madera en buen estado de conservación. Para ello, en la carga y descarga, se utilizarán medios mecánicos adecuados para evitar choques bruscos de los carretes que pudieran provocarles daños.

No podrán realizarse los acopios de las bobinas en zonas inundables o de fácil incendio.

Las poleas de tendido del cable de aluminio-acero serán de aleación de aluminio y su diámetro en el interior de la garganta será, como mínimo 20 veces el del conductor. Cada polea estará montada sobre rodamientos de bolas suficientemente engrasadas y las armaduras no rozarán sobre las poleas de aluminio.

Cuando sea preciso efectuar el tendido eléctrico de la línea de alta tensión sobre vías de comunicación, (carreteras, autovías, ferrocarriles, caminos, etc.), se establecerán previamente protecciones especiales de carácter provisional que impidan la caída de los conductores sobre las citadas vías de comunicación, permitiendo al mismo tiempo, el paso por las mismas sin interrumpir la circulación. Estas protecciones, aunque de carácter provisional, deben ser capaces de soportar con toda seguridad los esfuerzos anormales que por accidentes puedan ocurrir en caso de caer algún (o algunos) cables sobre ellas. Las protecciones que se monten en las proximidades de carreteras o caminos serán balizadas convenientemente.

En todos los cruzamientos de carreteras se dispondrán de señales de tráfico de obras, limitaciones de velocidad, peligro, etc., que el Organismo Oficial competente de carreteras estime oportuno.

El contratista deberá, con la antelación suficiente que exigen los distintos organismos oficiales, tener planificados los cruces de carreteras, ferrocarriles, líneas eléctricas, etc., con el fin de que puedan organizar los cortes de tráfico, avisos a vigilantes etc.

Excepto en líneas de pequeña entidad en las que, con la aprobación del técnico de la obra, se podrá ejecutar el tendido manualmente, este se realizará con la utilización de freno y máquina de tiro.

Tanto si el tendido de la línea aérea se realiza con medios manuales como mecánicos, se contará con un sistema adecuado de comunicaciones que permita en todo momento paralizar los tiros del conductor si cualquier circunstancia así lo aconseja. Asimismo se contará con un número de personas suficiente para poder ejecutar correctamente los trabajos de tendido, tense y regulado.

Para el tendido con medios mecánicos, se usarán tambores de frenado cuyo diámetro no sea inferior a 60 veces el conductor que se vaya a tender.



Los cables piloto para el tendido serán flexibles y antigiratorios y se unirán al conductor mediante manguitos de rotación para impedir la torsión.

Con objeto de evitar “jaulas” en los conductores durante el tendido, el sistema de suspensión de las bobinas, irá provisto de mecanismos de frenado hidráulico o mecánico.

Durante el tendido será necesaria la utilización de dispositivos para medir el esfuerzo de tracción de los cables en los extremos del tramo cabrestante y freno. El del cabrestante habrá de ser máxima y mínima con dispositivo de parada automática cuando se produzcan elevaciones o disminuciones anormales de las tracciones de tendido.

3. MATERIALES EMPLEADOS

3.1 APOYOS

Serán metálicos y galvanizados en caliente, resueltos con fuste en barras atornilladas o electro-soldadas y cabeza en cuerpo único soldado, según recomendaciones UNESA 6704-A.

3.2 CADENAS

Todos los apoyos están dispuestos para llevar cadenas de aisladores de suspensión en los apoyos de alineación (verticales) y cadenas de amarre (horizontales) en los ángulos, anclajes y fin de línea.

Las cadenas de aislamiento pueden ser del tipo polimérico o de vidrio, en cuyo caso, los apoyos de alineación, para cada cadena estará compuesta por 3 elementos U40BS y en los de ángulo, anclaje y fin de línea, cada cadena estará compuesta por 3 elementos U70BS.

Así mismo, se utilizan cadenas de aisladores en los parques de la subestación. Estas cadenas están sacadas de POINSA, y son del tipo C6-650 para el parque de 132 kV y C4- 325 para el parque de 66 kV. Las especificaciones de estas cadenas vienen en la memoria descriptiva.

3.3 CONDUCTORES

Para la parte aérea se ha considerado el conductor: LA-180 Hawk, cuyas características se exponen en la memoria descriptiva y se justifican en la memoria de cálculo.

Para la parte subterránea se ha considerado el conductor: SILEC (ENDESA) RHZ1-RA+2OL, cuyas características se exponen en la memoria descriptiva y se justifican en la memoria de cálculo

3.4 AUTOVALVULAS

Son consideradas autoválvulas en la subestación y en la línea aérea, tanto en la parte de alta tensión, en la cual utilizamos EXLIM Q-E, como en la parte de media tensión cuya denominación es INZSP 66/10/2.

3.5 CABLES DE TIERRA

Se ha considerado el cable en la parte aérea OPGW48 de fibra óptica cuyas características se exponen en la memoria descriptiva



3.6 TUBOS CONDUCTORES

Utilizamos tubos conductores de aluminio para los embarrados de los parques de la subestación eléctrica. Las características se describen en la memoria descriptiva.

3.7 TERMINALES

Se utilizan para el paso de línea aérea a línea subterránea. Las características se describen en la memoria descriptiva.

3.8 SECCIONADORES-INTERRUPTORES

Se utilizan un modelo que lleva el seccionador y el interruptor en el mismo elemento, PASS MOS de ABB. Las características y componentes se mencionan en el apartado de memoria descriptiva.

3.9 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.

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. Se dispondrán las señalizaciones necesarias y de iluminación nocturna.

Durante la ejecución de los trabajos en la vía pública se dejarán los pasos suficientes para vehículos y peatones, así como accesos a edificios, comercios o garajes.

Si con motivo de las obras de apertura de la zanja, aparecen instalaciones de otros servicios, se tomarán las precauciones debidas para no dañarlas, dejándolas al terminar los trabajos en las condiciones que se encontraban primitivamente.

Se procurará que la canalización se efectúe por las aceras, pero cuando esto no sea posible se efectuarán por la calzada; En estos casos las zanjas se efectuarán paralelas a la línea de bordillo y a una distancia de 60 cm. para evitar los albañiles de recogidas de aguas.

Cuando se utilicen tubos, estos serán de PVC auto resistente (corrugado exterior y pared lisa interior) con un diámetro de 200 mm.

En aquellos casos que sean de prever pasos por encima de las canalizaciones de vehículos de gran tonelaje se hormigonarán los tubos con hormigón de resistencia H-100 cuando el citado hormigón provenga de planta ó con una dosificación del cemento de 200 Kg./m³ cuando se realice a pie de obra. Se evitará la entrada de hormigón en los tubos.



Cuando simultáneamente deban instalarse cables de AT y BT por el mismo trazado se construirá la canalización con sección tal como la indicada en los planos correspondientes.

Las tierras procedentes de la excavación se retirarán diariamente, ya que no se utilizarán para el relleno posterior.

Se rellenarán las zanjas para obtener las terminaciones indicadas en el apartado Planos.

En la reposición de las aceras el pavimento será del mismo tipo y textura que el existente. Se dispondrá de una base de hormigón H-150 de 10 cm. de espesor. Se colocarán las losetas enteras de manera que no quede sin reponer ninguna loseta afectada por las obras, o ninguna en mal estado que sea adyacente, aunque no haya sido afectada por la obra.

En la reposición de calzadas o zonas de rodadura, con pavimento de aglomerado asfáltico en caliente, el repuesto será de las mismas características del existente, con su correspondiente base de hormigón si la hubiera.

El tipo de aglomerado, será el correspondiente al D-12 del Pliego de condiciones de Prescripciones Técnicas generales para Obras de Carreteras y Puentes, con áridos graníticos. El tendido del aglomerado se efectuará mecánicamente, solo se efectuará manualmente en superficies pequeñas. Se procurará que las juntas longitudinales no coincidan con las zonas de paso de las ruedas de los vehículos.

En aquellas calles que exista pavimento de hormigón, las reposiciones se efectuarán por losas completas. Entendiéndose por losa completa la superficie comprendida entre las juntas longitudinales y transversales de dilatación o contracción, siendo el pavimento repuesto de las mismas características del que había construido anteriormente.

Cuando el tendido se efectúe por tubulares, en los cambios de dirección o cada 100 metros en los tendidos en línea recta, se efectuarán arquetas de registro cuya función será la de facilitar los trabajos de tendido.

Como puede observarse en las distintas secciones de las canalizaciones a efectuar en todos los casos quedará señalizada la conducción eléctrica mediante señalizadora de cables según la Recomendación UNESA 205A o con una placa de protección de cables según la Recomendación UNESA 0206.

4. RIESGOS AMBIENTALES Y SU CORRECCIÓN

4.1 RUIDOS Y VIBRACIONES

Determinación y control de ruidos y vibraciones.

4.1.1 OBJETO

Esta instrucción ambiental tiene por objeto definir la sistemática para el control del ruido y vibraciones de las instalaciones de Distribución, fijar aquellos parámetros que permiten realizar el seguimiento y establecer la secuencia de actuación en caso de que los resultados no sean satisfactorios.



4.1.2 ÁMBITO DE APLICACIÓN

Esta instrucción es de aplicación a:

- Centros de transformación

Para determinar los niveles de inmisión de ruidos y vibraciones en el exterior de las mismas y a:

- Líneas eléctricas de alta tensión

Para determinar los niveles de ruidos.

4.1.3 DEFINICIONES

- **Ruido:** Es una mezcla compleja de sonidos con frecuencias fundamentales diferentes. En un sentido amplio, puede considerarse ruido cualquier sonido que interfiere en alguna actividad humana.
- **Nivel de fondo:** Es el nivel sonoro existente en el punto de medición suprimiendo la emisión de la fuente ruidosa objeto de comprobación.
- **Nivel sonoro en dBA:** Nivel de presión sonora, modificado de acuerdo con la curva de ponderación A, que corrige las frecuencias ajustándolas a la curva de audición del oído humano.
- **dB(A):** decibelio A: Unidad de medida de niveles de ruido correspondiente a la escala establecida mediante el empleo de la curva de ponderación A que compensa las diferencias de sensibilidad que el oído humano tiene para las distintas frecuencias dentro del campo auditivo.
- **Frecuencia:** Es el número de pulsaciones de una onda acústica senoidal ocurridas en un tiempo de un segundo.
- **Vibraciones:** Se entiende, en general, por sensación de vibración, la sensación de excitación vibrátil que se produce por contacto directo del cuerpo humano con un cuerpo sólido que vibra.
- **Efecto corona:** Alrededor de los conductores de una línea de alta tensión el campo eléctrico es muy intenso y se produce una ionización de las moléculas de aire, que originan minúsculas descargas eléctricas intermitentes. Este fenómeno conocido con el nombre de “efecto corona” produce un ruido audible muy característico. El nivel de ruido audible generado por el efecto corona depende esencialmente de la intensidad de campo eléctrico en la superficie del conductor, también depende de las condiciones climatológicas. Durante períodos secos el nivel de ruido audible es considerablemente inferior que durante condiciones de humedad.



4.1.4 DESCRIPCIÓN

4.1.4.1 MEDICIÓN DE RUIDOS

Se realizan medidas del nivel de ruido en el ambiente exterior y/o interior siempre que se produzca una queja justificada en materia de ruidos.

- Por iniciativa de la Dirección Territorial de Distribución debido principalmente a que:

- Exista una variación de las condiciones acústicas de equipos instalados en la Instalación.

- Exista cualquier modificación o ampliación de las instalaciones.

En cualquiera de los casos los responsables de la Instalación podrán solicitar la medición del ruido.

En aquellos casos en los que, por observación directa, se determine la necesidad de aplicar medidas correctivas, no se realizará la medición y se procederá según se especifica en el procedimiento "Tratamiento de no conformidades, acciones correctoras y preventivas".

4.1.4.2 EQUIPOS DE MEDICIÓN

Las mediciones de niveles sonoros se realizan utilizando sonómetros de precisión de Clase 1 o Clase 2 que cumplan con las Normas vigentes sobre sonómetros o sonómetros integradores.

Las características mínimas de los equipos de medición serán los establecidos en las diversas ordenanzas nacionales y territoriales sobre ruidos.

4.1.4.3 CALIBRACIÓN DE EQUIPOS

Se garantizará que los equipos estén correctamente calibrados ("Seguimiento de los equipos de inspección y medición").

Los sonómetros son auto-calibrados antes de realizar cualquier medición y al finalizar la misma conforme se indica en sus manuales.

La calibración puede variar según la marca del equipo aunque de forma general se procede del siguiente modo:

- Seleccionar la posición calibración del equipo.
- Acoplar el calibrador al micrófono y ponerlo en marcha mediante el interruptor.



- Esperar unos 30 segundos. El valor leído debe coincidir con el nivel seleccionado en el calibrador, de no ser así ajustar el sonómetro hasta que coincida con el nivel correcto.
- Aceptar la calibración.

4.1.4.4 FACTORES A TENER EN CUENTA EN LA TOMA DE MEDIDAS DE RUIDO

4.1.4.4.1 EFECTOS DEL OBSERVADOR

La mayor parte de las medidas se hacen con el sonómetro en la mano. La posición relativa de la persona que hace las medidas respecto al sonómetro puede afectar a los resultados, especialmente en medidas al aire libre y cerca de superficies reflectoras. El operador puede apantallar las ondas sonoras, especialmente en las frecuencias agudas.

En estas circunstancias, las diferencias pueden llegar a 5dB. Para reducir la influencia al mínimo se separa el sonómetro del cuerpo lo máximo posible. En locales cerrados este efecto es menos perturbador, ya que las reflexiones del sonido en las paredes facilitan que el sonido llegue al micrófono por un lado u otro.

4.1.4.4.2 ONDAS ESTACIONARIAS

En espacios cerrados y pequeños, especialmente cuando hay transmisiones por estructura, las reflexiones entre las paredes dan origen a ondas estacionarias, es decir, puntos del espacio con niveles máximos y otros con niveles mínimos. El resultado es que, desplazando lentamente el sonómetro de 50 a 80 cm., se observan variaciones de nivel que pueden llegar a 10 dB(A).

4.1.4.4.3 CONDICIONES METEOROLÓGICAS

Humedad y temperatura

En general, hasta un 90% de humedad relativa no es necesario tomar precauciones especiales ya que la precisión de los sonómetros se ve modificada menos de 0,5 dB. No se expone a los equipos de medida a temperaturas superiores de 50°C, ni siquiera temporalmente, como el caso de dejarlo expuesto al sol en el interior de un vehículo, ya que se producen cambios de sensibilidad tanto a corto como a largo plazo.

Viento

La incidencia del viento en el micrófono, en las medidas al aire libre, incrementa notablemente el nivel de frecuencias bajas a causa de turbulencias cerca del diafragma del micrófono. Las medidas en el exterior se realizan siempre con el micrófono protegido con pantallas antiviento. Estas pantallas, en forma de bola de porosidad elevada y de unos 5 a 10 cm. de diámetro, evitan errores de lectura para vientos de tipo moderado.

En general para velocidades del viento superiores a los 3 m/s se desistirá de la medición.

4.1.4.5 EVALUACIÓN DEL RUIDO

La evaluación del ruido consiste en la comparación de los niveles medidos con los niveles máximos admisibles fijados en las normativas.



Los instrumentos legales actuales que regulan los niveles de inmisión de ruido son básicamente, las ordenanzas municipales de protección contra el ruido. La mayor parte de los municipios disponen de ordenanzas que regulan los niveles de estos ruidos. Los niveles generalmente están en función de la zona y del horario en que se producen. Las zonas son generalmente:

- las zonas residenciales,
- las zonas residenciales con pequeñas actividades compatibles con residencias o zonas mixtas.
- las zonas industriales no compatibles con residencias.

Existen dos horarios de referencia definidos (diurno y nocturno) que dependerán de las diferentes ordenanzas municipales. En términos generales el horario diurno queda comprendido entre las 8 horas y las 22 horas y el nocturno entre las 22 horas y las 8 horas del día siguiente.

4.1.4.6 DEFINICIÓN DE LA ZONA Y PUNTOS DE MEDICIÓN

Las mediciones se realizan en interiores y/o exteriores del espacio afectado por el ruido.

4.1.4.6.1. MEDIDAS EN EL EXTERIOR

Las medidas en el exterior se hacen a una altura de 1,2 m del suelo y, si es posible, a una distancia mínima de 3,5 m de las paredes, edificios o cualquier estructura reflectante del sonido.

4.1.4.6.2. MEDIDAS EN EL INTERIOR

Las mediciones interiores se realizan a una distancia de las paredes de 1 m y a 1,2 m del suelo. Se selecciona la pared que se considere fundamental en la transmisión del ruido. En caso de no haya una pared fundamental se toma como referencia la pared opuesta en la que se manifieste más el ruido de fondo ortogonal hacia la pared (ángulo horizontal) y ligeramente inclinado hacia arriba (ángulo vertical). En el lugar seleccionado se mueve experimentalmente el sonómetro paralelamente a la pared transmisora tratando de localizar el punto de mayor presión acústica. Este movimiento se realiza a lo largo de 0,5 m. en cada sentido. En el lugar donde se aprecia mayor intensidad acústica se fijará la estación de medida.

4.1.4.7 DURACIÓN DE LA MEDICIÓN

La duración de la medición depende de la regularidad de la variación del nivel sonoro.

El intervalo de la medición debe ser de 15 minutos. En caso de fenómenos periódicos la duración de la medición se debe extender por lo menos a un ciclo característico del ruido. En los casos en los que exista normativa al respecto, la duración de la medición estará determinada por los tiempos e indicaciones que esta establezca.



4.1.4.8 DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE RUIDO

4.1.4.8.1. CENTROS DE TRANSFORMACIÓN

Se seguirá el mismo criterio que para las subestaciones. Los puntos de medición se eligen atendiendo a las posibles molestias que pueda originar a la población, incluyendo en los mismos y si se considera necesario, puntos en el interior de las viviendas próximas a la instalación.

4.1.4.8.2. LÍNEAS ELÉCTRICAS DE ALTA TENSIÓN

El ruido audible originado por las líneas eléctricas de alta tensión consiste en un zumbido de baja frecuencia y un chisporroteo denominado "Efecto Corona" que es perceptible bajo los conductores, pero a unos pocos metros de distancia este ruido es enmascarado por el nivel de fondo. Su incidencia se reduce a una banda de escasos metros a ambos lados de la línea, y baja rápidamente hasta anularse, al alejarse el observador de la misma. Se elegirán predominantemente los lugares en los que el ruido sea más elevado, y si fuera preciso, en el momento y situación en que las molestias son más acusadas. Por ello, para determinar el nivel de ruido se realiza la medición bajo los conductores y a distancias equidistantes del centro de la línea y a ambos lados de la misma. Los puntos de medición se seleccionan atendiendo a la proximidad de núcleos de población. Las medidas se realizan en el período horario en que la normativa es más estricta (horario nocturno).

4.1.4.9 PARÁMETROS DE MEDIDA

La determinación del nivel sonoro se expresa en decibelios ponderados, conforme a la red de ponderación normalizada A [dB (A)].

De forma general, a falta de una indicación expresa en la normativa y si las características del sonómetro lo permiten, los parámetros que se miden en cada uno de los puntos son los siguientes:

- LAeq,T: Nivel de ruido equivalente en ponderación A-weighted. Corresponde al nivel promedio energético calculado para el período de medición. A efectos legales, este valor es el que se ha de comparar con los niveles máximos permitidos.
- Lmáx: Nivel de ruido máximo alcanzado durante el tiempo de medición.
- Lmín: Nivel de ruido mínimo alcanzado durante el tiempo de medición.

4.1.4.10 MEDICIÓN Y DETERMINACIÓN DE VIBRACIONES

Las vibraciones son percibidas, a través de los forjados y paredes de las viviendas.

En muchas ocasiones se perciben además los ruidos de bajas frecuencias que generan las vibraciones al excitar paredes, suelos y demás elementos constructivos. Su percepción por más de una vía refuerza el sentimiento de molestia por parte de los afectados. Los criterios



de vibraciones admisibles en las viviendas se hallan en las ordenanzas municipales. Las subestaciones y los centros de transformación situados en el interior de edificios habitados constituyen habitualmente una fuente importante de vibraciones. Solamente se realizarán medidas de vibraciones cuando se produzca una queja justificada, o en la puesta en marcha de una instalación si es requerido por algún requisito administrativo o es necesario comprobar que es inferior al máximo permitido en los ordenanzas municipales.

4.1.4.11 INFORMES DE LAS MEDIDAS

El resultado de las mediciones efectuadas se hace constar en un informe cuyos contenidos mínimos son los siguientes:

- a) Características instalación: código, nombre y término municipal.
- b) Antecedentes: petionario del informe, motivo u objeto de la medida.
- c) Entorno: características urbanísticas y topología de la zona de medida, descripción del entorno.
- d) Fuentes de ruido: localización, descripción general, característica de la fuente de ruido, características del ruido (continuo, intermitente, etc.).
- e) Receptores: localización, lugares de medida: exterior, interior, etc.
- f) Equipo de medida: sonómetro (marca, modelo, tipo), calibrador (marca, modelo), otros equipos.
- g) Datos de la medida: observaciones, incidencias, condiciones meteorológicas, etc.
- h) Conclusiones: actuaciones que se derivan de la evaluación, adopción o no de medidas correctoras.

4.1.4.12 ACTUACIONES EN CASO DE INCUMPLIMIENTO

En caso de incumplimiento de los límites establecidos por la Ordenanza Municipal correspondiente y por la legislación vigente aplicable se procede según se especifica en el procedimiento NEA-108 "Tratamiento de no conformidades, acciones correctoras y preventivas".

4.2 EMISIONES A LA ATMÓSFERA

4.2.1 CAMPOS ELÉCTRICOS

4.2.1.1 OBJETO

Es definir un método normalizado de medida de campos eléctricos (CE) y magnéticos (CM) en las Instalaciones de Eléctrica, para determinar el grado de perturbación que podría producir la emisión de un campo eléctrico y/o de inducción magnética en las mismas. De esta forma se pretende asegurar que la operación en las instalaciones propias no supere los límites



estipulados en la recomendación europea que son a frecuencia industrial de 50 Hz las siguientes:

- Campo eléctrico: 5 kV/m
- Campo magnético: 100 μ T

4.2.1.2 ÁMBITO DE APLICACIÓN

Este procedimiento es de aplicación a la medición de campos eléctricos y magnéticos existentes en las proximidades de líneas distribución, centros de transformación y red de baja tensión propias de Eléctrica.

4.2.1.3 DEFINICIONES

- **Intensidad de campo eléctrico:** Si se tiene un conjunto de cargas eléctricas y se coloca una carga de prueba q inmóvil en dicha región, esta carga experimentará una fuerza. Esta fuerza será proporcional a la carga q , de tal modo que el cociente F/q es invariable y representa una propiedad local del espacio que denominamos campo eléctrico E . El campo eléctrico se expresa en voltios por metro (V/m). La intensidad de campo eléctrico en un punto del espacio, es un vector definido por sus componentes espaciales a lo largo de tres ejes ortogonales. Para campos sinusoidales de régimen permanente, cada componente espacial es un número complejo o fasor (véase fasor). Los componentes espaciales (fasores) no son vectores. Las componentes espaciales tienen un ángulo en función del tiempo, mientras que los vectores tienen ángulos espaciales. Una representación de un campo eléctrico sinusoidal de régimen permanente, útil para caracterizar campos de líneas de transmisión de energía eléctrica, es un vector girando en un plano donde describe una elipse cuyo semieje mayor representa la magnitud y dirección del máximo valor del campo eléctrico, y cuyo semieje menor representa la magnitud y dirección del campo un cuarto de ciclo más tarde. El campo eléctrico en dirección perpendicular al plano de la elipse es cero. Véase campos de corriente alterna monofásicos y polifásicos.
- **Frecuencia:** Número de ciclos completos de variación sinusoidal por unidad de tiempo. Los componentes de los campos eléctrico y magnético tienen una frecuencia fundamental igual a la de las tensiones y corrientes de la línea de transmisión de energía eléctrica. Las frecuencias más utilizadas en líneas de corriente alterna son 60 (en América del Norte) y 50 Hz (en Europa).
- **Densidad de flujo magnético:** Los campos magnéticos son producidos por cargas en movimiento, es decir, por corrientes eléctricas (también se pueden producir campos magnéticos con imanes permanentes). El campo magnético en un punto dado del espacio puede ser definido como la fuerza que se ejerce sobre un elemento de corriente situado en dicho punto. Esta magnitud, conocida como campo magnético H , se expresa en amperios por metro (A/m). Normalmente, el campo magnético se representa por la inducción magnética o densidad de flujo magnético B . Ambos términos se relacionan a través de la permeabilidad magnética μ ($B = \mu H$). La permeabilidad magnética depende del medio. En el vacío se designa como μ_0 . En el aire y en la mayoría de los materiales no magnéticos (incluido el tejido humano) coincide esencialmente con μ_0 y tiene un valor de $4\pi \times 10^{-7}$ henrios/metro, por lo que la relación entre B y H es invariable y se puede usar indistintamente. Las propiedades vectoriales del campo producido por las corrientes de las



líneas de transmisión de energía eléctrica, son las mismas que las indicadas anteriormente para el campo eléctrico. La magnitud del campo se expresa en teslas ($1 \text{ T} = 10^4 \text{ G}$).

- **Valor máximo de la intensidad del campo eléctrico:** En un punto dado, módulo del semieje mayor de la elipse del campo eléctrico. Véase intensidad del campo eléctrico.
- **Valor máximo del campo magnético:** En un punto dado, módulo del semieje mayor de la elipse del campo magnético.

4.2.1.4 DESCRIPCIÓN

4.2.1.4.1 MEDICIÓN DE CAMPOS ELÉCTRICOS Y MAGNÉTICOS

Se realizan medidas del nivel de campo electromagnético en el ambiente exterior y/o interior siempre que:

- Se produzca una queja justificada.
- Por iniciativa de la Dirección Territorial de Distribución debido a que exista una variación de las características de los equipos instalados o cualquier otra modificación o ampliación de las instalaciones.

Se responden todas las reclamaciones, quejas y solicitudes de información intentando disminuir la preocupación del reclamante. Si la reclamación persiste o se prevé que puede adquirir trascendencia el responsable de zona o departamento implicado valorará la necesidad de realizar la medición.

En cualquier caso los responsables de la Instalación podrán solicitar la medición.

4.2.1.4.2 EQUIPOS DE MEDIDA

Se deberá utilizar, para efectuar las mediciones, equipos de medición numérica o de agujas que posean, como mínimo, los siguientes rangos de medición:

- Campo eléctrico: de 1 V a 50 kV
- Campo magnético: de $0,01 \mu\text{T}$ a $200 \mu\text{T}$.
- Ancho de banda de frecuencias: 50 Hz.

4.2.1.4.3 CALIBRACIÓN DE EQUIPOS

Se garantizará que los equipos estén correctamente calibrados conforme a la instrucción técnica NNA-108 "Seguimiento y calibración de los equipos de medición".

4.2.1.4.4 MÉTODO GENERAL DE MEDIDA

"Protocolo de medida de Campos Eléctricos y Magnéticos" que establece los criterios para la realización de campos magnéticos en las siguientes instalaciones:



- Líneas aéreas de transporte y distribución
- Subestaciones transformadoras
- Centros de transformación
- Red de baja tensión
- Viviendas

Y para las mediciones de campo eléctrico:

- Líneas aéreas de transporte y distribución

4.2.1.4.5 EVALUACIÓN DE LAS MEDIDAS

La evaluación de los niveles de campo eléctrico y magnético consiste en la comparación de los niveles medidos con los niveles máximos admisibles fijados en las recomendaciones existentes en el ámbito estatal y europeo.

La normativa de referencia es la siguiente:

Recomendación del Consejo de la U.E., de 12 de julio de 1999, relativa a la exposición del público en general a campos electromagnéticos de 0 a 300 Hz (199/519/CE).

Real Decreto 1066/2001, de 28 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento que establece condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a emisiones radioeléctricas. Dicha normativa, o modificaciones posteriores, es la que se utilizará para la comparación de los valores obtenidos.

4.2.1.4.6 ACTUACIONES RELATIVAS A LAS MEDIDAS DE CAMPO ELECTROMAGNÉTICO

En caso de incumplimiento de los límites establecidos por la normativa antes descrita se procederá según se especifica en el "Tratamiento de no conformidades, acciones correctoras y preventivas".

4.3 UTILIZACIÓN DEL AGUA Y VERTIDOS DE LÍQUIDOS

4.3.1 ENVASADO, ETIQUETADO, DEPÓSITO TEMPORAL, Y ALMACENAMIENTO DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS.

4.3.1.1 OBJETO

El objeto es definir los criterios a seguir respecto al envasado, etiquetado, depósito temporal y almacenamiento de los residuos peligrosos que se producen en las instalaciones de Eléctrica.



4.3.1.2 ÁMBITO DE APLICACIÓN

Es de aplicación a la gestión de los residuos peligrosos, producidos en las instalaciones de transporte, transformación y distribución eléctrica de Eléctrica.

4.3.1.3 DEFINICIONES

- **Centro productor de residuos:** Agrupación de varios centros generadores de residuos desde donde se realiza su gestión unificada.
- **Depósito temporal:** Lugar de almacenamiento de los residuos peligrosos, dentro del período permitido por la legislación.
- **Envasado:** Acción de introducir alguna sustancia en un envase para su conservación o transporte.
- **Envase:** Recipiente para contener cualquier sustancia.
- **Etiquetado:** Poner el rótulo o marcar el recipiente para valorar e identificar la sustancia que contiene.

4.3.1.4 DESCRIPCIÓN

4.3.1.4.1 UBICACIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS

Cada Centro Productor cuenta con un área, adecuada para el almacenamiento de residuos y señalizada con el cartel “Almacén de Residuos”. Se depositan los residuos recibidos, debidamente clasificados y etiquetados, en contenedores apropiados para cada tipo. La ubicación en cada caso corresponderá con las necesidades de operación y mantenimiento de cada proceso del negocio en los territorios.

4.3.1.4.2 ALMACENAMIENTO

Envasado

Cada Centro Productor de Residuos posee contenedores adecuados según la normativa, para todos los tipos de residuos que reciba. Los residuos peligrosos deben separarse adecuadamente evitando las mezclas y, en particular, aquellas que supongan un aumento de la peligrosidad de los mismos o puedan dificultar su gestión posterior.

Los envases y sus cierres están concebidos de forma que se evite cualquier pérdida de contenido y contruidos con materiales no susceptibles de ser atacados por el material que contienen ni de formar con éste combinaciones peligrosas. Asimismo, serán sólidos y resistentes a las manipulaciones necesarias sin que se produzcan fugas.



Los recipientes destinados a envasar residuos peligrosos en forma de gas comprimido, licuado o disuelto a presión, deben cumplir las obligaciones derivadas de una normativa específica (reglamento sobre aparatos a presión).

Se utilizarán aquellos envases que faciliten la introducción de los residuos y su posterior retirada, considerando los medios disponibles en cada “Centro Productor” y la cantidad de residuos producida.

Etiquetado

Todos los contenedores están debidamente etiquetados. La etiqueta se sitúa en una o más caras del embalaje, de forma que pueda leerse horizontalmente, cuando el embalaje esté colocado en la forma establecida.

La etiqueta debe estar firmemente fijada sobre el envase, anulándose, si fuera necesario, indicaciones o etiquetas anteriores de forma que no induzcan a error. Las dimensiones de la etiqueta nunca son inferiores a 100 x 100 mm utilizándose preferentemente los formatos normalizados DIN-A6 (105 x 148 mm) para contenedores inferiores a 500 l de capacidad y DIN-A5 (148 x 210 mm) para los de superior capacidad. Cada pictograma debe ocupar por lo menos una décima parte de la superficie de la etiqueta. La etiqueta se adhiere en toda su superficie al embalaje que contenga directamente la sustancia. En la etiqueta figura el código de identificación del residuo, el nombre y dirección del titular de los residuos, la fecha de envasado y la naturaleza de los riesgos que presentan los residuos.

Para indicar la naturaleza de los riesgos se usan en los envases los siguientes pictogramas:

- Explosivo
- Comburente
- Extremadamente inflamable
- Fácilmente inflamable
- Tóxico
- Muy tóxico
- Nocivo
- Irritante
- Corrosivo
- Peligroso para el medio ambiente
- Radioactivos

Condiciones de almacenamiento

El tiempo de almacenamiento de los residuos peligrosos no podrá exceder de seis meses, salvo autorización especial del órgano competente de la Comunidad Autónoma. En caso de ser necesarias, se establecerán zonas de almacenamiento diferenciadas e independientes dentro del almacén de residuos para cada tipo de residuo.



El almacenamiento se hará en forma que se evite generación de calor, explosiones, igniciones, formación de sustancias tóxicas o cualquier efecto que aumente su peligrosidad o dificulte su gestión. Por ello, se situarán lejos de los focos de ignición y fuentes de calor, a cubierto y los envases deberán estar perfectamente identificados para almacenar un único tipo de residuo o varios tipos de residuos compatibles.

Para su construcción o adaptación se utilizará la “Especificación para construcción o adecuación de almacenes para residuos peligrosos”, considerando en cada caso las condiciones pluviométricas y climatológicas, adaptando la cubierta y la superficie de cerramiento a cada ubicación. Se tendrán en cuenta las direcciones predominantes del viento, tanto para la disposición de la puerta de acceso como para la configuración de la cubierta y la ventilación.

Los residuos de disolventes deberán ser almacenados previendo la suficiente ventilación. Inspección del almacén de residuos peligrosos.

El responsable de almacén realiza inspecciones anuales de los almacenes de Residuos Peligrosos cumplimentando el registro destinado para tal fin “Inspección del almacén de Residuos Peligrosos”).

En caso de detectarse deficiencias se tomarán las medidas adecuadas para subsanarlas levantándose la correspondiente no conformidad de acuerdo al procedimiento

4.3.2 CONTROL DEL PCB CONTENIDO EN ACEITE DIELECTRICO USADO Y EQUIPOS DESECHADOS

4.3.2.1 OBJETO

Tiene por objeto describir el control que debe realizarse al aceite dieléctrico y equipos sospechosos de contener PCBs, destinados a la eliminación, con el fin de garantizar la correcta gestión de los mismos.

4.3.2.2 ÁMBITO DE APLICACIÓN

La presente instrucción técnica deberá ser aplicada al aceite dieléctrico usado y todos los aparatos que contengan aceites sospechosos de contener PCBs que sean propiedad de Eléctrica y cuyo destino sea la eliminación o descontaminación. En los casos en que el servicio este externalizado, el contratista debe cumplir con los procedimientos y requisitos establecidos en la presente Instrucción Técnica. Se excluyen de la presente Instrucción Técnica aquellos equipos que se hallan en funcionamiento en las diferentes instalaciones o bien almacenados en previsión de uso. El control del contenido en PCB de estos elementos, se realiza de acuerdo al “Procedimiento para la detección y gestión de los transformadores MT/BT contaminados con PCB” o sus modificaciones.



4.3.2.3 DEFINICIONES

- **PCB (Policlorobifenilos):** Líquido aislante formado por una mezcla de varios isómeros y compuestos homólogos, obtenidos por sustitución de, al menos, dos átomos de hidrógeno de la molécula de bifenilo por átomos de cloro.
- **Aparatos que contienen PCB:** Cualquier aparato que contenga o haya contenido PCB tales como, los transformadores, condensadores, etc., en una cantidad superior a 0,05 %.
- **Almacén de PCBs:** Lugar específicamente habilitado para el almacenamiento temporal de los aparatos que contienen PCB que van a ser eliminados.

4.3.2.4 DESCRIPCIÓN

4.3.2.4.1 CARACTERIZACIÓN DEL CONTENIDO DE PCB EN ACEITE USADO EN BIDONES O DEPÓSITOS

El aceite usado es analizado con objeto de determinar si contiene PCB en una cantidad superior al 0.05% en peso (50 ppm).

4.3.2.4.2 ANÁLISIS CON KIT QUÍMICO

Se efectúan las siguientes operaciones:

Antes de su incorporación a un depósito o la retirada por gestor del aceite dieléctrico almacenado se realiza un análisis mediante kit de cloro para determinar la posibilidad de que se halle contaminado con PCB.

Se toma una muestra del aceite y se aplica un KIT QUÍMICO siguiendo las instrucciones especificadas en el mismo. El Kit de ensayo utilizado para realizar este test es el modelo Clor-n-oil 50 de la marca Dexsil. Se extrae una pequeña muestra con una cantidad mínima de 5 ml. a través del dispositivo de vaciado, o en su defecto con una pipeta directamente del depósito.

Si el resultado del análisis es negativo, se puede determinar que el aceite no contiene PCB y que por tanto se puede incorporar al depósito y gestionarse como exento de PCB. En caso de detectarse la presencia de estos compuestos (resultado positivo) se toma una muestra que es enviada a analizar a un laboratorio homologado para determinar la cantidad precisa de esta sustancia. La muestra lleva adherida una etiqueta identificativa para su posterior identificación. La analítica de laboratorio se realizará sólo cuando se estime que la diferencia del coste como residuo sin PCB más el coste de la analítica, sea significativamente inferior al coste de la gestión de aceite contaminado con PCB.

Una vez confirmada su presencia mediante análisis cromatográfico el contenido del bidón será retirado lo antes posible por un gestor autorizado para PCBs. El kit utilizado es gestionado como residuo de laboratorio. Durante la extracción y realización del ensayo hay que cumplir las normas de seguridad relativas a la manipulación de estos compuestos, así



como evitar toda posible contaminación El resultado del análisis del Kit químico se anota en el registro RNNA-106/01 “Resultados analítica Kit químico.

Envío de las muestras posiblemente contaminadas al laboratorio

Establecerá una zona adecuada para el almacenamiento de las muestras y debe ponerse en contacto con el laboratorio designado para el análisis cromatográfico para que procedan a la recogida de las mismas.

4.3.2.4.3 CARACTERIZACIÓN DEL CONTENIDO DE PCB DE LOS EQUIPOS

Recepción de aparatos en Almacén Regulador

Los transformadores, condensadores y otros equipos especiales con aceite son transportados hasta el Almacén Regulador de cada zona o UOT. Una vez allí se determinará su utilidad (conservación, reparación o retirada) según Procedimiento Interno para el tratamiento de Transformadores de Distribución.

Los transformadores y demás equipos considerados como desechables son almacenados por separado y en condiciones adecuadas. El responsable de Logística se encarga de registrar los datos del aparato recepcionado, de acuerdo a su Ficha Inventario y/o a su placa de características, en la base de datos del Almacén.

Toma de muestras y envío al laboratorio

Antes de ser retirados por el gestor, se lleva a cabo una toma de muestras y un análisis de las mismas en un laboratorio homologado para verificar si existe o no contaminación por PCBs o PCTs.

Para ello el responsable del almacén se pondrá en contacto con el laboratorio de análisis designado para que procedan a la toma de muestras y a la recogida de las mismas.

4.4 GENERACION, ALMACENAMIENTO Y ELIMINACIÓN DE RESIDUOS

4.4.1 GESTIÓN DE LOS RESIDUOS

4.4.1.1 OBJETO

El objeto de la presente Instrucción es definir el modo de realizar la gestión de residuos peligrosos generados en las instalaciones de Eléctrica.

4.4.1.2 ÁMBITO DE APLICACIÓN

Esta Instrucción Técnica es de aplicación a todas las instalaciones de la empresa que generen y almacenen residuos peligrosos como:

- Líneas de transporte y distribución
- Centros de transformación



- Red de baja tensión

4.4.1.3 DEFINICIONES

- **Residuos peligrosos:** Son aquellos que figuran en la lista de residuos peligrosos, así como los recipientes y envases que los hayan contenido, los que hayan sido clasificados como peligrosos por la normativa comunitaria, los que pueda aprobar el Gobierno de conformidad con lo establecido en la Norma europea o en convenios internacionales de los que España sea parte y los definidos en las legislaciones Autonómicas correspondientes.
- **Productor del residuo:** Cualquier persona, física o jurídica cuya actividad, excluida la derivada del consumo doméstico, produzca residuos o que efectúe operaciones de tratamiento previo, de mezcla, o de otro tipo que ocasionen un cambio de naturaleza o de composición de estos residuos.
- **Gestor:** Persona o entidad, pública o privada, autorizada por la Administración, que realice cualquiera de las operaciones que componen la gestión de los residuos, sea o no el productor de los mismos.
- **Gestión:** 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.
- **Gestión interna:** Conjunto de operaciones de agrupamiento y almacenamiento temporal de los residuos realizada por los productores al objeto de facilitar las operaciones de gestión posterior.
- **Centro generador de residuos:** Cualquier instalación productora de residuos.
- **Centro productor de residuos:** Agrupación de varios centros generadores de residuos donde se realiza su gestión unificada.

4.4.1.4 DESCRIPCIÓN

4.4.1.4.1 TIPOS DE RESIDUOS

Los distintos residuos industriales peligrosos que se gestionan conforme a la presente Instrucción Técnica son:

- Aceite dieléctrico usado
- Disolventes usados
- Trapos, papel, serrines, filtros de aceite y otros absorbentes contaminados con disolventes, grasas y aceites.
- Tubos fluorescentes y lámparas de vapor de mercurio.
- Baterías usadas.



- Pilas usadas.
- Residuos con amianto.
- Envases contaminados (de pinturas, productos químicos, etc.)
- Residuos de laboratorio y productos químicos caducados.
- Transformadores y otros equipos usados que contengan aceite dieléctrico.
- Residuos con PCBs o PCTs y elementos que los contengan.
- Postes impregnados con creosotas.
- Residuos de instalaciones con SF6.
- Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos con componentes peligrosos (RAEEs).
- Toner usados.

4.4.1.4.2 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 hasta los puntos de recogida en los Centros Laborales o directamente al almacén 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 Productor 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 (Centro Productor) de cada zona o Isla. 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. Este sería el caso de los aceites con PCBs o de materiales con amianto, o cuando se superen las cantidades exentas para aplicación del ADR.

4.4.1.4.3 ALMACENAMIENTO



Los residuos permanecen 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 en dicho punto, salvo autorización del Órgano Competente de la CCAA en la que esté ubicado.

El almacén de residuos peligrosos debe estar separado del resto por un cerramiento y debidamente identificado. El suelo será estanco, impermeable, con pendiente y drenar a un lugar seguro.

4.4.1.4.4 REGISTRO

El responsable del almacén de residuos peligrosos actualiza 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).

Los campos mínimos que contendrán los registros son los siguientes:

- Registro de control de almacenamiento:

- Almacén: lugar donde se almacena el residuo.
- Residuo: tipología.
- Tipo de envase: bidones, cajas, palets, unidades.
- Cantidad: entrada, salida y almacenada.
- Fecha: de entrada, de salida y límite legal de almacenamiento.

- Registro de residuos entregados a gestor:

- Fecha: de retirada.
- Centro productor: instalación de donde procede el residuo.
- Residuo: tipología.
- Cantidad: Kg retirados.
- Nº justificante: número documento de control y seguimiento o justificante de entrega.
- Código: códigos de los residuos según C.E.R. y normativa estatal.
- Datos del gestor: Nombre, NIF, número de autorización y datos del vehículo y remolque (matrículas) que ha efectuado la retirada.



4.4.1.4.5 DECLARACIÓN ANUAL DE RESIDUOS PELIGROSOS

Con los datos actualizados de la gestión que se realiza de cada tipo de residuo se elabora cada año la Declaración Anual de Residuos Peligrosos que se entrega a la administración autónoma competente de acuerdo a lo establecido en cada instrucción territorial. Esta Declaración tiene que entregarse con carácter general antes del 1 de marzo en todas las CCAA, excepto en Cataluña que se dispone hasta el 31 de marzo.

4.4.1.4.6 ENVASADO DE RESIDUOS PELIGROSOS

Se tienen en cuenta las normas de seguridad incluidas en la Instrucción “Envasado, etiquetado y depósito temporal de Residuos Peligrosos”.

4.4.1.4.7 ETIQUETADO DE RESIDUOS PELIGROSOS

Los recipientes o envases que contengan residuos peligrosos están etiquetados de forma clara, legible e indeleble. Para ello se siguen las indicaciones de la Instrucción “Envasado, etiquetado y depósito temporal de Residuos Peligrosos”.

4.4.1.4.8 COMPROBACIONES PREVIAS A LA EXPEDICIÓN DE UN RP

La responsabilidad de expedición de residuos peligrosos desde el punto de almacenamiento hacia el gestor corresponde al responsable de almacén. Antes de la entrega de un residuo se comprueba que el gestor de residuos está en posesión de la autorización como gestor del residuo a gestionar y que se está en posesión del documento de aceptación del residuo por parte del gestor.

4.4.1.4.9 RETIRADA DE RESIDUOS POR 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.

- El responsable del Almacén sellará y firmará la casilla correspondiente al residuo de la Hoja de Control de Recogida de Aceites Usados “Documento A”.

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 poderse determinar el peso exacto de la partida, se exigirá el justificante de entrega sin el peso, indicando “pendiente de peso”, y se mandará copia del mismo junto con una copia del albarán al Responsable Territorial de Medio Ambiente, con posterioridad el gestor enviará los datos que se añadirán al justificante correspondiente.

Tipología y gestión particularizada de los residuos peligrosos

A continuación se indica la gestión interna de cada uno de los residuos peligrosos generados por las actividades asociadas al transporte y distribución de energía eléctrica:

Aceites usados

Los aceites usados recogidos en las Subestaciones Transformadoras se almacenan en tanques o bidones debidamente etiquetados según los casos. 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 MT/BT 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.

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.

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.

Residuos con amianto

La generación de estos residuos es muy esporádica ya que no se realizan nuevas instalaciones con este material. En los casos puntuales que puedan producirse residuos con amianto (desmantelamiento subestaciones o centros laborales) se llevará a cabo la retirada del mismo por una empresa especializada. Envases contaminados

Los envases contaminados que se generan son trasladados a un bidón o recipiente adecuado situado en los puntos de recogida. Desde allí se envía a los Almacenes de RPs de cada isla o zona para su posterior recogida por un gestor autorizado.

Residuos de laboratorio y productos químicos caducados

Puntualmente pueden generarse residuos de laboratorio. Estos productos son depositados en un contenedor apropiado, teniendo especial atención en no mezclar productos que puedan reaccionar entre sí. El contenedor, una vez lleno, es enviado al Almacén de RPs de la isla o zona para su almacenamiento y entrega a un gestor autorizado. El silicagel con cobalto desechado, que se genera en subestaciones, es depositado en un contenedor apropiado que será remitido al almacén de RPs de zona o Isla. 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 almacenarán por separado en contenedores adecuados (bidones plásticos homologados) y serán recogidos por un gestor externo autorizado.

Transformadores y otros equipos usados que contengan aceite dieléctrico

Los transformadores MT/BT, condensadores y otros equipos especiales con aceite son transportados hasta el Almacén Regulador de Aprovisionamientos que le corresponda. Una vez allí se determina su utilidad (conservación, reparación o retirada) según se indica en el procedimiento interno "Procedimiento para el tratamiento de transformadores de Distribución". 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.

Residuos con PCBs o PCTs y materiales que los contengan

Para la gestión de estos residuos se seguirá el procedimiento especificado en la Instrucción Técnica NNA-106 "Control de PCB contenido en el aceite dieléctrico usado y equipos desechados".

Postes de madera impregnados con sustancias peligrosas



Los postes de madera impregnados con creosotas que sean retirados son transportados hasta los almacenes de zona donde se almacenan para su posterior entrega a un gestor de residuos autorizado. En los casos en que se comercialice o entregue la madera en el mercado de segunda mano es necesario que el comprador o receptor de los postes firme una declaración de conocimiento de limitación de usos de la madera tratada

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 Regulador que les corresponda, para su retirada por el fabricante en el momento de realizar nuevos suministros. En cada territorio se tendrá en consideración el acuerdo y la forma establecida con los fabricantes. 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.

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. Desde allí se envían a los Almacenes de RPs de cada isla o 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.

4.5 ALMACENAMIENTO DE PRODUCTOS

4.5.1 OBJETO

El objeto de esta instrucción es el establecimiento de las condiciones para el almacenamiento y gestión de materias peligrosas, que deben cumplir las instalaciones de Distribución.

4.5.2 ÁMBITO DE APLICACIÓN

La presente instrucción técnica es de aplicación a todas las materias primas utilizadas en los procesos de Distribución y calificadas como peligrosas en la legislación vigente.

Podemos destacar las siguientes:

- Gases comprimidos, licuados y disueltos a presión envasados en botellas y botellones

(SF6, acetileno, dióxido de carbono, etc.).



- Productos petrolíferos (aceites y grasas).
- Productos químicos almacenados en sacos, garrafas, bidones y contenedores (disolventes, pinturas, etc.).

Quedan excluidos de la presente los transformadores que contienen aceite dieléctrico que son tratados particularmente en la “Almacenamiento y gestión de los transformadores de Distribución”.

4.5.3 DEFINICIONES

- **Sustancia peligrosa:** Es aquella cuya utilización, manipulación, o almacenamiento, presenta grave riesgo de afecciones y daños a personas, instalaciones o Medio Ambiente.
- **Almacenamiento:** es el conjunto de recipientes de todo tipo que contengan o puedan contener productos, equipos y/o materiales, incluyendo los tanques y depósitos propiamente dichos, sus cubetos de retención, las calles intermedias de circulación y separación, las tuberías de conexión y las zonas e instalaciones de carga, descarga y trasiego anejas.
- **Almacenamiento provisional:** almacenamiento no permanente de productos en espera de ser reexpedido, acondicionado u otro tipo de utilidad, y cuyo período de almacenamiento previsto no supere el mes con carácter general, o el tiempo establecido para la ejecución de la obra.
- **Zona de carga/descarga:** lugar donde se realizan las operaciones de carga y descarga, trasvase entre recipientes y tanques.
- **Cubeto:** recipiente capaz de retener los productos contenidos en los elementos de almacenamiento o transporte de estos en caso de vertido o fuga de los mismos.

4.5.4 DESCRIPCIÓN

4.5.4.1 ALMACENAMIENTO

Según las necesidades se establecerán los puntos de almacenamiento que deben ser cubiertos, limpios y bien iluminados, donde se conserven adecuadamente los materiales y que ha de constar de:

- 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.

4.5.4.2 GESTIÓN DE MATERIAS PRIMAS PELIGROSAS

Se ha establecido un inventario de sustancias peligrosas con el siguiente contenido:

- Denominación de la sustancia
- Clasificación de la sustancia: en función de la legislación se indica la peligrosidad, por ejemplo: líquido corrosivo, producto petrolífero, gas comprimido a presión, etc.
- Ubicación: lugar donde se almacena.
- Almacenamiento: forma y capacidad del almacenamiento, por ejemplo: botellas de 50 Kg., tanques de 3000 litros, etc.
- Unidad responsable: se identifica el servicio o departamento responsable del almacenamiento.
- Medidas de seguridad de carácter ambiental: se indican las medidas de seguridad de las que dispone el almacenamiento.

Para la gestión de estas sustancias se tendrá en cuenta:

Control sobre caducidad del producto.- La periodicidad de este control es coincidente con las inspecciones periódicas.

Prevención de fugas y derrames.- El personal encargado de su manipulación, en las operaciones de carga, descarga y transferencia, evitará que se produzcan derrames y fugas.

Atención a normas de seguridad.- Se tienen presentes 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.- Se requerirá del fabricante o proveedor, 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.

4.5.4.3 INSPECCIÓN DEL ALMACÉN DE MATERIAS PRIMAS PELIGROSAS

El Responsable del Almacén realiza 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/propuestas de mejora”

5. MEDIDAS DE SEGUIMIENTO Y CONTROL

Nos atendremos a lo estipulado en el R. D. 1955/2000, de 1 de diciembre y en concreto en el CAPÍTULO VI - Revisiones e inspecciones

Artículo 163. Revisiones periódicas.

1. Las instalaciones de producción, transporte y distribución de energía eléctrica, a que se hace referencia en el artículo 111, deberán ser revisadas, al menos cada tres años, por técnicos titulados, libremente designados por el titular de la instalación.

Los profesionales que las revisen estarán obligados a cumplimentar los boletines, en los que habrán de consignar y certificar expresamente los datos de los reconocimientos. En ellos, además, se especificará el cumplimiento de las condiciones reglamentarias o, alternativamente, la propuesta de las medidas correctoras necesarias.

2. Los citados boletines se mantendrán en poder del titular de las instalaciones, quien deberá enviar copia a la Administración competente.

Artículo 164. Inspecciones.

1. Para las instalaciones cuya autorización corresponde a la Administración General del Estado, las inspecciones sobre las condiciones técnicas, así como sobre el cumplimiento de los requisitos establecidos en las autorizaciones, serán realizadas por la Comisión Nacional de Energía, mediante un procedimiento reglado, con la colaboración de los servicios técnicos de



la Administración General del Estado o de las Comunidades Autónomas donde se ubiquen las mismas.

2. Si como consecuencia de las inspecciones realizadas se pusiera de manifiesto alguna irregularidad que precisase la intervención de las Administraciones Públicas, la Comisión Nacional de Energía, en su caso, o el órgano de la Administración competente de la Comunidad Autónoma, lo pondrá en su conocimiento del titular de la instalación junto con la propuesta de resolución y los plazos para subsanar dicha irregularidad.

3. La Comisión Nacional de Energía acordará, en su caso, la iniciación de los expedientes sancionadores y realizar la instrucción de los mismos, cuando sean de la competencia de la Administración General del Estado, e informar, cuando sea requerida para ello, aquellos expedientes sancionadores iniciados por las distintas Administraciones públicas.

6. Consideración de impactos ambientales

6.1 Recursos naturales que emplea o consume

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 emplea o consume el impacto puede catalogarse como poco significativo.

6.2 Hábitats y elementos naturales singulares

La zona en la que se va a realizar el proyecto no está dentro de espacios naturales protegidos, de la red natura 2000 ni de ZEPAS (zonas de especial protección de aves) incluidos en la legislación medio ambiental de la comunidad autónoma de Andalucía.

6.3 Impacto sobre la fauna y la vegetación

Como ya se apuntaba anteriormente en las características ambientales de la zona, la vegetación afectada se ha evitado las zonas boscosas presentes en la zona desarrollándose el proyecto en zonas donde predomina el monte y pastos 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, 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.

6.4 Equilibrios ecológicos

La línea eléctrica, tanto aérea como subterránea, así como la subestación de interconexión 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.

6.5 El 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.

7. DECRETO 178/2006, PROTECCIÓN AVIFAUNA

La finalidad de este anexo es hacer constar que el proyecto que nos ocupa, cumplirá con lo indicado en el 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, ya que se trata de una adecuación de una línea existente que requiere autorización administrativa.

7.1 DEFINICIONES:

- a) Aislador:** Elemento aislante que soporta los conductores de la línea eléctrica en los apoyos de la misma, impidiendo el flujo de energía desde los conductores hacia el apoyo, manteniendo éste sin tensión.
- b) Aislador suspendido:** Aislador que cuelga de la cruceta con su eje en posición vertical y el conductor se encuentra en la parte inferior del mismo.
- c) Apoyo o poste:** Estructura de metal, madera, hormigón, u otros, que soporta los conductores en un tendido eléctrico y que está formada por el fuste, el armado, los aisladores, los conductores y los hilos de tierra.
- d) Apoyo de alineación:** El que sirve solamente para sostener los conductores y cables de tierra, debiéndose ser empleado únicamente en alineaciones rectas.
- e) Apoyo de anclaje:** El que debe proporcionar puntos firmes esfuerzos longitudinales de carácter excepcional.
- f) Apoyo de ángulo:** El que se utiliza para sostener los conductores y cables de tierra en los vértices de los ángulos que forman dos alineaciones.
- g) Apoyo de fin de línea:** El que debe resistir en sentido longitudinal de la línea la sollicitación de todos los conductores y cables de tierra.



- h) Apoyo de derivación:** Apoyo especial que sirve para derivar de una línea una o más líneas.
- i) Bóveda:** Uno de los tipos posibles de disposición de la cruceta o armado en un apoyo. En él se mantienen las puntas de la cruceta a menor altura que la parte central.
- j) Cable de tierra aéreo:** Conductor puesto a tierra intencionalmente en uno o todos los apoyos de una línea aérea, que generalmente se encuentra instalado por encima de los conductores de una línea aérea.
- k) Conductor:** Parte de un cable que tiene la función específica de conducir la corriente.
- l) Cruceta o armado:** Soporte de un apoyo en que se fijan los aisladores.
- m) Instalaciones eléctricas aéreas de alta tensión:** Se definen como tendidos eléctricos de corriente alterna trifásica a 50 Hz de frecuencia, cuya tensión nominal eficaz entre fases sea igual o superior a 1 KV.
- n) Puente:** Unión de conductores que asegura la continuidad eléctrica de los mismos, con una resistencia mecánica reducida.
- o) Salvapájaros o señalizadores:** Dispositivo externo que se fija a los cables para su visualización a distancia por las aves.
- p) Seccionador:** Aparato mecánico de conexión que, por razones de seguridad, en posición abierta asegura una distancia de seccionamiento que satisface unas condiciones específicas de aislamiento.
- q) Transformador:** Máquina que transforma un sistema de corrientes en alta tensión en otro en baja tensión.
- r) Tresbolillo:** Uno de los tipos posibles de disposición del armado en un apoyo. En él, los aisladores se fijan alternativamente a uno y otro lado del apoyo.

2. Las definiciones anteriores o cualquier otra que sea necesaria para la aplicación de este Decreto se interpretarán de acuerdo con las definiciones propias de los reglamentos de seguridad aplicables a líneas aéreas y centros de transformación.

7.2 MEDIDAS ANTIELECTROCUCIÓN EN LA LÍNEA AÉREA.

La presente instalación eléctrica cumplirá las siguientes medidas antielectrocución:

- a) Se habrán de construir con cadenas de aisladores suspendidos, evitándose la disposición horizontal de los mismos, excepto los apoyos de ángulo, anclaje y fin de línea.
- b) Los apoyos con puentes, seccionadores, fusibles, transformadores, de derivación, anclaje, fin de línea, se diseñarán de forma que no se sobrepase con elementos en tensión las crucetas no auxiliares de los apoyos. En su defecto se procederá al aislamiento de los puentes de unión entre los elementos en tensión mediante dispositivos de probada eficacia.



- c) La unión entre los apoyos y los transformadores o seccionadores situados en tierra, que se encuentren dentro de casetillas de obra o valladas, se hará con cable seco o trenzado.
- d) Los apoyos de alineación cumplirán las siguientes distancias mínimas accesibles de seguridad: entre la zona de posada y elementos en tensión la distancia de seguridad será de 0,75 m, y entre conductores de 1,5 m. Esta distancia de seguridad podrá conseguirse aumentando la separación entre los elementos, o bien mediante el aislamiento efectivo y permanente de las zonas de tensión.
- e) En el caso de armado tresbolillo, la distancia entre la cruceta inferior y el conductor superior del mismo lado o del correspondiente puente flojo no será inferior a 1,5 metros, a menos que el conductor o el puente flojo esté aislado.
- f) Para crucetas o armados tipo bóveda, la distancia entre la cabeza del poste y el conductor central no será inferior a 0,88 metros, a menos que se aisle el conductor central 1 metro a cada lado del punto de enganche.
- g) Los apoyos de anclaje, ángulo, derivación, fin de línea y, en general, aquellos con cadena de aisladores horizontal, deberán tener una distancia mínima accesible de seguridad entre la zona de posada y los elementos en tensión de 1 metro. Esta distancia de seguridad podrá conseguirse aumentando la separación entre los elementos, o bien mediante el aislamiento de las zonas de tensión.
- h) Se instalarán preferentemente apoyos tipo tresbolillo frente a cualquier otro tipo de poste en líneas aéreas con conductor desnudo para tensiones nominales iguales o inferiores a 36 KV.

7.3 MEDIDAS ADOPTADAS

Para obtener la distancia mínima en apoyos con aisladores verticales, desde la zona de posada a elementos con tensión de 0'75m, se adoptara la solución de añadir a los aisladores una alargadera de 0'30m, que junto con la longitud de la cadena de aisladores que es de 0'50m, nos situara a una distancia total de 0'80m entre el punto de posada y el conductor.

Para obtener la distancia mínima en apoyos con aisladores horizontales desde la zona de posada (cruceta) a elementos con tensión (conductor) de 1m, se adoptara la solución de añadir a la cadena de aisladores una alargadera de 0'60m, que junto con la longitud de la cadena de aisladores que es de 0'50m, nos situara a una distancia total de 1'10m entre el punto de posada y el conductor. Añadiendo solo para el tipo de apoyos de amarre y de apoyos con ángulo, una cadena vertical, de las características anteriormente descritas, para soporte del puente de empalme entre los tramos del conductor amarrados a dicho apoyo por las cadenas horizontales, asegurándose de este modo la distancia mínima a mantener entre el conductor superior y la zona de posada de la cruceta inferior del mismo lado de 1'5m, que sumados a los 0'75m de la cadena vertical, supone una distancia total de 2'25m, motivo por el cual se adoptado una separación mínima entre las crucetas en el mismo lado de los apoyos de 2'40m.



7.4 MEDIDAS ANTICOLISIÓN EN LA LÍNEA AÉREA.

1. La instalación estará dotada de salvapájaros o señalizadores visuales en los cables de tierra aéreos o en los conductores, si aquellos no existen. En ausencia de cable de tierra aéreo se colocarán los salvapájaros en uno de los cables superiores.
2. Los salvapájaros o señalizadores consistirán en espirales, tiras formando aspas u otros sistemas de probada eficacia y mínimo impacto visual realizados con materiales opacos que estarán dispuestos cada 5 metros, cuando el cable de tierra sea único, o alternadamente cada 10 metros cuando sean dos los cables de tierra paralelos, o en su caso, en los conductores.
3. Se podrá prescindir de la colocación de salvapájaros en los cables de tierra cuando lleven adosado un cable de fibra óptica o similar, siempre que su sección no sea inferior a 20 mm.

7.5 MEDIDAS ADOPTADAS

No se precisan, al no afectar el trazado de la línea a ninguna zona de especial protección para las aves.

8. Valoración de los impactos

En este caso valoramos las intensidades de las acciones del proyecto sobre la calidad ambiental de la zona en la que se va a desarrollar mediante una matriz de impactos que nos permitirá valorar el impacto sobre el medio ambiente o cada fase del proyecto.

La valoración de impactos puede ser:

- **Nulo:** El impacto de la acción sobre el conjunto de los componentes del ambiente o el impacto sobre uno de los componentes del ambiente por el conjunto de las acciones no es relevante o su afección es inapreciable en el medio ambiente.
- **Bajo:** El impacto de la acción sobre el conjunto de los componentes del ambiente o el impacto sobre uno de los componentes del ambiente por el conjunto de las acciones es bajo no alterando de manera significativa en el medio ambiente.
- **Medio:** El impacto de la acción sobre el conjunto de los componentes del ambiente o el impacto sobre uno de los componentes del ambiente por el conjunto de las acciones producen una alteración moderada sobre el medio ambiente.
- **Alto:** El impacto de la acción sobre el conjunto de los componentes del ambiente o el impacto sobre uno de los componentes del ambiente por el conjunto de las acciones genera una alteración importante sobre el medio ambiente.
- **Muy Alto:** El impacto de la acción sobre el conjunto de los componentes del ambiente o el impacto sobre uno de los componentes del ambiente por el conjunto de las acciones es irrecuperable, alterando gravemente el medio ambiente.



Los impactos Medios y Altos son susceptibles de reducir su intensidad mediante la aplicación de medidas correctoras que disminuyan o neutralicen la magnitud del impacto causado sobre los distintos factores ambientales.

La identificación establecida, y matriz de impactos que se ha obtenido se muestran a continuación:

Identificación	Nulo	
	Bajo	
	Medio	
	Alto	
	Muy Alto	



		Físico							Biológico	
		Aire		Agua		Suelo				
Fases y actividades/Componentes ambientales		Calidad del aire	Niveles de ruido y vibraciones	Calidad de aguas superficiales	Calidad de aguas subterráneas	Cobertura vegetal	Calidad del suelo	Estabilidad de laderas y taludes	Fauna	Paisaje
Fase de construcción	Construcción de pistas y accesos									
	Desbroce y despeje de superficie									
	Excavaciones									
	Acopio de materiales									
	Hormigonado									
	Franja de seguridad									
	Ruidos propios de construcción									
Fase de explotación	Ruido de operación									
	Contaminación por vehículos									
	Contaminación por mantenimientos									

9. CONCLUSIÓN AL ANÁLISIS

Considerando suficiente lo expuesto, esperamos que este ANEXO de ANÁLISIS AMBIENTAL, al proyecto de “Diseño de una línea aérea de 132 kV con alimentación subterránea a una subestación 132/66 kV”, merezca la aprobación de la Administración, concediendo la correspondiente autorización administrativa.

Como resultado final de esta Estimación de Impacto Ambiental, la valoración del presente proyecto que se ubica entre los términos de El bosque y el Embalse del Guadalcacín, es que dicho proyecto es COMPATIBLE con las características ambientales de la zona, y manteniendo prácticamente inalterados todos los medios físicos y biológicos.

10. MEDIDAS ADOPTADAS

10.1 ANTIELECTROCUCIÓN

Para obtener la distancia mínima en apoyos con aisladores verticales, desde la zona de posada a elementos con tensión de 0’75m, se adoptara la solución de añadir a los aisladores



una alargadera de 0'30m, que junto con la longitud de la cadena de aisladores que es de 0'50m, nos situara a una distancia total de 0'80m entre el punto de posada y el conductor.

Para obtener la distancia mínima en apoyos con aisladores horizontales desde la zona de posada (cruceta) a elementos con tensión (conductor) de 1m, se adoptara la solución de añadir a la cadena de aisladores una alargadera de 0'60m, que junto con la longitud de la cadena de aisladores que es de 0'50m, nos situara a una distancia total de 1'10m entre el punto de posada y el conductor. Añadiendo solo para el tipo de apoyos de amarre y de apoyos con ángulo, una cadena vertical, de las características anteriormente descritas, para soporte del puente de empalme entre los tramos del conductor amarrados a dicho apoyo por las cadenas horizontales, asegurándose de este modo la distancia mínima a mantener entre el conductor superior y la zona de posada de la cruceta inferior del mismo lado de 1'5m, que sumados a los 0'75m de la cadena vertical, supone una distancia total de 2'25m, motivo por el cual se adoptado una separación mínima entre las crucetas en el mismo lado de los apoyos de 2'40m.

Esta fórmula de añadir una cadena vertical como sustentación del puente de empalme para los apoyos de amarre o ángulo, solo se hará efectiva en la cruceta superior para montajes en simple circuito, siendo para los montajes en doble circuito en las crucetas superiores y medias.

10.2 ANTICOLISIÓN

No se precisan, al no afectar el trazado de la línea a ninguna zona de especial protección para las aves. Además, para la protección de la posible intrusión de animales en el recinto de la subestación, se ha construido una valla perimetral lo suficientemente elevada y resistente para garantizar que los animales considerados grandes, no puedan entrar en el recinto.

10.3 PROTECCIÓN DE LA FAUNA

En todas las obras y maniobras a realizar para desarrollar el presente proyecto, se debe evitar dejar escombros, desperdicios u otro tipo de materiales no presentes en la zona antes del inicio de los trabajos; procediendo una vez concluidas a su traslado a un vertedero de los materiales de desecho. Se evitará la alteración de caminos, pistas o cercados actuales. Si se producen alteraciones en los mismos durante la fase de construcción de la subestación, deberán ser restaurados a su estado original.





ANEXO

Nº5:AVIFAUNA





1. OBJETO

En cumplimiento con el Decreto 178/2006 del BOJA, en su artículo 7, 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

La instalación de la que se trata en este proyecto, no está situada 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. CARACTERÍSTICAS DE LA LÍNEA

La línea aérea de alta tensión (L.A.M.T.) que se proyecta para será de con conductor en montaje tipo DOBLE CIRCUITO.

3.1. RESUMEN TIPOS DE APOYOS

Nº APOYOS CON CADENAS DE AISLADORES HORIZONTALES: **32**

Nº APOYOS CON CADENAS DE AISLADORES VERTICALES: **25**

4. MEDIDAS ADOPTADAS

4.1. ANTIELECTROCUCIÓN

Para obtener la distancia mínima en apoyos con aisladores verticales, desde la zona de posada a elementos con tensión de 0'75m, se adoptara la solución de añadir a los aisladores una alargadera de 0'30m, que junto con la longitud de la cadena de aisladores que es de 0'50m, nos situara a una distancia total de 0'80m entre el punto de posada y el conductor ó se podrá utilizar igualmente la utilización de cadenas del tipo poliméricas de esta misma longitud, mínima de 0'75m.

Para obtener la distancia mínima en apoyos con aisladores horizontales desde la zona de posada (cruceta) a elementos con tensión (conductor) de 1m, se adoptara la solución de añadir a la cadena de aisladores una alargadera de 0'60m, que junto con la longitud de la cadena de aisladores que es de 0'50m, nos situara a una distancia total de 1'10m entre el punto de posada y el conductor ó se podrá utilizar igualmente la utilización de cadenas del tipo poliméricas de esta misma longitud, mínima de 1m. Añadiendo solo para el tipo de apoyos de amarre y de apoyos con ángulo, una cadena vertical, de las características anteriormente descritas, para soporte del puente de empalme entre los tramos del conductor amarrados a dicho apoyo por las cadenas horizontales, asegurándose de este modo la distancia mínima a mantener entre el conductor superior y la zona de posada de la cruceta inferior del mismo lado de 1'5m, que sumados a los 0'75m de la cadena vertical, supone una



distancia total de 2'25m , motivo por el cual se adoptado una separación mínima entre las crucetas en el mismo lado de los apoyos de 2'40m.

4.2. ANTICOLISIÓN:

No se precisan, al no afectar el trazado de la línea a ninguna zona de especial protección para las aves.



ANEXO Nº6:ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD



I. MEMORIA

1. Memoria informativa

1.1. Objeto

El presente Estudio de Seguridad y Salud se redacta para dar cumplimiento a lo dispuesto en el Real Decreto 1627/97, de 24 de Octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, en el marco de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre de Prevención de Riesgos Laborales. 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:

- a) Que el presupuesto de ejecución material de la obra por contrata sea igual o superior a 75 millones de pesetas (450.759 €).
- b) Que la duración estimada de la obra sea superior a 30 días laborables, empleando en algún momento a más de 20 trabajadores.
- c) 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.
- d) 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 objeto del Estudio de Seguridad y Salud es servir de base para que el contratista elabore el correspondiente Plan de Seguridad y Salud en el trabajo, en el que se analizarán, estudiarán y complementarán las previsiones contenidas en este documento, en función de su propio sistema de ejecución de la obra.

1.2. Datos del proyecto y del estudio de seguridad y salud

Denominación del proyecto: Diseño de una línea aérea de 132 kV con alimentación subterránea a una subestación 132/66 kV.

La redacción de este Estudio de Seguridad y Salud recae sobre D. Jesús David Cazalla Barranco.

1.3. Datos de la obra

La obra se ejecutará previsiblemente en 8 meses. Se encuentra entre el municipio gaditano de El Bosque y el Embalse del Guadalcaén.

Se considera una punta máxima de 10 trabajadores, con una media de 6 trabajadores en obra.



2. Memoria descriptiva

2.1. Descripción técnica del proyecto

Construcción de una nueva línea eléctrica aérea de 132 kV, soterramiento de la misma para dar alimentación a una subestación de exterior tipo AIS, de 132/66 kV, constituida y diseñada en Interruptor y medio en la parte de 132 kV y en Doble barra en la parte de 66 kV.

Para el soterramiento de la línea, se requiere que sea el apoyo que da a la subestación del tipo Fin de Línea (apoyo 1).

Este apoyo irá equipado con los herrajes, terminales y autoválvulas para realizar la conversión aéreo-subterránea de un circuito, así como una cruceta auxiliar como medida de protección de la avifauna, para el montaje de las autoválvulas y terminales.

El nuevo tramo subterráneo tendrá una longitud de 20 m. Estará compuesta por un conductor SILEC (ENDESA) de 630 mm² de sección de Aluminio con aislamiento de polietileno. Este cable irá entubado por un tubo coarrugado.

Las unidades de obra más relevantes son:

- Ejecución de obra civil para cables subterráneos (zanjas, cámaras de empalme, etc.)
- Tendido de cables aislados y ejecución de empalmes y terminales.
- Excavación y hormigonado de nuevos apoyos.
- Armado e izado de los apoyos anteriores.
- Tendido, regulado y abatimiento de conductores aéreos y cable de tierra, y conexión de parte aérea con subterránea.
- Desmontaje de conductores y apoyos existentes.
- Montaje de la subestación eléctrica

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.

2.2. Emplazamiento

El proyecto se va a desarrollar en la comunidad autónoma de Andalucía, entre el municipio de El bosque y el embalse del Guadalquivir, con la subestación en el municipio de El Bosque, siendo una obra (subestación) enclavada en un solar destinado a la realización de este proyecto.

2.3. Climatología

Hay que definir la climatología porque, sin duda influye en el nivel de la prevención alcanzable. El clima de la zona donde se va a ejecutar la obra es templado y seco.



2.4. Accesos y vallado

Con antelación al inicio de los trabajos, se dispondrá el vallado perimetral provisional del recinto de obras, con 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. En dichos accesos, en sitio visible, se colocarán carteles prohibiendo la entrada a personas ajenas a la obra.

2.5. 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. Y su zona de influencia.

En caso de encontrarse con ellas, se deberán señalar 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.

2.6. Suministro de energía eléctrica

La acometida a las obras será 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.

Se prevé el uso de grupos electrógenos para el suministro de energía eléctrica a los distintos equipos y herramientas.

Maquinaria

- Retroexcavadora.
- Camión hormigonera.
- Grúa autopropulsada.
- Camión basculante.
- Dumpers.



Máquinas herramienta

- Máquina de soldadura.
- Radial.
- Grupos electrógenos.
- Cabrestantes.
- Máquina de compresión.
- Grupos electrógenos.
- Compresor.
- Martillo neumático.
- Radial.
- Taladro.

Herramientas manuales

- Herramientas de izado.
- Herramientas manuales.
- Cinceles y punzones.
- Martillos.
- Destornilladores.
- Llaves.

Medios auxiliares

- Plataforma elevadora autopropulsada.
- Escaleras manuales

2.7. 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 desde el exterior antes del comienzo de la obra.

2.8. 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.

3. 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, dentro de cada uno de los apartados correspondientes a la obra civil y al montaje, así como en una serie de equipos técnicos y medios auxiliares necesarios para llevar a cabo la ejecución de las mismas.



El siguiente análisis de riesgos sobre el proyecto de ejecución podrá ser variado por cada uno de los contratistas adjudicatarios en su propio plan de seguridad y salud, cuando sea adaptado a la tecnología de construcción que les sea de aplicación.

3.1. Obra civil

3.1.1. Acopio de materiales

RIESGOS

- Caídas de personas al mismo nivel.
- Caídas de personas a distinto nivel.
- Caídas de objetos.
- Maquinaria automotriz y vehículos.
- Atrapamientos.
- Contactos eléctricos.
- Sobreesfuerzos.
- Tráfico.

El orden y la limpieza hacen que el trabajo sea más seguro. De hecho, el desorden y la suciedad contribuyen a la propagación de incendios, dificultan la evacuación en casos de emergencia y provocan caídas y golpes.

• **A fin de evitar los posibles accidentes, se adoptarán las siguientes medidas preventivas:**

- La basura se colocará en lugar adecuado y será retirada frecuentemente.
- Se evitará la acumulación en el suelo de desperdicios como virutas, papeles, etc.
- Las manchas de aceite, pintura, grasa, etc., se limpiarán inmediatamente.
- Las herramientas y equipos de trabajo se devolverán a su lugar una vez finalizado su empleo.
- Las herramientas punzantes o cortantes se protegerán para evitar daños.
- Cada producto se almacenará en el lugar adecuado. No se almacenará nada en: pasillos, vías de evacuación, delante de salidas de emergencia, extintores, etc.
- La altura de los apilamientos será la adecuada al peso que puedan soportar las cajas, palés, etc.
- Se observarán estrictamente las normas de almacenamiento de todas aquellas sustancias nocivas, corrosivas, explosivas, etc.
- Las botellas y bombonas de combustible se almacenarán en posición vertical y sujetas a la pared mediante bridas que impidan una caída accidental.

• **En lo referente al acopio de materiales se tomarán las siguientes medidas:**

El capataz encargado de la obra, buscará un lugar adecuado para el acopio de materiales a pie de obra, velando porque se cumplan las medidas de seguridad durante el proceso de descarga de materiales y que no se interrumpa la circulación, tanto durante la descarga como que los materiales almacenados no creen ningún peligro tanto para la circulación de vehículos, animales o personas como para las instalaciones, especialmente líneas eléctricas.

Para la elección del lugar de acopio, se ha de tener en cuenta los siguientes preceptos:

- Se procurará buscar un lugar de fácil acceso, de tal manera que la entrada y salida de camiones y demás vehículos no cree situaciones de riesgo en las vías de acceso y que todas las maniobras se hagan de acuerdo con el código de circulación.



- Se comprobará minuciosamente que en la zona de descarga o almacenamiento no hay líneas eléctricas que puedan en un momento dado presentar un peligro, especialmente a personas ajenas, camioneros, etc.
- Los postes se depositarán correctamente, para poder realizar las acciones de estrobo y desestrobo.
- Las bobinas se depositarán verticalmente, preferentemente en zona llana, y en cualquier caso, se calzarán adecuadamente para asegurar su estabilidad.

• **Se emplearán los siguientes equipos de protección individual:**

- Ropa de trabajo y traje de agua si es necesario.
- Botas de seguridad.
- Guantes de protección.
- Casco de seguridad.

3.1.1.1. Cimentación

RIESGOS ASOCIADOS A ESTA ACTIVIDAD

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
- Sobre esfuerzos
- Exposición al ruido

MEDIDAS DE PREVENCIÓN A APLICAR

- Antes del inicio de los trabajos, se inspeccionará el tajo 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 dos metros, se protegerán los bordes de coronación mediante una barandilla reglamentaria situada a una distancia mínima de dos metros del borde.
- 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 voltios. Los portátiles estarán provistos de rejilla protectora, carcasa y mango aislados eléctricamente.
- Los pozos de cimentación y zanjas estarán correctamente señalizados para evitar caídas a distinto nivel del personal de obra.
- La circulación de vehículos se realizará a un máximo de aproximación al borde de cimentación no superior a los 4 metros.
- 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.

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL A UTILIZAR

Los equipos de protección a utilizar serán:

- Casco de seguridad contra choques e impactos
- Gafas de protección contra proyección de partículas
- Mascarillas de protección para ambientes pulvígenos
- Guantes de trabajo
- Guantes de goma para el trabajo con el hormigón
- Botas de seguridad con puntera y plantilla reforzada en acero
- Protecciones auditivas para el personal cuya exposición al ruido supere los niveles permitidos
- Ropa de protección para el mal tiempo

3.1.2. Estructura

Los encofrados podrán ser de madera o metálicos, pero los apeos deberán hacerse con puntales metálicos, prohibiéndose los puntales de madera.

Las operaciones a realizar en esta fase de obra son:

- Hormigonado
- Encofrado y desencofrado
- Forjados



3.1.2.1. Hormigonado

RIESGOS ASOCIADOS A ESTA ACTIVIDAD

Los riesgos asociados a esta actividad serán:

- Caídas al mismo nivel
- Caídas a distinto nivel
- Caída de objetos en manipulación
- Pisadas sobre objetos
- Golpes por objetos o herramientas
- Proyección de fragmentos o partículas
- Atrapamiento por vuelco de maquinaria o vehículos
- Sobreesfuerzos
- Exposición a sustancias nocivas (dermatosis, por contacto de la piel con el cemento, neuroconiosis, por la aspiración del polvo del cemento)

MEDIDAS DE PREVENCIÓN A APLICAR

Vertido directo mediante canaleta

- Previamente al inicio del vertido del hormigón, directamente con el camión hormigonero, se instalarán fuertes topes en el lugar donde haya de quedar situado el camión, siendo conveniente no estacionarlo en rampas con pendientes fuertes, para evitar posibles vuelcos.
- Se prohíbe acercar las ruedas de los camiones hormigonero a menos de 2 metros de la excavación.
- Los operarios nunca se situarán detrás de los vehículos en maniobras de marcha atrás que, por otra parte, siempre deberán ser dirigidos desde fuera del vehículo. Tampoco se situarán en el lugar del hormigonado hasta que el camión hormigonero no esté situado en posición de vertido.
- Se instalarán barandillas sólidas al frente de la excavación protegiendo el tajo de vía de la canaleta.
- Se colocarán escaleras reglamentarias para facilitar el paso seguro del personal encargado de montar, desmontar y realizar trabajos con la canaleta de vertido de hormigón por taludes hasta los cimientos.
- La maniobra de vertido será dirigida por el encargado que vigilará que no se realicen maniobras inseguras.

Vertido mediante bombeo

El equipo encargado del manejo de la bomba de hormigón estará especializado la realización de este tipo de trabajos.

- La tubería de la bomba de hormigonado se apoyará sobre caballetes, arriostrándose las partes susceptibles de movimiento.



- La manguera terminal de vertido será gobernada por un mínimo de dos operarios, para evitar caídas por movimiento incontrolado de la misma.
- Antes del inicio del hormigonado de una determinada superficie, se establecerá un camino de tabloncillo seguro sobre los que se apoyarán los operarios que gobiernen el vertido de la manguera.
- El manejo del montaje y desmontaje de la tubería de la bomba de hormigonado será dirigido por un operario especialista para evitar accidentes por tapones y sobrepresiones internas.
- Antes de iniciar el bombeo del hormigón se deberá preparar el conducto enviando masas de mortero de dosificación, para evitar los atoramientos o tapones.
- Se prohíbe introducir o accionar la pelota de limpieza sin antes instalar la redcilla de recogida a la salida de la manguera tras el recorrido total del circuito. En caso de detención de la bola, se paralizará la máquina, se reducirá la presión a cero y se desmontará a continuación la tubería.
- Los operarios amarrarán la manguera terminal antes de iniciar el paso de la pelota de limpieza a elementos sólidos, apartándose del lugar antes de iniciarse el proceso.
- Se revisarán periódicamente los circuitos de aceite de la bomba de hormigón, cumpliendo el libro de mantenimiento, que será presentado a requerimiento de la dirección.
- Todas las máquinas accionadas eléctricamente tendrán sus correspondientes protecciones a tierra e interruptores diferenciales, manteniendo en buen estado todas las conexiones y cables.
- Las conexiones eléctricas se efectuarán mediante mecanismos estancos de intemperie.
- Siempre que resulte obligado realizar trabajos simultáneos en diferentes niveles superpuestos, se protegerá a los operarios situados en niveles inferiores, con redes viseras o elementos de protección equivalentes que impidan que estos sean alcanzados por objetos que puedan caer desde niveles superiores.
- 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 piso no esté o resulte peligroso.

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL A UTILIZAR

Los equipos de protección a utilizar serán:

- Casco de seguridad contra choques e impactos
- Gafas de protección contra la proyección de partículas
- Guantes de trabajo
- Botas de goma para el trabajo con el hormigón
- Botas de seguridad con puntera y plantilla reforzada en acero
- Ropa de protección para el mal tiempo

3.1.2.2. Encofrado y desencofrado (Riesgos asociados a esta)

ACTIVIDAD 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
- Proyección de fragmentos o partículas
- Derrumbamientos

MEDIDAS DE PREVENCIÓN A APLICAR

- 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.

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL A UTILIZAR

Los equipos de protección a utilizar serán:

- Casco de seguridad contra choques e impactos
- Gafas de protección contra ambientes pulvígenos
- Gafas de protección contra impactos
- Guantes de trabajo
- Botas de seguridad con puntera, plantilla reforzada en acero y suela antideslizante



- Ropa de trabajo para el mal tiempo

3.1.2.3. Forjados. Cubiertas

RIESGOS ASOCIADOS A ESTA ACTIVIDAD

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
- Pisadas sobre objetos
- Golpes/Cortes por objetos o herramientas
- Proyección de fragmentos o partículas
- Atrapamiento por vuelco de maquinaria o vehículos
- Sobreesfuerzos

MEDIDAS DE PREVENCIÓN A APLICAR

- El izado de vigas prefabricadas se realizará suspendiendo la carga de dos puntos de forma que la carga permanezca estable.
- Los huecos del forjado permanecerán siempre tapados para evitar el riesgo de caídas a distinto nivel.
- El acceso a la cubierta y plantas superiores, si existiesen, se llevará a cabo mediante el uso de escaleras de mano, que sobresaldrán un metro por encima del punto de apoyo de las mismas.
- Las herramientas de mano se llevarán enganchadas con mosquetón o se empleará una bolsa portaherramientas.
- Todos los huecos de la planta se encontrarán protegidos con barandillas de material rígido, de una altura mínima de 90 centímetros y dispondrán de protecciones que impidan el paso o deslizamiento por debajo de las mismas o la caída de objetos a diferentes niveles.
- Para trabajos en cubierta con riesgo de caídas a distinto nivel se deberá proteger todo el perímetro de la misma mediante el uso de barandillas rígidas con listón superior a 90 cm, intermedio a 45cm y rodapiés a 15 cm, y se instalará una línea de vida a la que permanecerán permanentemente amarrados los operarios mediante el uso del arnés de seguridad.
- Se prohíbe concentrar cargas de hormigón en un sólo punto. El vertido se realizará extendiendo el hormigón con suavidad, sin descargas bruscas y en superficies amplias.

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL A UTILIZAR

Los equipos de protección a utilizar serán:

- Casco de seguridad contra choques e impactos



- Gafas de protección contra la proyección de partículas
- Guantes de trabajo
- Botas de seguridad con puntera, plantilla reforzada en acero y suela antideslizante
- Arnés de sujeción, cuerdas o cables salvavidas
- Cinturón de banda ancha de cuero para protección de las vértebras dorsolumbares
- Ropa de protección para el mal tiempo

3.1.3. Cerramientos

Los trabajos comprendidos en esta fase de obra consisten en la realización de muros de ladrillos, o bloques prefabricados y cercados con mallas.

RIESGOS ASOCIADOS A ESTA ACTIVIDAD

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
- Pisadas sobre objetos
- Golpes/Cortes por objetos o herramientas
- Proyección de fragmentos o partículas
- Sobreesfuerzos

MEDIDAS DE PREVENCIÓN A APLICAR

- Se delimitarán las zonas de trabajo, evitando en lo posible la circulación de personal por la vertical de los trabajos.
- Se mantendrán en perfecto estado de orden y limpieza los tajos de obra, y las superficies de tránsito estarán libres en todo momento de obstáculos, ya sean materiales, herramientas o escombros, que puedan ocasionar riesgos de caídas al mismo nivel.
- La iluminación será la adecuada al tajo en el que se estén realizando los trabajos. Si es necesaria luz artificial, se dispondrá de equipos autónomos, con rejilla de protección, y tensiones de utilización de seguridad de 24 voltios.
- En zonas con riesgo de caídas a distinto nivel, se instalarán las señales correspondientes a la indicación de dicho riesgo y de uso obligatorio de arnés de seguridad.
- Se prohibirá balancear las cargas suspendidas.
- Se prohibirá trabajar junto a los paramentos recién levantados antes de transcurridas 48 horas. Si existiese un régimen de vientos fuertes incidiendo sobre ellos, podrían llegar a derrumbarse.



- Se deberá tener especial atención en los trabajos con ladrillería, debido a la proyección de fragmentos de los mismos al ser partidos con la paleta. Para ello será obligatorio el uso de gafas de protección contra proyección de partículas.
- Se seguirán en todo momento las medidas preventivas de seguridad en cuanto a la utilización de andamios, independientemente del tipo que se vaya a utilizar.
- Si se instalasen andamios cercanos a líneas eléctricas, se mantendrán en todo momento las distancias de seguridad estipuladas en el R.D. 614 sobre disposiciones mínimas para la protección y la salud de los trabajadores frente al riesgo eléctrico, y que serán tres metros para líneas con tensiones de hasta 66 kV, y cinco metros para líneas con tensiones superiores a los 66 kV. De no ser posible establecer estas distancias, se interpondrán obstáculos aislantes entre los andamios y las líneas. Estas pantallas serán instaladas por personal cualificado, según criterios de dicho Real Decreto.

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL A UTILIZAR

Los equipos de protección a utilizar serán:

- Casco de seguridad contra choques e impactos
- Gafas de protección contra la proyección de fragmentos o partículas
- Guantes de trabajo
- Arnés de seguridad de sujeción
- Cinturón de banda ancha de cuero para protección de las vértebras dorso-lumbares
- Ropa de protección para el mal tiempo

3.1.4. Trabajos de Albañilería

RIESGOS ASOCIADOS A ESTA ACTIVIDAD

- 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
- Sobreesfuerzos
- Contactos eléctricos
- Proyección de fragmentos o partículas

MEDIDAS DE PREVENCIÓN A APLICAR

- Se comprobará al comienzo de cada jornada el estado de los medios auxiliares que van a ser utilizados en los trabajos.



- Los tajos estarán convenientemente iluminados. De no ser así se instalarán fuentes de luz adicionales, con rejilla de protección y una tensión de alimentación de 24 voltios.
- Las operaciones de carga, descarga y traslado, ya sea manual, como 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.

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL A UTILIZAR

Los equipos de protección a utilizar serán:

- Casco de seguridad contra choques e impactos
- Gafas de protección contra ambientes pulvígenos
- Gafas de protección contra la proyección de fragmento o partículas
- Guantes de trabajo
- Botas de seguridad con puntera, plantilla reforzada en acero y suela antideslizante
- Bolsa portaherramientas
- Ropa de trapajo para el mal tiempo

3.1.5. Trabajos de pintura

RIESGOS ASOCIADOS A ESTA ACTIVIDAD

Los riesgos asociados a esta actividad serán:

- Caídas al mismo nivel
- Caídas a distinto nivel
- Caída de objetos en manipulación
- Golpes por objetos o herramientas
- Proyección de fragmentos o partículas
- Exposición a sustancias nocivas
- Incendios

MEDIDAS DE PREVENCIÓN A APLICAR



- 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.

Identificación de sustancias peligrosas

- Un punto clave para una actuación preventiva ante las sustancias químicas radica en que toda persona que pueda verse expuesta a la acción peligrosa de éstas, tenga la información precisa que le permita conocer su peligrosidad y las precauciones a seguir en su manejo.
- Dos son las formas fundamentales que facilitan disponer de dicha información: el correcto etiquetado de los envases contenedores de sustancias peligrosas y las fichas informativas de los productos.
- La **etiqueta** de una sustancia peligrosa debe contener la siguiente información:
 - Nombre de la sustancia y su concentración
 - Nombre de quien fabrique, envase, comercialice e importe la sustancia y la dirección
 - Pictograma normalizado de indicación de peligro
 - Riesgos específicos de la sustancia (Frases R)
 - Consejos de prudencia (Frases S)
- Los pictogramas que deberán de figurar serán los siguientes :



PICTOGRAMAS E INDICACIONES DE PELIGRO		
E 	F 	F+ 
O 	T 	T+ 
C 	Xn 	Xi 

- E: explosivo
 - O: comburente
 - C: corrosivo
 - F: fácilmente inflamable
 - T: tóxico
 - Xn: nocivo
 - F+: extremadamente inflamable
 - T+: muy tóxico
 - Xi: irritante
- Las fichas informativas de productos constituyen un sistema complementario al etiquetado, muy útil para los usuarios profesionales, que les permite tomar medidas para una correcta prevención del riesgo en el lugar de trabajo. Se trata generalmente de fichas técnicas que en función de su destino recogerán los diferentes aspectos preventivos y/o de emergencia a tener en cuenta.
 - La información que deberán contener las fichas es la siguiente:
 - Composición/Información sobre los componentes
 - Identificación de peligros
 - Primeros auxilios
 - Medidas de lucha contra incendios
 - Medidas a tomar en caso de vertido accidental



- Manipulación y almacenamiento
- Controles de exposición / Protección personal
- Propiedades físicas y químicas
- Estabilidad y reactividad
- Información toxicológica
- Informaciones ecológicas
- Consideraciones sobre la eliminación
- Información relativa al transporte

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL A UTILIZAR

Los equipos de protección a utilizar serán:

- Casco de seguridad contra choques e impactos
- Gafas panorámicas estancas y antiempañantes
- Equipos filtrantes de partículas
- Guantes contra las agresiones químicas
- Botas de seguridad con puntera, plantilla reforzada en acero y suela antideslizante
- Ropa de protección contra agresiones químicas
- Ropa de trapajo para el mal tiempo

3.1.6. Acabados

Los trabajos que comprenden esta fase de obra son aquellos relacionados con trabajos de carpintería, cerrajería, vidriería, solados, alicatados y revestimientos.

RIESGOS ASOCIADOS A ESTA ACTIVIDAD

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

MEDIDAS DE PREVENCIÓN A APLICAR

- Se comprobará el estado de los medios auxiliares empleados en los trabajos al comienzo de cada jornada.



- 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.
- Los tajos estarán convenientemente iluminados. De no ser así se instalarán fuentes de luz adicionales, con rejilla de protección y una tensión de alimentación de 24 voltios.
- Las operaciones de carga, descarga y traslado, ya sea manual, como 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.
- 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 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.

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL A UTILIZAR

Los equipos de protección a utilizar serán:

- Casco de seguridad contra choques e impactos
- Gafas de protección contra ambientes pulvígenos
- Gafas contra la proyección de fragmento o partículas
- Guantes de trabajo
- Guantes contra las agresiones de pinchazos o cortes para los cristaleros
- Guantes de goma contra las agresiones del cemento para los soladores
- Botas de seguridad con puntera, plantilla reforzada en acero y suela antideslizante
- Ropa de trapajo para el mal tiempo
- Bolsa portaherramientas para el material

3.1.7. Fontanería

RIESGOS ASOCIADOS A ESTA ACTIVIDAD

Los riesgos asociados a esta actividad serán:



- Caídas al mismo nivel
- Caídas a distinto nivel
- Caída de objetos en manipulación
- Pisadas sobre objetos
- Sobreesfuerzos
- Golpes/Cortes con objetos o herramientas
- Choque contra objetos móviles/inmóviles
- Atrapamiento por vuelco de máquinas o vehículos
- Exposición a ambientes pulvígenos

MEDIDAS DE PREVENCIÓN A APLICAR

- 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 escombros 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.

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL A UTILIZAR

Los equipos de protección a utilizar serán:

- Casco de seguridad contra choques e impactos
- Guantes de trabajo
- Gafas de protección contra ambientes pulvígenos
- Mascarilla de protección contra ambientes pulvígenos
- Cinturón de banda ancha de cuero para las vértebras dorsolumbares
- Botas de seguridad con puntera, plantilla reforzada en acero y suela antideslizante
- Ropa de protección para el mal tiempo



3.2. Montaje

3.2.1. Identificación de unidades constructivas

MONTAJE Y/O DESMONTAJE DE LOS COMPONENTES MECÁNICOS Y ELÉCTRICOS

- Estructura metálica soporte
- Transformador de potencia
- Transformadores de tensión e intensidad
- Interruptores
- Seccionadores
- Bandejas y canalizaciones de cables
- Tubos de embarrado y conexiones
- Baterías de condensadores

MONTAJE Y/O DESMONTAJE DE LOS COMPONENTES DE CONTROL

- Armarios de control
- Relés y protecciones
- Relés de protecciones
- Equipos de comunicaciones
- Equipos de control integrado
- Remotas de control

CABLEADOS DE INTERCONEXIÓN

- Tendido y conexionado

MONTAJE Y/O DESMONTAJE DE LOS SERVICIOS AUXILIARES DE C.A Y C.C.

- Transformador de potencia
- Equipos rectificadores de baterías
- Cuadros de distribución

MONTAJE Y/O DESMONTAJE DE INSTALACIONES COMPLEMENTARIAS

- Alumbrado
- Protección contra incendios
- Climatización del edificio de control



3.2.2. Descripción de trabajos

3.2.2.1. Manipulación manual de cargas

Se entenderá por manipulación manual de cargas cualquier operación de transporte o sujeción de una carga por parte de uno o varios trabajadores, así como el levantamiento, colocación, empuje, tracción o desplazamiento, que por sus características o condiciones ergonómicas inadecuadas entrañe riesgos, particularmente dorso-lumbares, para los trabajadores.

RIESGOS ASOCIADOS A ESTA ACTIVIDAD

Los riesgos asociados a esta actividad serán:

- Caídas al mismo nivel
- Caídas a distinto nivel
- Caída de objetos en manipulación
- Pisadas sobre objetos
- Choque contra objetos inmóviles
- Golpes por objetos o herramientas
- Sobreesfuerzos

MEDIDAS DE PREVENCIÓN A APLICAR

- 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 imprescindible para levantar una carga correctamente, sólo se consigue si los pies están bien situados:
 - Enmarcando la carga
 - Ligeramente separados
 - Ligeramente adelantado uno respecto del otro.
- Técnica segura del levantamiento:
 - 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.
- Coger mal un objeto para levantarlo provoca una contracción involuntaria de los músculos de todo el cuerpo. 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.



- Para mantener la espalda recta se deberán “meter” ligeramente los riñones y bajar ligeramente la cabeza.
- El arquear la espalda entraña riesgo de lesión en la columna, aunque la carga no sea demasiado pesada.
- 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.
- En el caso de levantamiento de un bidón o una caja, se conservará un pie separado hacia atrás, con el fin de poderse retirar rápidamente en caso de que la carga bascule.
- Para transportar una carga, ésta deberá mantenerse pegada al cuerpo, sujetándola con los brazos extendidos, no flexionados.
- Este proceder evitará la fatiga inútil que resulta de contraer los músculos del brazo, que obliga a los bíceps a realizar un esfuerzo de quince veces el peso que se levanta.
- 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.
- En todas estas operaciones deberá ponerse cuidado en mantener la espalda recta.
- Para levantar una caja grande del suelo, el empuje deberá aplicarse perpendicularmente a la diagonal mayor, para que la caja pivote sobre su arista.
- Si el ángulo formado por la dirección de empuje y la diagonal es mayor de 90º, lo que conseguimos hacer será deslizar a la caja hacia adelante, pero nunca levantarla.
- 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.



- Las operaciones de manutención en las que intervengan varias personas deberán excluir la improvisación, ya que una falsa maniobra de uno de los porteadores puede lesionar a varios.
- Deberá designarse un jefe de equipo que dirigirá el trabajo y que deberá atender a:
 - La evaluación del peso de la carga a levantar para determinar el número de porteadores precisos, el sentido del desplazamiento, el recorrido a cubrir y las dificultades que puedan surgir.
 - La determinación de las fases y movimientos de que se compondrá la maniobra.
 - La explicación a los porteadores de los detalles de la operación (ademanes a realizar, posición de los pies, posición de las manos, agarre, hombro a cargar, cómo pasar bajo la carga, etc.)
 - La situación de los porteadores en la posición de trabajo correcta, reparto de la carga entre las personas según su talla (los más bajos delante en el sentido de la marcha).
- El transporte se deberá efectuar:
 - Estando el porteador de detrás ligeramente desplazado con respecto al de delante, para facilitar la visibilidad de aquél.
 - A contrapié, (con el paso desfasado), para evitar las sacudidas de la carga.
 - Asegurando el mando de la maniobra; será una sola persona (el jefe de la operación), quién dé las órdenes preparatorias, de elevación y transporte.
- Se mantendrán libres de obstáculos y paquetes los espacios en los que se realiza la toma de cargas.
- 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.
- Será conveniente preparar la carga antes de cogerla.
- Se aspirará en el momento de iniciar el esfuerzo.
- El suelo se mantendrá limpio para evitar el riesgo de caídas al mismo nivel.
- 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.

EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL A UTILIZAR

Los equipos de protección a utilizar serán:

- Casco de seguridad contra choques e impactos
- 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 trabajo para el mal tiempo

3.2.2.2. Izado de cargas

RIESGOS ASOCIADOS A ESTA ACTIVIDAD



Los riesgos asociados a esta actividad serán:

- Caída de objetos en manipulación
- Golpes/Cortes por objetos y herramientas
- Atrapamientos por o entre objetos
- Sobreesfuerzos

MEDIDAS DE PREVENCIÓN A APLICAR

- Los accesorios de elevación resistirán los esfuerzos a que estén sometidos durante el funcionamiento y, si procede, cuando no funcionen, en las condiciones de instalación y explotación previstas por el fabricante y en todas las configuraciones correspondientes, teniendo en cuenta, en su caso, los efectos producidos por los factores atmosféricos y los esfuerzos a que los sometan las personas. Este requisito deberá cumplirse igualmente durante el transporte, montaje y desmontaje.
- Los accesorios de elevación se diseñarán y fabricarán de forma que se eviten los fallos debidos a la fatiga o al desgaste, habida cuenta de la utilización prevista.
- Los materiales empleados 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.
- El diseño y fabricación de los accesorios serán tales que puedan soportar sin deformación permanente o defecto visible las sobrecargas debidas a las pruebas estáticas.

Cuerdas

- Una cuerda es un elemento textil cuyo diámetro no es inferior a 4 milímetros, constituida por cordones retorcidos o trenzados, con o sin alma.
- Las cuerdas para izar o transportar cargas tendrán un factor mínimo de seguridad de diez.
- No se deslizarán sobre superficies ásperas o en contacto con tierras, arenas o sobre ángulos o aristas cortantes, a no ser que vayan protegidas.
- Toda cuerda de cáñamo que se devuelva después de concluir un trabajo deberá ser examinada en toda su longitud.
- En primer lugar se deberán deshacer los nudos que pudiera tener, puesto que conservan la humedad y se lavarán las manchas. Después de bien seca, se buscarán los posibles deterioros: cortes, acuñamientos, ataques de ácidos, etc.
- Se procurará que no estén en contacto directo con el suelo, aislándolas de éste mediante estacas o paletas, que permitan el paso de aire bajo los rollos.
- Las cuerdas de fibra sintética deberán almacenarse a una temperatura inferior a los 60º.
- Se evitará el contacto con grasas, ácidos o productos corrosivos, así como inútiles exposiciones a la luz.
- Una cuerda utilizada en un equipo anticaídas, que ya haya detenido la caída de un trabajador, no deberá ser utilizada de nuevo, al menos para este cometido.
- Se examinarán las cuerdas en toda su longitud, antes de su puesta en servicio.
- Si se debe de utilizar una cuerda en las cercanías de una llama, se protegerá mediante una funda de cuero al cromo, por ejemplo.
- Las cuerdas que han de soportar cargas, trabajando a tracción, no han de tener nudo alguno. Los nudos disminuyen la resistencia de la cuerda.



- Es fundamental proteger las cuerdas contra la abrasión, evitando todo contacto con ángulos vivos y utilizando un guardacabos en los anillos de las eslingas.
- La presión sobre ángulos vivos puede ocasionar cortes en las fibras y producir una disminución peligrosa de la resistencia de la cuerda. Para evitarlo se deberá colocar algún material flexible (tejido, cartón, etc.) entre la cuerda y las aristas vivas.

Cables

- Un cordón está constituido por varios alambres de acero dispuestos helicoidalmente en una o varias capas. Un cable de cordones está constituido por varios cordones dispuestos helicoidalmente en una o varias capas superpuestas, alrededor de un alma.
- Los cables serán de construcción y tamaño apropiados para las operaciones en las cuales van a ser empleados.
- El factor de seguridad para los mismos no será inferior a seis.
- Los ajustes de ojales y los lazos para los ganchos, anillos y argollas, estarán provistos de guardacabos resistentes.
- Estarán siempre libres de nudos, sin torceduras permanentes y otros defectos.
- Se inspeccionará periódicamente el número de hilos rotos desechándose aquellos cables en que lo estén en más del 10% de los mismos, contados a lo largo de dos tramos del cableado, separados entre sí por una distancia inferior a ocho veces su diámetro.
- Los cables utilizados directamente para levantar o soportar la carga no deberán llevar ningún empalme, excepto el de sus extremos (únicamente se tolerarán los empalmes en aquellas instalaciones destinadas, desde su diseño, a modificarse regularmente en función de las necesidades de una explotación). El coeficiente de utilización del conjunto formado por el cable y la terminación se seleccionará de forma que garantice un nivel de seguridad adecuado.
- El diámetro de los tambores de izar no será inferior a 20 veces el del cable, siempre que sea también 300 veces el diámetro del alambre mayor.
- Es preciso atenerse a las recomendaciones del fabricante de los aparatos de elevación, en lo que se refiere al tipo de cable a utilizar, para evitar el desgaste prematuro de este último e incluso su destrucción. En ningún caso se utilizarán cables distintos a los recomendados.
- Los extremos de los cables estarán protegidos por refuerzos para evitar el descableado.
- Los diámetros mínimos para el enrollamiento o doblado de los cables deben ser cuidadosamente observados para evitar el deterioro por fatiga.
- Antes de efectuar el corte de un cable, es preciso asegurar todos los cordones para evitar el deshilachado de éstos y descableado general.
- Antes de proceder a la utilización del cable para elevar una carga, se deberá de asegurar de que su resistencia es la adecuada.
- Para desenrollar una bobina o un rollo de cable, lo haremos rodar en el suelo, fijando el extremo libre a un punto, del que nunca se tirará, o bien dejar girar el soporte (bobina, aspa, etc.) colocándolo previamente en un bastidor adecuado provisto de un freno que impida tomar velocidad a la bobina.
- Para enrollar un cable se deberá proceder a la inversa en ambos casos.
- La unión de cables no deberá realizarse nunca mediante nudos, que los deterioran, sino utilizando guardacabos y mordazas sujeta cables.
- Normalmente los cables se suministran lubricados y para garantizar su mantenimiento es suficiente con utilizar el tipo de grasa recomendado por el



fabricante. Algunos tipos de cables especiales no deben ser engrasados, siguiendo en cada caso las indicaciones del fabricante.

- El cable se examinará en toda su longitud y después de una limpieza que elimine la suciedad en el mismo.
- El examen de las partes más expuestas al deterioro o que presente alambres rotos se efectuará estando el cable en reposo.
- Los motivos de retirada de un cable serán:
 - Rotura de un cordón.
 - Reducción anormal y localizada del diámetro.
 - Existencia de nudos.
 - Cuando la disminución del diámetro del cable en un punto cualquiera, alcanza el 10% para los cables de cordones o el 3% para los cables cerrados. - Cuando el número de alambres rotos visibles alcanza el 20% del número total de hilos del cable, en una longitud igual a dos veces el paso de cableado.
 - Cuando la disminución de la sección de un cordón, medida en un paso cableado, alcanza el 40% de la sección total del cordón.

Cadenas

- Las cadenas serán de hierro forjado o acero.
- El factor de seguridad será al menos de cinco para la carga nominal máxima.
- Los anillos, ganchos, eslabones o argollas de los extremos serán del mismo material que las cadenas a las que van fijados.
- Todas las cadenas serán revisadas antes de ponerse en servicio.
- Cuando los eslabones sufran un desgaste excesivo o se hayan doblado o agrietado, serán cortados y reemplazados inmediatamente.
- Las cadenas se mantendrán libres de nudos y torceduras.
- Se enrollarán únicamente en tambores, ejes o poleas que estén provistas de ranuras que permitan el enrollado sin torceduras.
- La resistencia de una cadena es la de su componente más débil. Por ello conviene retirar las cadenas:
 - Cuyo diámetro se haya reducido en más de un 5%, por efecto del desgaste.
 - Que tengan un eslabón doblado, aplastado, estirado o abierto.
- Es conveniente que la unión entre el gancho de elevación y la cadena se realice mediante un anillo.
- No se deberá colocar nunca sobre la punta del gancho o directamente sobre la garganta del mismo.
- Bajo carga, la cadena deberá quedar perfectamente recta y estirada, sin nudos.
- La cadena deberá protegerse contra las aristas vivas.
- Deberán evitarse los movimientos bruscos de la carga, durante la elevación, el descenso o el transporte.
- Una cadena se fragiliza con tiempo frío y en estas condiciones, bajo el efecto de un choque o esfuerzo brusco, puede romperse instantáneamente.
- Las cadenas deberán ser manipuladas con precaución, evitando arrastrarlas por el suelo e incluso depositarlas en él, ya que están expuestas a los efectos de escorias, polvos, humedad y agentes químicos, además del deterioro mecánico que puede producirse.
- Las cadenas de carga instaladas en los equipos de elevación, deberán estar convenientemente engrasadas para evitar la corrosión que reduce la resistencia y la vida útil.



Ganchos

- Serán de acero o hierro forjado
- Estarán equipados con pestillos u otros dispositivos de seguridad para evitar que las cargas puedan salirse.
- Las partes que estén en contacto con cadenas, cables o cuerdas serán redondeadas.
- Dada su forma, facilitan el rápido enganche de las cargas, pero estarán expuestos al riesgo de desenganche accidental, por lo que éste debe prevenirse.
- No deberá tratarse de construir uno mismo un gancho de manutención, partiendo de acero que pueda encontrarse en una obra o taller, cualquiera que sea su calidad.
- Uno de los accesorios más útiles para evitar el riesgo de desenganche accidental de la carga es el gancho de seguridad, que va provisto de una lengüeta que impide la salida involuntaria del cable o cadena.
- Solamente deberán utilizarse ganchos provistos de dispositivo de seguridad contra desenganches accidentales y que presenten todas las características de una buena resistencia mecánica.
- No deberá tratarse de deformar un gancho para aumentar la capacidad de paso de cable.
- No deberá calentarse nunca un gancho para fijar una pieza por soldadura, por ejemplo, ya que el calentamiento modifica las características del acero.
- Un gancho abierto o doblado deberá ser destruido.
- Durante el enganchado de la carga se deberá controlar:
 - Que los esfuerzos sean soportados por el asiento del gancho, nunca por el pico.
 - Que el dispositivo de seguridad contra desenganche accidental funcione perfectamente.
 - Que ninguna fuerza externa tienda a deformar la abertura del gancho. En algunos casos, el simple balanceo de la carga puede producir estos esfuerzos externos.

Argollas y anillos

- Las argollas serán de acero forjado y constarán de un estribo y un eje ajustado, que habitualmente se roscará a uno de los brazos del estribo.
- La carga de trabajo de las argollas ha de ser indicada por el fabricante, en función del acero utilizado en su fabricación y de los tratamientos térmicos a los que ha sido sometida.
- No se sustituirá nunca el eje de una argolla por un perno, por muy buena que sea la calidad de éste.
- Los anillos tendrán diversas formas, aunque la que se recomendará es el anillo en forma de pera, al ser éste el de mayor resistencia.
- Es fundamental que conserven su forma geométrica a lo largo del tiempo.

Grilletes

- No se deberán sobrecargar ni golpear nunca.
- Al roscar el bulón deberá hacerse a fondo, menos media vuelta.
- Si se han de unir dos grilletes, deberá hacerse de forma que la zona de contacto entre ellos sea la garganta de la horquilla, nunca por el bulón.
- No podrán ser usados como ganchos.
- Los estrobos y eslingas trabajarán sobre la garganta de la horquilla, nunca sobre las patas rectas ni sobre el bulón.



- El cáncamo tendrá el espesor adecuado para que no se produzca la rotura del bulón por flexión ni por compresión diametral.
- No se calentará ni soldará sobre los grilletes.

Eslingas

- Se tendrá especial cuidado con la resistencia de las eslingas. Las causas de su disminución son muy numerosas:
 - El propio desgaste por el trabajo.
 - Los nudos, que disminuyen la resistencia de un 30 a un 50%.
 - Las soldaduras de los anillos terminales u ojales, aún cuando estén realizadas dentro de la más depurada técnica, producen una disminución de la resistencia del orden de un 15 a un 20%.
 - Los sujetacables, aún cuando se utilicen correctamente y en número suficiente.

Las uniones realizadas de esta forma reducen la resistencia de la eslinga alrededor del 20%.

- Las soldaduras o las zonas unidas con sujetacables nunca se colocarán sobre el gancho del equipo elevador, ni sobre las aristas. Las uniones o empalmes deberán quedar en las zonas libres, trabajando únicamente a tracción.
- No deberán cruzarse los cables de dos ramales de eslingas distintas, sobre el gancho de sujeción, ya que en este caso de los cables estaría comprimido por el otro.
- Para enganchar una carga con seguridad, es necesario observar algunas precauciones:
 - Los ganchos que se utilicen han de estar en perfecto estado, sin deformaciones de ninguna clase.
 - Las eslingas y cadenas se engancharán de tal forma que la cadena o eslinga descanse en el fondo de la curvatura del gancho y no en la punta.
 - Hay que comprobar el buen funcionamiento del dispositivo que impide el desenganche accidental de las cargas.
 - Si el gancho es móvil, debe estar bien engrasado de manera que gire libremente.
 - Se deben escoger las eslingas (cables, cadenas, etc.) o aparatos de elevación (horquillas, garras, pinzas) apropiados a la carga. No se deberá utilizar jamás alambre de hierro o acero cementado.
 - Los cables utilizados en eslingas sencillas deben estar provistos en sus extremos de un anillo emplomado o cerrados por terminales de cable (sujetacables).
 - Los sujetacables deben ser de tamaño apropiado al diámetro de los cables y colocados de tal forma que el asiento se encuentre en el lado del cable que trabaja.
 - Las eslingas de cables no deberán estar oxidadas, presentar deformaciones ni tener mechas rotas o nudos.
 - Los cables no deberán estar sometidos a una carga de maniobra superior a la sexta parte de su carga de rotura.
 - Si no se sabe esta última indicación, se puede calcular, aproximadamente, el valor máximo de la carga de maniobra mediante: $F(\text{en Kg.}) = 8 \times d^2$ (diámetro del cable en mm.)



- Las eslingas sinfín, de cable, deberán estar cerradas, bien sea mediante un emplomado efectuado por un especialista o bien con sujetacables. El emplomado deberá quedar en perfecto estado.
- Los sujetacables deberán ser al menos cuatro, estando su asiento en el lado del cable que trabaja, quedando el mismo número a cada lado del centro del empalme.
- Toda cadena cuyo diámetro del redondo que forma el eslabón se haya reducido en un 5% no deberá ser utilizada más.
- No se sustituirá nunca un eslabón por un bulón o por una ligadura de alambre de hierro, etc.
- No se debe jamás soldar un eslabón en una forja o con el soplete.
- Las cadenas utilizadas para las eslingas deberán ser cadenas calibradas; hay que proveer a sus extremos de anillos o ganchos.
- Las cadenas utilizadas en eslingas no deberán tener ni uno solo de sus eslabones corroído, torcido, aplastado, abierto o golpeado. Es preciso comprobarlas periódicamente eslabón por eslabón.
- Las cadenas de las eslingas no deberán estar sometidas a una carga de maniobra superior a la quinta parte de su carga de rotura. Si no se conoce este último dato, se puede calcular, aproximadamente, el valor de la carga de maniobra con ayuda de la siguiente fórmula: $F(\text{en Kg.}) = 6 \times d^2$ (diámetro del redondo en mm.)
- En el momento de utilizar las cadenas, se debe comprobar que no estén cruzadas, ni torcidas, enroscadas, mezcladas o anudadas. - Procurar no utilizarlas a temperaturas muy bajas pues aumenta su fragilidad.
- Ponerlas tensas sin golpearlas.
- Hay que evitar dar a las eslingas dobleces excesivos, especialmente en los cantos vivos; con dicho fin se interpondrán entre las eslingas y dichos cantos vivos, materiales blandos: madera, caucho, trapos, cuero, etc.
- Comprobar siempre que la carga esté bien equilibrada y bien repartida entre los ramales, tensando progresivamente las eslingas.
- Después de usar las eslingas, habrá que colocarlas sobre unos soportes. Si han de estar colgadas de los aparatos de elevación, ponerlas en el gancho de elevación y subir éste hasta el máximo.
- Se verificarán las eslingas al volver al almacén.
- Toda eslinga deformada por el uso, corrosión, rotura de filamentos, se deberá poner fuera de servicio.
- Se engrasarán periódicamente los cables y las cadenas.
- Se destruirán las eslingas que han sido reconocidas como defectuosas e irreparables.

Trácteles

- Deberán estar perfectamente engrasados.
- Se prohibirá engrasar el cable del tráctel.
- Antes de cualquier maniobra deberá comprobarse:
 - El peso de carga para comprobar que el aparato que utilizamos es el adecuado.
 - Los amarres de la carga y la utilización de cantoneras.



-Que la dirección del eje longitudinal del aparato sea la misma que la del cable (que no forme ángulo).

- No se deberá utilizar para esfuerzos superiores a la fuerza nominal del mismo, ya sea para elevación o tracción.
- No deberán maniobrarse al mismo tiempo las palancas de marcha hacia adelante o hacia atrás.
- Se deberá utilizar el cable adecuado a la máquina en cuanto al diámetro.
- Antes de iniciar cualquier maniobra deberá comprobarse la longitud del cable.
- Las máquinas deberán ser accionadas por un solo hombre.
- Se comprobará que el cable no está machacado o deshilado.

Poleas

- No sobrecargarlas nunca. Comprobar que son apropiadas a la carga que van a soportar.
- Comprobar que funcionan correctamente, que no existen holguras entre polea y eje, ni fisuras ni deformaciones que hagan sospechar que su resistencia a disminuido.
- Las gargantas de las poleas se acomodarán para el fácil desplazamiento y enrollado de los eslabones de las cadenas.
- Cuando se utilicen cables o cuerdas, las gargantas serán de dimensiones adecuadas para que aquéllas puedan desplazarse libremente y su superficie será lisa y con bordes redondeados.
- Revisar y engrasar semanalmente. Se sustituirá cuando se noten indicios de desgaste, o cuando se observe que los engrasadores no tomen grasa.
- Cuando una polea chirríe se revisará inmediatamente, engrasándola y sustituyéndola si presenta holgura sobre el eje.
- Las poleas se montarán siempre por intermedio de grilletes, a fin de que tengan posibilidad de orientación, evitando así que el cable tire oblicuamente a la polea.
- Se prohíbe terminantemente utilizar una polea montada de forma que el cable tire oblicuamente.
- Se prohíbe soldar sobre poleas.

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL A UTILIZAR

Los equipos de protección a utilizar serán:

- Casco de seguridad contra choques e impactos
- Guantes de trabajo
- Botas de seguridad con puntera reforzada en acero y suela antideslizante
- Ropa de trabajo para el mal tiempo

1.1.1.1. Transporte de material

RIESGOS ASOCIADOS A ESTA ACTIVIDAD

Los riesgos asociados a esta actividad serán:

- Caídas al mismo nivel
- Caídas a distinto nivel
- Caída de objetos en manipulación
- Choque contra objetos móviles/inmóviles



- Atrapamiento por vuelco de máquinas o vehículos
- Contactos eléctricos
- Exposición a ambientes pulvígenos
- Atropellos o golpes con vehículos

MEDIOS DE PREVENCIÓN A APLICAR

- El vehículo de transporte sólo será utilizado por personal capacitado.
- No se transportarán pasajeros fuera de la cabina.
- Se subirá y bajará del vehículo de transporte de forma frontal.
- El conductor se limpiará el barro adherido al calzado, antes de subir al vehículo de transporte, para que no resbalen los pies sobre los pedales.
- Los caminos de circulación interna de la obra se cuidarán en previsión de barrizales excesivos que mermen la seguridad de la circulación.
- La caja será bajada inmediatamente después de efectuada la descarga y antes de emprender la marcha.
- En todo momento se respetarán las normas marcadas en el código de circulación vial, así como la señalización de la obra.
- Si tuviera que parar en rampa, el vehículo quedará frenado y calzado con topes.
- La velocidad de circulación estará en consonancia con la carga transportada, la visibilidad y las condiciones del terreno.
- Durante las operaciones de carga, el conductor permanecerá, o bien dentro de la cabina, o bien alejado del radio de acción de la máquina que efectúe la misma.
- Cualquier operación de revisión con la caja levantada se hará impidiendo su descenso mediante enclavamiento.
- Las maniobras dentro del recinto de la obra se harán sin brusquedades, anunciando con antelación las mismas y auxiliándose del personal de obra.

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL A UTILIZAR

Los equipos de protección a utilizar serán:

- Casco de seguridad (cuando abandonen la cabina)
- Mascarilla de protección contra ambientes pulvígenos
- Gafas de protección contra ambiente pulvígenos
- 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 trabajo para el mal tiempo

3.2.2.3. Trabajos de soldadura autógena

RIESGOS ASOCIADOS A ESTA ACTIVIDAD

Los riesgos asociados a esta actividad serán:

- Caídas al mismo nivel
- Caídas a distinto nivel
- Proyección de fragmentos o partículas



- Contactos térmicos
- Exposición a radiaciones

MEDIDAS DE PREVENCIÓN A APLICAR

- Se revisará periódicamente el estado de las mangueras, eliminando las que se encuentren agrietadas exteriormente.
- Las mangueras para conducción del acetileno serán de distinto color que las utilizadas para la conducción del oxígeno.
- Las conexiones de manguera tendrán rosca y fileteado diferentes de modo que sea imposible confundirlas y cambiarlas.
- Se deberá comprobar si las boquillas para la soldadura o el corte se hallan en buenas condiciones.
- Los sopletes deberán tener boquillas apropiadas y en buen estado. Si hay que limpiarlas se usará una aguja de latón para no deformarlas.
- Se ajustarán bien las conexiones, con llave si es necesario, antes de utilizar el gas.
- Antes de utilizar el equipo de soldadura o corte autógenos, habrá que asegurarse de que todas las conexiones de las botellas, reguladores y mangueras están bien hechas.
- Se comprobará si todos los materiales inflamables están alejados o protegerlos de las chispas por medio de pantallas, lonas ignífugas.
- Se colocarán extintores de polvo o anhídrido carbónico en las zonas donde se realicen trabajos de soldadura o corte.
- En los lugares de paso se deberán proteger las mangueras para evitar su deterioro.
- Antes de abrir las válvulas de las botellas de oxígeno y acetileno, se deberá comprobar que están cerradas las válvulas del manorreductor.
- Colocarse a un lado del regulador cuando se abran las válvulas de las botellas.
- Antes de encender el soplete se deberá dejar salir el aire o gas que puedan tener las mangueras, abriendo para ello el soplete.
- Para encender la boquilla se deberá emplear un encendedor de fricción, no con cerillas que darían lugar a quemaduras en las manos.
- Para encender un soplete, las presiones deberán estar cuidadosamente reguladas:
 - Abrir ligeramente la espita del oxígeno.
 - Abrir mucho la espita del acetileno.
 - Encender la llama, que presentará un ancho excesivo de acetileno.
 - Regularla la llama hasta obtener un dardo correcto.
- Se deberá emplear la presión de gas correcta para el trabajo a efectuar. La utilización de una presión incorrecta puede ser causa de un mal funcionamiento de la boquilla y de un retroceso de la llama o explosiones que puede deteriorar el interior de la manguera.
- Los manómetros deberán encontrarse en buenas condiciones de uso. Si se comprueba rotura, deterioro o que la lectura no ofrece fiabilidad, deberán ser sustituidos de inmediato.
- No se usarán botellas de combustible teniendo la boca de salida más baja que el fondo.
- Por el contrario, se pondrán verticales con la boca hacia arriba y sujetas con collarines que garanticen su posición, evitando su caída.
- Se utilizarán ropas que protejan contra las chispas y metal fundido. Se llevará el cuello cerrado, bolsillos abotonados, mangas metidas dentro de las manoplas o guantes, cabeza cubierta por medio de pantallas inactivas, calzado de seguridad, polainas y



mandil protector. El ayudante deberá ir también protegido, al menos con careta inactiva.

- Cuando se efectúen trabajos en lugares elevados, el soldador utilizará el cinturón de seguridad a partir de los 2 metros de altura, y además tomará precauciones para que las chispas o metal caliente no caigan sobre personas ni sobre materiales inflamables.
- Se prohíbe introducir las botellas de oxígeno y acetileno en el recipiente que se está soldando.
- Cuando se efectúen trabajos de soldadura o corte en espacios reducidos, hay que procurar tener una buena ventilación.
- Deberá existir una distancia mínima de 1,5 metros entre el punto de soldadura y los materiales combustibles.
- Está prohibido soldar a menos de 6 metros de distancia de líquidos inflamables y sustancias explosivas.
- No se podrá calentar, cortar ni soldar recipientes que hayan contenido sustancias inflamables, explosivos o productos que por reacción con el metal del contenedor o recipiente, genere un compuesto inflamable o explosivo, sin la previa eliminación del residuo.
- En el caso de incendiarse una manguera de acetileno, no se deberá intentar extinguir el fuego doblando y oprimiendo la manguera. Se cerrará la llave de la botella.
- Al terminar el trabajo hay que cerrar primero la válvula del soplete, después de los manorreductores y por último la de las botellas.
- Los sopletes no se golpearán ni se colgarán de los manorreductores, de modo que puedan golpearse con las botellas.

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL A UTILIZAR

Los equipos de protección a utilizar serán:

- Guantes o manoplas para soldadura
- Manguitos para soldadura
- Pantallas para soldadura
- Polainas de soldador
- Chalecos, chaquetas y mandiles de cuero para soldadura
- Calzado de seguridad con puntera reforzada en acero

3.2.2.4. Trabajos de soldadura eléctrica

RIESGOS ASOCIADOS A ESTA ACTIVIDAD

Los riesgos asociados a esta actividad serán:

- Caídas al mismo nivel
- Caídas a distinto nivel
- Contactos eléctricos indirectos
- Proyección de fragmentos o partículas
- Contactos térmicos
- Exposición a radiaciones



MEDIDAS DE PREVENCIÓN A APLICAR

- Las masas de cada aparato estarán dotadas de puesta a tierra.
- La superficie de los portaelectrodos a mano y los bornes de conexión para circuitos de alimentación de aparatos de soldadura, deberán estar cuidadosamente dimensionados y aislados.
- Los cables de conductores se revisarán frecuentemente y se mantendrán en buenas condiciones.
- La pinza portaelectrodos se mantendrá siempre en buen estado y cerca de donde se esté soldando.
- Los cables deteriorados o averiados deberán repararse cuidadosamente. Todos los puntos de empalme de los cables de soldadura deberán estar perfectamente aislados.
- Los cables de conexión a la red y los de soldadura deberán enrollarse antes de realizar cualquier transporte.
- En lugares húmedos el operario se deberá aislar trabajando sobre una base de madera seca.
- Se deberán de colocar extintores en las zonas donde se realicen trabajos de soldadura eléctrica.
- Las radiaciones producidas en trabajos de soldadura eléctrica afectan no solo a los ojos, sino a cualquier parte del cuerpo expuesta. Por ello, el soldador deberá utilizar pantalla facial, manoplas, polainas y mandil, como mínimo. Para la protección de otros trabajadores próximos se utilizarán cortinas o paramentos ignífugos.
- Los ayudantes de los soldadores también deberán usar gafas o pantallas inactivas.
- Se dispondrán adecuadamente los cables de modo que no representen un riesgo para el personal o puedan sufrir daños mecánicos.
- La zona de trabajo estará convenientemente delimitada y en su interior todo el personal deberá utilizar los equipos de protección personal necesarios.
- El cable de tierra deberá conectarse lo más cercano posible a la pieza donde se efectúa la soldadura, sin que pueda conectarse a otro equipo o instalación existente, así como tampoco a través del acero de refuerzo de las estructuras de hormigón armado.
- Tantas veces como se interrumpa por algún tiempo la operación de soldar, se cortará el suministro de energía eléctrica a la máquina. Al terminar el trabajo debe quedar totalmente desconectada y retirada de su sitio.
- Las conexiones con la máquina deberán tener las protecciones necesarias y, como mínimo, fusibles automáticos y relé diferencial de sensibilidad media (300 mA), con una buena toma de tierra.
- La alimentación eléctrica al grupo de soldadura se realizará a través de un cuadro provisto de interruptor diferencial adecuado al voltaje de suministro, si no se cumplen los requisitos del apartado anterior.
- Los generadores de combustión interna (diesel) deberán pararse cuando no se estén utilizando, así como cuando se requiera repostar combustible.
- Se dispondrá de un extintor de polvo químico junto al grupo diesel.
- Los electrodos usados se dispondrán en un recipiente, evitando que queden esparcidos por el suelo.
- Antes de realizar cambios de intensidad deberá desconectarse el equipo.
- No introducir jamás el portaelectrodos en agua para enfriarlo, puede causar un accidente eléctrico.
- No se dejará la pinza y su electrodo directamente apoyados en el suelo, sino en un soporte aislante.



Soldadura en interior de recintos cerrados

Para soldar en recintos cerrados habrá que tener siempre presente que:

- Deben eliminarse, por aspiración, gases, vapores y humos.
- Hay que preocuparse de que la ventilación sea buena.
- Nunca se debe ventilar con oxígeno.
- Hay que llevar ropa protectora y difícilmente inflamable.
- No se debe de llevar ropa interior de fibras artificiales fácilmente inflamables.

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL A UTILIZAR

Los equipos de protección a utilizar serán:

- Pantallas para soldadura
- Manguitos, guantes o manoplas y polainas para soldadura
- Calzado de seguridad con puntera reforzada en acero
- Chalecos, chaquetas y mandiles de cuero para soldadura

3.2.2.5. Trabajos próximos a elementos en tensión

RIESGOS ASOCIADOS A ESTA ACTIVIDAD

Los riesgos asociados a esta actividad serán:

- Caídas al mismo nivel
- Caídas a distinto nivel
- Contactos eléctricos directos
- Contactos eléctricos indirectos
- Electrocuciiones
- Incendios

MEDIDAS DE PREVENCIÓN A APLICAR

- 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.
- Se define como trabajador autorizado aquel el trabajador que ha sido autorizado por el empresario para realizar determinados trabajos con riesgo eléctrico, en base a su capacidad para hacerlos de forma correcta.
- Se define trabajador cualificado como el trabajador autorizado que posee conocimientos especializados en materia de instalaciones eléctricas, debido a su formación acreditada, profesional o universitaria, o a su experiencia certificada de dos o más años.
- 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.
- 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:

DISTANCIAS LÍMITE DE LAS ZONAS DE TRABAJO

U_n	DPEL-1	DPEL-2	DPROX-1	DPROX-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

U_n : Tensión nominal de la instalación (kV).

DPEL-1 : distancia hasta el límite exterior de la zona de peligro cuando exista el riesgo de sobretensión por rayo (cm).

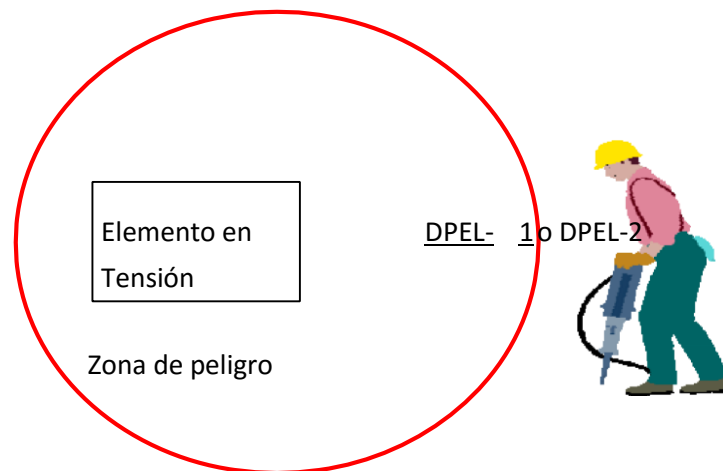


DPEL-2 : distancia hasta el límite exterior de la zona de peligro cuando no exista el riesgo de sobretensión por rayo (cm).

DPROX-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).

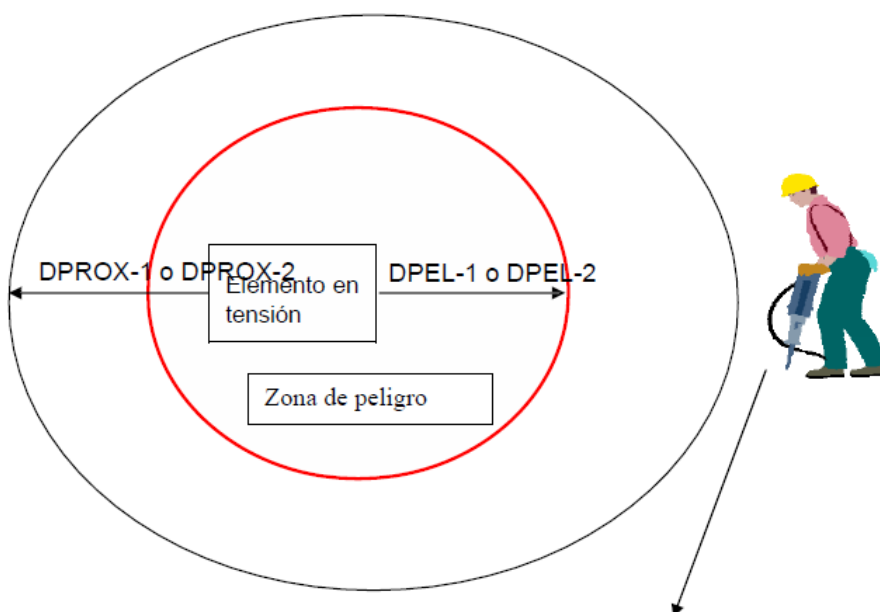
DPROX-2 : distancia hasta el límite exterior de la zona de proximidad cuando no resulte posible delimitar con precisión la zona de trabajo y controlar que ésta no se sobrepasa durante la realización del mismo (cm).

Nota: Las distancias para valores de tensión intermedios se calcularán por interpolación lineal.



RIESGO ELÉCTRICO

Zona de proximidad es el espacio delimitado alrededor de la zona de peligro, desde la que el trabajador puede invadir accidentalmente esta última.





El trabajador entra, o 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.

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 gálbos 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.

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL A UTILIZAR

Los equipos de protección a utilizar serán:

- Casco de seguridad contra arco eléctrico
- Guantes de trabajo
- Guantes dieléctricos para alta y baja tensión
- Gafas de protección o pantalla de protección facial contra arco eléctrico
- Botas de seguridad con puntera reforzada y suela antideslizante

3.2.2.6. Trabajos en tensión

RIESGOS ASOCIADOS A ESTA ACTIVIDAD

Los riesgos asociados a esta actividad serán:

- Caídas al mismo nivel
- Caídas a distinto nivel
- Caída de objetos en manipulación
- Contactos eléctricos
- Incendios

MEDIDAS DE PREVENCIÓN A APLICAR

- Se seguirán en todo momento las especificaciones descritas en el R.D. 614/2001 sobre Disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- Para estos trabajos se deberán haber desarrollado procedimientos específicos, los operarios deberán tener una formación adecuada y tanto el material de seguridad, como el equipo de trabajo y las herramientas a utilizar serán las adecuadas.



- La zona de trabajo debe estar claramente definida y delimitada.
- 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.
- Cuando sea necesario, el acceso a la zona de trabajo debe ser delimitado claramente en el interior de las instalaciones.
- Se deben tomar medidas de prevención adecuada para evitar accidentes a personas por otras fuentes de peligro tales como sistemas mecánicos o en presión o caídas.
- No se deben colocar objetos que puedan dificultar el acceso ni materiales inflamables, junto o en los caminos de acceso, las vías de emergencia a o desde equipos eléctricos de corte y control, así como tampoco en las zonas desde donde estos equipos hayan de ser operados.
- Los materiales inflamables deben mantenerse alejados de fuentes de arco eléctrico.
- Si es necesario, durante la realización de cualquier trabajo u operación, se colocará una señalización adecuada para llamar la atención sobre los riesgos más significativos.
- 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.
- 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.
- 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.
- Dependiendo del tipo de trabajo, el personal que lo realice debe estar formado y además especialmente entrenado.
- Deberán especificarse las características, la utilización, el almacenamiento, la conservación, el transporte e inspecciones de las herramientas, los equipos y materiales utilizados en los trabajos en tensión.
- Las herramientas, equipos y materiales estarán claramente identificados.
- 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.
- Otros parámetros, tales como la altitud y la contaminación, particularmente en alta tensión, se deben considerar si reducen la calidad de aislamiento de las herramientas y equipos.
- 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.

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL A UTILIZAR



Los equipos de protección a utilizar serán:

- Casco de seguridad contra arco eléctrico
- Botas de seguridad con puntera reforzada y suela aislante y antideslizante
- Guantes de trabajo
- Guantes dieléctricos para baja tensión
- Guantes dieléctricos para alta tensión
- Gafas de protección o pantalla de protección facial contra arco eléctrico
- Arnés de seguridad
- Ropa de trabajo para el mal tiempo

3.2.2.7. Trabajos en altura

RIESGOS ASOCIADOS A ESTA ACTIVIDAD

Los riesgos asociados a esta actividad serán:

- Caídas al mismo nivel
- Caídas a distinto nivel
- Caídas de objetos en manipulación
- Golpes contra objetos o herramientas

MEDIDAS DE PREVENCIÓN A APLICAR

- 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 localización del tajo de trabajo, no se emplearán 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 plataformas, andamios y pasarelas, así como los desniveles, huecos y aberturas existentes en los pisos de las obras, que supongan para los trabajadores un riesgo de caída de altura superior a 2 metros, se protegerán mediante barandillas u otro sistema de protección colectiva de seguridad equivalente.
- 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.
- Las plataformas, pasarelas, andamiadas y, en general, todo lugar en que se realicen los trabajos deberán disponer de accesos fáciles y seguros y se mantendrán libres de obstáculos, adoptándose las medidas necesarias para evitar que el piso resulte resbaladizo.
- 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.
- 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.
- Cuando se trabaje en altura, 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.
- Para trabajos en cubierta con riesgo de caída a distinto nivel se deberá adoptar alguna de las medidas que se citan a continuación:
 - Proteger todo el perímetro de la misma mediante el uso de barandillas rígidas con listón superior a 90 cm, intermedio a 45cm y rodapiés a 15 cm.
 - Instalar una línea de vida a la que permanezcan permanentemente amarrados los operarios mediante el uso de arnés de seguridad homologado.

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL A UTILIZAR

Los equipos de protección a utilizar serán:

- Casco de seguridad contra choques e impactos con barbuquejo
- Guantes de trabajo
- Botas de seguridad con puntera reforzada y suela antideslizante
- Bolsa portaherramientas
- Arnés de seguridad y línea de vida
- Ropa de protección para el mal tiempo

3.2.2.8. Trabajos de izado de apoyos en líneas aéreas de a.t.

RIESGOS

- Caídas de personas al mismo nivel.
- Caídas de personas a distinto nivel. (caídas de altura)
- Caídas de objetos. (sobre las personas).
- Choques y golpes.
- Maquinaria automotriz y vehículos.



- Atrapamientos.
- Cortes.
- Contactos eléctricos.
- Sobreesfuerzos.
- Tráfico. (accidentes derivados del manejo de vehículos)
- Condiciones ambientales del puesto.

NORMAS DE ACTUACIÓN

Como base primordial se realizará una inspección exhaustiva de todos los medios a emplear (acreditaciones del personal, cualificación de los mismos, estado y cumplimiento con la normativa vigente de la maquinaria, medios auxiliares, equipos de protección individual y colectivos....etc).

El personal que intervenga en estas actividades deberá haber pasado todos los reconocimientos médicos periódicos.

Los conductores de vehículos dispondrán del permiso de conducir correspondiente.

No se realizarán trabajos simultáneos en zonas superpuestas. Únicamente serán admitidos en casos especiales, previo análisis de las condiciones que pudieran presentarse y disposición de las medidas de protección necesarias, que tiendan a eliminar los riesgos causados por la simultaneidad de actividades.

El manejo de materiales, herramientas u objetos se realizará de forma racional, debiendo impedirse esfuerzos superiores a la capacidad física de las personas. Se tendrá especial cuidado en la coordinación de movimientos, al objeto de evitar sobreesfuerzos y atrapamientos. En ningún caso las cargas a mano superarán los 25 kg.

A criterio del responsable de los trabajos, las actividades de su personal serán suspendidas cuando las condiciones meteorológicas adversas incidan negativamente en la seguridad de los trabajadores.(vientos, lluvias, tormentas...). Se recomienda dejar el trabajo de altura cuando haya una tormenta con aparato eléctrico o cuando el viento sea muy fuerte.

Se evitará realizar hogueras o fogatas en zonas de maleza o que presenten riesgo de incendios. Caso de ser imprescindible se limpiará el lugar de elementos combustibles en un radio de 2m, debiendo estar vigilado el fuego continuamente. Al final de la jornada se apagará con agua o tierra.

NORMAS SOBRE TRANSPORTE Y ACOPIO DE MATERIALES

Los materiales se colocarán en la caja del vehículo en forma apilada y estable. No se transportarán personas en la caja.

El peso de la carga no superará el autorizado para el vehículo. Las cargas no sobresaldrán por los laterales, las que sobresalgan por la parte posterior serán señalizadas conforme al Código de Circulación.



La carga y descarga de materiales se realizará por medios mecánicos, siempre que sea posible.

La carga y descarga se realizarán, previa inmovilización del vehículo, con la grúa del camión o grúa auxiliar. Ninguna persona ha de permanecer en la cabina o en la caja de vehículo excepto para conectar la carga.

El gruista en todo momento debe estar observando el movimiento de la carga. Si los laterales del camión le impidieran la visión de la carga, debe auxiliarse de una persona que le indique los movimientos, esta persona debe encontrarse en todo momento a la vista del gruista.

El tiro, especialmente en el arranque, será siempre vertical. La carga se elevará lentamente hasta que quede suspendida.

El gruista observará que los movimientos de la grúa son suaves y continuos, tras cualquier brusquedad o movimiento incontrolado debe procederse a una revisión inmediata.

El acopio de materiales no debe interferir con la zona de evolución y paso de personal.

Todas las puntas o grapas de embalaje se arrancarán inmediatamente.

IZADO POR APOYOS COMPLETOS

Este sistema tiene la ventaja de que apenas hay que realizar trabajos de altura, por lo que existe menos peligro de accidente.

El método se puede dividir en las siguientes fases:

1ª Preparación de los perfiles en los que se incluye la clasificación de materiales y armado en el suelo de paneles, para su posterior acoplamiento con una grúa auxiliar.

2ª Montaje sobre calzos de nivelación de una cara de la torre sobre la que irán armando las caras adyacentes y sobre estas la cara superior, hasta llegar al armado total de la torre.

3ª Elevación de torre armada, mediante grúas autopropulsadas, hasta disponerla en posición vertical.

NORMAS DE SEGURIDAD EN IZADO POR APOYOS COMPLETOS

a) Fase 1ª. Preparación de perfiles y armado de paneles.

El peso de los paneles, armados en suelo, no debe sobrepasar el peso estimado que la grúa auxiliar puede izar en condiciones normales.

Los perfiles clasificados se dispondrán en lugar escogido para su armado, de forma tal que este lugar no interfiera con el tránsito de personas.

b) Fase 2ª. Montaje de la torre en el suelo.



Los calzos o suplementos tendrán resistencia, forma y colocación adecuada para asegurar una perfecta estabilidad del apoyo.

Dado que en el armado en el suelo de la torre se alcanzan alturas considerables en la zona de la base, es necesario disponer escaleras de mano que faciliten el acceso de los operarios. Los operarios no circularán sobre los perfiles ya armados de la cara superior, el desplazamiento de los operarios se hará siempre por el suelo.

c) Fase 3ª. Elevación de la torre.

No se elevarán cargas superiores a las indicadas en el diagrama de carga de la máquina y no se permitirá que el limitador de cargas esté anulado o inservible.

Las grúas deberán colocarse de manera que los gatos no se sitúen cerca de excavaciones, explanaciones, terraplenes, cunetas, etc. Que puedan provocar vuelcos.

El emplazamiento de las grúas se realizará en un lugar fijo que no precise desplazarlas para izar el apoyo. La horizontalidad del chasis se asegurará mediante juego de gatos.

Los puntos de amarre (sujeciones) del apoyo deberán responder suficientemente a los esfuerzos que se vayan a someter. El punto de amarre es aconsejable que coincida con algún encuadramiento del perímetro de la torre, como la cintura de la misma.

En los casos en que no es posible aprovechar estos encuadramientos «naturales» por encontrarse distantes del centro de gravedad del apoyo o por no alcanzar la altura de la grúa, es conveniente reforzar la parte de la torre donde se va a amarrar mediante una plantilla de perfiles, a modo de encuadramiento «artificial», sujetándola a los montantes de la torre, y a ser posible en los puntos de empalme de los montantes, aprovechando los taladros existentes.

El izado deberá realizarse lentamente, sin movimientos bruscos, y el personal que compone el equipo de izado se situará fuera del radio de peligro, utilizando retenidas a distancia.

El apoyo se izará habiendo dispuesto previamente una cuerda guía para los sistemas anticaída, por encima del amarre de los estrobos; con el fin de que tras la elevación de la torre, se pueda hacer uso de la citada cuerda cuando se ascienda para soltar los estrobos.

Si no se ha optado por colocar una cuerda guía, el ascenso se realizará utilizando la LÍNEA DE SEGURIDAD. El descenso se realizará en cualquier caso utilizando la LÍNEA DE SEGURIDAD. Una vez la torre atornillada a los anclajes, se arría en banda la grúa, se sueltan los estrobos y se desmontan las cartelas y plantilla, restableciendo definitivamente y paso a paso los tornillos correspondientes.

En las zonas próximas a carreteras y caminos que sean transitados, deberán extremarse las precauciones, tomando todas las medidas de seguridad. Se instalarán las señales de peligro, y durante las maniobras de izado se colocarán operarios cualificados para comprobar y dirigir la circulación de personas y vehículos que puedan incidir en los trabajos de izado.

Durante la operación de izado en proximidad de líneas eléctricas de Alta Tensión, se mantendrá en todo momento las siguientes distancias de Seguridad con respecto a la fase más próxima.



3.2.2.9. Trabajos de repaso y graneteado

Es posiblemente una de las fases más peligrosa de los trabajos de izado ya que se combinan actividades de corta duración con muchos desplazamientos, desarrollándose una tendencia lógica a no usar medidas de sujeción.

Se empleará obligatoriamente LÍNEA DE SEGURIDAD, un ramal por operario. Los operarios permanecerán amarrados en todo momento con un dispositivo anticaída deslizante a una cuerda guía, organizándose en consecuencia el número de operarios que simultáneamente han de intervenir y la zona de intervención de cada uno.

Otra opción es utilizar un sistema enrollador de cable, de gran longitud, colgado de la parte elevada de la torre, al cual se amarra dorsalmente el operario. Este sistema tiene el inconveniente del peso del enrollador que hay que elevar hasta el punto de conexión.

Durante los desplazamientos el operario llevará la herramienta depositada en su bolsa portaherramientas.

3.2.2.10. Inspecciones de seguridad

Al inicio de los trabajos y posteriormente con periodicidad trimestral se inspeccionarán los accesorios de izado. Se rechazará el material que ofrezca duda sobre su garantía de seguridad.

Se rechazará el material al menos los aspectos siguientes:

- **Martillos, Mazas, Punteros, Palanquillas, Granetes.**

- Los mangos estarán en perfectas condiciones y bien ajustados.
- Estarán exentos de rebabas.
- Sus dimensiones serán adecuadas al trabajo a realizar.
- No se usarán alargadores suplementarios.

- **Poleas**

- Se comprobará que son poleas con cojinetes de bolas o rodillos, que rueden bien y estén correctamente engrasados.
- Obligatoriamente dispondrán de pasadores con grupillas.

- **Ranas.**

- Los grilletes estarán en buenas condiciones.
- Deben estar bien engrasadas en sus partes móviles.
- Serán las adecuadas al cable a sujetar.
- Se comprobará el apriete que hace sobre el cable.

- **Grilletes y Tensores**

- Únicamente se utilizarán los que no estén deformados, ni tengan el bulón torcido.
- Se comprobará que el bulón que lleve rosca aprieta a tope.
- Las que no sean de rosca, se asegurarán obligatoriamente mediante grupilla.
- Las roscas no estarán dañadas.



- Estarán marcados con su carga de trabajo.

• **Trócolas y Pastecas.**

- Se revisarán periódicamente, y siempre antes de su utilización, rechazando las que estén defectuosas.
- Serán siempre de gancho cerrado.

• **Trácteles y Pull-lift**

- Estarán marcadas con su carga de trabajo.
- Se revisarán periódicamente, y siempre antes de su utilización, rechazando los que estén defectuosos.
- Se revisará el estado de las mordazas, del cable y del gancho.

• **Estrobos y Eslingas**

- Se comprobará su estado general.
- Deben tener indicada su carga de trabajo.
- Las uniones y guardacabos estarán en buen estado.

• **Cables**

- Se conocerá su carga de trabajo en tiro directo.
- No presentarán cocas, deformaciones o señales de corrosión.
- Se desecharán aquellos que se observen con alambres rotos.

• **Cuerdas**

- No tendrán nudos. Un nudo disminuye su resistencia en un 50%.
- No presentarán roturas de fibras o desgastes por abrasión.
- Se colocarán cuando tengan que trabajar sobre aristas vivas.

• **Gatos.**

- Las cargas que levanten serán inferiores a su máxima admisible.
- Los gatos con tornillos o cremalleras han de llevar un dispositivo que impida que estas se salgan de su asiento.
- Los gatos hidráulicos llevarán un dispositivo de seguridad en caso de fallo del sistema.

3.2.2.11. Trabajos en apoyos. montaje de la línea de seguridad

RIESGOS

- Caída de personas a distinto nivel.
- Caída de objetos por desplome o derrumbamiento.
- Caída de objetos en manipulación.
- Caída de objetos desprendidos.
- Pisadas sobre objetos.
- Choque o contacto con objetos o elementos móviles.
- Golpes o cortes por objetos o herramientas.
- Atrapamientos.
- Sobreesfuerzos.
- Condiciones ambientales del puesto.
- Contactos eléctricos.



NORMAS GENERALES PARA TRABAJOS EN ALTURA

- Se considerarán como tales todos aquellos trabajos que presenten peligro de caída superior a los dos metros de altura.
- Los trabajos en altura solo podrán efectuarse utilizando medios de acceso seguro.
- El cinturón de sujeción solo se empleará en trabajos y operaciones en las que el trabajador no necesite desplazarse, o cuando lo hace, las direcciones de sus desplazamientos estén limitadas y no haya posibilidad de caída libre.
- Siempre que exista posibilidad de caída libre, se emplearán sistemas anticaídas. Con objeto de que la caída libre sea lo menor posible, se emplearán elementos de amarre de corta longitud y se situará el punto de anclaje por encima del usuario y tan lejos de su cintura como se pueda.

TRABAJO EN POSTES

Para el acceso y trabajo en los postes, se usará uno de los métodos siguientes:

a) Línea de seguridad simple.

Se utiliza cuando es una sola persona la que realiza la operación en el apoyo. Mientras el trabajador se desplaza por la estructura, un segundo trabajador lo asegura desde la base.

b) Línea de seguridad clásica.

Se empleará este tipo de esquema cuando la intervención en el apoyo la realicen varios operarios. Este tipo de montaje permite que todos los trabajadores puedan ascender, desplazarse, trabajar y descender por la estructura de un modo seguro.

c) Línea de seguridad ramificada.

Su uso se hace necesario cuando varios trabajadores se disponen a realizar distintas actividades simultáneas en el apoyo, su correcta instalación permite que asciendan, se desplacen, efectúen su trabajo y descendan de un modo seguro.

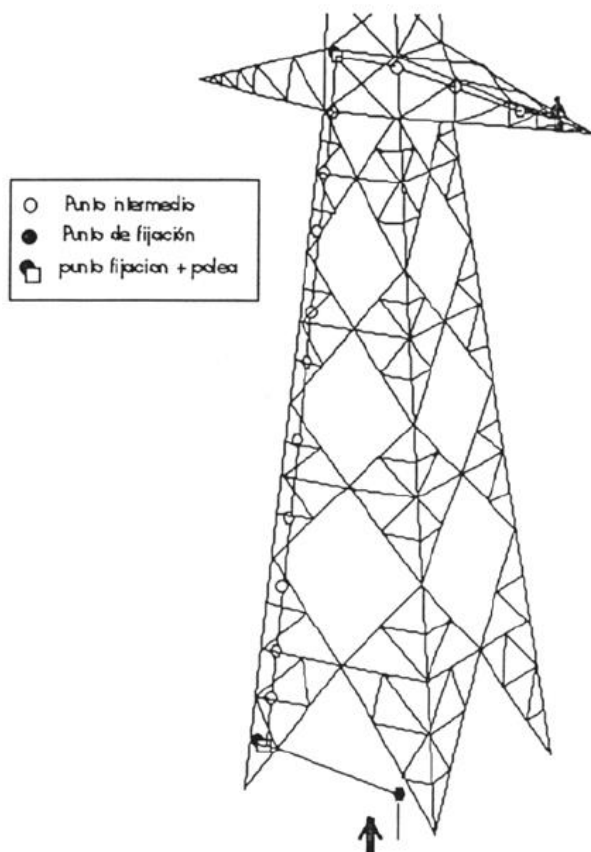
Una posible variación de la línea de seguridad ramificada consiste en añadir un ramal independiente a línea de seguridad clásica para acceder a los otros puntos de trabajo. A continuación se indican esquemas indicativos de estos modos de uso, así como del modo de instalación.

UTILIZACIÓN DE LA LÍNEA DE SEGURIDAD SIMPLE

Se utiliza cuando la intervención en el apoyo la realiza una sola persona. El operario progresa por la estructura, permanentemente asegurado por un segundo operario situado en la base del apoyo. Este tipo de Línea de Seguridad no requiere fijar la cuerda.

Fase de Instalación

Denominaremos primer operario al encargado de instalar la línea de seguridad y segundo operario al que permanece al pie del apoyo asegurando al primero



El segundo operario, en la base del apoyo, instala un punto de fijación en una peana distinta a la del ascenso, pasa la cuerda que va al primer operario por el modulador y fija este aparato al punto de fijación, avisándole que está preparado para asegurarlo.



Durante toda la operación de instalación de la línea de seguridad, permanecerá siempre atendiendo a la progresión de la misma.

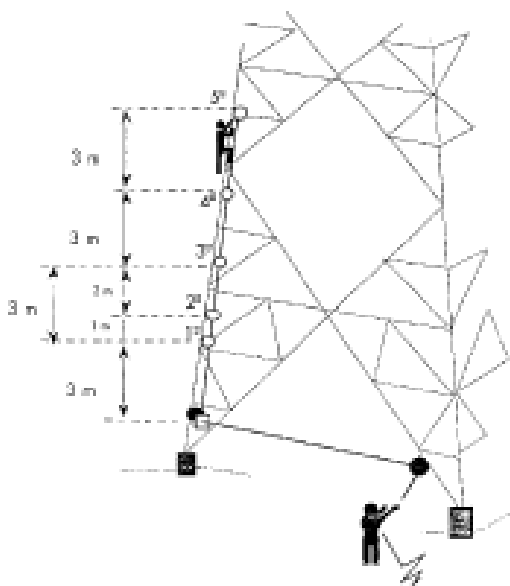
El primer operario se ata la cuerda directamente y sin ningún otro elemento intermedio al anclaje ventral del arnés, mediante un nudo en ocho.

El primer operario procede a ascender por el apoyo, siempre asegurado bajo la atenta mirada del segundo, colocando los puntos intermedios por los que pasará la cuerda allí donde no existan peldaños con anilla de seguridad.



La cuerda se introducirá en la anilla, o en el punto intermedio en cuanto se alcance con la mano. Se evitará una caída hasta el suelo. Cuando el operario llega a la cruceta en que tiene que trabajar colocará un Punto de Fijación en la parte superior de la cruceta, por el que pasará la cuerda.

El operario inicia el desplazamiento por la cruceta, colocando Puntos Intermedios a 3 m. uno de otro y asegurándose siempre a ellos, hasta llegar a la punta de cruceta donde colocará el último.



Fase De Utilización

Mientras duren las tareas de intervención, el primer operario permanece asegurado con la cuerda pasada por el modulator, en la base del apoyo.

Fase De Recuperación

En la que se recupera todo el material usado en la Línea de Seguridad. El proceso a seguir, es el inverso al utilizado en el ascenso. El segundo operario, que asegura desde la base del apoyo, irá recuperando cuerda a través del modulator a medida que el primero vaya descendiendo, procurando mantenerla ligeramente tensa y sin desequilibrarlo. Si ha

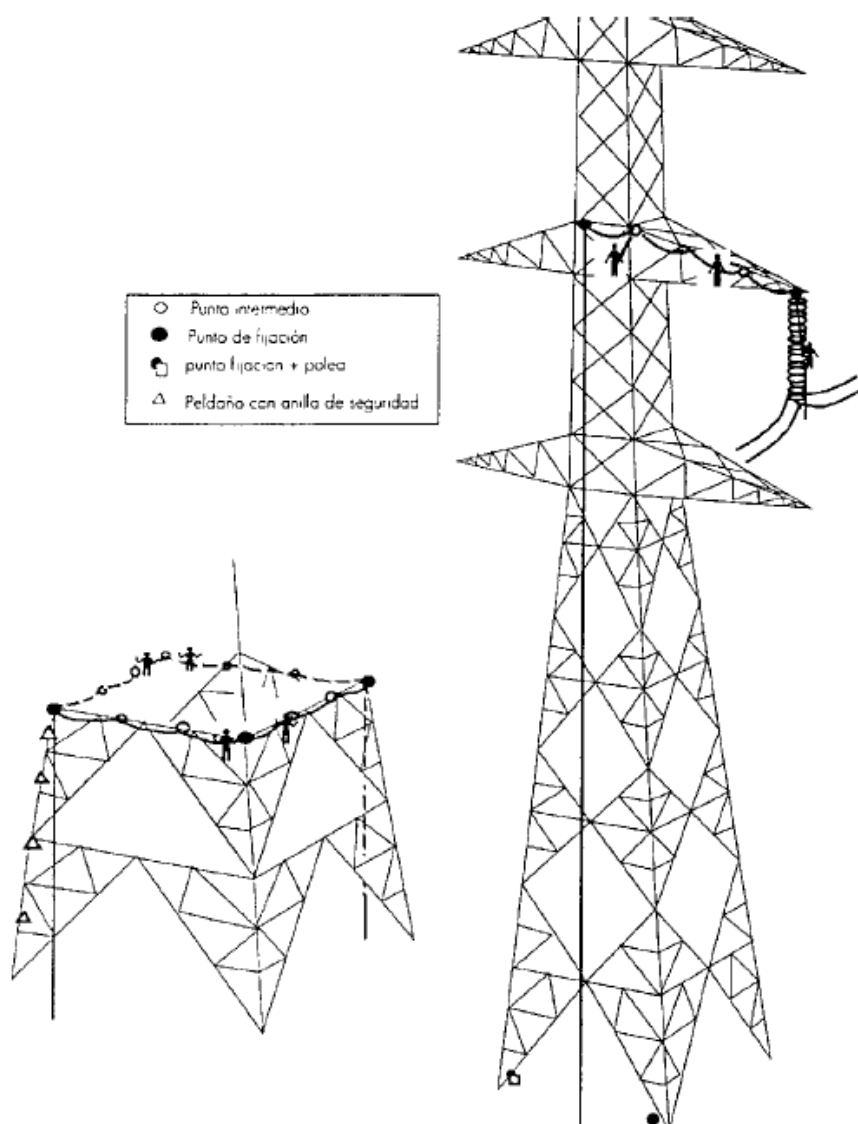


instalado Puntos Intermedios los recuperará en el descenso. El material es recogido y guardado cuidadosamente en sus sacos de transporte, evitando que sufra desperfectos.

UTILIZACIÓN DE LA LÍNEA DE SEGURIDAD CLÁSICA

Se utiliza cuando la intervención en el apoyo requiere de varios operarios para trabajar en la misma actividad. Esta instalación, una vez fijada, permite a todos los operarios acceder, desplazarse, efectuar su trabajo y descender del lugar de intervención permanentemente asegurado.

Fase De Instalación

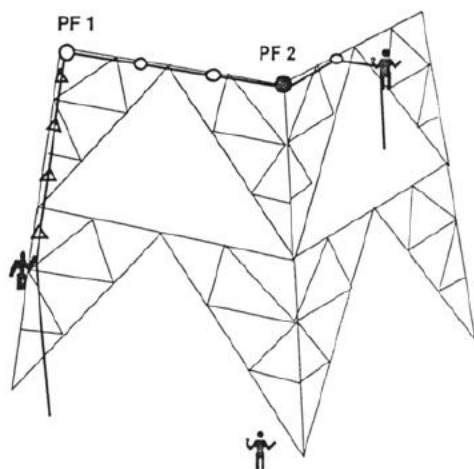


Las operaciones a realizar para la instalación de la Línea de Seguridad Clásica son inicialmente las mismas que se han descrito para la Línea de Seguridad Simple con las siguientes variaciones:

Cuando el primer operario llega a la altura donde se ha de trabajar e inicia sus desplazamientos en horizontal, colocan un Punto de Fijación en el montante y Puntos Intermedios en las diagonales, pasando la cuerda por cada uno de ellos.



Una vez alcance el segundo montante, el primer operario coloca PF2 y se anda con su cabo de anclaje doble, suelta la cuerda del arnés y la ata con un nudo en ocho en el PF2, dejando cuerda libre.

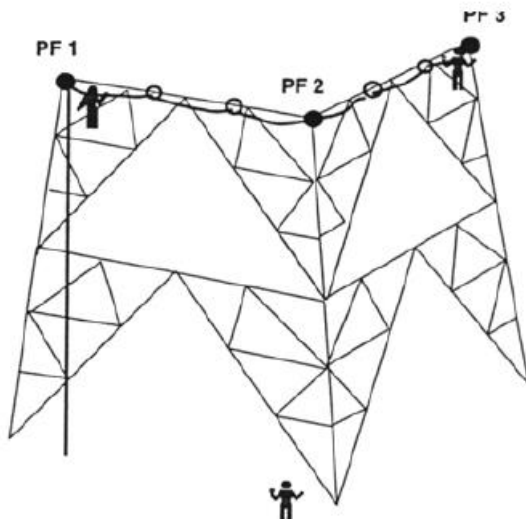


El operario se desplaza hasta el tercer montante (o punta de cruceta) con el extremo libre de la cuerda, haciendo uso de un dispositivo deslizante para instalar PF3.

Al mismo tiempo el segundo operario inicia el ascenso con un dispositivo deslizante va liberando la cuerda del mosquetón o del peldaño de seguridad.

Una vez en el plano de trabajo, se anda con su cabo de anclaje doble al PFI, se suelta de la cuerda y la ata con un nudo en ocho al mosquetón del PFI. El primer operario ha llegado a PF3 y realiza otro nudo.

En este momento LA LINEA DE SEGURIDAD QUEDA INSTALADA y hay tres tramos independientes, uno vertical y dos horizontales.



Fase De Utilización

Período durante el cual cada operario puede, desplazándose a lo largo de la Línea de Seguridad acceder, trabajar y descender del apoyo permanentemente asegurado. La forma de autoasegurarse sobre la cuerda será diferente según sea el desplazamiento a efectuar.



Fase De Recuperación

El penúltimo operario deshace los PF2 y PF1 y prepara la cuerda para el último pasándola por los peldaños de seguridad o por los Puntos Intermedios verticales mientras desciende con un dispositivo deslizante.

El último operario, situado en PF3, se ata la cuerda directamente al anclaje ventral de su arnés y desciende como en la Línea de Seguridad Simple. Si el trabajo ha de continuar deja instaladas los Puntos Intermedios y de Fijación de arriba para no instalarlos de nuevo.

Cuando el último operario llega al suelo, LA LINEA DE SEGURIDAD QUEDA DESINSTALADA.

El material es recogido y guardado cuidadosamente en el saco de transporte o en el contenedor del vehículo, evitando que sufra desperfectos.

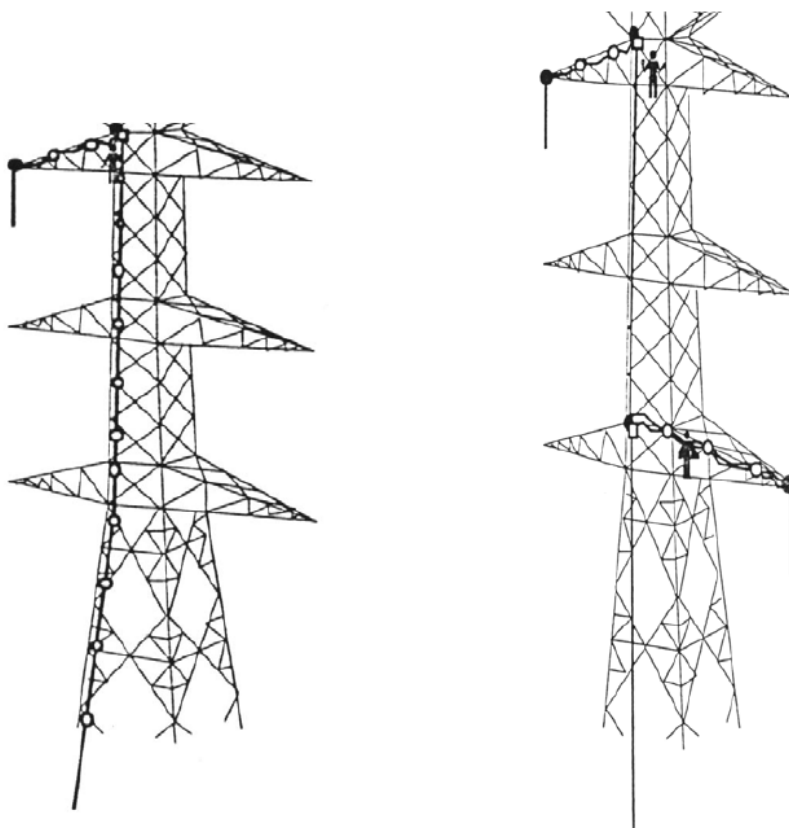
UTILIZACIÓN DE LA LÍNEA DE SEGURIDAD RAMIFICADA

Se utiliza cuando la intervención sobre el apoyo, requiere de varios operarios para trabajar en distintas actividades.

Fase De Instalación

Supongamos el caso de una intervención simultánea en dos crucetas. El primer operario subirá hasta la cruceta superior e instala una Línea de Seguridad Clásica.

En este momento La Línea de Seguridad queda instalada en dos tramos, uno horizontal y uno vertical. El segundo operario asciende hasta la unión del fuste con la cruceta inferior.



Una vez situado en la cruceta, realiza un nudo en ocho en el Punto de Fijación y se desplaza arrastrando con su dispositivo deslizante la cuerda del ramal descendente. En el extremo de



la cruceta, coloca otro Punto de Fijación y fija la cuerda. Vuelve a la unión fuste - cruceta y fija el ramal descendente mediante un nudo.

En este momento LA LINEA DE SEGURIDAD QUEDA INSTALADA en sus dos tramos horizontales y en sus dos tramos verticales.

Fase De Utilización

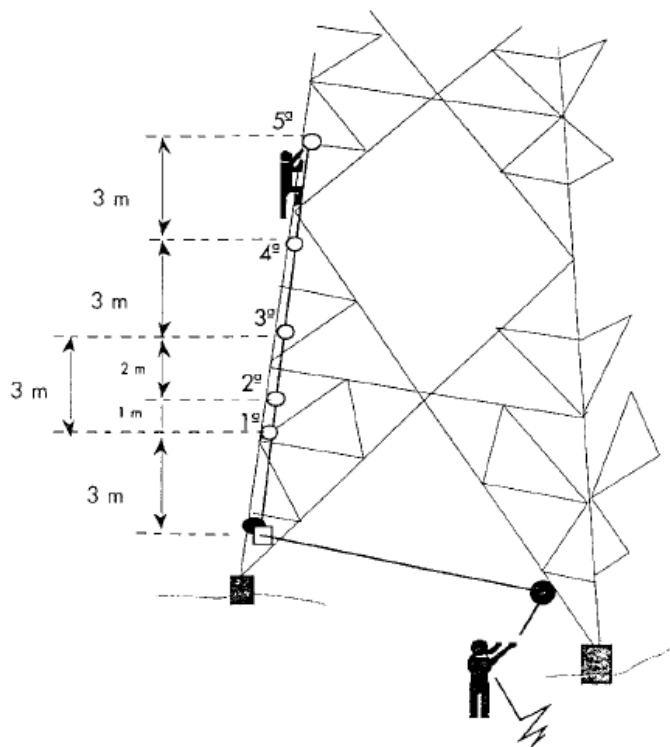
Igualmente que en la Línea de Seguridad Clásica, en esta fase, los operarios se desplazan a lo largo de la Línea de Seguridad hasta los diferentes puntos de trabajo, permanentemente autoasegurados.

Fase De Recuperación

Los pasos a seguir son los mismos que para la Línea de Seguridad Clásica, retirando en primer lugar el último ramal instalado. El penúltimo operario inicia el descenso y vuelve a pasar la cuerda por los puntos intermedios o por los peldaños con anilla de seguridad.

Cuando el último operario llega al suelo, LA LINEA DE SEGURIDAD QUEDA DESINSTALADA. El material es recogido y guardado cuidadosamente en el saco de transporte o en el contenedor del vehículo, evitando que sufra desperfectos.

ESQUEMA DE INSTALACIÓN DE LA LÍNEA DE SEGURIDAD



3.2.2.12. Trabajos de tendido y regulado del conductor

RIESGOS

- Caídas de personas al mismo nivel.



- Caídas de personas a distinto nivel.
- Caídas de objetos.
- Choques y golpes.
- Maquinaria automotriz y vehículos.
- Atrapamientos.
- Sepultamiento.
- Cortes.
- Contactos eléctricos.
- Sobreesfuerzos.
- Tráfico.
- Condiciones ambientales del puesto.

NORMAS DE ACTUACIÓN

Los riesgos derivados de trabajos en altura se resolverán manteniéndose el operario sujeto mediante arnés anticaída, tanto si se efectúan operaciones de ascenso, descenso o permanencia.

Los trabajadores deben encontrarse en perfectas condiciones físicas para este trabajo. De no ser así, habrá que sustituirlos por aquellos que puedan hacerlo con todas las garantías necesarias que requieren estas operaciones.

No se realizarán trabajos simultáneos en zonas superpuestas.

Únicamente serán admitidos en casos especiales, previo análisis de las condiciones que pudieran presentarse y disposición de las medidas de protección necesarias, que tiendan a eliminar los riesgos causados por la simultaneidad de actividades.

El manejo de materiales, herramientas u objetos se realizará de forma racional, debiendo impedirse esfuerzos superiores a la capacidad física de las personas. Se tendrá especial cuidado en la coordinación de movimientos, a objeto de evitar sobreesfuerzos y atrapamientos. En ningún caso las cargas a mano superarán los 25 Kg.

A criterio del responsable de los trabajos, las actividades de su personal serán suspendidas cuando las condiciones meteorológicas incidan negativamente en la seguridad de los trabajadores.

Se evitará realizar hogueras o fogatas en zonas de maleza o que presenten riesgo de incendios. Caso de ser imprescindible se limpiará el lugar de elementos combustibles en un radio de 2 m, debiendo estar vigilado el fuego continuamente. Al final de la jornada se apagará con agua o tierra.

NORMAS SOBRE TRANSPORTE Y ACOPIO DE MATERIALES

Los materiales se transportarán en la caja del vehículo en forma apilada y estable. No viajarán personas en la caja. El peso de la carga no superará la autorizada para el vehículo. Las cargas no sobresaldrán por los laterales, las que sobresalgan por la parte posterior serán señalizadas conforme al Código de Circulación.



La carga y descarga se realizará, previa inmovilización del vehículo que las transporta, preferiblemente con una grúa auxiliar o con la propia del camión. El gruista cuidará que ninguna persona permanezca en la cabina o en la caja del vehículo, excepto para conectar la carga.

El gruista en todo momento debe estar observando el movimiento de la carga. Si los laterales del camión le impidieran la visión de la carga, debe auxiliarse de una persona que le indique los movimientos, esta persona debe encontrarse en todo momento a la vista del gruista.

La anterior consideración sobre la visión de la carga se aplicará en el caso de grúa auxiliar.

El tiro, especialmente en el arranque, será siempre vertical. La carga se elevará lentamente hasta que quede suspendida.

El gruista observará que los movimientos de su máquina son suaves y continuos, tras cualquier brusquedad o movimiento incontrolado debe procederse a una revisión inmediata.

El gruista será el responsable de comprobar que la carga no exceda de lo permitido en la tabla de características de la grúa.

El acopio de materiales no debe interferir con la zona de evolución y paso de personal. La carga y descarga de bobinas se realizará por medios mecánicos, siempre que sea posible, o haciendo un muelle para que no caigan del camión al suelo.

Antes de descargar, se examinarán las cuñas, duelas, flejes y bridas de la bobina, para determinar cualquier deterioro de éstas o del conductor. Para descargarlas con grúa se usará un tubo o barra a través del agujero central.

Se empleará una barra separadora desbordante (sobre el borde), cuando se eleve la bobina, para prevenir el doblado de las bridas o machacar el conductor. Nunca debe transportarse una bobina pasando la cadena o cable por los bajos, o con la eslinga alrededor de las duelas.

Las bobinas se calzarán adecuadamente para evitar que puedan rodar libremente y accidentar a alguien. Las bobinas deberán rodarse (girarse) lo menos posible. Cuando haya que rodar las bobinas llenas, deberá hacerse según la indicación de la flecha que lleva grabado en el lateral de las bridas. Todas las puntas o grapas de embalaje se arrancarán inmediatamente.

EMPLAZAMIENTO DE LA MAQUINARIA DE TENDIDO

Se buscarán los lugares más idóneos, que puedan cumplir las condiciones de:

- Buenas salidas de los cables conductores y pilotos.
- Que no cargue mucho el apoyo de línea. (La distancia horizontal entre la maquinaria y el apoyo, ha de ser más de 2 veces la altura del apoyo).
- En casos especiales se atirantarán las crucetas en sentido vertical aunque es recomendable cambiar a otro emplazamiento en caso de cargar mucho la torre.
- En la ubicación del freno se tendrá en cuenta el espacio necesario para las bobinas del conductor, debiendo situar las bobinas de tal forma que el cable entre en el freno sin forzar.
- Se arriostrará bien la máquina de freno.



- Los anclajes para las máquinas de tendido se colocarán en la dirección que marca el enganche de éstas.
- Se preverán los anclajes para los cables una vez se hayan tendido.
- Las máquinas estarán dotadas de puesta a tierra, se conectarán a un electrodo clavado cerca de dicha máquina.

TENDIDO DEL PILOTO

Este cable se puede tender a mano, con tractor o con cualquier medio práctico que aconsejen las circunstancias, sin más limitaciones en cuanto a la operación en sí que los impedimentos físicos del terreno y la normal precaución para reducir los daños en las servidumbres de paso. Antes de colocar las poleas de tendido en las cadenas de aisladores, es fundamental revisar sus bulones o tornillos, eje de la polea, pestañas y canal.

El trabajo a realizar consiste en preparar bobinas de piloto en caballetes, desenrollar, tender, pasar por poleas y empalmar piloto de tendido.

Si a lo largo de una serie es factible utilizar vehículos se tirará con ellos del piloto, en caso contrario puede tenderse un piloto ligero (cuerda) en toda la longitud de la serie, haciendo servir dicho piloto ligero para tender el piloto principal, tirando de aquel con el cabrestante principal u otro más pequeño.

A medida que vaya saliendo el piloto de las bobinas se inspeccionará para comprobar su buen estado, sobre todo en lazadas, ingeridos, etc. Se vigilará la comunicación entre el equipo de tendido, con el de la bobina piloto, debe existir un buen medio de comunicación entre los equipos.

Se extremará el cuidado con los bucles de piloto que puedan formarse, cuidando que nadie se meta dentro de ellos. Para frenar la bobina de piloto se aconseja un freno mecánico con mando manual. No se permite frenar haciendo palanca con palos o cosa similar.

TENSADO Y ELEVADO DEL PILOTO

Antes de levantar el piloto se habrá procedido a unir los tramos de que constan las bobinas de piloto mediante ochos o giratorios. Cuando se vayan a emplear se revisarán para comprobar su estado. Para su colocación se emplearán las herramientas adecuadas, no estando permitido golpearlos o forzarlos.

Si hay algún enganche del piloto se maniobrá mediante útil adecuado (cuerda o pértiga). Si hace falta se mandará parar el cabrestante para facilitar la maniobra. Queda prohibido subirse a los árboles u otros obstáculos para desenganchar cables pilotos, así como desengancharlos con las manos cuando el enganche es a ras del suelo.

TENDIDO DE CABLE DE TIERRA Y CONDUCTOR

Es deseable que el primer cable a tender sea el de tierra, por apantallamiento y en evitación de roces con los conductores de fases. Entre el cable piloto y el conductor a tender se colocará un dispositivo giratorio para que no se transmita torsión del piloto al conductor.

Los cables se frenarán mediante un freno adecuado al tense que debe aplicarse, manteniéndolos a una distancia adecuada sobre el suelo para el paso de personas y vehículos.



Se distribuirá personal por toda la serie o cantón, de tal forma que puedan controlar el posterior avance del cable por los apoyos, detectando cualquier anomalía lo antes posible para que no pueda provocar roturas o accidentes. Este personal dispondrá de un sistema de comunicación con el emplazamiento del cabrestante y del freno.

Antes de poner en funcionamiento el sistema de tiro se graduará el limitador de carga del cabrestante, al tense máximo permitido que garantice no sean dañados los apoyos, con el fin de que si hay algún enganche, actúe el dispositivo y no rompamos una cruceta. Es imprescindible que este dispositivo exista y esté siempre en funcionamiento. Debe ser probado al comenzar el tendido.

El freno se irá graduando regularmente hasta que el conductor llegue a un punto ideal de altura. Una vez levantado el piloto y habiendo cargado previamente el freno con el cable conductor, se procederá a arriar el freno al mismo tiempo que el cabrestante de tiro se pone en marcha.

Mientras esté funcionando el sistema es muy peligroso introducir manos, barras, etc. en partes móviles, engranajes, bobinas, tambor de freno, etc. por el riesgo de atrapamientos, por tanto queda prohibido tocar máquinas que estén en funcionamiento. En caso de necesidad se mandará parar la máquina para subsanar cualquier anomalía que surja.

En caso de descarrilamiento, la maniobra de engarzar la efectuarán como mínimo dos personas. Durante este trabajo el operario que baje a la polea desde la cruceta a poner bien el piloto o cable, nunca se apoyará en él pues un leve movimiento del conductor le puede atrapar las piernas.

También durante la maniobra citada, tanto el personal del freno con el del cabrestante estarán pendientes y comunicados con el personal que la esté efectuando. Si durante el tendido un cable ha de tocar en algún punto que sea difícil de salvar, se colocarán poleas para que el cable pase por ellas.

En cruces de carreteras, FFCC y caminos se mantendrán las alturas reglamentadas en el apartado de cruzamientos.

REALIZACIÓN DE EMPALMES A COMPRESIÓN

La operación de realizar empalmes requiere que previamente se haya bajado el cable hasta el suelo, para ello se aprovechará como anclaje el vehículo que lleve la brigada. Nunca se emplearán como anclajes, árboles u otros objetos naturales.

La maniobra de aflojar el cable se hará lentamente, comprobando que en todo momento el vehículo retire bien la fase. En caso de duplex o triplex se bajará cable a cable para trabajar con más seguridad.

Para aflojar el cable a un lado y otro de la camisa se utilizarán dos ranas, dos poleas y un cabrestante, pudiendo hacerse con el mismo vehículo que está sosteniendo. En la operación de efectuar el empalme, se extremarán los cuidados para una buena ejecución de éste. Se pondrá el máximo esmero tanto en la limpieza de los accesorios del empalme como en la comprensión de éste, comprobando la medida entre caras.



En los empalmes a compresión, sólo se permite dar una pasada por empalme. En caso de haberse comprimido deficientemente con una pasada, éste se rechazará debiéndose efectuar otro. El jefe de equipo deberá saber las matrices que debe emplear para los empalmes así como estar al corriente de las grapas adecuadas al cable empleado.

En el caso de que los empalmes queden cerca de un apoyo y se haga muy difícil la ejecución de éstos por el método convencional se puede adoptar el sistema de bajar cables en uno o dos apoyos y entonces hacer las maniobras normales descritas anteriormente. Para bajar los cables se tendrá en cuenta lo siguiente:

- Se bajarán los cables por crucetas enteras, es decir, primero un lado de cruceta y después el otro, y así sucesivamente.
- Como la maniobra de bajar cables la podemos considerar larga, recorriendo 15 a 30 m, según la altura de apoyos, ésta se efectuará con cabrestantes.
- Nunca el reenvío irá desde la punta de cruceta a tierra, es peligroso. Se pondrá polea de reenvío en el cuerpo de la torre a la altura del piso de la cruceta en que estamos trabajando.
- Para subir cables la maniobra se hará de igual modo.

CRUZAMIENTOS DE CAMINOS, LÍNEAS DE B.T. Y TELEFÓNICAS

El tendido de conductores sobre estas infraestructuras se realizará instalando una protección que evite la interferencia del cable a tender o del piloto con estos elementos, ya sea por descenso o caída del cable.

PROTECCIONES A INSTALAR SOBRE CAMINOS, LÍNEAS DE B.T. Y TELEFÓNICAS

- Se efectuarán con protecciones clásicas de madera.
- Se permite instalar una sola hilera de pies derechos.
- Las protecciones de madera para líneas de B.T., sobrepasarán la parte más alta de la línea en 1,50 m como mínimo y se situarán lo más próxima posible a la citada línea.
- Cada pie derecho estará formado por un sólo poste. No se podrán ensamblar dos postes.
- Las protecciones de madera para caminos se colocarán a una distancia del borde del camino de 1 m como máximo.

CRUZAMIENTOS DE CARRETERAS, AUTOPISTAS Y FERROCARRILES SIN ELECTRIFICAR

El tendido de conductores sobre estas infraestructuras se realizará instalando previamente una protección que evite la interferencia del cable a tender o del piloto con la circulación vial, ya sea por descenso o por caída del cable.

A) Protecciones clásicas de madera.

La longitud de los pies derechos a utilizar ($8 \div 12$ m) ha de dejar un gálibo libre sobre la vía de circulación al menos de 7 m, salvo que en la autorización del MOPT o RENFE se especifique otra cosa.

La protección ha de instalarse entre 2 y 3 m de los bordes de la vía de circulación. Autopistas y autovías se considerarán como dobles carreteras.

B) Protecciones de estructuras metálicas.

La altura de las estructuras a utilizar ($8 \div 20$ m) ha de dejar un gálibo sobre la vía de circulación al menos de 7 m, salvo que en la autorización del MOPT o RENFE se especifique otra cosa. La



protección ha de soportar el impacto mecánico de una caída del cable a fin de que no pueda afectar a la circulación vial.

Se colocarán señales de obra, de limitación de velocidad y de gálibo de altura, adecuadas al tipo de vía. La protección se centrará en la vertical del cable a tender.

La protección dispondrá de los siguientes elementos:

1. **Pies derechos.** Se dispondrán paralelos a la carretera y la anchura total de la protección será tal que proyectada sobre la perpendicular del conductor a tender supere los 10 m.
2. **Travesaños.** Debe conseguirse una trabazón eficaz entre un travesaño y los pies derechos que lo sustentan.
3. **Riostras laterales.** La disposición de estos vientos se hace en general por pares.
4. **Riostras en techo.** Los pies derechos de una hilera irán arriostrados por pares.
5. **Malla de cuerda.** Se instalarán cuerdas que formen malla de no más de 2 m de cuadrícula sobre carreteras nacionales, autopista y autovías.

Las dimensiones de los elementos que componen la protección dependen del peso del cable, de la longitud del vano a tender y de las cotas de amarre de las crucetas.

CRUZAMIENTOS DE LÍNEAS DE A.T. Y FERROCARRILES ELECTRIFICADOS. ESTADO DE ESTAS INSTALACIONES

En el tendido de conductores sobre estas infraestructuras se dispondrán las líneas cruzadas obligatoriamente según el siguiente orden preferente:

1º) Con la instalación cruzada en descargo durante toda la duración del tendido de la bobina, desde el montaje de poleas hasta el amarre del conductor. En consecuencia se precisa coordinar los descargos de las instalaciones cruzadas con el periodo de duración del tendido. Se instalará una protección que resista el impacto mecánico de una caída del cable a fin de no dañar la línea cruzada.

2º) Pasando la línea cruzada a subterránea. Es preciso obtener la autorización pertinente de la Empresa Propietaria. Vanos muy largos (más de 200 m) hacen inviable esta opción.

3º) Con la instalación cruzada en tensión durante la duración del tendido. Se instalará una protección que evite el descenso del conductor a tender y resista el impacto mecánico de una caída, a fin de evitar el riesgo eléctrico y de no dañar la línea. Sólo las líneas de M.T. permiten, por su altura, la colocación de esta protección. Para instalar esta protección es necesario poner la línea cruzada en descargo o bien realizarla con técnicas de trabajo en tensión por personal homologado.

Se solicitará un Régimen Especial de Explotación para la línea cruzada. Las poleas del vano de cruzamiento serán de aluminio o tendrán un sistema que permita poner a tierra el cable a



través de la polea. Se instalarán tomas de tierra rodantes a la salida del freno y a la entrada de la máquina de tiro.

PROTECCIONES A INSTALAR SOBRE INSTALACIONES EN DESCARGO DURANTE TODA LA DURACIÓN DEL TRABAJO

A) Protecciones clásicas de madera.

Dada la limitación en altura de los postes de madera sólo es posible su instalación si la línea cruzada está a menos de 10 m de altura.

B) Protecciones mediante estructuras metálicas de celosía.

Con estas protecciones pueden protegerse líneas más altas, sin embargo no es recomendable emplear estructuras de más de 20 m de altura. Si ninguna de estas protecciones puede instalarse, dados sus condicionantes, se bajarán los conductores de la línea cruzada hasta el suelo para protegerlos de una posible caída del cable a tender, con conocimiento de la Empresa Propietaria.

La protección dispondrá de los siguientes elementos:

1. **Pies derechos.** Se dispondrán paralelos a la línea a cruzar y la anchura total de la protección será tal que proyectada sobre la perpendicular de la línea a tender supere los 10 m.

2. **Travesaños.** Debe conseguirse una trabazón eficaz entre los travesaños y los pies derechos.

3. **Riostras laterales.** Se dispondrán vientos individuales para cada pie derecho.

4. **Riostras en techo.** Los pies derechos de una hilera irán arriostrados con sus parejos de la hilera opuesta.

La altura de la protección estará 0,5 m por encima de la línea cruzada. La protección se centrará en la vertical del cable a tender. Las dimensiones de los elementos que componen la protección dependen del peso del cable, de la longitud del vano a tender y de las cotas de amarre de las crucetas.

PROTECCIONES A INSTALAR SOBRE INSTALACIONES DE TENSIÓN DURANTE TODA LA DURACIÓN DEL TRABAJO

A) Protecciones clásicas de madera.

Dada la limitación en altura de los postes de madera sólo es posible su instalación si la línea cruzada está a menos de 9 m de altura. Para instalarla es necesario poner la línea cruzada en descargo.

B) Protecciones de estructuras metálicas.

Con estas protecciones pueden protegerse líneas más altas, sin embargo no es recomendable emplear estructuras de más de 20 m de altura. Para instalarla es necesario poner la línea cruzada en descargo. Si ninguna de estas protecciones puede instalarse, dadas sus limitaciones, es necesario tender con la línea cruzada en descargo durante todo el trabajo.

La protección dispondrá de los siguientes elementos:



1. Pies derechos. Se dispondrán paralelos a la línea a cruzar y la anchura total de la protección será tal que proyectada sobre la perpendicular de la línea a tender supere los 10 m.
2. Lateralmente los pies derechos se dispondrán al menos a 3 m de las fases más próximas de la línea cruzada. En altura la protección también estará al menos a 3 m por encima de la línea cruzada.
3. Travesaños. Debe conseguirse una trabazón eficaz entre los travesaños y los pies derechos que los sustentan (tornillo pasante, cable protegido, herraje especial, etc.).
4. Riostras laterales. La disposición de estos vientos se hace en general por pares para cada pie derecho.
5. Riostras en techo. Los pies derechos de una hilera irán arriostrados con sus parejos de la hilera opuesta.
6. Cable de salvaguarda. Los pies derechos de una hilera irán arriostrados entre sí, longitudinalmente, mediante un cable situado por debajo de los travesaños.
7. Red protectora en techo. Ha de disponerse una red que mantendrá una cuadrícula no mayor de 50 cm.
8. Pértigas separadoras. Se colocarán pértigas aislantes separadoras que fijen los conductores en tensión, impidiendo su aproximación a los pies derechos en caso de fuerte viento.

La protección se centrará en la vertical del cable de tierra.

Las dimensiones de los elementos que componen la protección dependen del peso del cable, de la longitud del vano y de las cotas de amarre de las crucetas.

CRITERIOS SOBRE DESCARGOS Y RÉGIMEN ESPECIAL DE LÍNEAS CRUZADAS

Una vez el Contratista haya levantado los croquis de cruzamientos e identificadas las líneas, los presentará a la Empresa Eléctrica con la propuesta de protecciones a instalar. El Contratista enviará la petición de descargo a los Despachos Técnicos de Explotación de las Empresas propietarias.

La entrega y devolución de la Zona Protegida y cualquier otra comunicación con los despachos de las empresas propietarias de estas líneas se efectuará entre el Contratista y la Empresa Eléctrica.

En las líneas cruzadas en descargo se dispondrán puestas a tierra, en el vano de cruzamiento, durante la duración de los descargos y hasta la devolución de éstos. Si el tendido se realizase con la línea cruzada en tensión y ésta no dispusiese de reenganchadores, en el Régimen Especial se expresará la necesidad de que no se reponga servicio sin comunicación previa.

CRITERIOS SOBRE FENÓMENOS DE INDUCCIÓN EN TRABAJOS DE TENDIDO



Para fenómenos de inducción electrostática (cruzamientos con otras líneas en tensión) ya han sido indicadas dos medidas a tomar:

- Puesta a tierra de las máquinas de tendido.
- Poleas no aislantes en los vanos de cruzamiento.
- Para los casos de inducción electromagnética (tendido paralelo en varios vanos a otra línea en tensión), se dispondrán puestas a tierra rodantes a la salida de las máquinas y en los vanos de cruzamiento.

Las normas de actuación serán siempre:

- Las puestas a tierra se colocan y retiran con pértigas aislantes.
- Nunca se cortará o empalmará un conductor sin haber colocado un puente falso o provisional.
- Dentro de los bucles formados por el conductor, las puestas a tierras y el suelo, el operario no establecerá con su cuerpo continuidad eléctrica entre el conductor y la torre.

CONDICIONES DEL REGULADO

Tanto si la regulación se lleva a cabo mediante tablillas de flechado o taquímetro, se prestará especial atención a la operación de flechar, estableciendo que no pueda haber confusiones que supongan sobreesfuerzos en máquinas o cables, que puedan provocar roturas.

Una vez marcadas las flechas se procederá al regulado de la serie o cantón. La máquina para el regulado tendrá que estar colocada a una distancia tal que no sobrecargue el apoyo de la línea. La distancia horizontal entre la máquina y el apoyo ha de ser como mínimo dos veces la altura del apoyo. Como medida preventiva se procederá al atirantado de la cruceta en sentido vertical.

En las maniobras de regulado, el personal de suelo estará apartado de la traza de los cables, para poder evitar posibles atrapamientos en el caso de escapes, roturas, etc. El personal que esté en lo alto de los apoyos, se situará en el centro de éstos mientras se está regulando.

Cuando se proceda a marcar los cables el operario lo hará amarrado a la cruceta, tanto si lo realiza desde ella como si tiene que salir al cable.

ENGRAPADO EN TORRES DE AMARRE

Una vez flechados los cables procederemos a efectuar el amarre en los apoyos preparados para ello. La operación puede efectuarse por varios procedimientos, todos ellos arriesgados por tener que trabajarse en altura y sobre los conductores, de forma que no se pierda la tracción del cable en el resto de la línea, salvo en el apoyo o en la zona de operación.

AMARRE AÉREO O COMPENSADO

Este se hará cuando en el tendido de los cables se han pasado uno o varios apoyos de amarres. En este caso por el apoyo pasan los cables como si fuese uno de suspensión pero como es lógico sin cadenas de este tipo.



Como se habrán regulado los cables pasado el amarre, en la punta de cruceta el tense estará compensado. Solamente hará falta retener los cables a un lado y otro del apoyo, cortar cables, bajarlos, hacer grapas, enganchar cadenas, subir otra vez y al fin aflojar la retenida.

Con este método en que se bajan los cables al suelo, teniendo cuidado en no descompensar los tenses, la maniobra es muy segura. Al cortar los cables se retendrán bien con el fin de que no se escapen o caigan. Si es posible se cortarán en el suelo. Los operarios que salgan a la cadena a preparar la maniobra se atarán a la cruceta.

A las crucetas de apoyo no se les tirará en sentido vertical en ningún caso. En todas las maniobras se procederá a poner una polea de reenvío al cuerpo de la torre, a la altura del piso de la cruceta en la cual se trabaja.

Si es posible se dotará a las crucetas de puntos de enganche auxiliares para anclaje de los aparejos o poleas. El personal de tierra estará pendiente del trabajo que se realiza arriba cuidando de no ponerse debajo de la zona de trabajo. Los equipos de tierra no colocarán máquinas para trabajar en la vertical de los operarios de arriba.

Al subir cadenas o bajar cables el capataz dará aviso de despejar la zona. Se empleará yugo auxiliar para subir cadenas. Los estrobados en herrajes, sobre todo en la zona de las grapas, se harán de tal forma que no supongan esfuerzos incorrectos en esos materiales. No se hará trabajar a cables o cuerdas sobre cantos vivos.

AMARRE CON ATIRANTADO

En este caso la torre es la final del cantón y tiene por un lado los cables y por el otro los atirantados (vientos). Podemos decir que el apoyo está compensado, por lo tanto podemos realizar el amarrado de los cables (a un lado) empleando el mismo método que en el caso anterior.

Posteriormente al querer amarrar la serie siguiente por el otro lado, se puede ver que los tenses horizontales quedan compensados pero los verticales quedan duplicados (a la componente vertical del cable ya amarrado más su atirantado, hay que añadir la componente del cable aregular más la del cable de tensado desde el tractor). Por tanto en este caso es imprescindible atirantar las crucetas en sentido vertical.

El tense del tirante de cruceta se calculará para el peso del vano de línea. Una vez regulado el segundo lado, tan pronto como se puedan retener los cables en la punta de cruceta, ya podremos quitar vientos.

Los operarios no se amarrarán al tirante sino a la cruceta. En caso de rotura del tirante, aunque la cruceta se deforme, su punto de amarre será estable. Se recomienda que con tenses elevados (4.000-5.000 kg) las cadenas no se enganchen con todo el tense, es preferible mantener una retenida a la altura del enganche del 50% del tense.

Se aconseja el empleo de aparejos con los suficientes reenvíos para que se pueda emplear poleas normales en los reenvíos de estas maniobras al suelo. Se tendrán en cuenta los esfuerzos resultantes de las maniobras para elegir las poleas adecuadas.

ENGRAPADO EN TORRES DE SUSPENSIÓN



En principio parece más fácil que los de amarre pero no hay que descuidarse pues el accidente puede aparecer. La instalación de las varillas de protección en el punto que ha de ir colocada la grapa de suspensión, con el objeto de reducir las vibraciones y reforzar el conductor, se hará colocándose el operario en una escalera suspendida, para evitar que tenga que posicionarse en el propio cable.

Para colocar las varillas, el cable tiene que quedar libre en la longitud que éstas ocupen y suspendido al mismo tiempo. Sería muy peligroso, para el operario que las coloca, que el dispositivo empleado para suspender el cable no fuera seguro.

El recorrido de la maniobra para hacerse con el cable y poderlo engrapar es relativamente corto, por lo tanto se puede emplear una herramienta que sea lo menos pesada posible. El pull-iff es la herramienta ideal pues permite por un lado que se retenga en la punta de la cruceta y por otro se coja al cable.

En caso de empleo de cabrestante o aparejo para suspender los cables, no se tirará del reenvío directamente hacia el suelo, se hará pasar a través del cuerpo de la torre. Para mayor comodidad los operarios usarán escaleras auxiliares, pero estarán atados a la cruceta aunque usen escalera.

COLOCACIÓN DE ACCESORIOS

Se puede decir que la colocación de los diversos accesorios en los cables presentan prácticamente los mismos riesgos que hemos podido hasta ahora plantear, derivados de la salida del operario a los cables.

ANTIVIBRADORES

Es aconsejable que esta colocación se haga cuando se acaba de engrapar pues la instalación de las escaleras auxiliares puede servir perfectamente para este menester en caso contrario, obligaría a montar otra vez el sistema siendo en mucho casos colocados sin las debidas condiciones de seguridad por la pereza de montar las escaleras o herramienta auxiliar adecuada. Los operarios estarán además atados a la cruceta cuando bajen a los cables.

INSPECCIONES DE SEGURIDAD

Al inicio de los trabajos y posteriormente con periodicidad trimestral se inspeccionarán los accesorios de izado. Se rechazará el material que ofrezca duda sobre su garantía de seguridad.

Se comprobarán al menos los aspectos siguientes:

Martillos, Mazas, Punteros, Palanquillas, Granetes.

- Los mangos estarán en perfectas condiciones y bien ajustados.
- Estarán exentos de rebabas.
- Sus dimensiones serán adecuadas al trabajo a realizar



Se comprobará que son poleas con cojinetes de bolas o rodillos, que rueden bien y estén correctamente engrasados.

- Obligatoriamente dispondrán de pasadores con grupillas.

Ranas.

- Los grilletes estarán en buenas condiciones.
- Deben estar bien engrasadas en sus partes móviles.
- Serán las adecuadas al cable a sujetar.
- Se comprobará el apriete que hace sobre el cable.

Camisas de Punta y Centro.

- Se rechazarán las camisas que tengan hilos rotos.
- Se utilizarán únicamente las adecuadas a cada cable.
- Las puntas se asegurarán mediante retenciones.

Cangrejos.

- Se revisarán antes de su empleo, comprobando su correcto estado.
- Se disminuirá la velocidad de tendido cuando el cangrejo esté pasando por la polea.

Grilletes y Tensores.

- Únicamente se utilizarán los que no estén deformados, ni tengan el bulón torcido.
- Se comprobará que el bulón que lleve rosca aprieta a tope.
- Las que no sean de rosca, se asegurarán obligatoriamente mediante grupilla.
- Las roscas no estarán dañadas.
- Estarán marcados con su carga de trabajo.

Giratorios.

- Se desmontarán periódicamente para revisión de sus rodamientos, troquelándoles la fecha de dicha revisión.
- Se utilizarán únicamente los apropiados al cable y a la tensión de tendido.

Trócolas y Pastecas.

- Se revisarán periódicamente, y siempre antes de su utilización, rechazando las que estén defectuosas.
- Serán siempre de gancho cerrado.
- Estarán marcadas con su carga de trabajo.
- Se revisarán periódicamente, y siempre antes de su utilización, rechazando los que estén defectuosos.
- Se revisará el estado de las mordazas, del cable y del gancho.

Estrobos y Eslingas.



- Se comprobará su estado general.
- Deben tener indicada su carga de trabajo.
- Las uniones y guardacabos estarán en buen estado.

Cables

- Se conocerá su carga de trabajo en tiro directo.
- No presentarán cocas, deformaciones o señales de corrosión.
- Se desecharán aquellos que se observen con alambres rotos.

Cuerdas.

- No tendrán nudos. Un nudo disminuye su resistencia en un 50%.
- No presentarán roturas de fibras o desgastes por abrasión.
- Se colocarán cuando tengan que trabajar sobre aristas vivas

Trácteles y Pull-lift.

4. Maquinaria a emplear

4.1. Retroexcavadora

RIESGOS ASOCIADOS A ESTA ACTIVIDAD

Los riesgos asociados a esta actividad serán:

- Caídas al mismo nivel
- Caídas a distinto nivel
- Caída de objetos en manipulación
- Choque contra objetos móviles/inmóviles
- Atrapamiento por vuelco de máquinas o vehículos
- Exposición a ambientes pulvígenos
- Atropellos o golpes con vehículos
- Contactos eléctricos

MEDIDAS DE PREVENCIÓN A APLICAR

- Todos los aparatos de elevación y similares empleados en las obras satisfarán las condiciones generales de construcción, estabilidad y resistencia adecuadas y estarán provistos de los mecanismos o dispositivos de seguridad para evitar:
 - La caída o el retorno brusco de la jaula, plataforma, cuchara, cubeta, pala, vagoneta o, en general, receptáculo o vehículo, a causa de avería en la máquina, mecanismo elevador o transportador, o de rotura de los cables, cadenas, etc., utilizados.
 - La caída de las personas y de los materiales fuera de los citados receptáculos y vehículos o por los huecos y aberturas existentes en la caja.
 - La puesta en marcha, fortuita o fuera de ocasión, y las velocidades excesivas que resulten peligrosas.



- Toda clase de accidentes que puedan afectar a los operarios que trabajen en estos aparatos o en sus proximidades.
- Todos los vehículos y toda maquinaria para movimiento de tierras y para manipulación de materiales deberán:
 - Estar bien proyectados y contruidos, 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 tratará de realizar ajustes con la máquina en movimiento o con el motor en funcionamiento.
- 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.
- La cabina estará dotada de extintor de incendios.
- El inicio de las maniobras se señalará y se realizarán con extrema precaución.

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL A UTILIZAR

Los equipos de protección a utilizar serán:

- Casco de seguridad contra choques e impactos (cuando se abandone la cabina)
- Botas de seguridad con puntera reforzada y suela antideslizante
- Guantes de trabajo
- Gafas de protección contra ambientes pulvígenos (si la cabina no es hermética)
- Mascarilla de protección contra ambientes pulvígenos (si la cabina no es hermética)
- Cinturón de banda ancha de cuero para las vértebras dorsolumbares
- Ropa de protección para el mal tiempo



4.2. Grúa

RIESGOS ASOCIADOS A ESTA ACTIVIDAD

Los riesgos asociados a esta actividad serán:

- Caídas al mismo nivel
- Caídas a distinto nivel
- Caída de objetos en manipulación
- Choque contra objetos móviles/inmóviles
- Atrapamiento por vuelco de máquinas o vehículos
- Atropellos o golpes con vehículos
- Contactos eléctricos

MEDIDAS PREVENTIVAS A APLICAR

- 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 su transporte 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 las 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, 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 tablonés, 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.

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL A UTILIZAR

Los equipos de protección a utilizar serán:

- Casco de seguridad contra choques e impactos (cuando se abandone la cabina)
- Botas de seguridad con puntera reforzada y suela antideslizante
- Guantes de trabajo
- Gafas de protección contra ambientes pulvígenos (si la cabina no es hermética)
- Mascarilla de protección contra ambientes pulvígenos (si la cabina no es hermética)
- Cinturón de banda ancha de cuero para las vértebras dorsolumbares
- Ropa de protección para el mal tiempo

4.3. Martillo hidráulico

RIESGOS ASOCIADOS A ESTA ACTIVIDAD

Los riesgos asociados a esta actividad serán:

- Caídas al mismo nivel
- Caídas a distinto nivel
- Caída de objetos en manipulación



- Atrapamiento por vuelco de máquinas o vehículos
- Golpes por objetos o herramientas

MEDIDAS PREVENTIVAS A APLICAR

- Todos los aparatos de elevación y similares empleados en las obras satisfarán las condiciones generales de construcción, estabilidad y resistencia adecuadas y estarán provistos de los mecanismos o dispositivos de seguridad para evitar:
 - La caída o el retorno brusco de la carga por causa de avería en la máquina, mecanismo elevador o transportador, o de rotura de los cables, cadenas, etc., utilizados.
 - La caída de las personas y de los materiales fuera de los receptáculos habilitados a tal efecto.
- La puesta en marcha de manera fortuita o fuera de lugar en estos aparatos o en sus proximidades.
- Antes de comenzar el trabajo se comprobará el estado de los accesorios de seguridad, así como del cable de suspensión de cargas y de las eslingas a utilizar.
- El anclaje del maquinillo al forjado se realizará siguiendo un método seguro y eficaz que impida la caída o vuelco del aparato durante alguna de las operaciones a las que será sometido.
- Por ejemplo, se podrá realizar mediante abrazaderas metálicas a puntos sólidos del forjado, a través de sus patas laterales y traseras.
- No se permitirá la sustentación del maquinillo por contrapeso, como por ejemplo con bidones llenos de arena u otro material.
- La toma de corriente se realizará mediante una manguera eléctrica antihumedad dotada de conductor expreso para toma de tierra. El suministro se realizará bajo la protección de los disyuntores diferenciales del cuadro eléctrico general.
- Diariamente se revisará el buen estado de la puesta a tierra de la carcasa de los maquinillos.
- Los maquinillos deberán estar dotados de:
 - Dispositivo limitador del recorrido de la carga en marcha ascendente.
 - Gancho con pestillo de seguridad.
 - Carcasa protectora de la maquinaria con cierre efectivo para el acceso a las partes móviles internas. En todo momento estará instalada al completo.
 - En todo momento podrá leerse en caracteres grandes la carga máxima autorizada para izar, que coincidirá con la marcada por el fabricante del maquinillo.
 - Todos los maquinillos que incumplan alguna de las condiciones descritas quedarán de inmediato fuera de servicio.
- Se instalará una argolla de seguridad en la que anclar el fiador del cinturón de seguridad del operario encargado del manejo del maquinillo.
- Se prohíbe expresamente anclar los fiadores de los cinturones de seguridad a los maquinillos instalados.
- Se instalará junto a cada maquinillo a montar un rótulo con la siguiente leyenda: "SE PROHÍBE ANCLAR EL CINTURÓN DE SEGURIDAD A ESTE MAQUINILLO".
- Se realizará un mantenimiento semanal de los maquinillos.



- Estará prohibido arrastrar cargas por el suelo, realizar tirones sesgados, dejar cargas suspendidas con la máquina parada o intentar levantar cargas sujetas al suelo o algún otro punto, por ser maniobras peligrosas e inseguras.
- Se acotará la zona de carga en planta en un entorno de dos metros, en prevención de daños por desprendimientos de objetos durante el izado.
- No permanecerá nadie en la zona de seguridad descrita anteriormente durante la maniobra de izado y descenso de las cargas.
- Se instalará junto a la zona de seguridad para carga y descarga mediante maquinillo, una señal de “PELIGRO. CAÍDA DE OBJETOS”.
- Se prohíben expresamente las operaciones de mantenimiento sin desconectar antes el maquinillo de la red eléctrica.
- Además de las barandillas con que cuenta la máquina, se instalarán barandillas que serán de material rígido, de una altura mínima de 90 centímetros y dispondrán de una protección que impida el paso o deslizamiento por debajo de las mismas o la caída de objetos sobre personas.
- La carga estará correctamente colocada sin que pueda dar lugar a basculamientos.
- Al término de la jornada de trabajo, se pondrán los mandos a cero, no se dejarán cargas suspendidas y se desconectará la corriente eléctrica en el cuadro secundario.
- Todos los movimientos del maquinillo elevador se realizarán desde la botonera y por personal competente, ayudados, si fuese necesario, por el señalista.

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL A UTILIZAR

Los equipos de protección a utilizar serán:

- Casco de seguridad contra choques e impactos
- Guantes de trabajo
- Botas de seguridad con puntera reforzada y suela antideslizante
- Arnés de seguridad de sujeción
- Ropa de trabajo para el mal tiempo

4.4. Cortadora de ladrillo y material cerámico

RIESGOS ASOCIADOS A ESTA ACTIVIDAD

Los riesgos asociados a esta actividad serán:

- Golpes/Cortes por objetos y herramientas
- Proyección de fragmentos o partículas
- Exposición al ruido
- Exposición a ambientes pulvígenos
- Atrapamientos por o entre objetos

MEDIDAS DE PREVENCIÓN A APLICAR

- Se deberá observar que la máquina esté mecánicamente bien construida, que sea robusta para evitar vibraciones y que esté provista de las protecciones adecuadas a la clase de trabajo a realizar.



- Los órganos de accionamiento o motor deberán ir a cubierto en sitio accesible.
- El dispositivo de puesta en marcha y parada deberá estar situado fácilmente al alcance del operario y, de tal forma, que resulte imposible pueda ponerse en marcha accidentalmente
- Siempre que sea posible se deberá hacer una alimentación automática de la máquina.
- La hoja de la sierra deberá ser de acero de calidad excelente, bien calibrada y tensada de forma que no se deforme por calentamiento durante el trabajo.
- El dentado habrá de escogerse según la clase de material a cortar.
- Los dientes se habrán de afilar cuidadosamente procurando que sus fondos queden redondeados para evitar que se agriete la hoja.
- La velocidad fijada por los constructores no deberá sobrepasarse. Las hojas de mayor diámetro se accionarán a menor número de revoluciones.
- Toda hoja oxidada, alabeada, defectuosa o mal afilada es un peligro y deberá desecharse.
- Sobre el plato porta-sierras la hoja deberá quedar bien ajustada y prieta para que no se descentre ni pueda moverse durante el trabajo. Habrá de quedar en posición perpendicular exacta respecto al árbol de la máquina.
- Las protecciones habrán de impedir todo contacto con la hoja de la sierra.
- Sobre la mesa, la protección habrá de hacerse delante y detrás del filo de dientes de la sierra. La parte posterior se protegerá con el cuchillo divisor regulable en altura. La parte anterior se protegerá con un cobertor de la hoja, regulable.
- Se deberá trabajar manteniendo las manos apartadas de la sierra, no presentándolas de frente sino por los lados.
- Toda variación de las protecciones o del ajuste de la sierra habrá de hacerse con el motor parado.
- Se deberán emplear gafas de seguridad y ropa de trabajo adecuada, con los puños ajustados a las muñecas.

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL A UTILIZAR

Los equipos de protección a utilizar serán:

- Casco de seguridad contra choques e impactos
- Gafas de protección contra impactos
- Gafas de protección contra proyección de fragmentos o partículas
- Mascarilla de protección para ambientes pulvígenos
- Botas de seguridad con puntera, plantilla reforzada en acero y suela antideslizante
- Protecciones auditivas
- Ropa de trabajo ajustada para evitar atrapamientos

4.5. Máquinas herramientas y herramientas manuales

RIESGOS ASOCIADOS A ESTA ACTIVIDAD

Los riesgos asociados a esta actividad serán:

- Golpes/Cortes por objetos y herramientas



- Proyección de fragmentos o partículas
- Atrapamientos por o entre objetos
- Exposición a ruido
- Exposición a ambientes pulvígenos

MEDIDAS DE PREVENCIÓN A APLICAR

- En los equipos de oxicorte, se recomienda trabajar con la presión aconsejada por el fabricante del equipo.
- En los intervalos de no utilización, dirigir la llama del soplete al espacio libre o hacia superficies que no puedan quemarse.
- Cuando se trabaje en locales cerrados, se deberá disponer de la adecuada ventilación.
- En los equipos que desprenden llama, su entorno estará libre de obstáculos.
- Las máquinas-herramientas accionadas por energía térmica, o motores de combustión, 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 calibres, 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.
- Para las máquinas-herramientas neumáticas, antes de la acometida deberá realizarse indefectiblemente:
 - 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.
- Para las máquinas-herramientas hidráulicas, se fijará mediante una pequeña cadena el extremo de la manguera para impedir su descompresión brusca.
- Se emplazará adecuadamente la herramienta sobre la superficie nivelada y estable.
- Su entorno estará libre de obstáculos.
- Se utilizarán guantes de trabajo y gafas de seguridad para protegerse de las quemaduras por sobrepresión del circuito hidráulico y de las partículas que se puedan proyectar.
- Para las máquinas-herramientas eléctricas, 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.
- No se inclinarán las herramientas para ensanchar los agujeros o abrir luces.
- Los resguardos de la sierra portátil deberán estar siempre colocados.
- Si se trabaja en locales húmedos, se adoptarán las medidas necesarias, guantes aislantes, taburetes de madera, transformador de seguridad, etc.
- Se usarán gafas panorámicas de seguridad, en las tareas de corte, taladro, desbaste, etc. con herramientas eléctricas portátiles.
- En todos los trabajos en altura, es necesario el cinturón de seguridad.
- Los operarios expuestos al polvo utilizarán mascarillas equipadas con filtro de partículas.
- Si el nivel sonoro es superior a 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.

Radial



- Antes de su puesta en marcha, el operador comprobará el buen estado de las conexiones eléctricas, la eficacia del doble aislamiento de la carcasa y el disyuntor diferencial para evitar riesgos de electrocución.
- Se seleccionará adecuadamente el estado de desgaste del disco y su idoneidad para el material al que se ha de aplicar.
- Comprobar la velocidad máxima de utilización.
- Cerciorarse de que el disco gira en el sentido correcto y con la carcasa de protección sobre el disco firmemente sujeta.
- El operador se colocará gafas panorámicas ajustadas o pantalla facial transparente, guantes de trabajo, calzado de seguridad y protectores auditivos.
- Durante la realización de los trabajos se procurará que el cable eléctrico descansa alejado de elementos estructurales metálicos y fuera de las zonas de paso del personal.
- Si durante la operación existe el riesgo de proyección de partículas a terrenos o lugares con riesgo razonable de provocar un incendio, se apantallará con una lona ignífuga la trayectoria seguida por los materiales desprendidos.
- Cuando la esmeriladora portátil radial deba emplearse en locales muy conductores no se utilizarán tensiones superiores a 24 voltios.

Sierra circular

- El disco estará dotado de carcasa protectora y resguardos que impidan los atrapamientos.
- Se controlará el estado de los dientes así como la estructura de éste.
- La zona de trabajo estará limpia de serrín y virutas, para prevenir posibles incendios.
- Se evitará la presencia de clavos al cortar.

Vibrador

- La operación de vibrado se realizará siempre desde una posición estable.
- La manguera de alimentación desde el cuadro eléctrico estará protegida si discurre por zonas de paso.

Amasadora

- La máquina estará situada en superficie llana y consistente.
- Las partes móviles y de transmisión estarán protegidas con carcasas.
- Bajo ningún concepto se introducirá el brazo en el tambor cuando funcione la máquina ni cuando esté parada, salvo que se encuentre desconectada de la alimentación general.

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL A UTILIZAR

Los equipos de protección a utilizar serán:

- Casco de seguridad contra choques e impactos
- Gafas de protección contra impactos
- Gafas de protección contra la proyección de fragmentos o partículas



- Mascarilla de protección contra ambientes pulvígenos
- Protecciones auditivas
- Botas de seguridad con puntera, plantilla reforzada en acero y suela antideslizante
- Ropa de trabajo ajustada para evitar atrapamientos

5. Medios Auxiliares

5.1. Andamios Tubulares

RIESGOS ASOCIADOS A ESTA ACTIVIDAD

Los riesgos asociados a esta actividad serán:

- Caídas al mismo nivel
- Caídas a distinto nivel
- Golpes con objetos durante las operaciones de montaje, desmontaje o utilización del mismo
- Caída de objetos en manipulación

MEDIDAS DE PREVENCIÓN A APLICAR

- Todo andamio deberá cumplir las siguientes condiciones generales:
 - Los elementos y sistemas de unión de las diferentes piezas constitutivas del andamio, asegurarán perfectamente su función de enlace, con las debidas condiciones de fijeza y permanencia.
 - El andamio se organizará y armará en forma constructivamente adecuada para que quede asegurada su estabilidad y al mismo tiempo para que los operarios puedan trabajar en él con las debidas condiciones de seguridad.
- Los elementos del andamio que presenten deterioro deberán sustituirse inmediatamente.
- Se desecharán todos los elementos de montaje de andamios que no revistan unas garantías de seguridad mínimas una vez colocados.
- No se utilizarán los andamios para otros fines distintos a los de suministrar una plataforma de trabajo para el personal. En particular no podrán ser destinados a servir como torres de elevación de material o soporte de tuberías o equipos.
- Está rigurosamente prohibido utilizar cajas, bidones, etc. como andamios provisionales.
- Los andamios se montarán sobre pies hechos de madera o metálicos, suficientemente resistentes y arriostrados de modo que su estabilidad quede garantizada.
- Con objeto de evitar deformaciones y con el fin de prevenir que la estructura rectangular llegue a alcanzar formas romboidales, se dispondrán los suficientes arriostramientos diagonales que impidan este riesgo.
- Durante las operaciones de montaje y desmontaje del andamio se izarán los tubos con cuerdas anudadas de forma segura y los operarios deberán usar arnés de



- seguridad anclado a elementos fijos independientes del andamio o a líneas salvavidas.
- Los andamios deberán situarse a distancias tales de líneas o equipos eléctricos, de forma que no puedan producirse contactos con partes en tensión.
 - Durante el montaje de los andamios metálicos tubulares se tendrán presentes las siguientes especificaciones:
 - No se iniciará un nuevo nivel sin haber concluido el nivel de partida con todos los elementos de estabilidad.
 - La seguridad alcanzada en el nivel de partida ya consolidado será tal que ofrecerá las garantías necesarias como para poder amarrar al fiador del cinturón de seguridad.
 - Las barras, módulos tubulares y tablones se izarán mediante sogas atadas con nudos de marinero.
 - Las plataformas de trabajo se consolidarán inmediatamente tras su formación, mediante las abrazaderas de sujeción contra basculamientos. - Los tornillos de las mordazas se apretarán por igual, realizándose una inspección del tramo ejecutado antes de iniciar el siguiente en prevención de los riesgos por la existencia de tornillos flojos o de falta de alguno de ellos.
 - Las uniones entre tubos se efectuarán mediante los nudos o bases metálicas o bien mediante las mordazas o pasadores previstos.
 - Es preferible utilizar el piso metálico original del andamio tubular. En caso de ser de madera, los tablones estarán escuadrados y libres de nudos.
 - Las plataformas, pisos, pasarelas, etc., hechos con tablones, se sujetarán con presillas, lazos de alambre, travesaños claveteados, de modo que formen un conjunto único.
 - Los andamios en su base se protegerán contra golpes y deslizamientos mediante cuñas, dispositivos de bloqueo y/o estabilizadores.
 - Montado el andamio no se retirará ningún elemento de su composición (tubo, travesaño o tablón, etc.), hasta que no sea desmontado totalmente. Caso de que por necesidad de trabajo deba mantenerse la estructura durante algunos días utilizando alguno de sus elementos para confeccionar otros andamios, se señalará claramente la prohibición de acceso al mismo y se retirará la plataforma de trabajo para impedir su utilización por personal de otros tajos o ajenos a la empresa.
 - Las plataformas de trabajo de 2 ó más metros de altura tendrán montada sobre su vertical una barandilla de 90 centímetros de altura y dispondrán de una protección que impida el paso o deslizamiento por debajo de las mismas o la caída de objetos sobre personas.
 - Se utilizarán las escaleras previstas en el andamio para subir a la plataforma o se dispondrán escaleras exteriores. Los tirantes y otros elementos de arriostramiento no se podrán utilizar para subir o bajar del andamio.
 - Las plataformas de trabajo se inmovilizarán mediante las abrazaderas y pasadores clavados a los tablones.
 - Los módulos de fundamento de los andamios tubulares estarán dotados de bases nivelables sobre tornillos sin fin, con el que garantizar una mayor estabilidad del conjunto.
 - La comunicación vertical del andamio tubular quedará resuelta mediante la utilización de escaleras prefabricadas.
 - Los andamios tubulares sobre módulos con escalerilla lateral se montarán con ésta hacia la cara exterior.



- Se prohíbe el uso de andamios sobre borriquetas apoyadas sobre plataformas de trabajo de andamios tubulares.
- Los andamios tubulares se arriostrarán a los paramentos verticales, anclándolos a los puntos fuertes de seguridad previstos.
- El caminar por los andamios se hará de manera normal, sin saltar sobre las plataformas ni tampoco de una a otra.
- Se protegerá del riesgo de caídas desde altura de los operarios sobre los andamios tubulares tendiendo redes tensas verticales de seguridad que protegerán las cotas de trabajo. En caso de no utilizar estas redes, si los operarios se encuentran trabajando a una altura igual o superior a los 2 metros, deberán ir provistos de cinturones de seguridad con arnés y amarrados a líneas de vida anteriormente fijadas.
- El personal que trabaje en andamios, sillas, colgantes y generalizando, en alturas superiores a los 2 metros, usará cinturón de seguridad, adaptado al riesgo que se pretende minimizar (sujeción, suspensión o anticaídas), anclado a una parte sólida de la estructura del edificio.
- Antes de colocarse el cinturón de seguridad será examinado y rechazado si no ofrece garantía o no es inteligible la etiqueta con la fecha de fabricación.
- En las plataformas de trabajo aisladas o que por necesidad del servicio carezca de la barandilla de seguridad reglamentaria se utilizará el cinturón de seguridad que se sujetará por el mosquetón a puntos sólidos, resistentes y distintos del andamio o plataforma de trabajo.
- Se prohíbe lanzar herramientas, materiales y otros objetos de un andamio a otro o de una persona a otra. Se entregarán en mano.
- El acceso a los andamios se realizará por escaleras bien fijadas por ambos extremos.
- Está prohibido utilizar los arriostrados para acceder de una plataforma de trabajo a otra.
- Para acceder a un andamio se tendrán siempre las manos libres.
- Se prohíbe trabajar sobre plataformas dispuestas sobre la coronación de andamios tubulares si antes no se han cercado con barandillas sólidas.
- Se prohíbe hacer pastas directamente sobre las plataformas de trabajo en prevención de superficies resbaladizas que pueden hacer caer a los trabajadores.
- Los materiales se repartirán uniformemente sobre un tablón colocado a media altura en la parte superior de la plataforma de trabajo, sin que su existencia merme la superficie útil de la plataforma.
- Se prohíbe trabajar sobre plataformas situadas en cotas por debajo de otras plataformas en las que se esté trabajando, en prevención de caída de objetos.
- Se prohíbe trabajar en los andamios tubulares bajo regímenes de vientos fuertes en prevención de caídas de los trabajadores.
- Cuando se desplace un andamio nunca se permanecerá sobre el mismo, independientemente de su altura.
- En trabajos nocturnos se iluminarán adecuadamente todas las plataformas de trabajo y accesos a las mismas.

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL A UTILIZAR

Los equipos de protección a utilizar serán:

- Casco de seguridad contra choques e impactos



- Guantes de trabajo
- Botas de seguridad con puntera reforzada y suela antideslizante
- Arnés de sujeción anticaídas
- Ropa de protección para el mal tiempo

5.2. Escaleras

RIESGOS ASOCIADOS A ESTA ACTIVIDAD

Los riesgos asociados a esta actividad serán:

- Caídas al mismo nivel
- Caídas a distinto nivel
- Golpes/choques con objetos

MEDIDAS DE PREVENCIÓN A APLICAR

GENERALES

- 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 metro 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 metros. 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 metros 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 aquellas 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.
- Deberá existir un lugar cubierto y adecuado para guardar las escaleras después de usarlas.

ESCALERAS DE MADERA

- Serán las escaleras a utilizar en trabajos eléctricos, junto con las de poliéster o fibra de vidrio.
- Las escaleras manuales de madera estarán formadas por largueros de una sola pieza, sin defectos ni nudos que puedan mermar su seguridad.
- Los peldaños estarán ensamblados, no clavados.
- Estarán protegidas de la intemperie mediante barnices transparentes, para que no oculten los posibles defectos. Se prohíben las escaleras de madera pintadas, por la dificultad que ello supone para la detección de sus posibles defectos.

ESCALERAS DE TIJERA

- Estarán dotadas en su articulación superior de topes de seguridad de apertura y hacia la mitad de su altura de una cadenilla o cinta de limitación de apertura máxima.
- Nunca se utilizarán a modo de borriquetas para sustentar las plataformas de trabajo.
- En posición de uso estarán montadas con los largueros en posición de máxima apertura para no mermar su seguridad.



- No se utilizarán si la posición necesaria sobre ellas para realizar un determinado trabajo, obliga a poner los dos pies en los tres últimos peldaños.
- Se utilizarán siempre montadas sobre pavimentos horizontales.

ESCALERAS METÁLICAS

- Los largueros serán de una sola pieza y estarán sin deformaciones o abolladuras que puedan mermar su seguridad.
- Estarán pintadas con pinturas antioxidantes que las preserven de las agresiones de la intemperie y no estarán suplementadas con uniones soldadas.
- El empalme se realizará mediante la instalación de los dispositivos industriales fabricados para tal fin.

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL A UTILIZAR

Los equipos de protección a utilizar serán:

- Casco de seguridad contra choques e impactos
- Guantes de trabajo
- Botas de seguridad con puntera reforzada en acero y suela antideslizante
- Arnés de seguridad de sujeción
- Ropa de protección para el mal tiempo

5.3. Plataforma elevadora autopropulsada

RIESGOS

- Caída de personas a distinto nivel.
- Caída de objetos en manipulación.
- Golpes por objetos o herramientas.
- Atrapamiento por o entre objetos.
- Atrapamiento por vuelco de máquina o vehículos.
- Exposición a las condiciones atmosféricas(derivados del trabajo realizado a la intemperie).
- Contacto eléctrico con líneas eléctricas aéreas.
- Atropellos o golpes con vehículos.

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL

- Casco.
- Calzado de seguridad.
- Cinturón portaherramientas.

MEDIDAS PREVENTIVAS

ANTES DE COMENZAR LA MANIOBRA

- Antes de utilizar la plataforma, asegurarse de que todos los sistemas funcionan perfectamente y que todos los dispositivos de seguridad incorporados operan de modo satisfactorio.



- Se debe tener en cuenta el estado del tiempo antes de trabajar con la plataforma en exteriores. No elevar la pluma si la velocidad del viento excede de 38 Km/h. No utilizar la plataforma cerca de líneas de tendido eléctrico.
- El usuario deberá asegurarse de que el personal operador, entienda perfectamente el manejo de la plataforma.
- Respetar todas las recomendaciones de precaución e instrucciones de los adhesivos colocados en el bastidor portante, en la pluma y en la plataforma.

DURANTE EL DESPLAZAMIENTO

- Antes de manejar los mandos de desplazamiento de la máquina, comprobar la posición de la torre con respecto al sentido de marcha previsto.
- Colocar la pluma siempre orientada en la dirección de desplazamiento.
- Una persona debe guiar la maniobra si algún obstáculo impide la visibilidad. Se debe reconocer previamente el terreno por donde se ha de desplazar la plataforma, si es necesario a pie.
- La plataforma no deberá conducirse, ni circular por pendientes de más de 5 grados de inclinación.
- Evitar las arrancadas y paradas bruscas ya que originan un aumento de la carga y puede provocar el vuelco de la máquina o una avería estructural.

DURANTE LA MANIOBRA

- Antes de elevar la pluma de la plataforma, esta deberá encontrarse situada sobre una superficie firme y perfectamente horizontal, con los neumáticos inflados a la presión correcta. -Durante el trabajo la plataforma ha de estar correctamente nivelada.
- Comprobar siempre que haya espacio suficiente para el giro de la parte posterior de la superestructura antes de hacer girar la pluma.
- No deberá rebasarse la capacidad nominal máxima de carga. Esta comprende el peso del personal, los accesorios y todos los demás elementos colocados o incorporados a la plataforma. Las cargas deberán distribuirse uniformemente por el piso de la plataforma elevadora.

GENERALES

- Utilizar siempre el equipo de protección personal y la ropa de trabajo apropiada para cada tarea u operación, llevar siempre colocado un arnés de seguridad cuando se encuentre en la plataforma.
- Rehusar utilizar o subir a una plataforma que no funcione correctamente.
- No permitir que ninguna persona carente de autorización utilice la plataforma.
- No manipular materiales voluminosos, ni elevar cargas con la plataforma.
- Ante una situación de vuelco inminente, comenzar a retraer la pluma.
- Nunca bajarla, ni extenderla, ya que con ello se agravaría el problema.
- Los mandos inferiores de control prioritario sólo deben utilizarse en caso de emergencia.

6. Instalaciones provisionales

Se considerarán en este apartado los riesgos y medidas preventivas en las instalaciones provisionales de obra.

6.1. Instalación provisional 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.

A continuación se pondrá el cuadro general de mando y protección, dotado de seccionador general de corte automático, interruptor onipolar y protección contra faltas a tierra, sobrecargas y cortocircuito, mediante interruptores magnetotérmicos y relé diferencial de 300 mA de sensibilidad, puesto que todas las masas y el valor de la toma de tierra es $< 10\Omega$. 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.

De este cuadro saldrán los circuitos necesarios de suministro a los cuadros secundarios para alimentación a los diferentes medios auxiliares, estando todos ellos debidamente protegidos con diferencial e interruptores magnetotérmicos.

Por último, del cuadro general saldrá un circuito para alimentación de los cuadros secundarios donde se conectarán las herramientas portátiles de los tajos. Estos cuadros serán de instalación móvil, según necesidades de obra y cumplirán las condiciones exigidas para instalaciones a la intemperie, estando colocados estratégicamente con el fin de disminuir en lo posible la longitud y el número de líneas.

Las tomas de corriente y clavijas, llevarán contacto de puesta a tierra de manera obligatoria.

RIESGOS ASOCIADOS A ESTA ACTIVIDAD

Los riesgos asociados a esta actividad serán:

- Caídas al mismo nivel
- Caídas a distinto nivel
- Pisadas sobre objetos
- Golpes/Cortes con objetos o herramientas
- Contactos eléctricos

MEDIDAS DE PREVENCIÓN A APLICAR

- Solamente el personal capacitado podrá operar en los equipos eléctricos, sean cuadros de maniobra, de puesta en marcha de motores, etc.
- Los trabajadores considerarán que todo conductor eléctrico, cable o cualquier parte de la instalación se encuentra conectado y en tensión. Antes de trabajar en ellos se comprobará la ausencia de voltaje con 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 kilogramos, 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 metros en los lugares peatonales y de 5 metros en los de vehículos, medidos sobre el nivel del pavimento, como norma general.
- Si es posible, no obstante, se enterrarán los cables eléctricos en los pasos de vehículos, señalizando el paso del cable mediante una cubierta permanente de tablonos. La profundidad mínima de la zanja será de 40 centímetros, 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 a las plantas.
- Los cuadros eléctricos serán metálicos de tipo para intemperie, con puerta y cerrojo de seguridad (con llave), según norma UNE 20.324.
- Pese a ser de tipo intemperie, se protegerán del agua de lluvia mediante viseras eficaces como protección adicional.
- Los cuadros eléctricos metálicos tendrán la carcasa conectada a tierra y poseerán adherida sobre la puerta una señal normalizada de riesgo eléctrico.
- Los interruptores se instalarán en el interior de cajas normalizadas, provistas de puerta de entrada con cerradura de seguridad.
- Las cajas de interruptores 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.
- Los cuadros eléctricos se colgarán pendiente de tableros de madera recibidos a los paramentos verticales o bien a pies derechos firmes. Si es necesario que sean móviles deberán ser autoportantes.
- Cada toma de corriente suministrará energía eléctrica a un solo aparato, máquina o máquina-herramienta.
- La instalación de alumbrado general para las instalaciones provisionales de obra y de primeros auxilios y demás casetas, estará protegida por interruptores automáticos magnetotérmicos.
- Las partes metálicas de todo equipo eléctrico dispondrán de toma de tierra.
- El neutro de la instalación estará puesto a tierra.
- La toma de tierra se efectuará a través de la pica o placa de cada cuadro general.
- El hilo de toma de tierra siempre estará protegido con macarrón en colores amarillo y verde. Se prohíbe terminantemente utilizarlo para otros usos.
- La toma de tierra de las máquinas-herramientas que no estén dotadas de doble aislamiento, se efectuará mediante hilo neutro en combinación con el cuadro de distribución correspondiente y el cuadro general de obra.



- El punto de conexión de la pica estará protegido en el interior de una arqueta practicable.
- Las tomas de tierra de cuadros eléctricos generales distintos, serán independientes eléctricamente.
- El suministro eléctrico al fondo de una excavación se ejecutará por un lugar que no sea la rampa de acceso para vehículos o para el personal y nunca junto a escaleras de mano.
- Las mangueras eléctricas, en su camino ascendente a través de la escalera, estarán agrupadas y ancladas a elementos firmes en la vertical.
- 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 metros 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.
- Se sustituirán inmediatamente las mangueras que presenten algún deterioro en la capa aislante de protección.

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL A UTILIZAR

Los equipos de protección personal a utilizar serán:

- Casco de seguridad para protección contra arco eléctrico
- Guantes de trabajo
- Guantes aislantes para baja tensión
- Botas de seguridad aislantes, con puntera y plantilla reforzada y suela antideslizante.
- Ropa de protección para el mal tiempo

6.2. Instalación de prevención de incendios

Las causas que propician la aparición de un incendio en una obra no son distintas de las que lo generan en otro lugar: existencia de una fuente de ignición (hogueras, energía solar, trabajos de soldadura, conexiones eléctricas, cigarrillos, etc.), junto a una sustancia combustible (encontrados de madera, carburante para maquinaria, pinturas y barnices, etc.), puesto que el carburante (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 todos los tajos.

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.

MEDIDAS DE PREVENCIÓN A APLICAR

- 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.

7. Instalaciones de higiene y bienestar

Se dispondrá de un local, con dos salas, para aseos y vestuarios. En ellos, en aras de la conservación y limpieza, los suelos y paredes serán continuos, lisos e impermeables y con materiales que permitan el lavado con líquidos desinfectantes o antisépticos, con la frecuencia necesaria.

Todos los elementos, tales como grifos, desagües, alcachofas de duchas, etc, estarán en perfecto estado de funcionamiento y los bancos y taquillas aptos para su utilización. Todos los locales estarán dotados de luz, calefacción y suficiente ventilación.

7.1. Dotación de 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



7.2. Dotación de 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 metros cuadrados por cada trabajador
- 1 taquilla metálica con cerradura por cada trabajador
- Bancos de madera corridos
- Espejos

8. Medicina preventiva y asistencial

8.1. Reconocimientos médicos

Todos los trabajadores pasarán como mínimo un reconocimiento médico con carácter anual. El personal eventual antes de su entrada en la obra habrá pasado un reconocimiento médico.

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.

8.2. Asistencia de accidentados

CENTROS ASISTENCIALES EN CASO DE ACCIDENTE

- 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.

BOTIQUÍN DE PRIMEROS AUXILIOS

- Se dispondrá en obra, en el vestuario o en la oficina, un botiquín que estará a cargo de una persona capacitada designada por la empresa, con medios necesarios para efectuar las curas de urgencia en caso de accidente.
- Contendrá, de forma orientativa: Agua oxigenada; alcohol de 96 grados, tintura de yodo; “mercurocromo” o “cristalmina”, amoníaco; gasa estéril; algodón



hidrófilo estéril; esparadrapo antialérgico; torniquetes antihemorrágicos; bolsa para agua o hielo; guantes esterilizados; termómetro clínico; apósitos autoadhesivos; antiespasmódicos; analgésicos; tónicos cardíacos de urgencia y jeringuillas desechables.

- El material empleado se repondrá inmediatamente, y al menos una vez al mes, se hará revisión general de botiquín, desechando aquellos elementos que estén en mal estado o caducados. La ubicación del botiquín debe estar suficientemente señalizada.

8.3. Relativos al entorno

Como riesgos destacables en los trabajos relativos al entorno, pueden indicarse el siguiente

- 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.

INFORMACIONES ÚTILES PARA FUTUROS TRABAJOS

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.

II. 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.
- Capítulo VII “Andamios” del Reglamento General de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- Orden 2988/1998, de 30 de Junio, por la que se establecen los requisitos mínimos exigibles para el montaje, uso, mantenimiento y conservación de los andamios tubulares utilizados en las obras de construcción. (Norma autonómica de la Comunidad de Madrid).
- 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.
- Ordenanza de trabajo de construcción, vidrio y cerámica (O.M. 28/08/70).
- Reglamento de Aparatos a Presión (R.D. 1244/1979).
- Reglamento de seguridad en máquinas (R.D. 1495/86).
- Real Decreto 1435/1992 de 27 de Noviembre por el que se dictan las disposiciones de aplicación de la Directiva del Consejo 89/392/CEE, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre máquinas.
- Real Decreto 1407/1992 de 20 de Noviembre por el que se regulan las condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual.
- 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.



- Orden del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, de 25 de marzo de 1998, de adaptación y modificación del 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.
- Real Decreto 665/1997, de 12 de Mayo, sobre protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo.
- Real Decreto 1124/2000, de 6 de Junio, por el que se modifica el Real Decreto 665/1997, de 12 de Mayo, sobre protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo.
- Orden 2027/2002, de 24 de Mayo, del Consejero de Trabajo, por la que se deroga la Orden 5518/1999, de 6 de Septiembre, que establecía el modelo de Aviso Previo preceptivo para las obras de construcción en la Comunidad de Madrid, incluidas en el ámbito de aplicación del Real Decreto 1627/1997, de 24 de Octubre.
- Estatuto de los Trabajadores.
- 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. Consideraciones de los equipos de protección colectiva

- Las diversas protecciones colectivas a utilizar en la obra tendrá 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. Consideraciones de los equipos de protección individual

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.

Se especifica como condición expresa que todos los equipos de protección individual utilizables en esta obra, cumplirán las siguientes condiciones generales:



- 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.

4. 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.

5. 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 esta 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. 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.



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
- 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.

Los accidentes serán notificados a la autoridad laboral en los plazos y términos requeridos por las normas oficiales.

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.
- Cada contratista adjudicatario 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.
- Cada contratista adjudicatario 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.

8. Comunicaciones inmediatas en caso de accidente

En caso que se produzca un accidente en la obra, el responsable del contratista al que pertenezca el trabajador accidentado (contrata y/o subcontrata) está obligado a realizar las acciones y comunicaciones que se recogen en el cuadro siguiente:

Accidentes de tipo leve



Al Coordinador en materia de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra: de todos y cada uno de ellos, con el fin de investigar sus causas y adoptar las correcciones oportunas (si no fuera necesaria la designación de Coordinador se comunicará a la Dirección Facultativa).

A la Mutua de Accidentes de Trabajo.

Accidentes de tipo grave, muy grave, mortales o que afecten a más de 4 trabajadores

Al Coordinador en materia de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra: de todos y cada uno de ellos, con el fin de investigar sus causas y adoptar las correcciones oportunas (si no fuera necesaria la designación de Coordinador se comunicará a la Dirección Facultativa).

A la Autoridad laboral en el plazo de 24 horas. Esta comunicación se realizará a través de telegrama u otro medio análogo, con especificación de los siguientes datos: razón social, domicilio y teléfono de empresa, nombre del trabajador accidentado, dirección del lugar del accidente y breve descripción del mismo.

9. 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.

10. 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.

11. Obligaciones de cada 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”**.



- Informar de inmediato de los accidentes leves, graves, mortales o sin víctimas al Coordinador en materia de seguridad y salud y/o Dirección Facultativa durante la ejecución de la obra, tal como queda definido en el apartado **“acciones a seguir en caso de accidente laboral”**.
- Colaborar con el Coordinador de seguridad y salud durante la ejecución de la obra y con la Dirección Facultativa, en la solución técnico-preventiva, de los posibles imprevistos del proyecto o motivados por los cambios de ejecución decididos sobre la marcha, durante la ejecución de la obra.

12. 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:
 - Al tomar 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.
 - Al 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.

13. 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.

14. 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.



15. 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.

Un plano de seguridad es la representación gráfica de la prevención descrita en la memoria de seguridad y salud y en coordinación con el pliego de condiciones particulares. Son unos planos genéricos, que cumplen tan solo con la idea de dar pistas al contratista sobre cómo representar coherentemente la prevención. No permiten la medición ni el presupuesto exacto como consecuencia de su indefinición.

III. Planos de seguridad

Un plano de seguridad es la representación gráfica de la prevención descrita en la memoria de seguridad y salud y en coordinación con el pliego de condiciones particulares. Son unos planos genéricos, que cumplen tan solo con la idea de dar pistas al contratista sobre cómo representar coherentemente la prevención. No permiten la medición ni el presupuesto exacto como consecuencia de su indefinición.

1. EXCAVACIÓN. APERTURA DE ZANJAS



Se debe reservar un espacio suficiente entre el borde de la zanja y los materiales

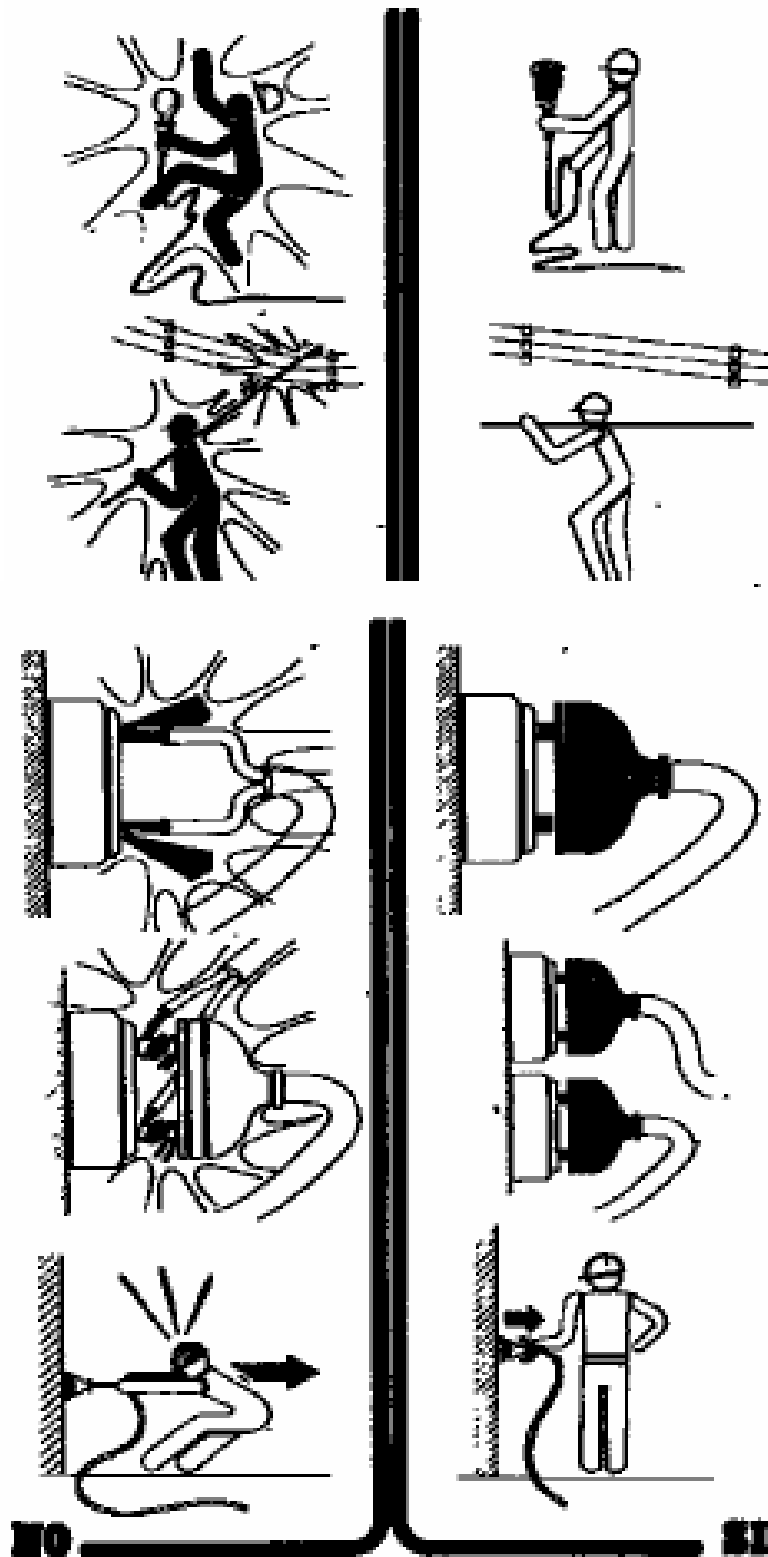
Las zanjas deben apuntalarse



Profundidad de la zanja superior a 1,5 metros

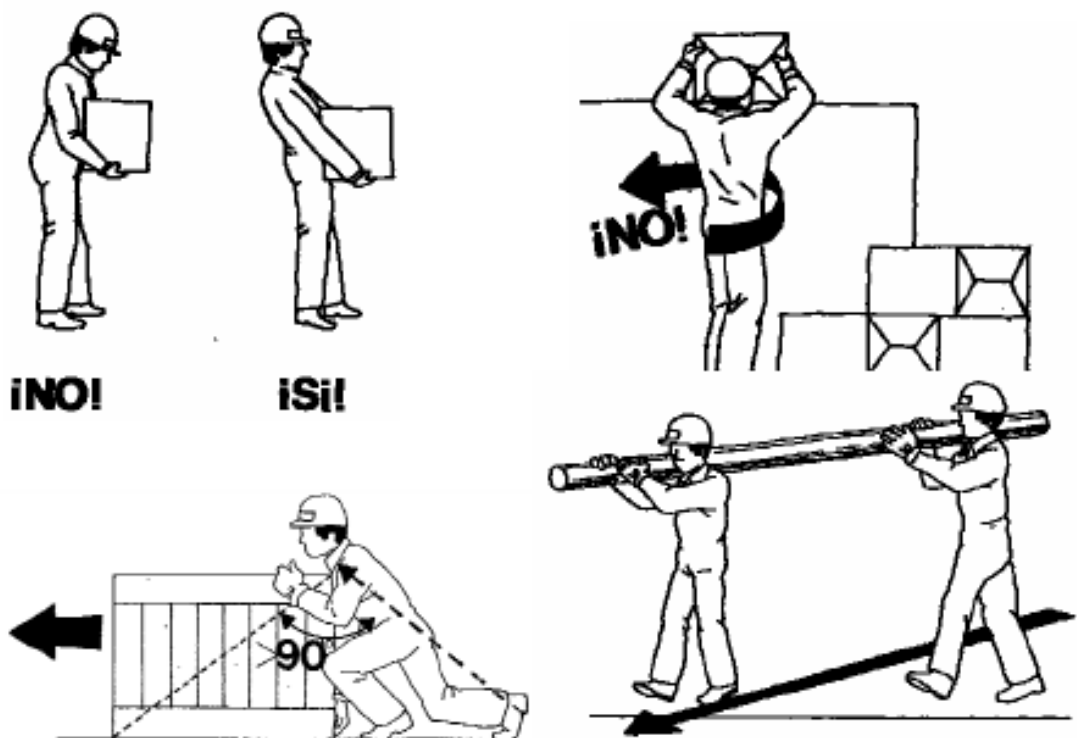


2. INSTALACIÓN ELÉCTRICA PROVISIONAL DE OBRA





3. MANIPULACIÓN MANUAL DE CARGAS





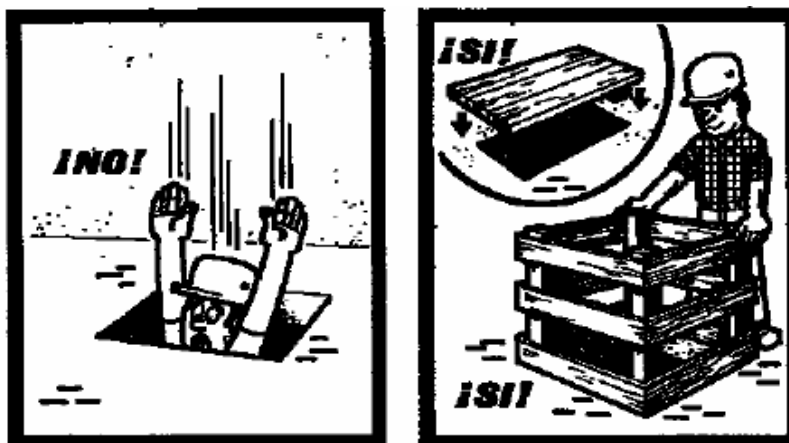
4. ORDEN Y LIMPIEZA



Almacenar los materiales correctamente para evitar todos los riesgos de accidentes debidos al peso de los trabajadores



Mantener los puestos de trabajo en orden para evitar caídas.



Cercar caídas a distintos niveles

5. MAQUINARIA DE OBRA



Permanecer fuera del radio de acción de la maquinaria de obra



No sobre pasar la carga máxima de la máquina.
Debe estar bien visible para los montacargas, grúas
y demás aparatos de elevación



Buen apoyo de la grúa en el suelo. Uso de tablones de madera.



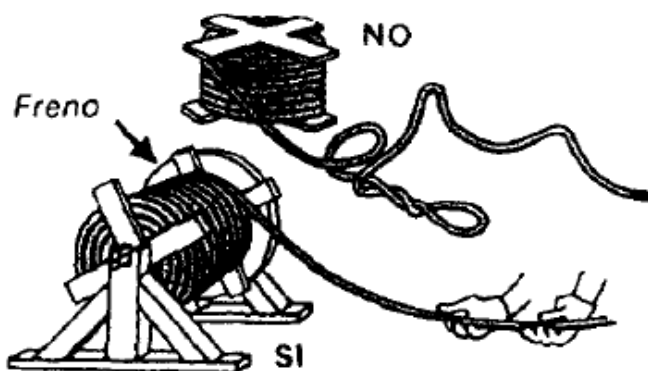
Estabilizadores de la grúa extendidos en su totalidad.

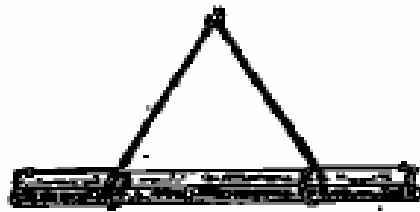
6. ELEMENTOS DE IZADO.



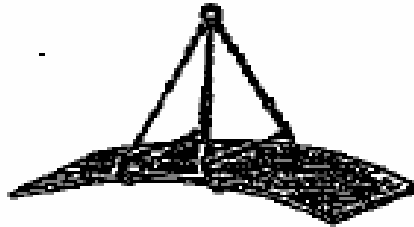
Aislar las aristas vivas las eslingas, cadenas y cuerdas.

Esfuerzos soportados por asiento del gancho con pestillo de seguridad

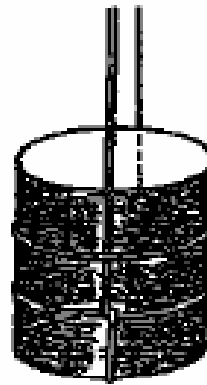




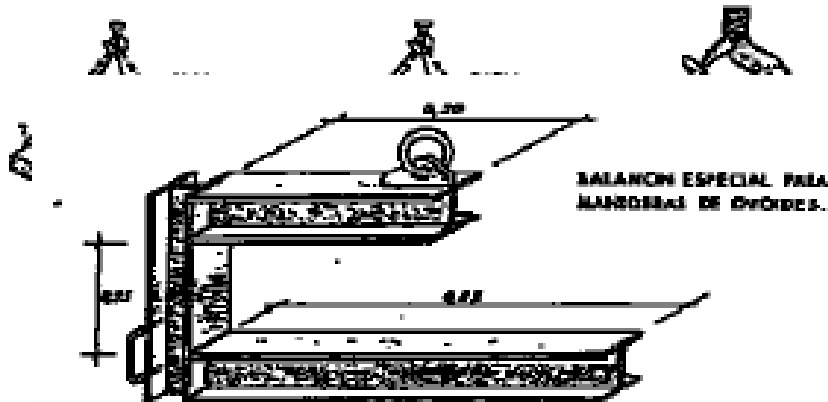
CARGA LARGA (DOS BUNDLES)



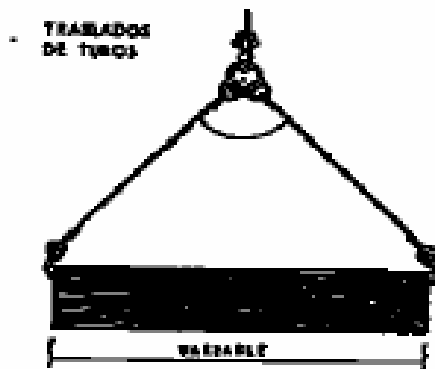
PLANCH LARGA



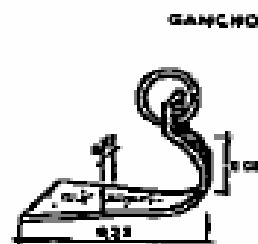
AMARRE DE BUNDLES



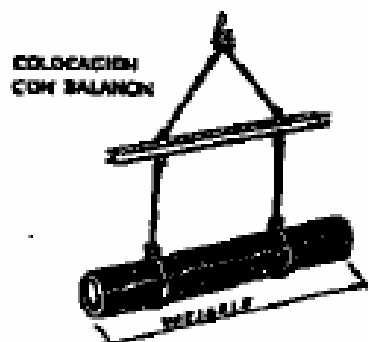
BALANON ESPECIAL PARA
MANDEBROS DE OVONES.



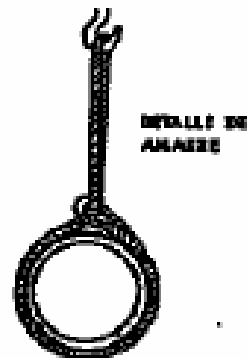
TRABAJOS
DE TUBOS



GANCHO



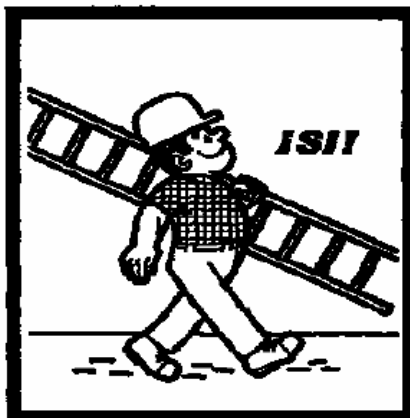
COLOCACION
CON BALANON



DETALLE DE
AMARRE

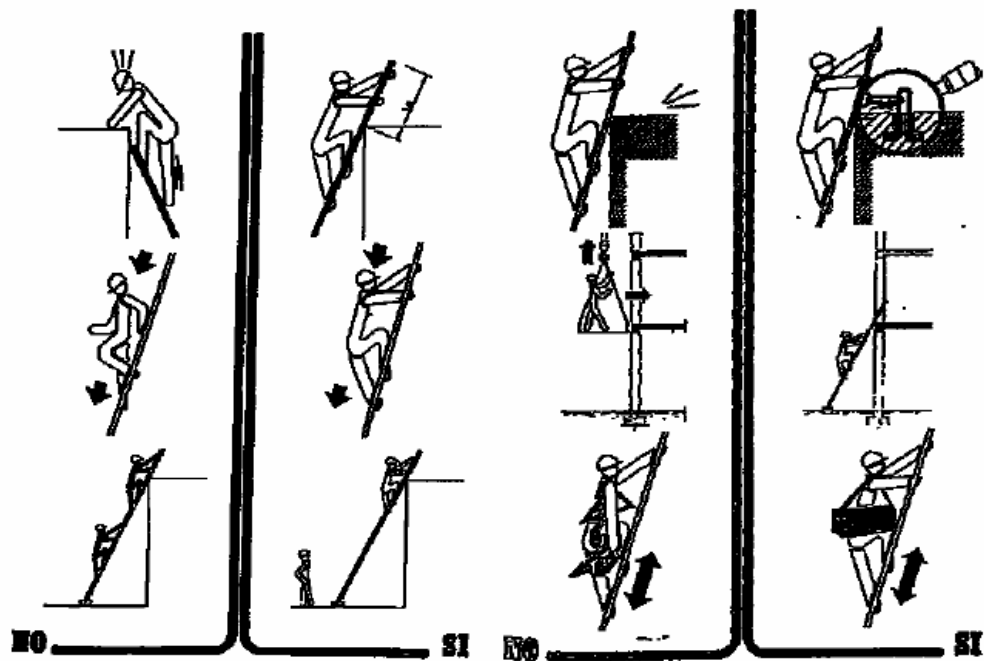


7. ESCALERAS.

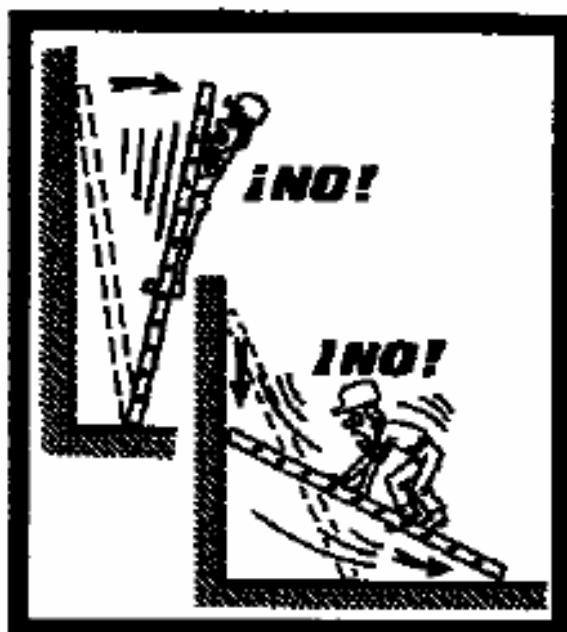


Hacer traspasar las escaleras por lo menos un metro por encima del suelo de trabajo al que dan paso.



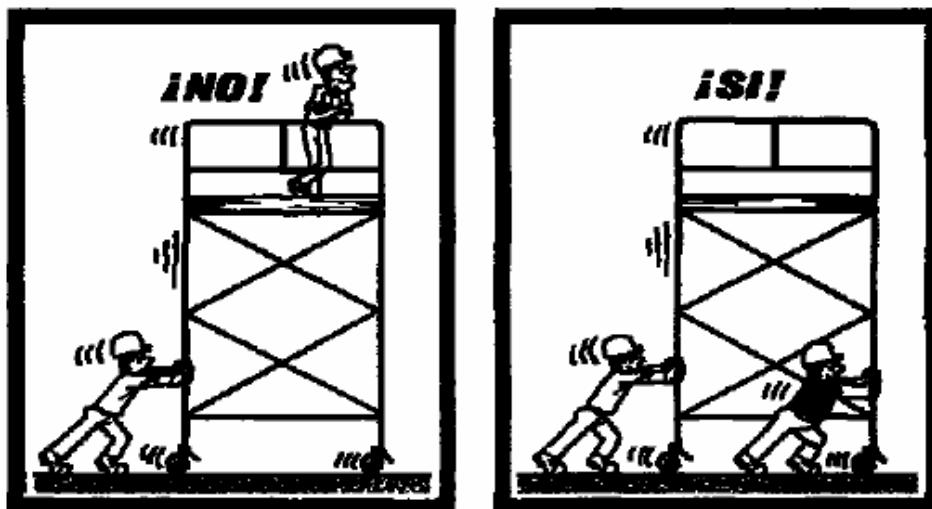


Vigilar que la separación del pie de escalera, de la superficie de apoyo, sea la correcta.



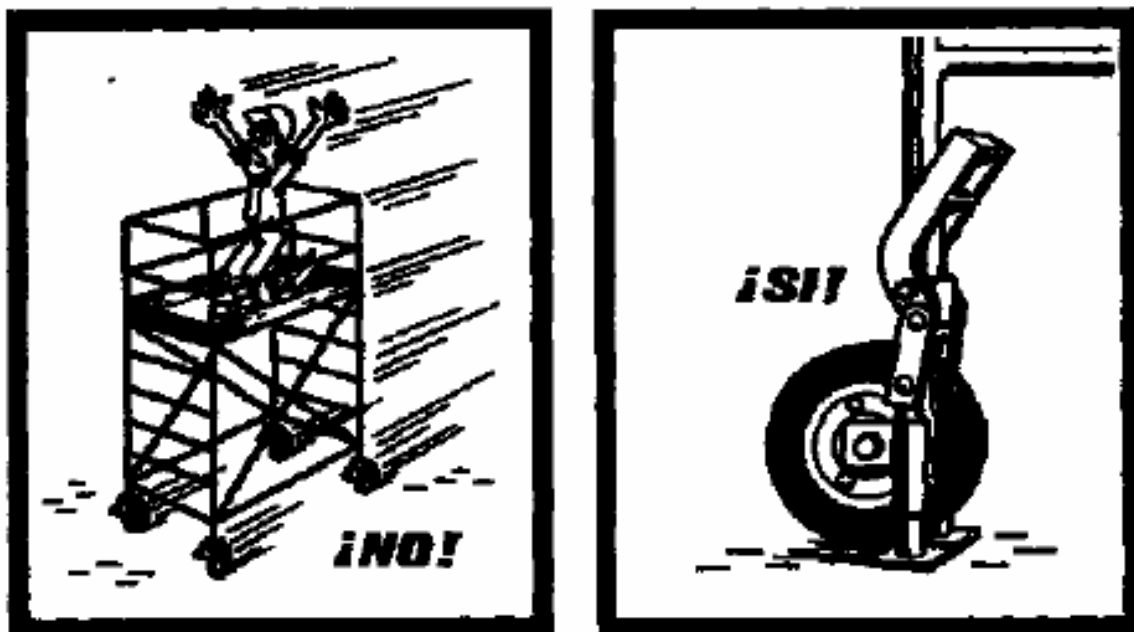


8. ANDAMIOS.

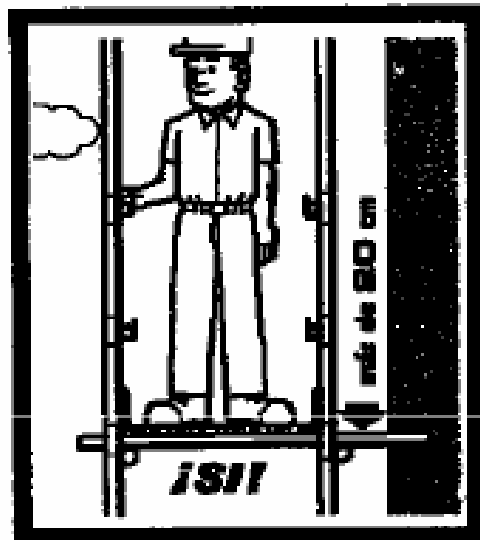
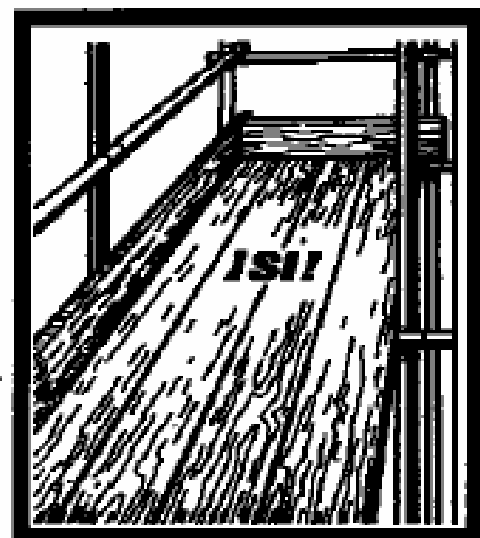
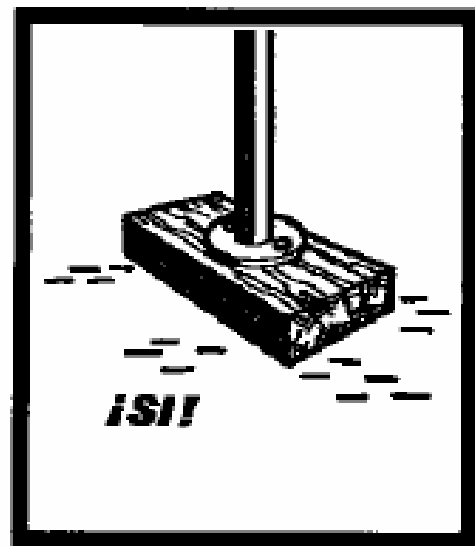
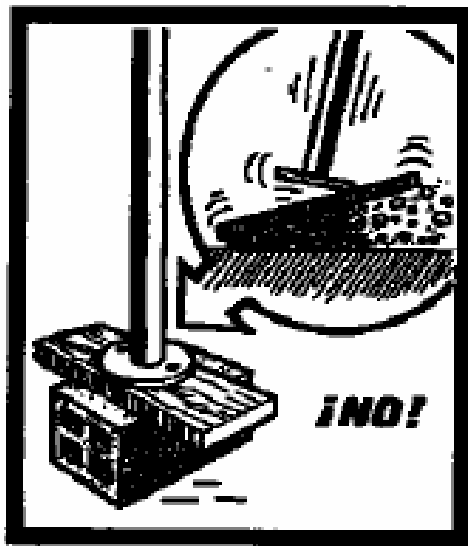


Los andamios rodantes sólo deben ser desplazados lentamente, prefiriendo el sentido longitudinal, sobre suelos bien despejados.

Nadie debe encontrarse en el andamio durante los desplazamientos. Antes de cualquier desplazamiento, asegurarse de que no puede caer ningún objeto.



Antes de subir a un andamio rodante, bloquear las ruedas y si es necesario colocar los estabilizadores.





IV. MEDICIONES Y PRESUPUESTO

1. Mediciones

Las mediciones relacionadas con los temas de Seguridad y Salud para la prevención riesgos, se dimensionarán para su empleo y posterior presupuestación. A efectos sistematización se establecen los siguientes conceptos:

- Prevención y formación
- Servicio Médico
- Protecciones colectivas
- Protecciones personales
- Instalaciones de Higiene

Los criterios de medición y presupuesto de cada concepto, se indican a continuación:

PREVENCIÓN Y FORMACIÓN

La medición se realiza en base a Horas-hombre correspondientes al Técnico de Seguridad Salud, que se prevén dedicar a la asistencia técnica, inspección, formación, etc.

SERVICIO MÉDICO

Comprende el reconocimiento anual a cada uno de los trabajadores que intervengan en ejecución de la obra, así como la emisión del informe correspondiente respecto a si resulta no apto para el trabajo a desarrollar. Su presupuesto se realiza en base importe trabajador.

PROTECCIONES COLECTIVAS

La medición se realiza en base a una determinada dotación anual por operario y el presupuesto se obtiene partiendo de la citada dotación anual, precio unitario, número operarios y duración estimada de la obra.

PROTECCIONES INDIVIDUALES

Tanto su medición como el presupuesto, se realiza en base a los mismos conceptos indicados en el concepto anterior de protecciones colectivas.

INSTALACIONES DE HIGIENE Y PRIMEROS AUXILIOS

Su medición se realiza en base a las unidades previstas, precio unitario, número de operar y duración estimada de la obra.



2. Presupuesto

La presupuestación del estudio de Seguridad y Salud, se realiza en base a los conceptos indicados en el punto anterior, se supondrá un tiempo estimado de duración de obra de seis meses (0,5año/fracción) y con una media de 6 trabajadores.

Nº DE ORDEN	DESCRIPCION	HORAS - HOMBRE – MES	PRECIO UNIDAD	DURACION ESTIMADA (Meses)	COSTE (€)
1	Asistencia técnica, inspecciones, informes...	40 horas	24	6	5.760,00
2	Reuniones de seguridad	1 reuniones	144	6	864,00
3	Formación	0,5 reuniones	240	6	720,00
Subtotal					7.344,00

Servicio médico

Nº DE ORDEN	DESCRIPCION	Nº DE OPERARIOS	PRECIO UNIDAD	DURACION ESTIMADA (Año/fracción)	COSTE (€)
1	Reconocimiento médico	6	24	0,5	72,00
Subtotal.....					72,00



Protecciones colectivas

Nº DE ORDEN	DESCRIPCIÓN	DOTACION ANUAL OPERARIO	PRECIO UNIDAD (€)	Nº DE OPERARIOS PREVISTOS	DURACION PREVISTA Año/fracción	COSTE (€)
1	Cerramientos/vallas de obra	0,5	2750	6	0,5	4125
2	Barandillas	0,25	30	6	0,5	90
3	Señalización de zona de trabajo	0,5	15	6	0,5	45
4	Cintas de balizamiento	2	8	6	0,5	24
5	Vallas metálicas	1	30	6	0,5	90
6	Andamios	0,25	1350	6	0,5	1012,5
7	Chapa protección huecos	0,5	36	6	0,5	54
8	Escaleras de mano	1	45	6	0,5	135
9	Protección ferralla (setas de plastico)	30	2	6	0,5	
10	Extintores portátiles	1	100	6	0,5	300
11	Líneas de vida	1	90	6	0,5	270
Subtotal.....						6.145,50

Protecciones individuales

Nº DE ORDEN	DESCRIPCIÓN	DOTACION ANUAL OPERARIO	PRECIO UNIDAD (€)	Nº DE OPERARIOS PREVISTOS	DURACION PREVISTA Año/fracción	COSTE (€)
1	Casco seguridad	1,25	3,6	6	0,5	13,5
2	Gafas contra impactos	1	18	6	0,5	54
3		1	18	6	0,5	54



	Gafas ambientales púvilgenos					
4	Gafas soldadura autógena	1	18	6	0,5	54
5	Guantes de trabajo	12	3	6	0,5	108
6	Guantes de goma	3	3	6	0,5	27
7	Guantes aislantes	1	37,5	6	0,5	112,5
8	Pantalla arco eléctrico	6	2,15	6	0,5	38,7
9	Mascarilla ambientes pulvígenos					
10	Protecciones auditivas	3	7,2	6	0,5	64,8
11	Manguitos soldador	1	11	6	0,5	33
12	Mandil soldador	1	20	6	0,5	60
13	Polainas soldador	1	14,75	6	0,5	44,25
14	Cinturón banda ancha cuero	1	13	6	0,5	39
15	Arnés seguridad	0,5	36	6	0,5	54
16	Dispositivos anticaídas	1	97,17	6	0,5	291,51



**DISEÑO DE UNA LÍNEA AÉREA A 132 KV CON ALIMENTACIÓN SUBTERÁNEA
A SUBESTACIÓN 132/66 kV.-----ANEXO Nº6 ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD-----**



17	Botas de seguridad	de 1,5	15	6	0,5	67,5
18	Botas de goma	de 1,5	11,8	6	0,5	53,1
19	Traje impermeable	1	30	6	0,5	90
20	Chaleco reflectante	0,5	20	6	0,5	30

Subtotal..... **1.288,**
.. **86**

Instalaciones de Higiene y Primeros Auxilios

Nº DE ORDEN	DESCRIPCION	PRECIO UNIDAD (€)	DURACION PREVISTA (Meses)	COSTE (€)
1	Mes alquiler caseta prefabricada oficina	360	6	2.160,00
2	Mes alquiler caseta prefabricada aseos y vestuarios	360	6	2.160,00
3	Botiquín sanitario de obra	90	----	90 , 00
Subtotal				4.410,00



RESUMEN DEL ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

Prevención y formación	7.344,00 €
Servicio médico	72,00 €
Protecciones colectivas	6.145,50 €
Protecciones individuales	1.288,86 €
Instalaciones de Higiene y Primeros Auxilios	4.410,00 €

TOTAL PRESUPUESTO 19.260,36 €

Asciende el presente presupuesto del Estudio de Seguridad y Salud a la referida cantidad de:

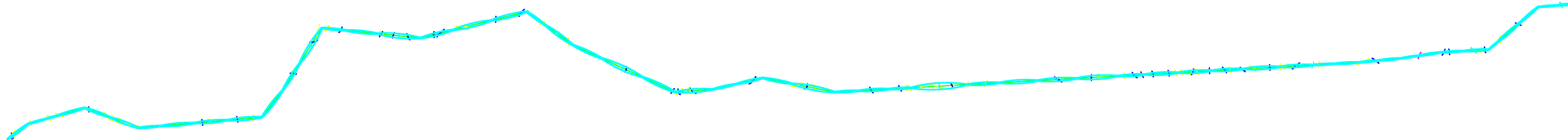
DIECINUEVE MIL DOSCIENTOS SESENTA EUROS CON TREINTA Y SEIS CÉNTIMOS.



PLANOS



PLANO 1



DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRICA		LINEA DE TRANSPORTE DE 132 KV Y ALIMENTACION A UNA SUBESTACION DE 132/66 KV	
		PERFIL LONGITUDINAL DE LA LINEA ELECTRICA	FECHA: 2 SEPTIEMBRE 2015
	Escala	PLANO N°: 1	NOMBRE: JESUS DAVID
	H= 1:2000	HOJA 1 DE 1	CAZALLA BARRANCO INGENIERO ELECTRICO



PLANO 2



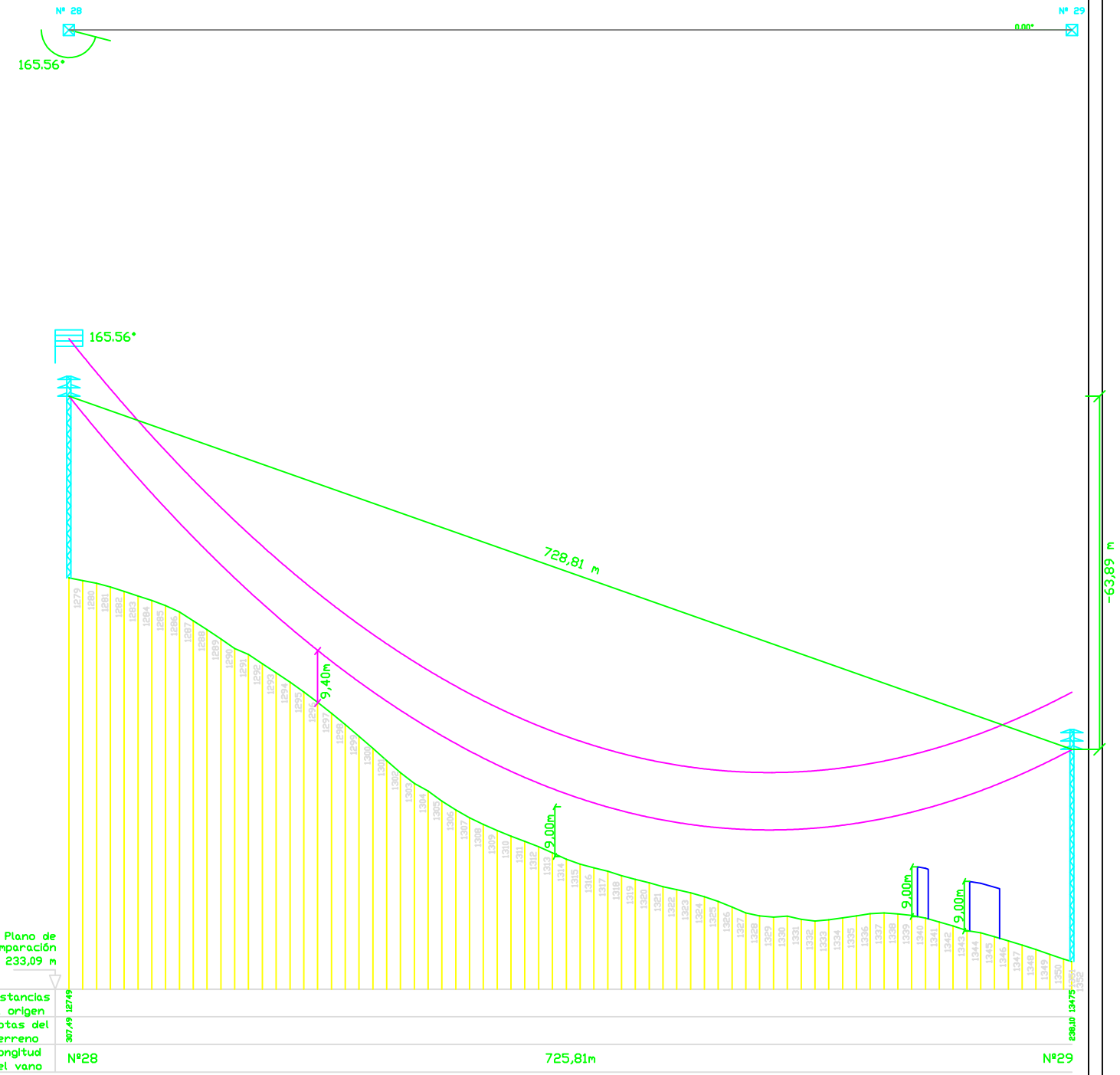
EMPLAZAMIENTO
LÍNEA AEREA

EMPLAZAMIENTO
LÍNEA SUBTERRANEA Y
SUBESTACION 132/66KV

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRICA	LINEA DE TRANSPORTE DE 132 KV Y ALIMENTACION A UNA SUBESTACION DE 132/66 KV	
	EMPLAZAMIENTO Y SITUACIÓN DEL PROYECTO	
	PLANO N°: 2	
	HOJA 1 DE 1	
Escala S/E		FECHA: 2 SEPTIEMBRE 2015 NOMBRE: JESUS DAVID CAZALLA BARRANCO INGENIERO ELECTRICO



PLANO 3



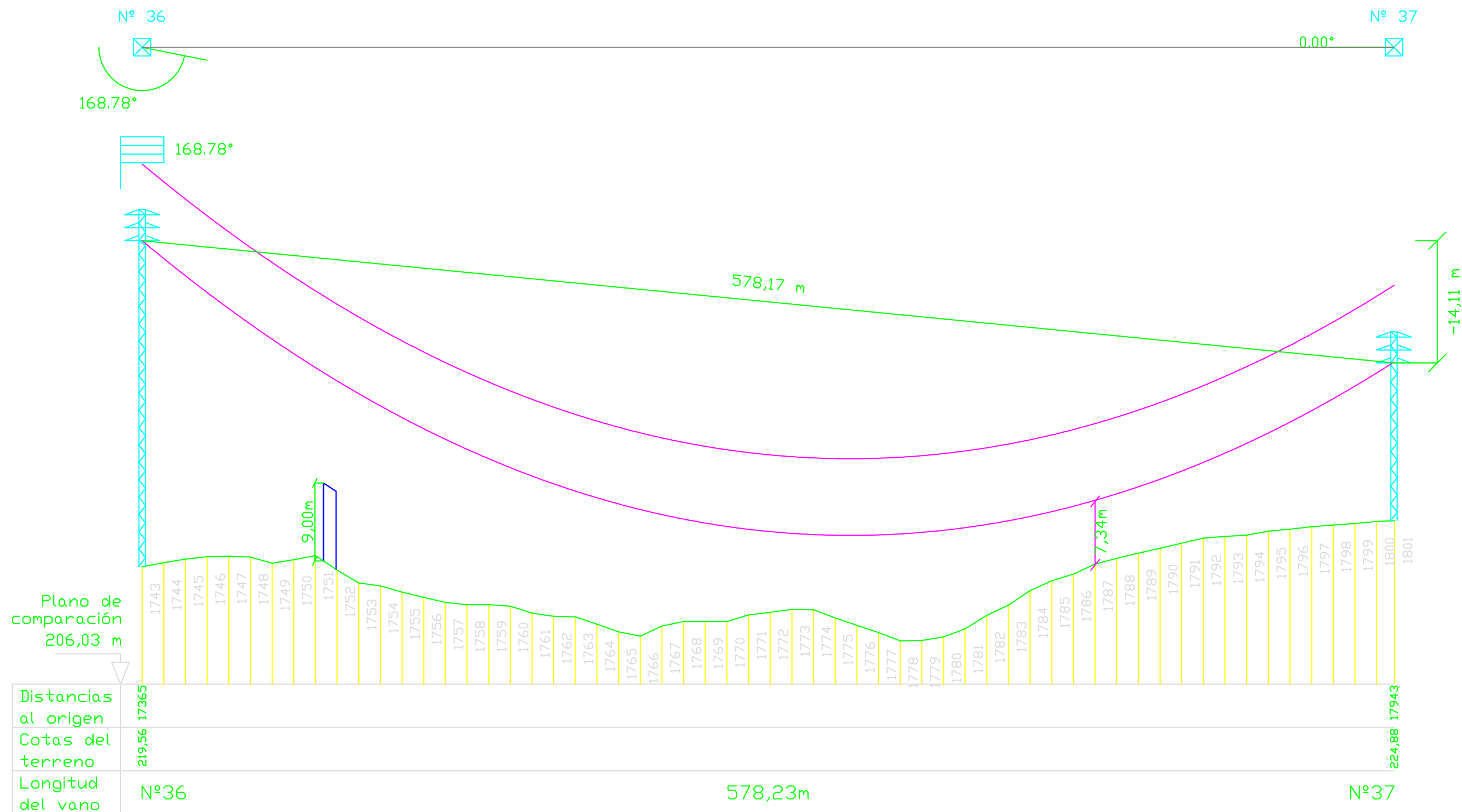
Características de los apoyos:

- Apoyo n° 28: Ángulo/Ancloaje-0daN-33m, Montaje Doble Circuito, Separación de Conductores Nanm
- Apoyo n° 29: Alineación-0daN-38m, Montaje Doble Circuito, Separación de Conductores Nanm

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRICA	LINEA DE TRANSPORTE DE 132 KV Y ALIMENTACION A UNA SUBESTACION DE 132/66 KV	
	Separata del vano n° 28	FECHA: 2 SEPTIEMBRE 2015
	PLANO N°:3 HOJA 1 DE 1	NOMBRE: JESUS DAVID CAZALLA BARRANCO INGENIERO ELECTRICO
Escala		
H= 1:2000		
V= 1:500		



PLANO 4



Características de los apoyos:

- Apoyo nº 36: Ángulo/Anclaje-0daN-38m, Montaje Doble Circuito, Separación de Conductores Nanm
- Apoyo nº 37: Alineación-0daN-18m, Montaje Doble Circuito, Separación de Conductores Nanm

DEPARTAMENTO
DE
INGENIERIA
ELECTRICA

Escala
H= 1:2000
V= 1:500

LINEA DE TRANSPORTE DE 132 KV Y ALIMENTACION
A UNA SUBESTACION DE 132/66 KV

Separata del vano nº 36

PLANO Nº:4
HOJA 1 DE 1

FECHA: 2 SEPTIEMBRE 2015

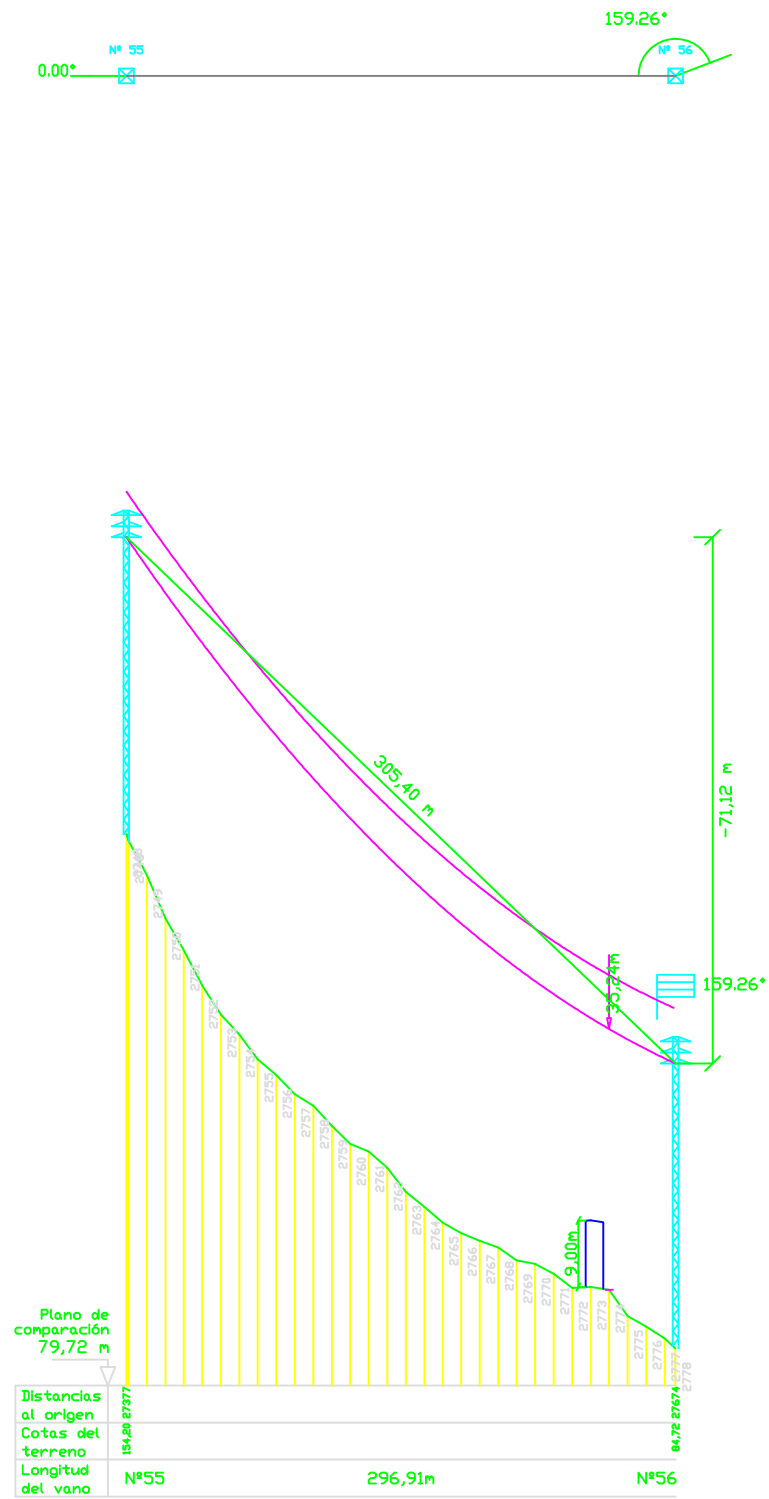
NOMBRE: JESUS DAVID
CAZALLA BARRANCO
INGENIERO ELECTRICO



PLANO 5



PLANO 6



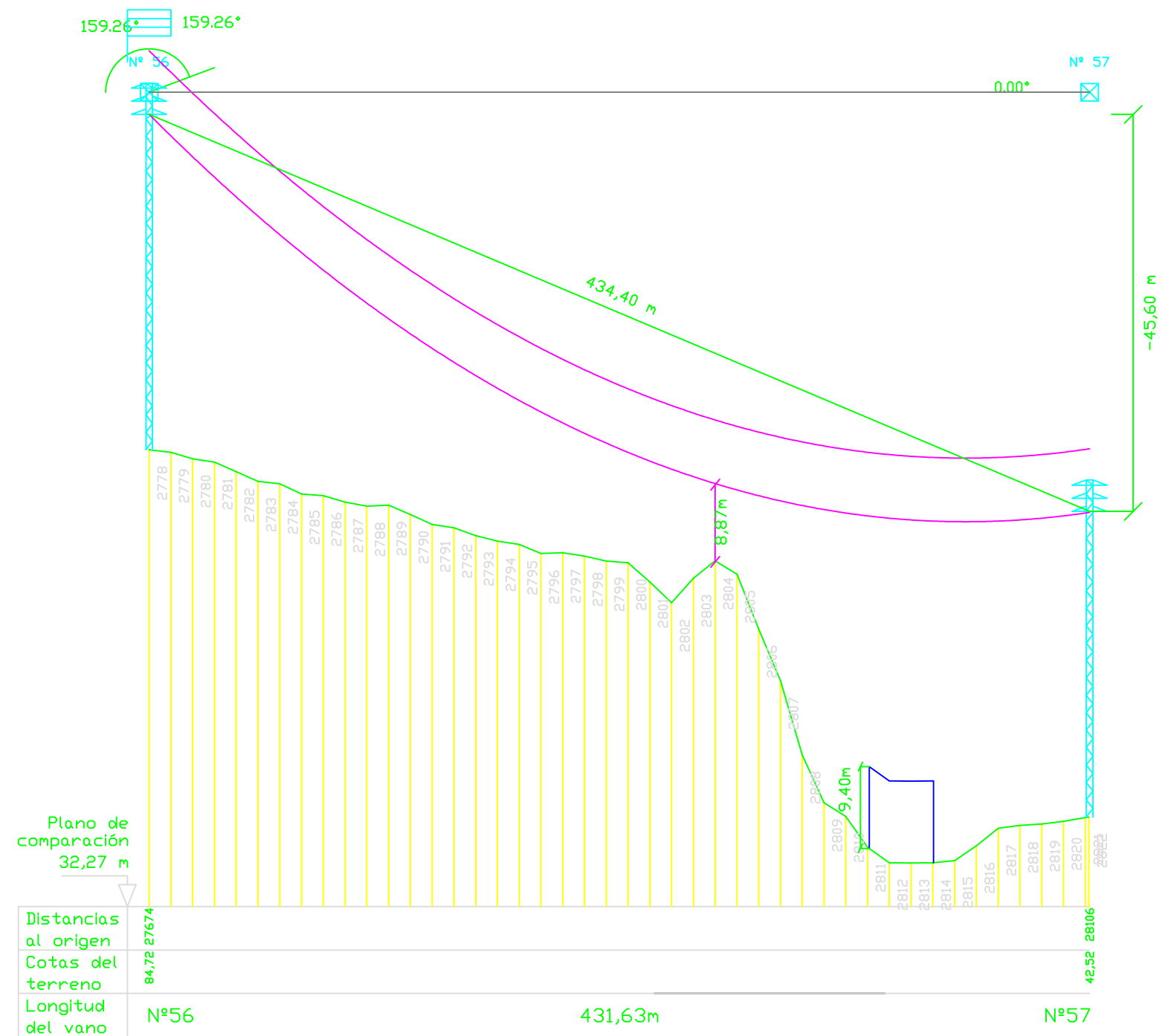
Características de los apoyos:

- Apoyo n° 55: Alineación-0daN-40m, Montaje Doble Circuito, Separación de Conductores Nanm
- Apoyo n° 56: Ángulo/Anclaje-0daN-39m, Montaje Doble Circuito, Separación de Conductores Nanm

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRICA	LINEA DE TRANSPORTE DE 132 KV Y ALIMENTACION A UNA SUBESTACION DE 132/66 KV	
	Separata del vano n° 55	FECHA: 2 SEPTIEMBRE 2015
Escala H= 1:2000 V= 1:500	PLANO N°:6 HOJA 1 DE 1	NOMBRE: JESUS DAVID CAZALLA BARRANCO INGENIERO ELECTRICO



PLANO 7



Características de los apoyos:

- Apoyo n° 56: Ángulo/Ancloje-0daN-39m, Montaje Doble Circuito, Separación de Conductores Nanm
- Apoyo n° 57: Fin de línea-0daN-0m, Montaje Doble Circuito, Separación de Conductores 0,00m

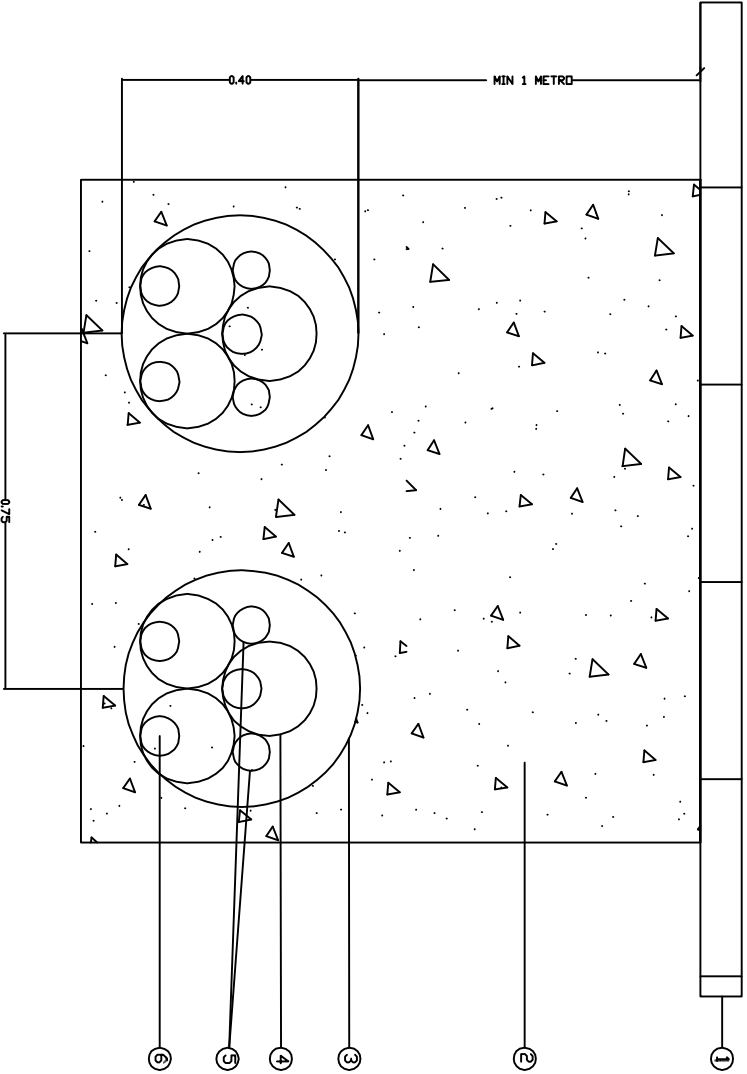
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRICA	LINEA DE TRANSPORTE DE 132 KV Y ALIMENTACION A UNA SUBESTACION DE 132/66 KV	
	Separata del vano n° 56	FECHA: 2 SEPTIEMBRE 2015
	PLANO N°:7 HOJA 1 DE 1	NOMBRE: JESUS DAVID CAZALLA BARRANCO INGENIERO ELECTRICO
	Escala H= 1:2000 V= 1:500	



PLANO 8



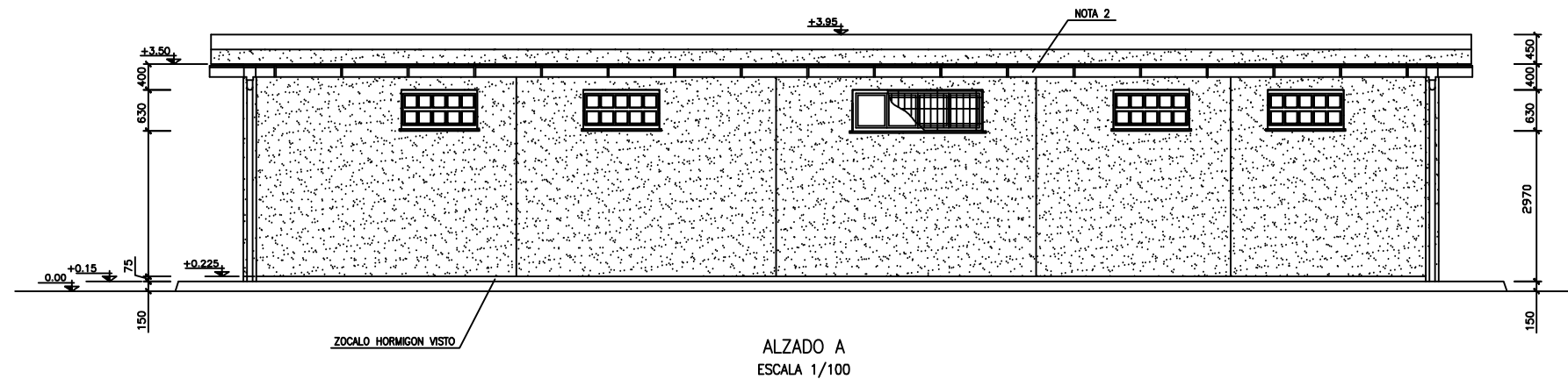
PLANO 9



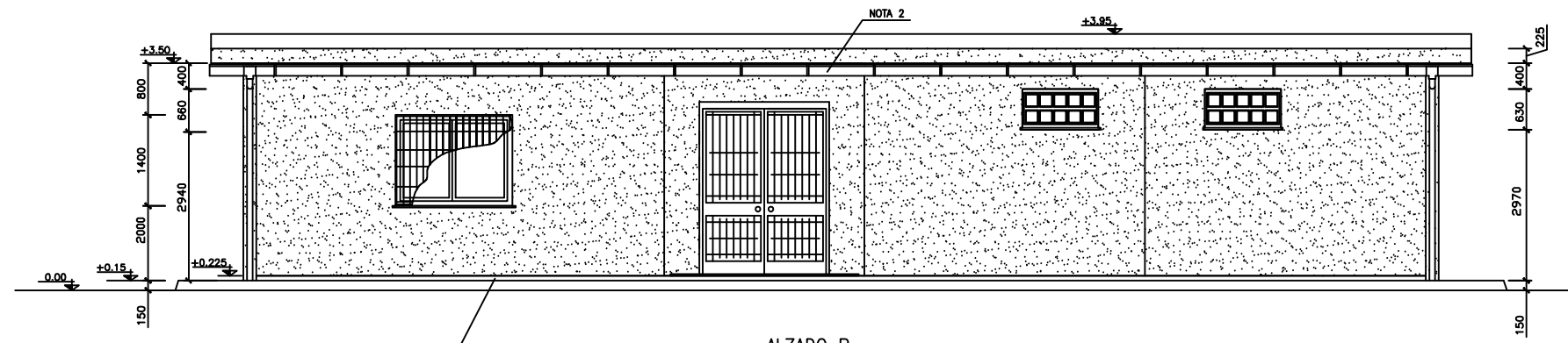
CONDUCTOR		SILEC ENDESA RHZ 1 630 MM	
CIRCUITOS		2	
AISLAMIENTO		TUBOS 125 XLPE	
CABLE DE TIERRA		DPGW 48	
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRICA		LINEA DE TRANSPORTE DE 132 KV Y ALIMENTACION A UNA SUBESTACION DE 132/66 KV	
		PERFORACION DIRIGIDA	
		PLANO N°: HOJA 1 DE 1	
		FECHA: 22 JUNIO 2015	
		NOMBRE: JESUS DAVID CAZALLA BARRANCO INGENIERO ELECTRICO	
FECHA: JUNIO 2015		ESCALA: S/E	



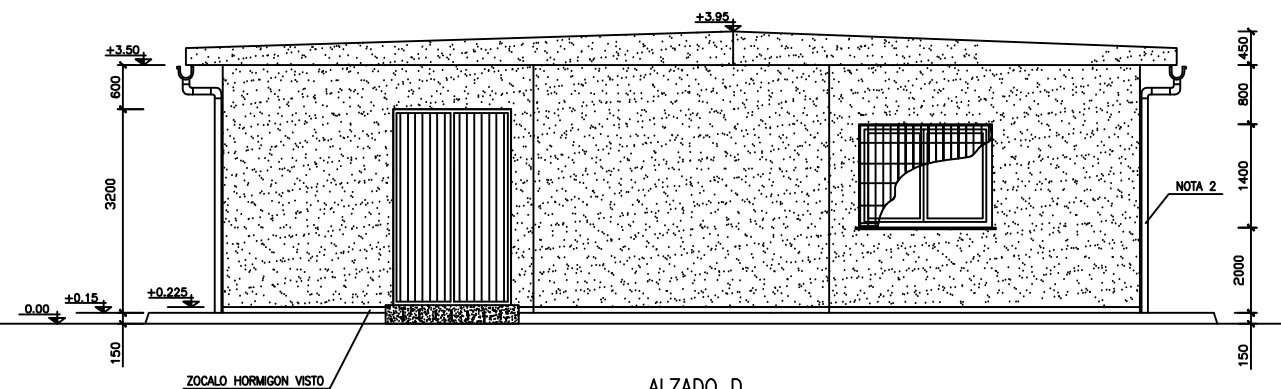
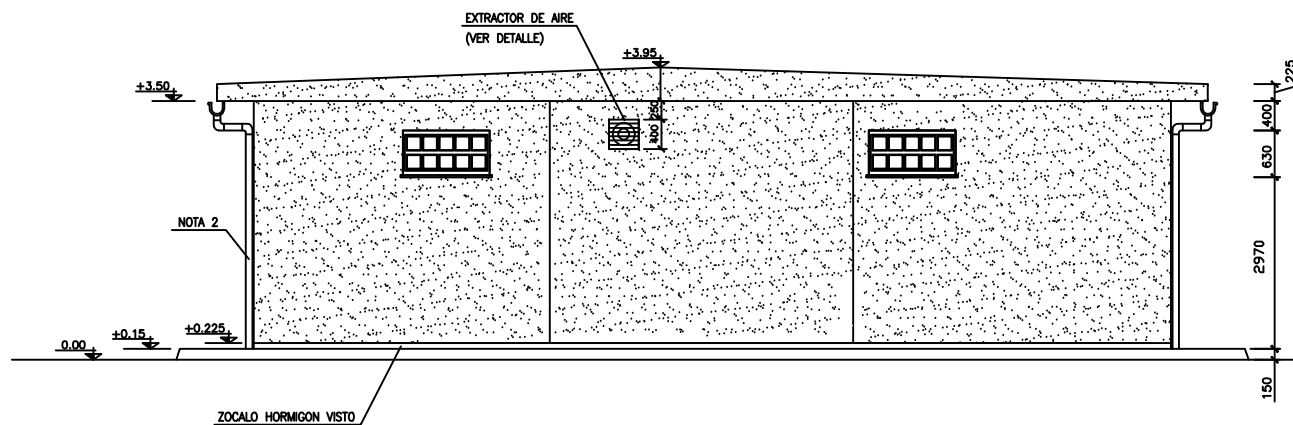
PLANO 10



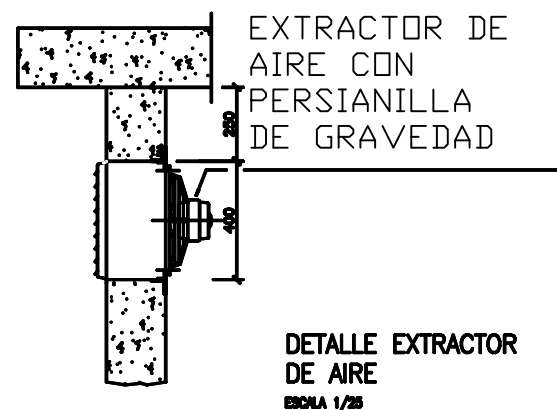
ALZADO A
ESCALA 1/100



ALZADO B
ESCALA 1/100



ALZADO D
ESCALA 1/100



NOTAS:

- 1.- COTAS EN mm. ELEVACIONES EN m.
- 2.- CANALON CIRCULAR DE PVC, DESARROLLO D=33cm, TIPO FERROPLAST O SIMILAR, CON PENDIENTE HACIA LAS BAJANTES DE PVC DIAMETRO NOMINAL 90mm. SITUADAS EN LOS EXTREMOS DE LOS ALZADOS CON PENDIENTE DE CUBIERTA. EL CANALON IRA COLOCADO EN TODA LA LONGITUD DEL ALZADO EN SU PARTE DE CUBIERTA CON SOBREMEDIDA EN LAS TERMINACIONES. LAS BAJANTES SE CONECTARAN A ARQUETAS DE RECOGIDA DE PLUVIALES SITUADAS EN LA ACERA Y ESTAS AL SISTEMA DE DRENAJE O AL DEPOSITO DE AGUA EN SU CASO. EL SISTEMA DE INSTALACION Y FIJACION DEL CANALON, BAJANTES Y ACCESORIOS SE REALIZARA SEGUN LAS RECOMENDACIONES DEL FABRICANTE.

DEPARTAMENTO
DE INGENIERIA
ELECTRICA

LINEA DE TRANSPORTE DE 132 KV Y
ALIMENTACION A UNA SUBESTACION DE 132/66 KV

EDIFICIO ANEXO A
SUBESTACION 132/66KV

PLANO N°: 10
HOJA 1 DE 1

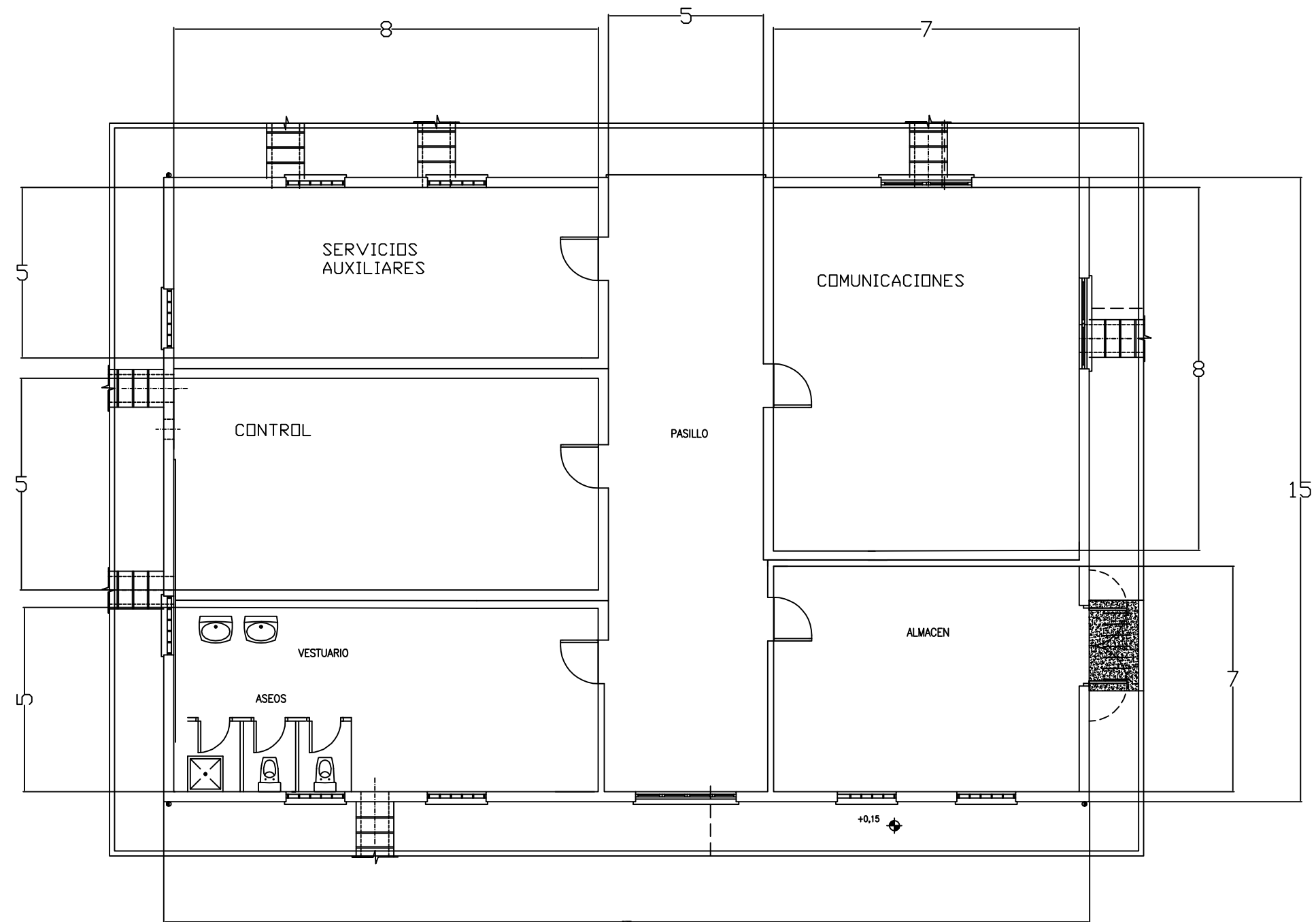
ESCALA:
1/100

FECHA: 22 SEPTIEMBRE 2015

NOMBRE: JESUS DAVID
CAZALLA BARRANCO
INGENIERO ELECTRICO



PLANO 11



NOTAS:

- 1.- TODAS LAS COTAS ESTÁN EN MILIMETROS, SALVO LAS QUE ESTÁN EN METROS (SALVO INDICACIÓN CONTRARIA).
- 2.- TODOS LOS EQUIPOS QUE SE INSTALEN, SE CONECTARÁN A TIERRA GENERAL A TRAVÉS DE LAS DERIVACIONES PREVISTAS EN DISTINTAS DEPENDENCIAS.
- 3.- ANTES DE COMENZAR A CONSTRUIR, SE COMPROBARÁ QUE LAS DISTANCIAS DE SEGURIDAD ENTRE ESTE EDIFICIO Y LAS MÁS PRÓXIMAS EN TENSIÓN.
- 4.- LA DISTRIBUCIÓN DEL EDIFICIO SE PODRÁ REPLANTEAR SIEMPRE RESPECTO A LOS EJES VERTICAL Y HORIZONTAL, SEGÚN LA DE IMPLANTACIÓN.

DEPARTAMENTO
DE INGENIERIA
ELECTRICA

ESCALA:
1/100

LINEA DE TRANSPORTE DE 132 KV Y
ALIMENTACION A UNA SUBESTACION DE 132/66 KV

EDIFICIO ANEXO A
SUBESTACION 132/66KV

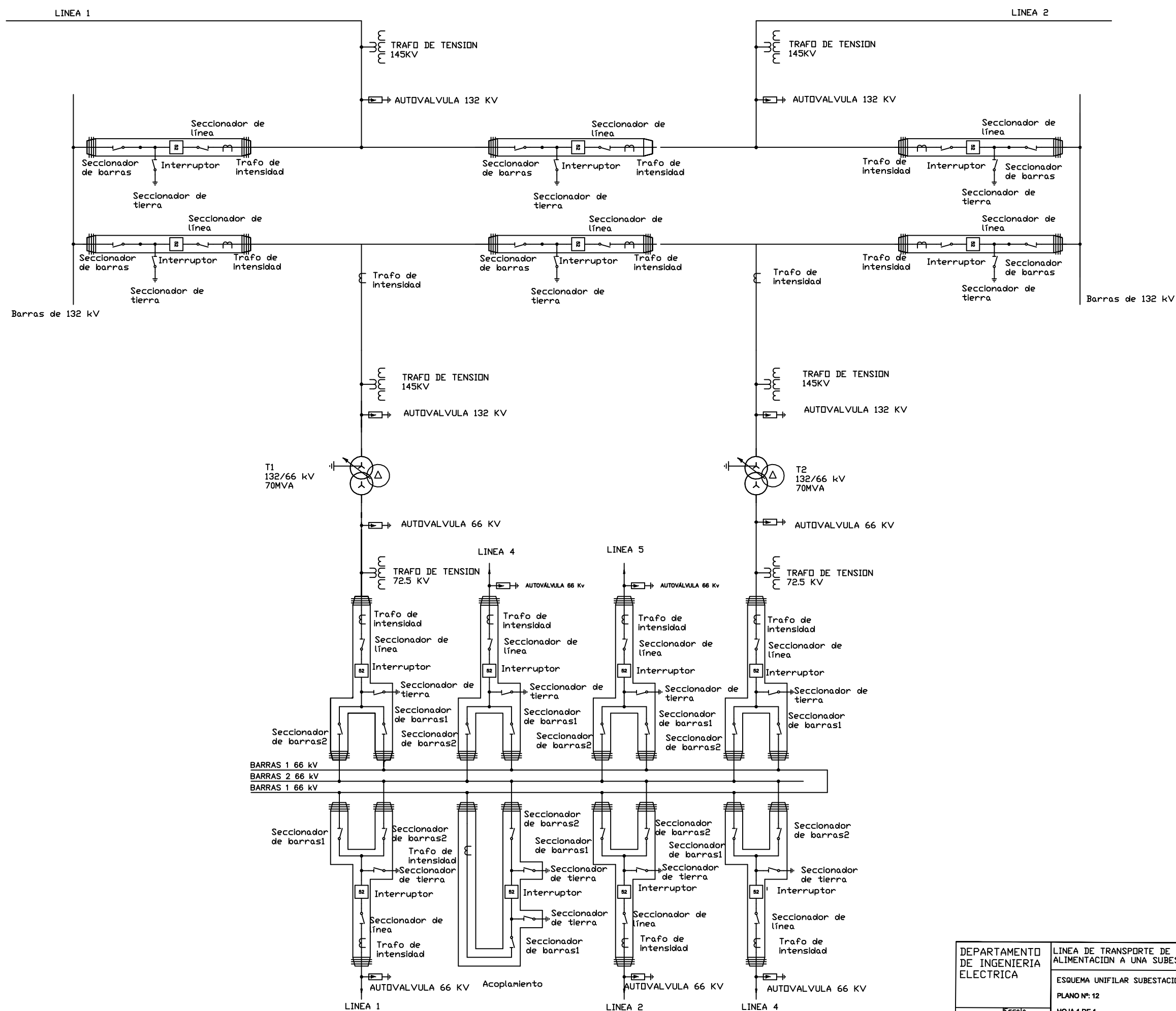
PLANO N°: 11
HOJA 1 DE 1

FECHA: 2 SEPTIEMBRE 2015

NOMBRE: JESUS DAVID
CAZALLA BARRANCO
INGENIERO ELECTRICO



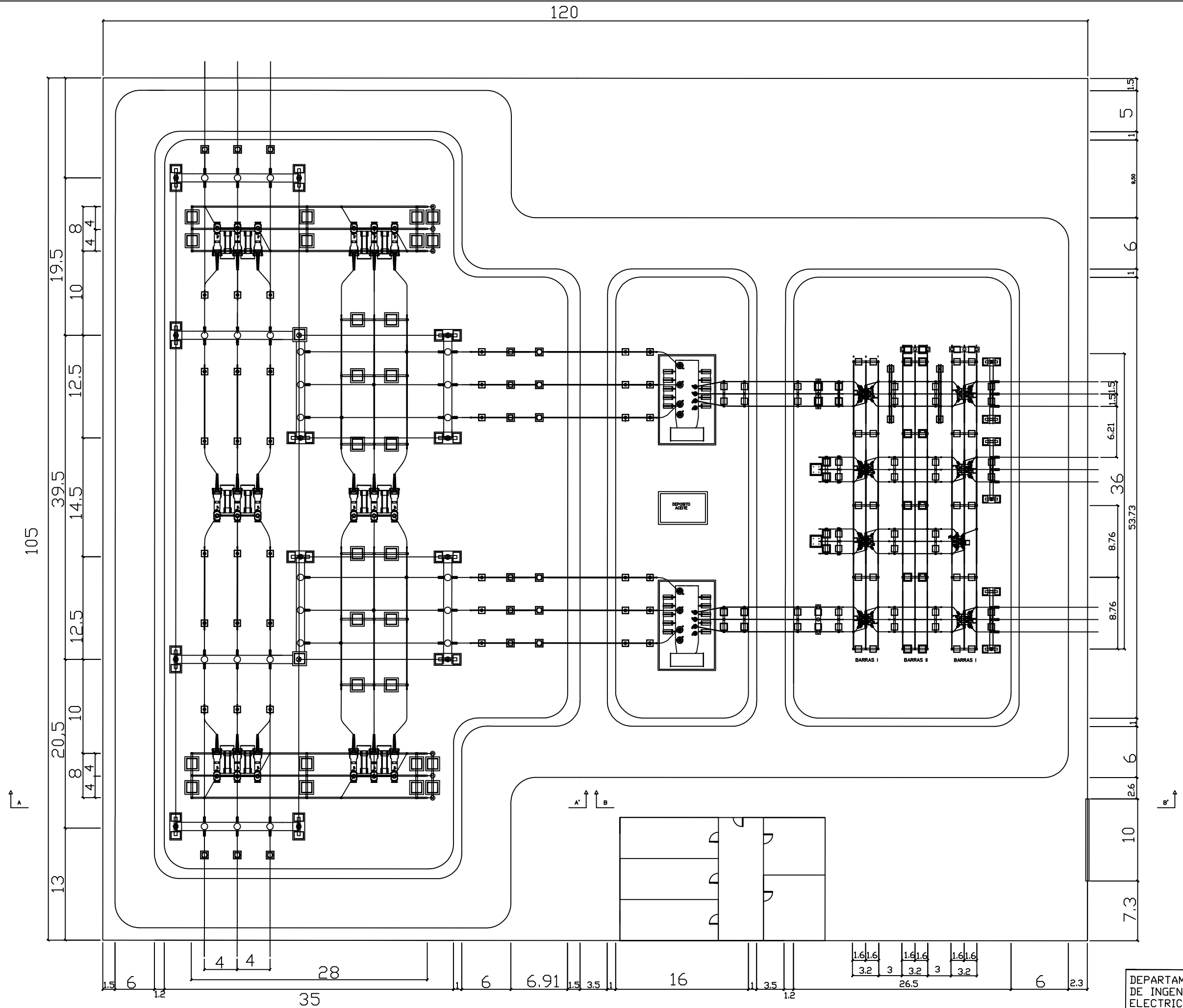
PLANO 12



DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRICA	LINEA DE TRANSPORTE DE 132 KV Y ALIMENTACION A UNA SUBESTACION DE 132/66 KV	
	ESQUEMA UNIFILAR SUBESTACION	FECHA: 2 SEPTIEMBRE 2015
	PLANO Nº: 12	NOMBRE: JESUS DAVID CAZALLA BARRANCO INGENIERO ELECTRICO
Escala	HOJA 1 DE 1	
S/E		



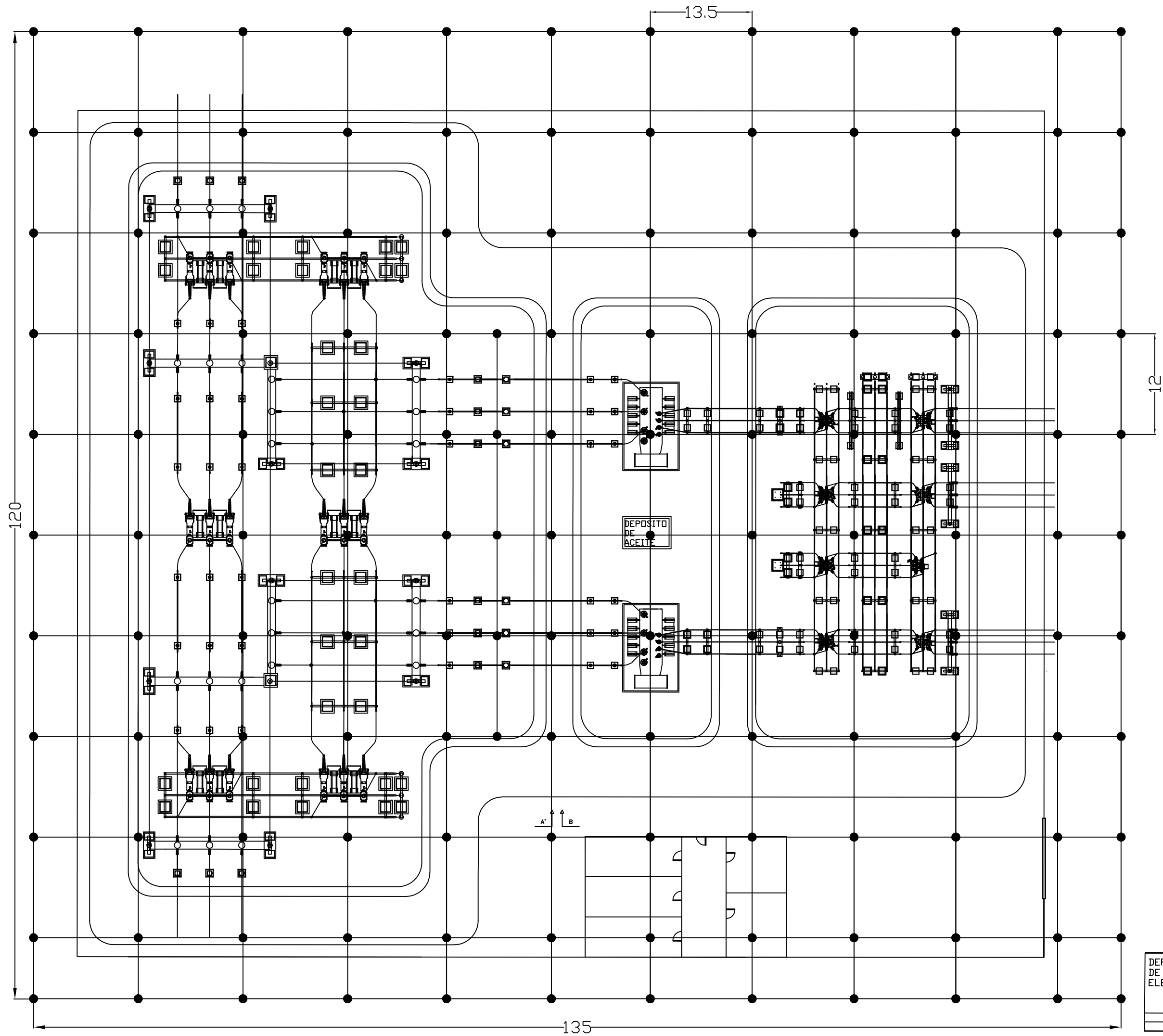
PLANO 13



DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRICA	LINEA DE TRANSPORTE DE 132 KV Y ALIMENTACION A UNA SUBESTACION DE 132/66 KV	
	PLANTA DE LA SUBESTACION 136/66 KV	FECHA: 2 SEPTIEMBRE 2015
	PLANO Nº: 13	NOMBRE: JESUS DAVID CAZALLA BARRANCO INGENIERO ELECTRICO
Escala 1/5000	HOJA 1 DE 1	



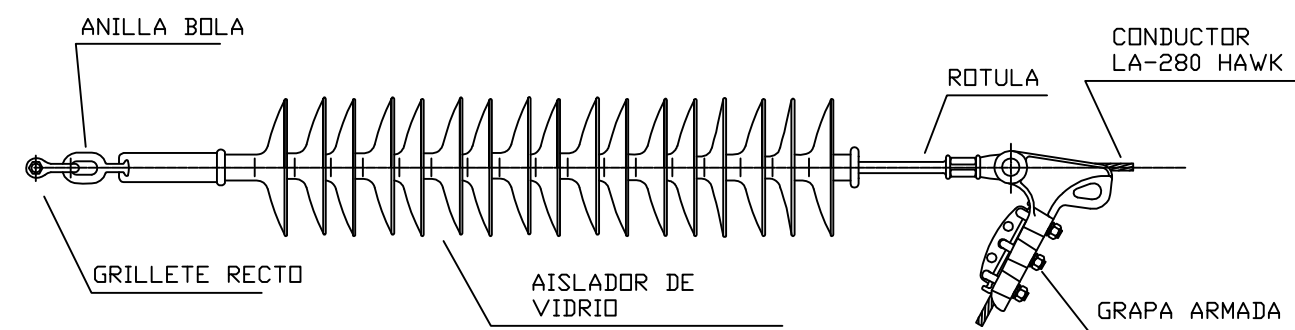
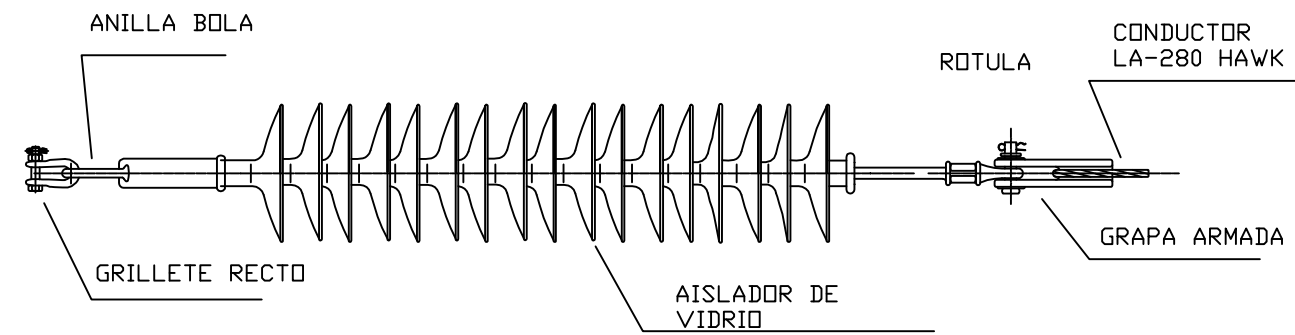
PLANO 14



DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRICA	LINEA DE TRANSPORTE DE 132 KV Y ALIMENTACION A UNA SUBESTACION DE 132/66 KV	
	PLANTA DE LA SUBESTACION 136/66 KV	FECHA: 2 SEPTIEMBRE 2015
	PLANO N°: 14	NOMBRE: JESUS DAVID CAZALLA BARRANCO
	HOJA 1 DE 1	INGENIERO ELECTRICO



PLANO 15

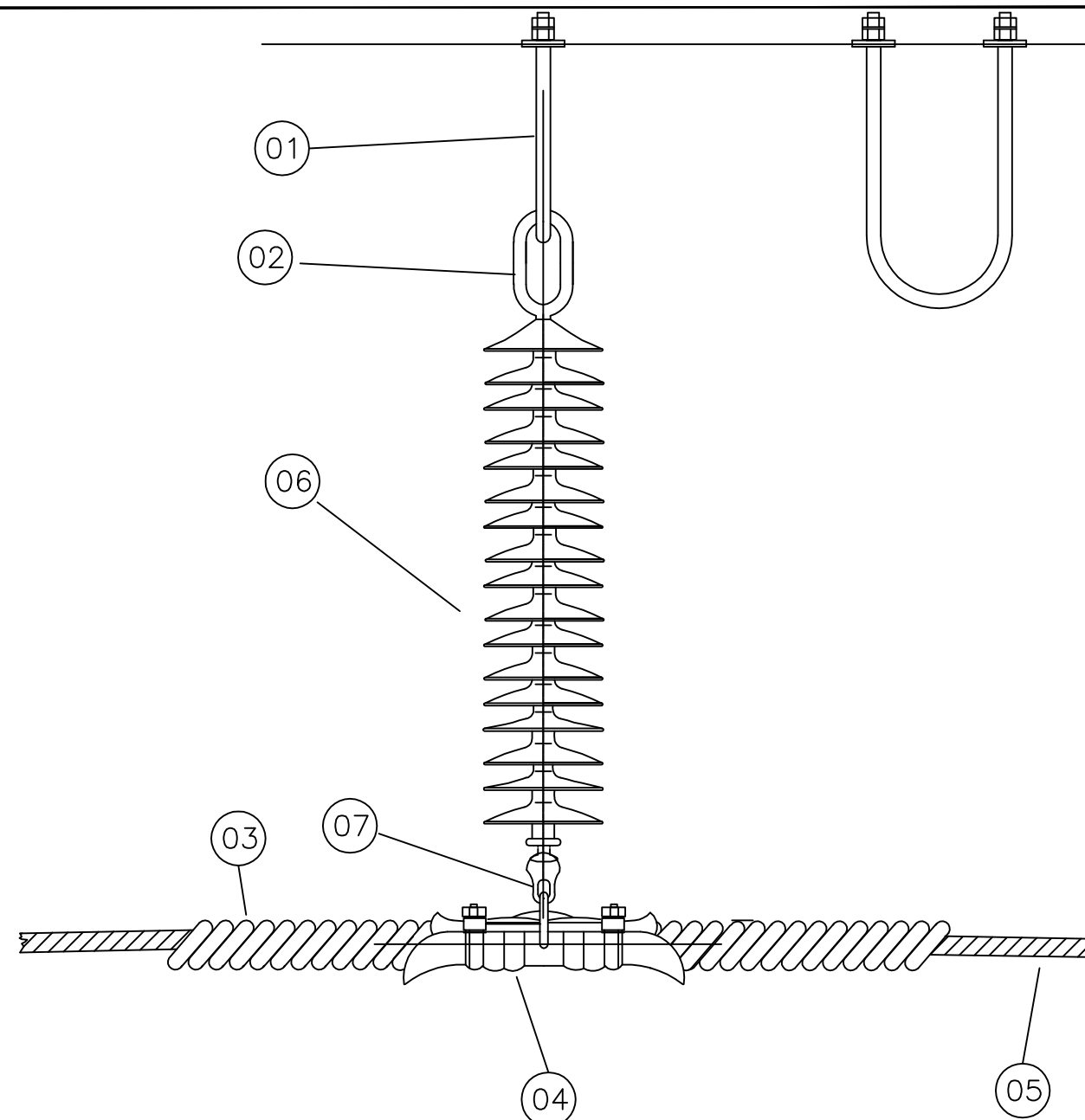


CADENA DE AISLADORES LA-280-132-VID

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRICA	LINEA DE TRANSPORTE DE 132 KV Y ALIMENTACION A UNA SUBESTACION DE 132/66 KV	
	CADENA DE AISLADORES	FECHA: 2 SEPTIEMBRE 2015
Escala S/E	PLANO N°: 15	NOMBRE: JESUS DAVID CAZALLA BARRANCO INGENIERO ELECTRICO
	HOJA 1 DE 1	



PLANO 16

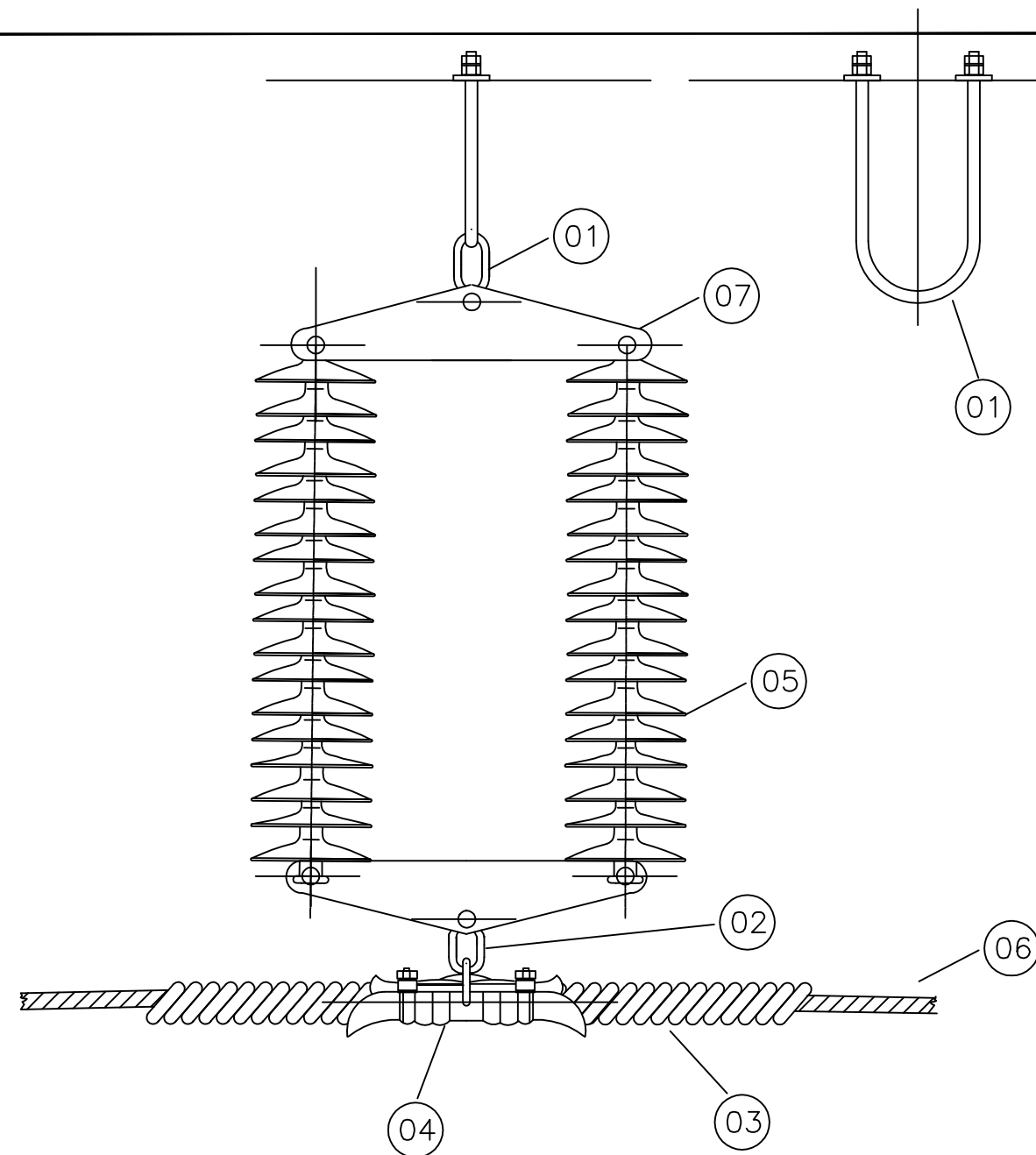


Nº	DENOMINACION
01	Péndulo "U" A°G°
02	Anillo con badajo
03	Preformado
04	Morsa de suspensión
05	Cable de LA 280 HAWK
06	Aislador de vidrio
07	Orbita con ojal

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRICA	LINEA DE TRANSPORTE DE 132 KV Y ALIMENTACION A UNA SUBESTACION DE 132/66 KV	
	CADENA DE AISLADORES SUSPENSION	FECHA: 2 SEPTIEMBRE 2015
Escala S/E	PLANO N°:16 HOJA 1 DE 1	NOMBRE: JESUS DAVID CAZALLA BARRANCO INGENIERO ELECTRICO



PLANO 17

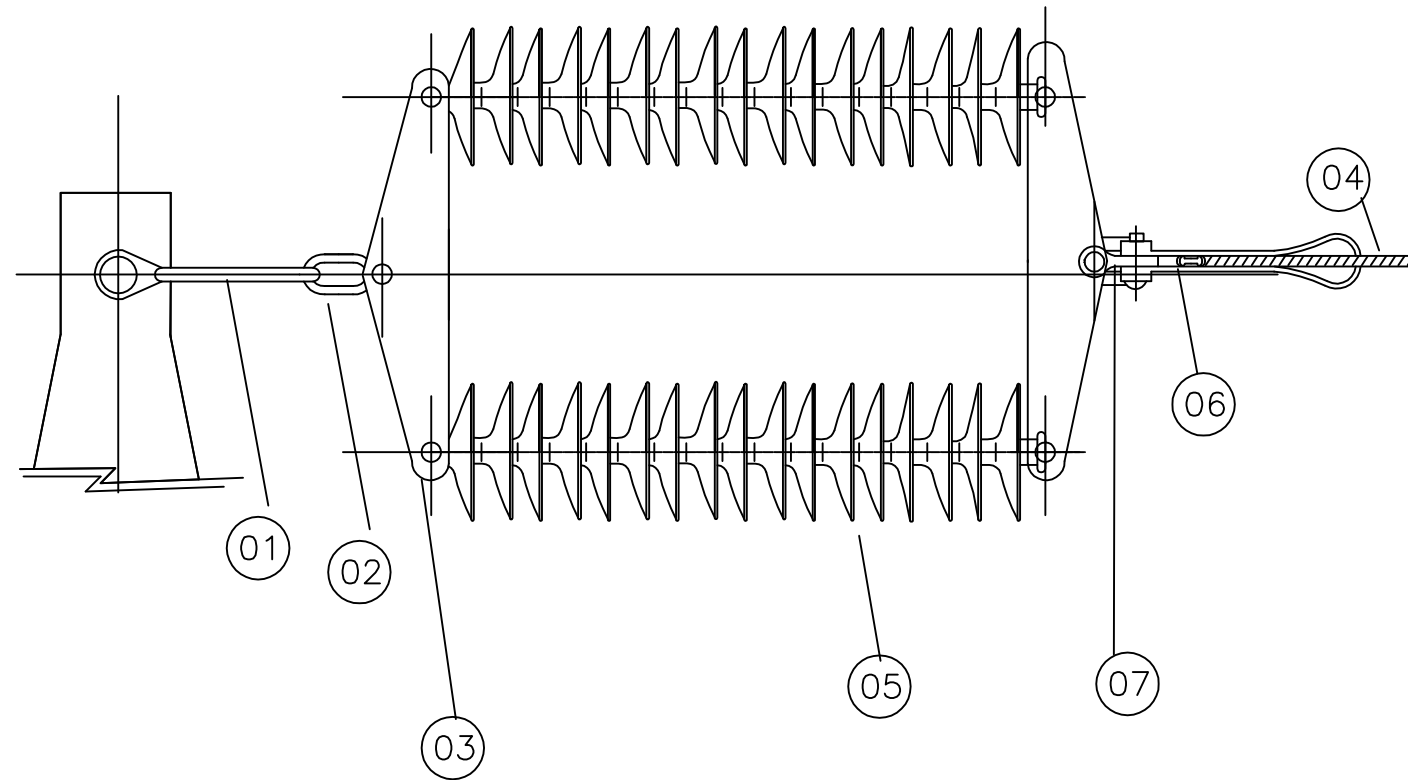


Nº	DENOMINACION
01	Péndulo "U" A°G°
02	Ovalo con ojal
03	Preformado
04	Morsa de suspensión
05	Aislador de vidrio
06	Conductor LA 280 HAWK
07	Yugo biplaca

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRICA	LINEA DE TRANSPORTE DE 132 KV Y ALIMENTACION A UNA SUBESTACION DE 132/66 KV	
	CADENA DE AISLADORES SUSPENSION DOBLE	FECHA: 2 SEPTIEMBRE 2015
Escala S/E	PLANO Nº:17 HOJA 1 DE 1	NOMBRE: JESUS DAVID CAZALLA BARRANCO INGENIERO ELECTRICO



PLANO 18

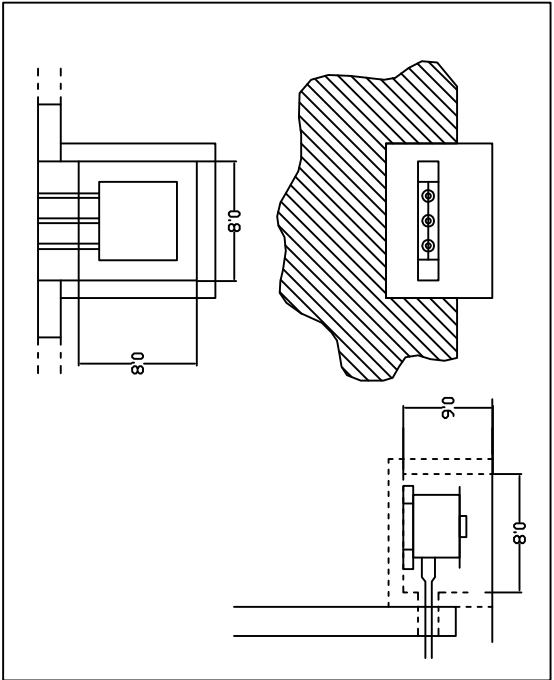
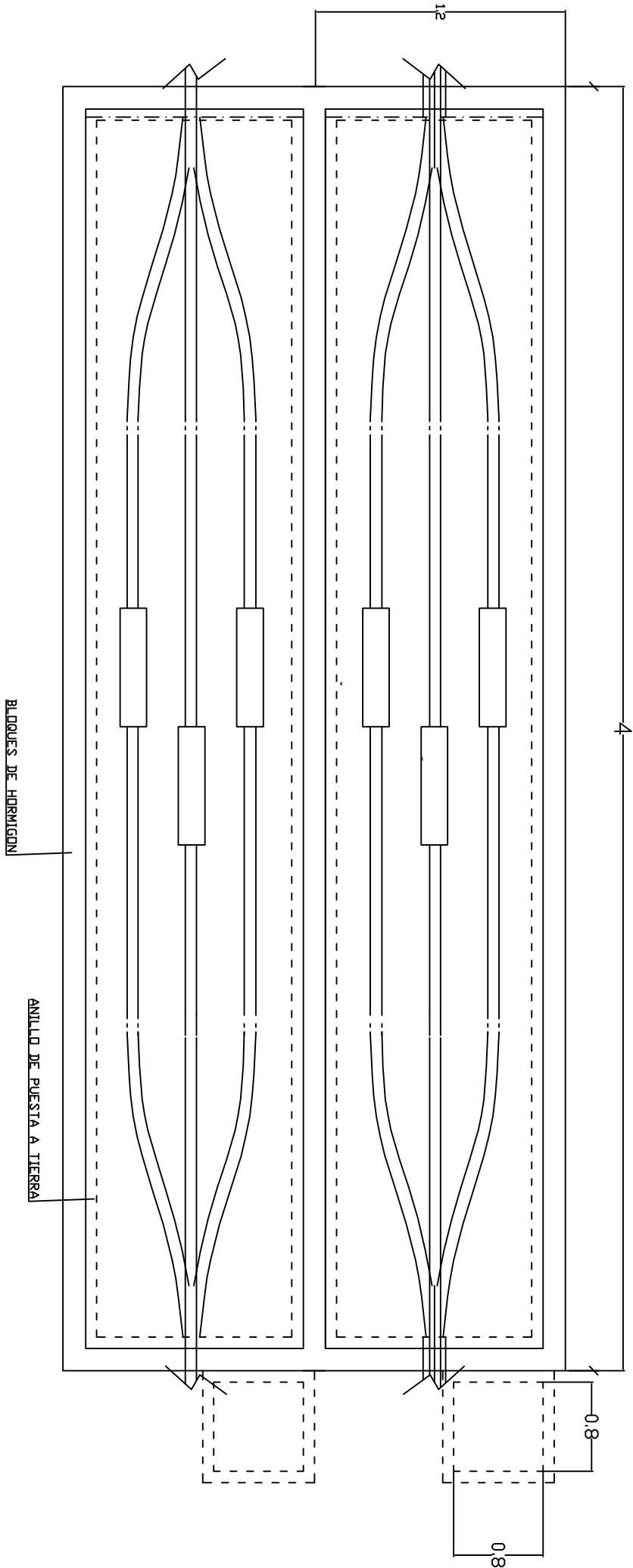
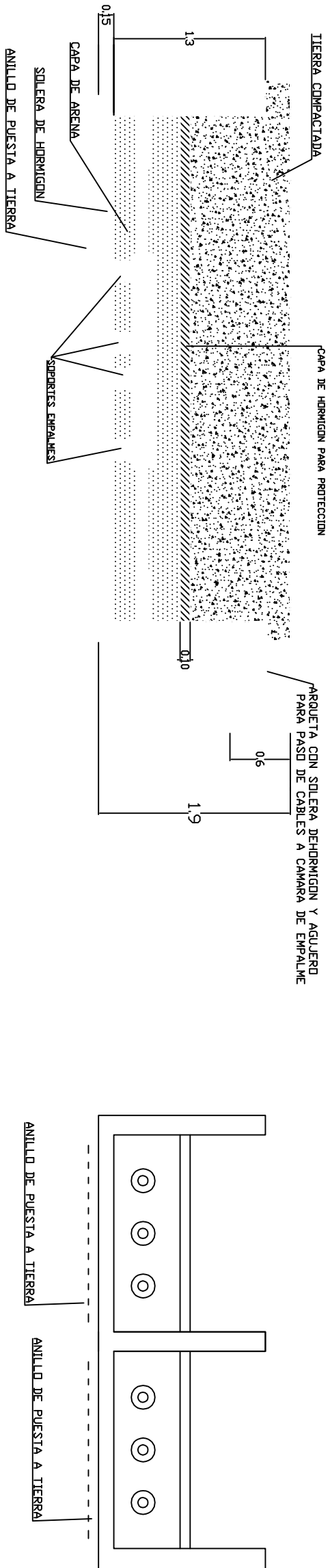


Nº	DENOMINACION
01	Estribo simple o doble
02	Anillo con ojal
03	Yugo biplaca
04	Conductor LA 280 HAWK
05	Aislador de vidrio
06	Morsa de retención
07	Doble ojal a 90° - MN 400

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRICA	LINEA DE TRANSPORTE DE 132 KV Y ALIMENTACION A UNA SUBESTACION DE 132/66 KV	
	CADENA DE AISLADORES AMARRE DOBLE	FECHA: 2 SEPTIEMBRE 2015
	PLANO Nº:18 HOJA 1 DE 1	NOMBRE: JESUS DAVID CAZALLA BARRANCO INGENIERO ELECTRICICO
	Escala S/E	



PLANO 19



CONDUCTOR SILEC ENDESA RHZ 1 630 MM
CIRCUITOS 2
AISLAMIENTO TUBOS 125 XLPE
CABLE DE TIERRA DPGW 48

DEPARTAMENTO LINEA DE TRANSPORTE DE 132 KV Y
DE INGENIERIA ALIMENTACION A UNA SUBESTACION DE 132/66 KV
ELECTRICA

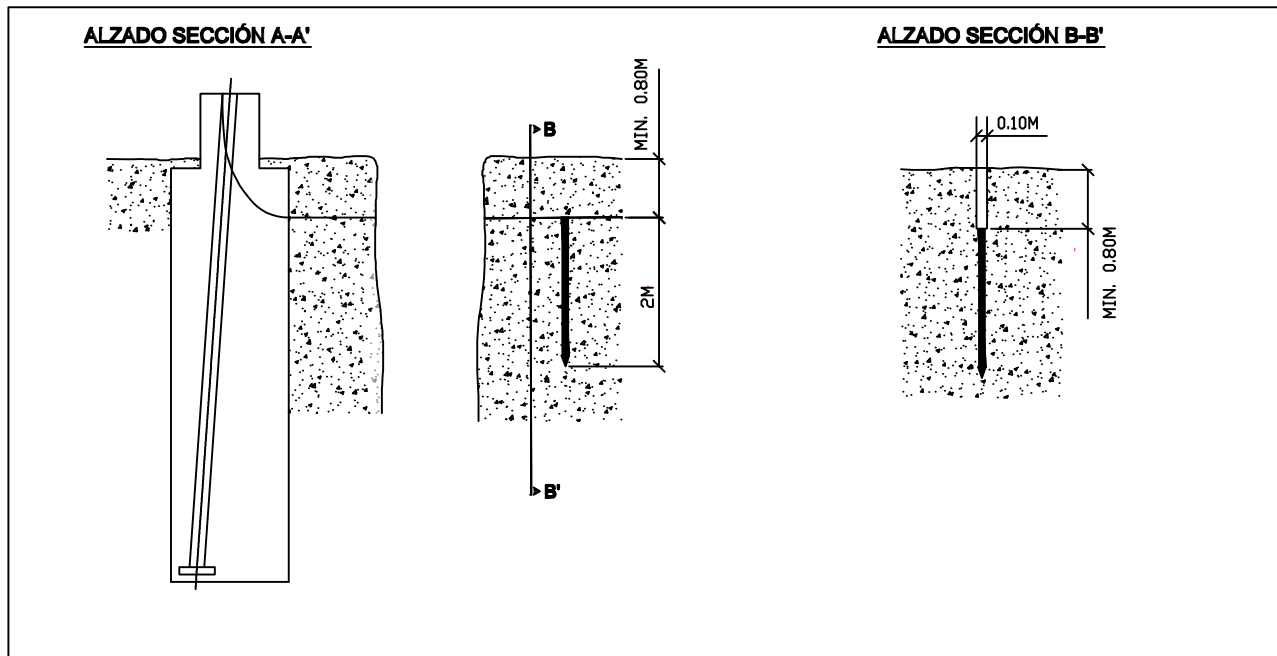
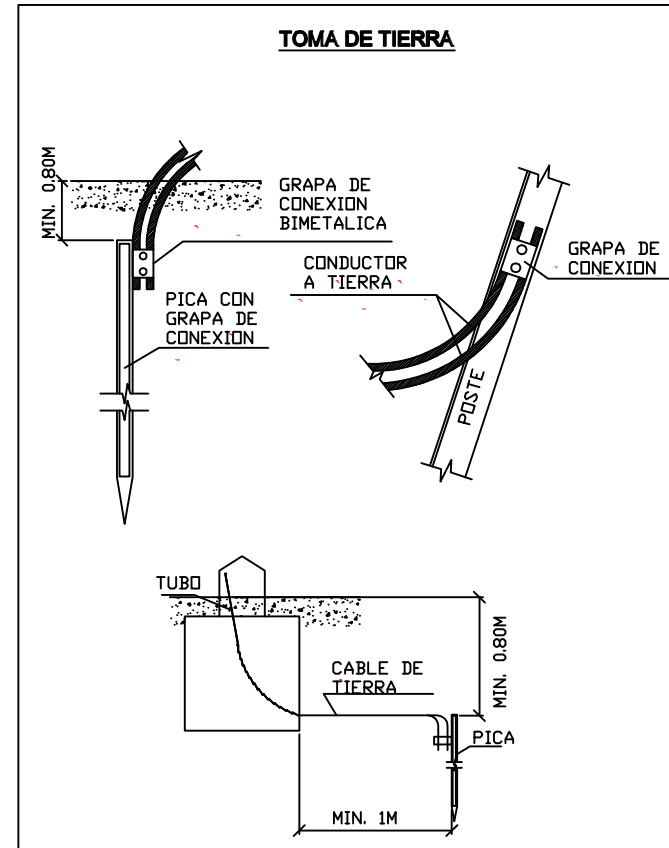
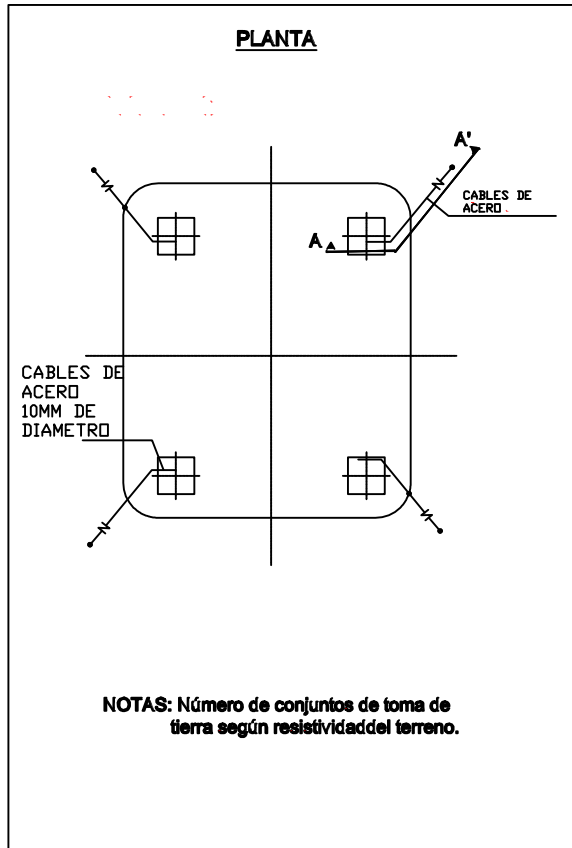
CAMARA DE EMPALMES

FECHA: JUNIO 2015 ESCALA: S/E PLANO N°: HOJA 1 DE 1

FECHA: 22 JUNIO 2015 NOMBRE: JESUS DAVID CAZALLA BARRANCO INGENIERO ELECTRICO



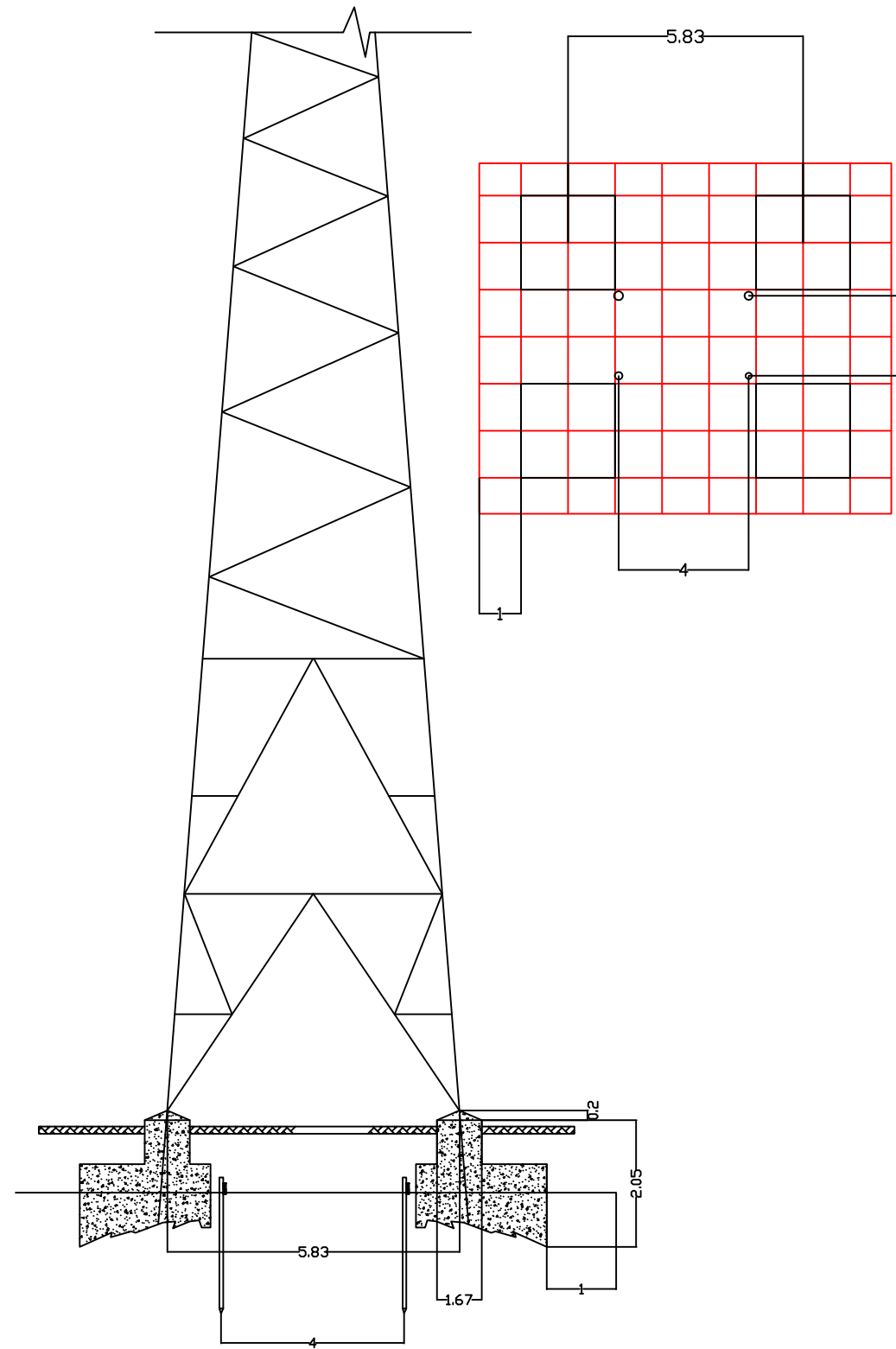
PLANO 20



DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRICA	LINEA DE TRANSPORTE DE 132 KV Y ALIMENTACION A UNA SUBESTACION DE 132/66 KV	
	EJEMPLO APOYO NO FRECUENTADO	FECHA: 2 SEPTIEMBRE 2015
	PLANO N°: 20 HOJA 1 DE 1	NOMBRE: JESUS DAVID CAZALLA BARRANCO INGENIERO ELECTRICO
	Escala S/E	



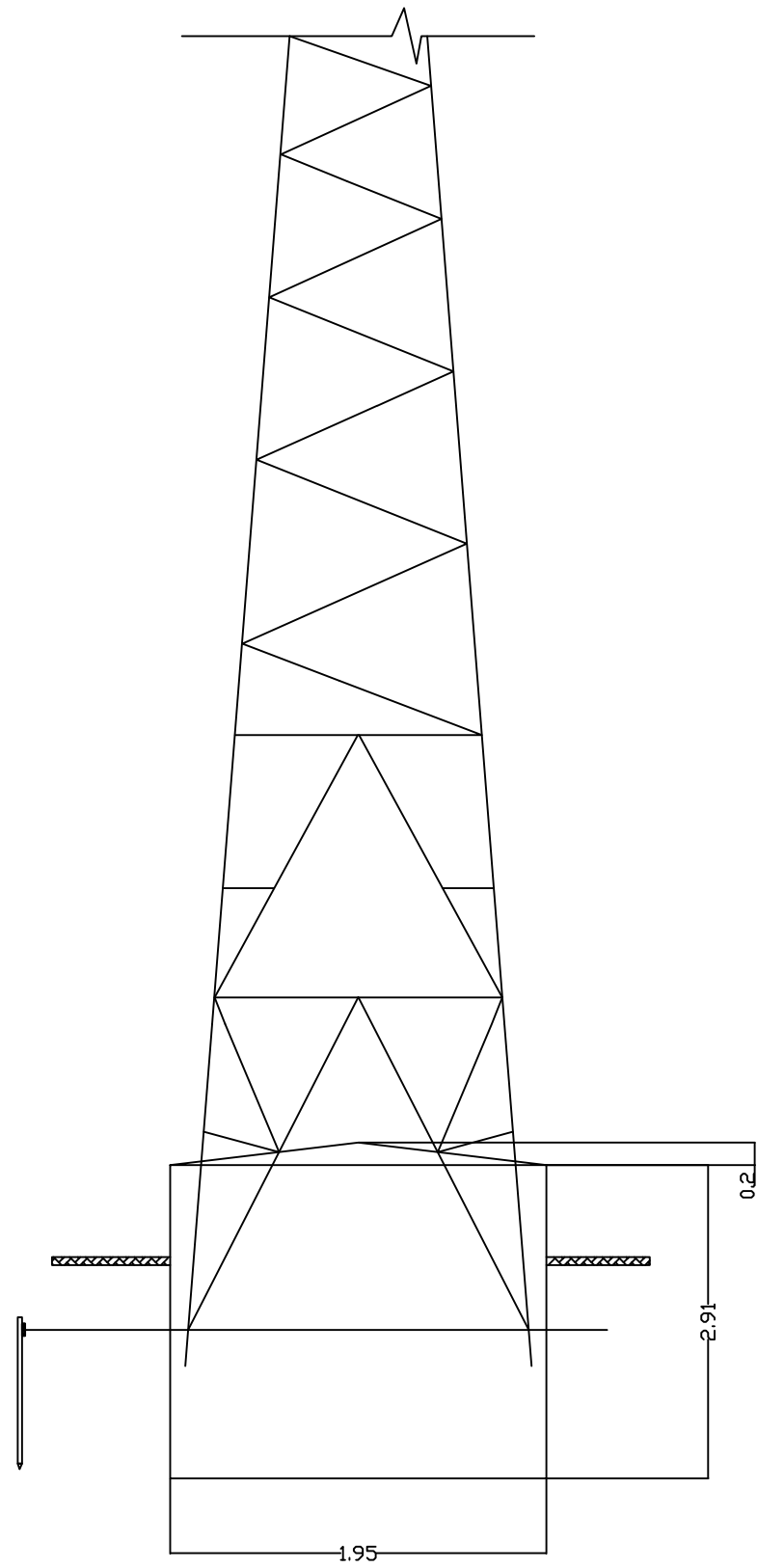
PLANO 21



DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRICA		LINEA DE TRANSPORTE DE 132 KV Y ALIMENTACION A UNA SUBESTACION DE 132/66 KV	
Escala S/E		EJEMPLO CIMENTACION FRACCIONADA Y APOYO FRECUENTADO. APOYO N°20	FECHA: 2 SEPTIEMBRE 2015
PLANO N°: 21 HOJA 1 DE 1		NOMBRE: JESUS DAVID CAZALLA BARRANCO INGENIERO ELECTRICO	



PLANO 22

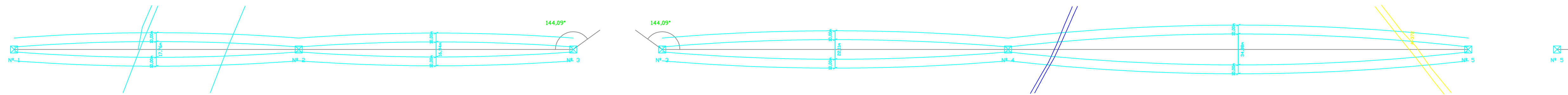


DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRICA		LINEA DE TRANSPORTE DE 132 KV Y ALIMENTACION A UNA SUBESTACION DE 132/66 KV	
		EJEMPLO CIMENTACION MONOBLOQUE. APOYO N°2	FECHA: 2 SEPTIEMBRE 2015
Escala S/E		PLANO N°: 22 HOJA 1 DE 1	NOMBRE: JESUS DAVID CAZALLA BARRANCO INGENIERO ELECTRICO

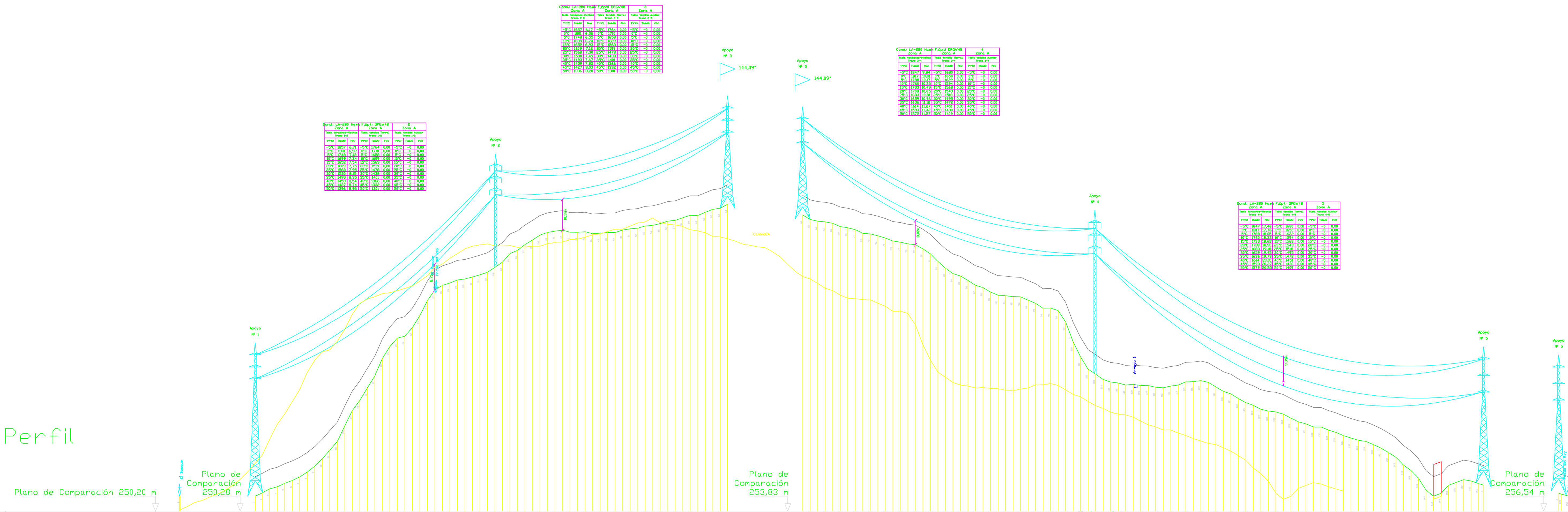


PLANO 23

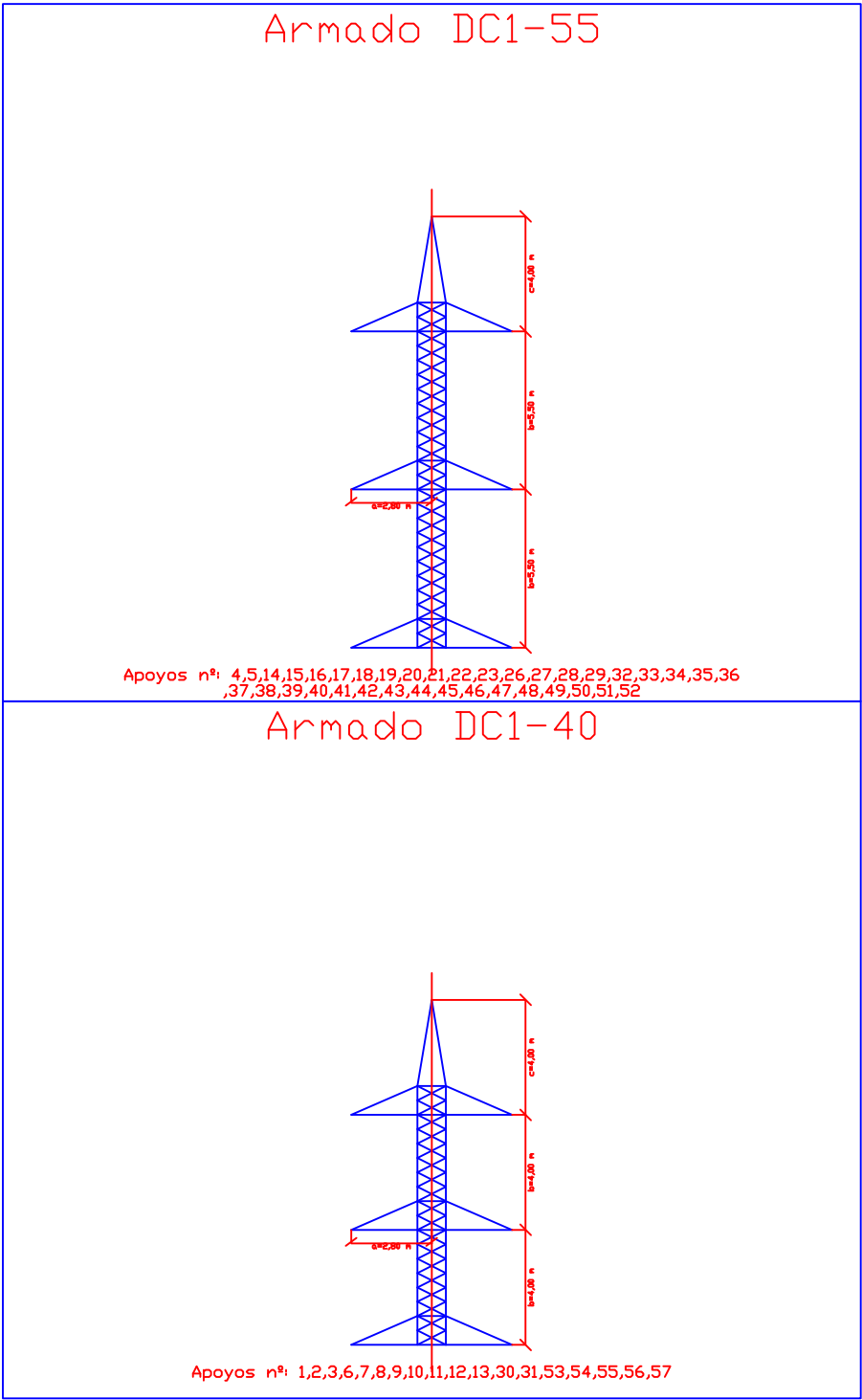
Planta



Perfil



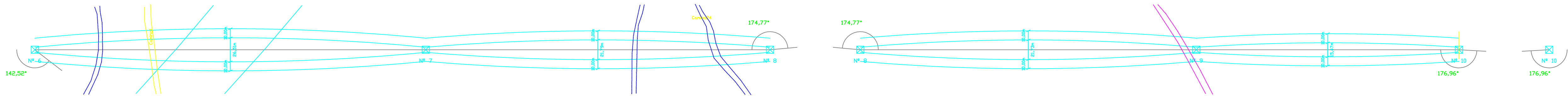
Estaciones y punto kilométrico	Parcelas		Distancias	Al origen	Cotas del terreno	Cotas de catenaria	Cotas de catenaria y longitud	Apoyo inicial y final
	Parcelas	Parcelas						
1	1	2	3	4	5	6	7	8
2	1	2	3	4	5	6	7	8
3	1	2	3	4	5	6	7	8
4	1	2	3	4	5	6	7	8
5	1	2	3	4	5	6	7	8
6	1	2	3	4	5	6	7	8
7	1	2	3	4	5	6	7	8
8	1	2	3	4	5	6	7	8
9	1	2	3	4	5	6	7	8
10	1	2	3	4	5	6	7	8
11	1	2	3	4	5	6	7	8
12	1	2	3	4	5	6	7	8
13	1	2	3	4	5	6	7	8
14	1	2	3	4	5	6	7	8
15	1	2	3	4	5	6	7	8
16	1	2	3	4	5	6	7	8
17	1	2	3	4	5	6	7	8
18	1	2	3	4	5	6	7	8
19	1	2	3	4	5	6	7	8
20	1	2	3	4	5	6	7	8
21	1	2	3	4	5	6	7	8
22	1	2	3	4	5	6	7	8
23	1	2	3	4	5	6	7	8
24	1	2	3	4	5	6	7	8
25	1	2	3	4	5	6	7	8
26	1	2	3	4	5	6	7	8
27	1	2	3	4	5	6	7	8
28	1	2	3	4	5	6	7	8
29	1	2	3	4	5	6	7	8
30	1	2	3	4	5	6	7	8
31	1	2	3	4	5	6	7	8
32	1	2	3	4	5	6	7	8
33	1	2	3	4	5	6	7	8
34	1	2	3	4	5	6	7	8
35	1	2	3	4	5	6	7	8
36	1	2	3	4	5	6	7	8
37	1	2	3	4	5	6	7	8
38	1	2	3	4	5	6	7	8
39	1	2	3	4	5	6	7	8
40	1	2	3	4	5	6	7	8
41	1	2	3	4	5	6	7	8
42	1	2	3	4	5	6	7	8
43	1	2	3	4	5	6	7	8
44	1	2	3	4	5	6	7	8
45	1	2	3	4	5	6	7	8
46	1	2	3	4	5	6	7	8
47	1	2	3	4	5	6	7	8
48	1	2	3	4	5	6	7	8
49	1	2	3	4	5	6	7	8
50	1	2	3	4	5	6	7	8
51	1	2	3	4	5	6	7	8
52	1	2	3	4	5	6	7	8
53	1	2	3	4	5	6	7	8
54	1	2	3	4	5	6	7	8
55	1	2	3	4	5	6	7	8
56	1	2	3	4	5	6	7	8
57	1	2	3	4	5	6	7	8
58	1	2	3	4	5	6	7	8
59	1	2	3	4	5	6	7	8
60	1	2	3	4	5	6	7	8
61	1	2	3	4	5	6	7	8
62	1	2	3	4	5	6	7	8
63	1	2	3	4	5	6	7	8
64	1	2	3	4	5	6	7	8
65	1	2	3	4	5	6	7	8
66	1	2	3	4	5	6	7	8
67	1	2	3	4	5	6	7	8
68	1	2	3	4	5	6	7	8
69	1	2	3	4	5	6	7	8
70	1	2	3	4	5	6	7	8
71	1	2	3	4	5	6	7	8
72	1	2	3	4	5	6	7	8
73	1	2	3	4	5	6	7	8
74	1	2	3	4	5	6	7	8
75	1	2	3	4	5	6	7	8
76	1	2	3	4	5	6	7	8
77	1	2	3	4	5	6	7	8
78	1	2	3	4	5	6	7	8
79	1	2	3	4	5	6	7	8
80	1	2	3	4	5	6	7	8
81	1	2	3	4	5	6	7	8
82	1	2	3	4	5	6	7	8
83	1	2	3	4	5	6	7	8
84	1	2	3	4	5	6	7	8
85	1	2	3	4	5	6	7	8
86	1	2	3	4	5	6	7	8
87	1	2	3	4	5	6	7	8
88	1	2	3	4	5	6	7	8
89	1	2	3	4	5	6	7	8
90	1	2	3	4	5	6	7	8
91	1	2	3	4	5	6	7	8
92	1	2	3	4	5	6	7	8
93	1	2	3	4	5	6	7	8
94	1	2	3	4	5	6	7	8
95	1	2	3	4	5	6	7	8
96	1	2	3	4	5	6	7	8
97	1	2	3	4	5	6	7	8
98	1	2	3	4	5	6	7	8
99	1	2	3	4	5	6	7	8
100	1	2	3	4	5	6	7	8



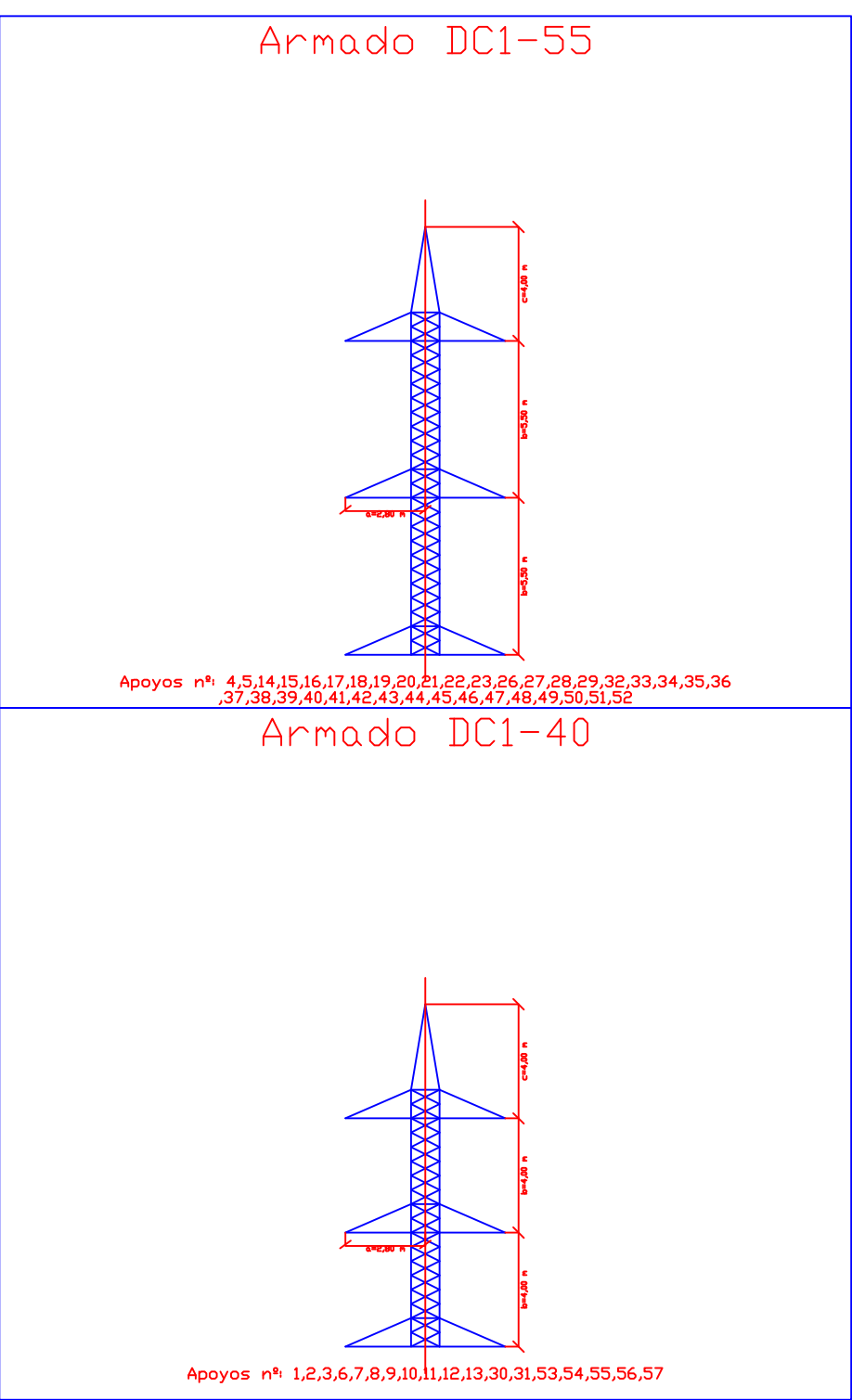
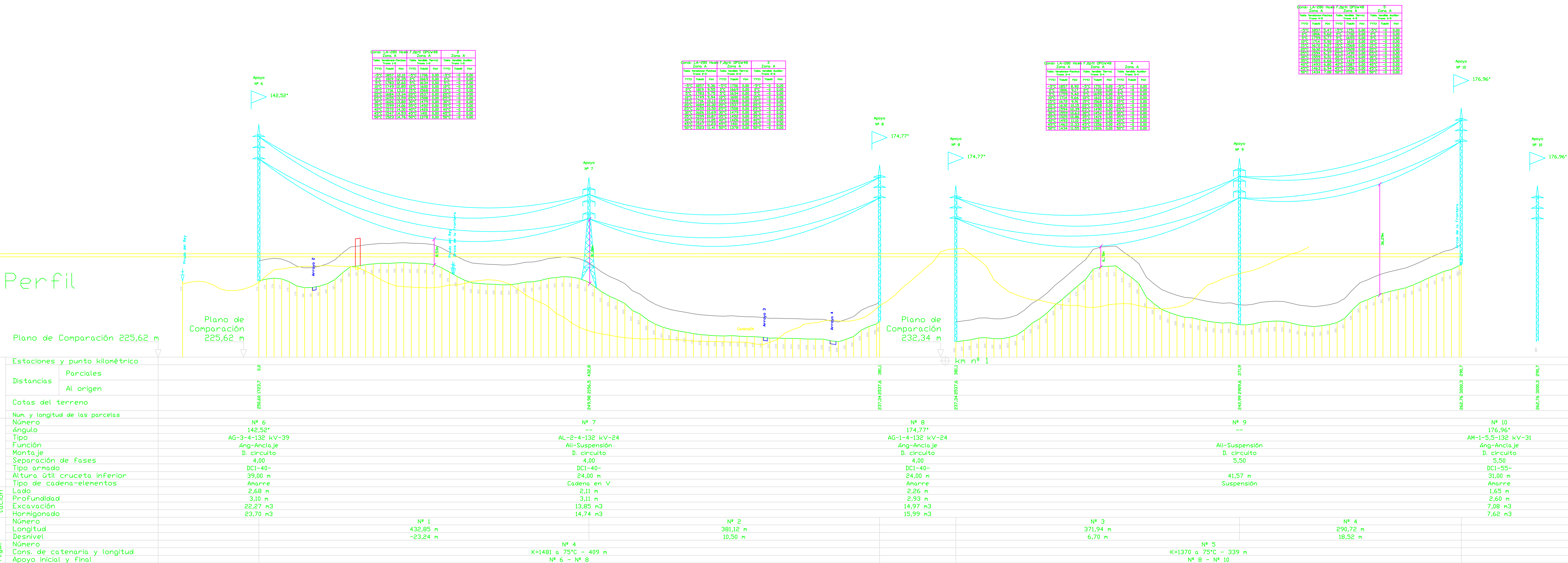


PLANO 24

Planta



Perfil

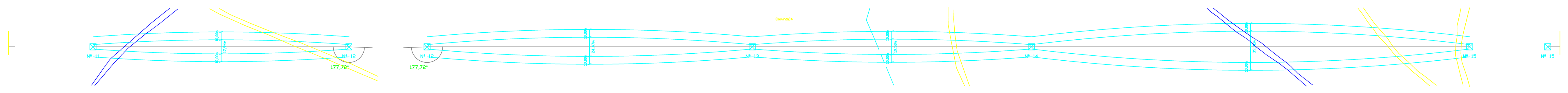


DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRICA	LINEA DE TRANSPORTE DE 132 KV Y ALIMENTACION A UNA SUBSTACION DE 132/66 KV	FECHA: 8 SEPTIEMBRE 2015
PERFIL DE LINEA ELECTRICA AEREA APOYO 6 A 10	PLANO W24	NOMBRE: JESUS DAVID CAZALLA BARRERA
ESCALA: 1:1000	HOJA 1 DE 1	INGENIERO ELECTRICISTA

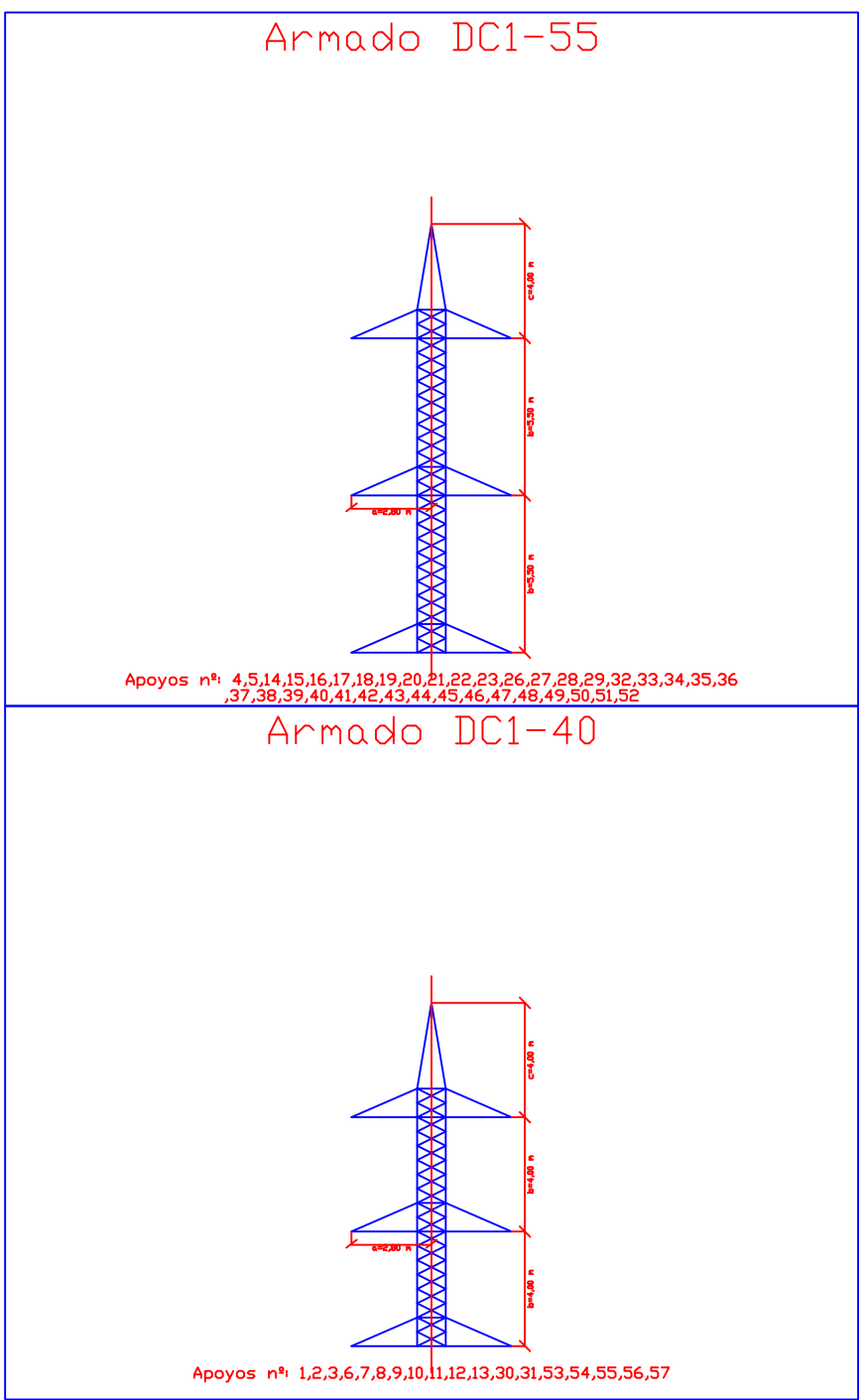
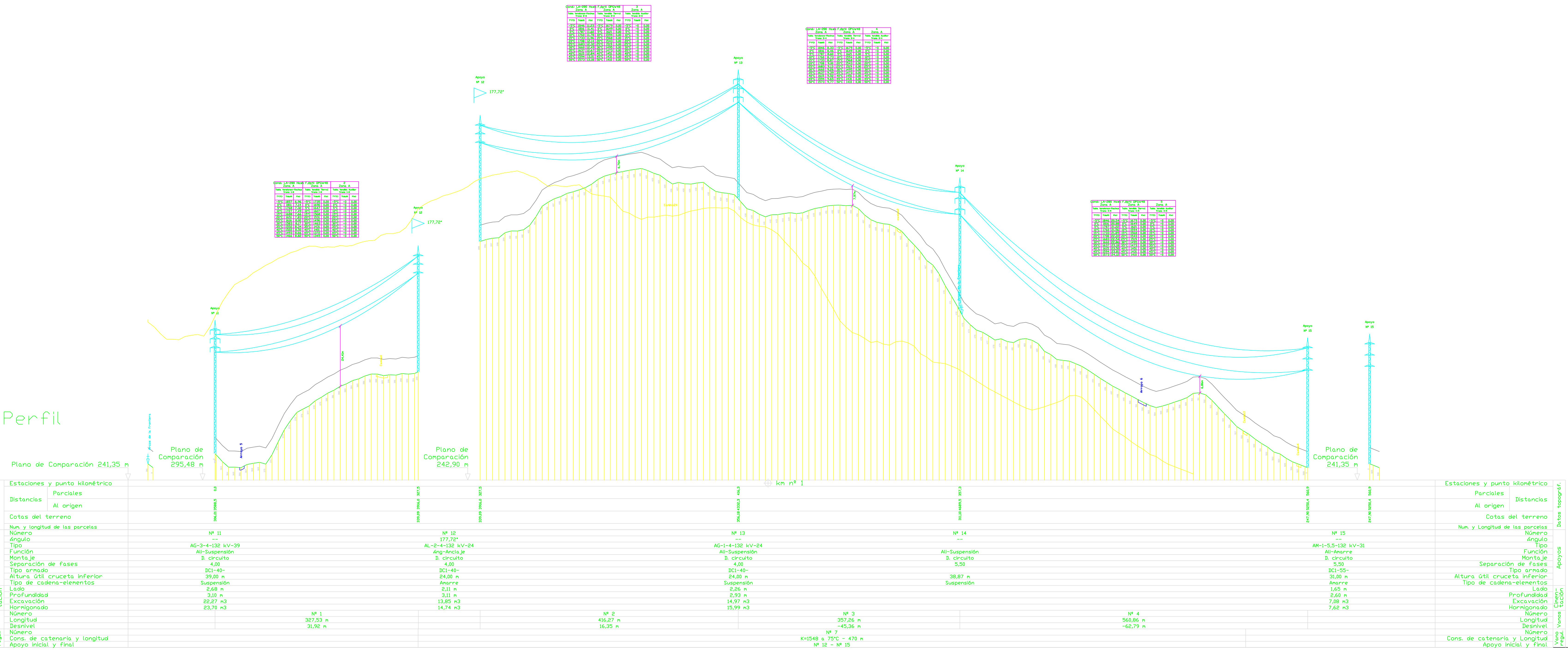


PLANO 25

Planta



Perfil



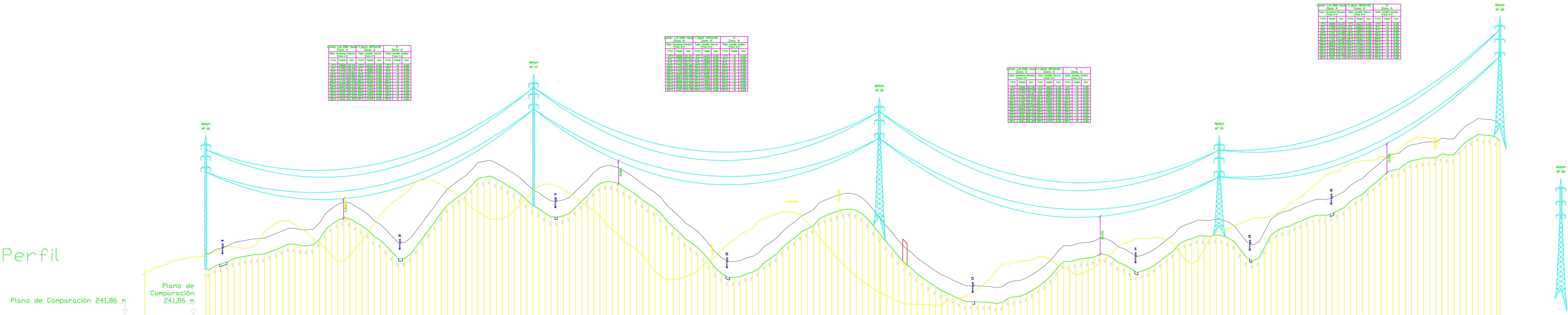
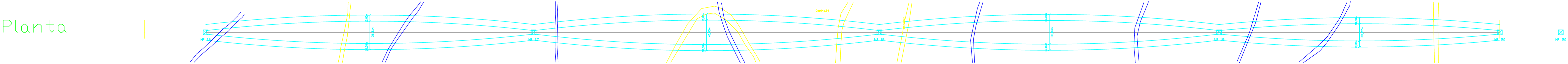
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRICA	LINEA DE TRANSPORTE DE 132 KV Y ALIMENTACION A UNA SUBSTACION DE 132/66 KV	FECHA: 2 SEPTIEMBRE 2015
INGENIERO ELECTRICISTA	PERFIL DE LINEA ELECTRICA	NOMBRE: JESUS DAVID CASALLA BARRAZO
ESCALA: 1:1000	PLANO Nº 25	INGENIERO ELECTRICISTA
	FOLIO 1 DE 1	



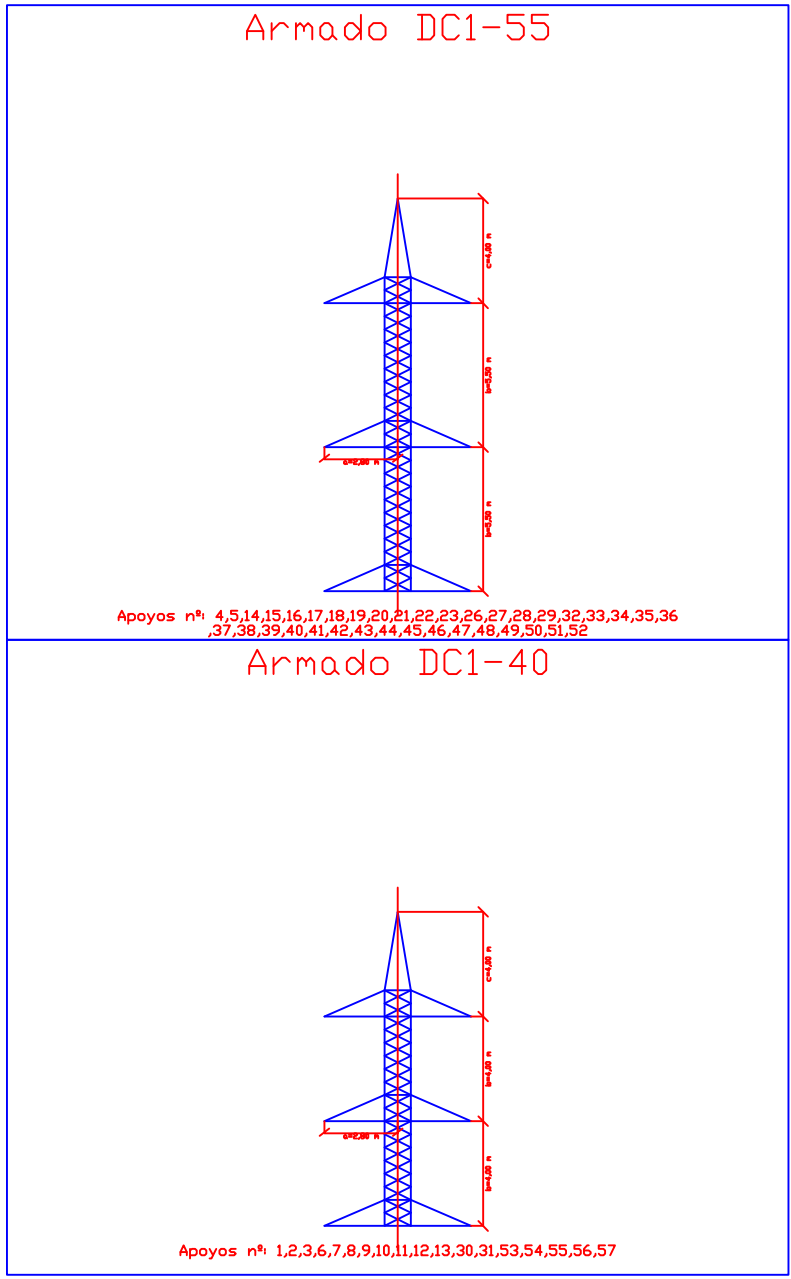
PLANO 26

Planta

Perfil



Estaciones y punto kilométrico		Estaciones y punto kilométrico		Estaciones y punto kilométrico		Estaciones y punto kilométrico		Estaciones y punto kilométrico	
Distancias	Parcelas	Distancias	Parcelas	Distancias	Parcelas	Distancias	Parcelas	Distancias	Parcelas
Al origen	Al origen	Al origen	Al origen	Al origen	Al origen	Al origen	Al origen	Al origen	Al origen
Cotas del terreno		Cotas del terreno		Cotas del terreno		Cotas del terreno		Cotas del terreno	
Num. y longitus de las parcelas		Num. y longitus de las parcelas		Num. y longitus de las parcelas		Num. y longitus de las parcelas		Num. y longitus de las parcelas	
Número		Número		Número		Número		Número	
Ángulo		Ángulo		Ángulo		Ángulo		Ángulo	
Tipo		Tipo		Tipo		Tipo		Tipo	
Función		Función		Función		Función		Función	
Montaje		Montaje		Montaje		Montaje		Montaje	
Separación de fases		Separación de fases		Separación de fases		Separación de fases		Separación de fases	
Tipo armado		Tipo armado		Tipo armado		Tipo armado		Tipo armado	
Altura del cruce inferior		Altura del cruce inferior		Altura del cruce inferior		Altura del cruce inferior		Altura del cruce inferior	
Tipo de cadena-elementos		Tipo de cadena-elementos		Tipo de cadena-elementos		Tipo de cadena-elementos		Tipo de cadena-elementos	
Lado		Lado		Lado		Lado		Lado	
Profundidad		Profundidad		Profundidad		Profundidad		Profundidad	
Excavación		Excavación		Excavación		Excavación		Excavación	
Normiguarda		Normiguarda		Normiguarda		Normiguarda		Normiguarda	
Número		Número		Número		Número		Número	
Desnivel		Desnivel		Desnivel		Desnivel		Desnivel	
Cons. de catenaria y longitud		Cons. de catenaria y longitud		Cons. de catenaria y longitud		Cons. de catenaria y longitud		Cons. de catenaria y longitud	
Apoyo inicial y final		Apoyo inicial y final		Apoyo inicial y final		Apoyo inicial y final		Apoyo inicial y final	



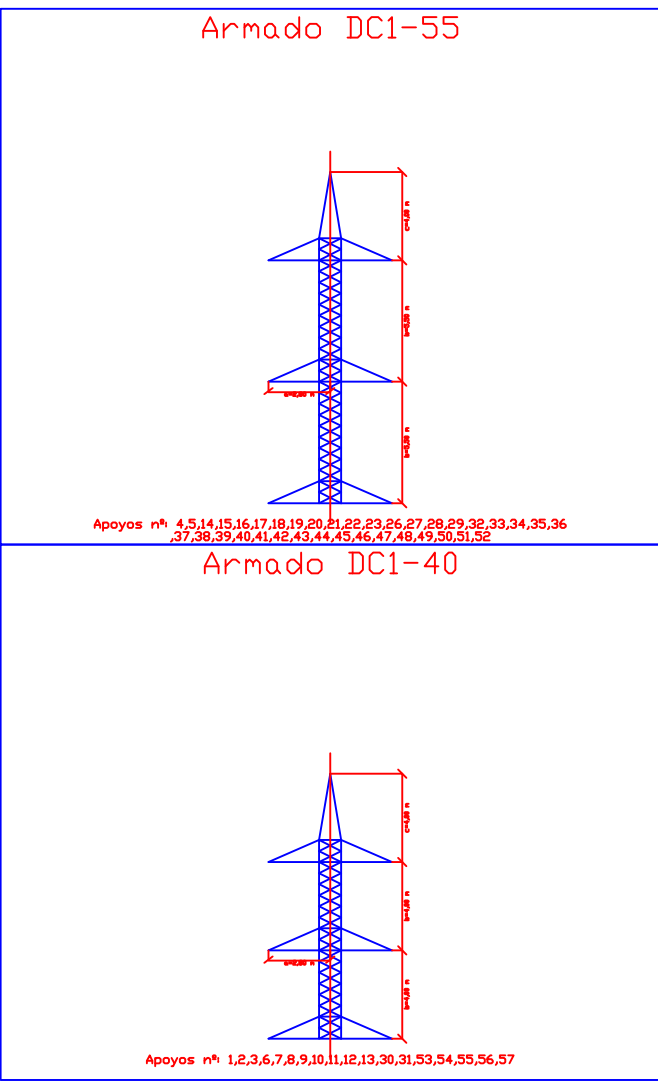
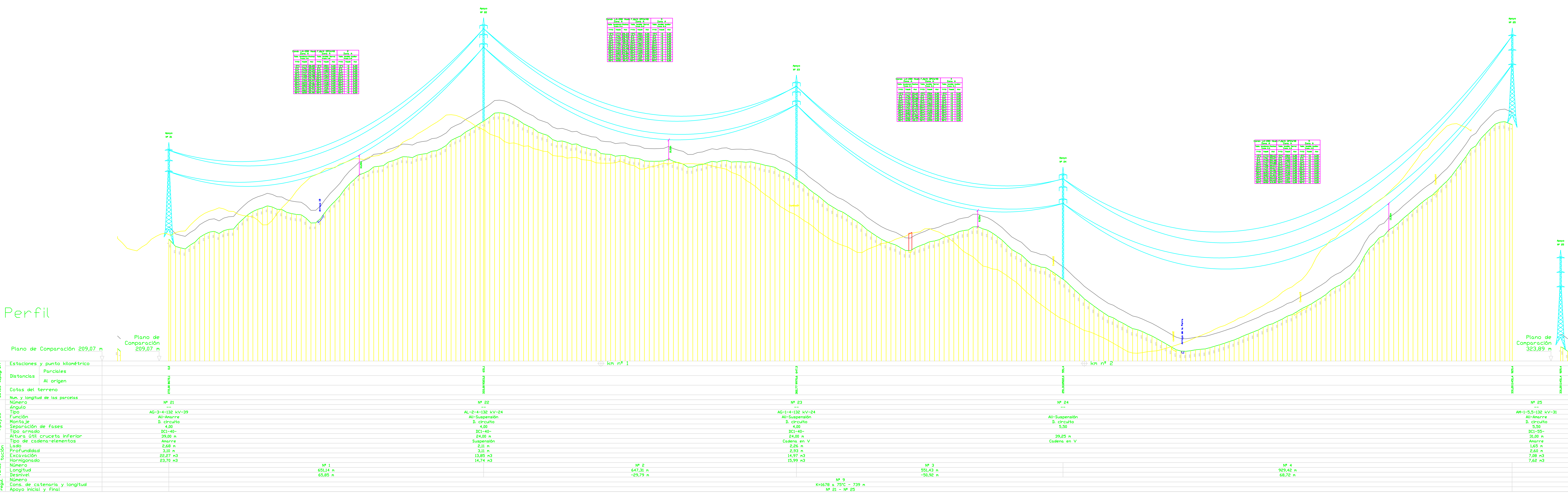
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRICA	LÍNEA DE TRANSPORTE DE 132 KV Y ALIMENTACIÓN A UNA SUBESTACIÓN DE 132/66 KV	FECHA: 8 SEPTIEMBRE 2025
PLANO Nº 25	PROYECTO Nº 1	INGENIERO: JESUS DAVID CASTAÑO BARRERO



PLANO 27

Planta

Perfi

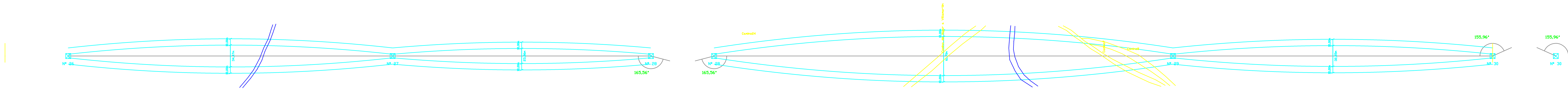


DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRICA	LINEA DE TRANSPORTE DE 132 KV Y ALIMENTACION A UNA SUBESTACION DE 132/66 KV	
	PERFIL DE LINEA ELECTRICA AEREA. APOYO 21 A 25	FECHA: 2 DE SEPTIEMBRE 2005
	PLANO N° 27 HOJA 1 DE 1	NOMBRE: JESUS DAVIS CAZALLA BARRAGAN INGENIERO ELECTRICIST

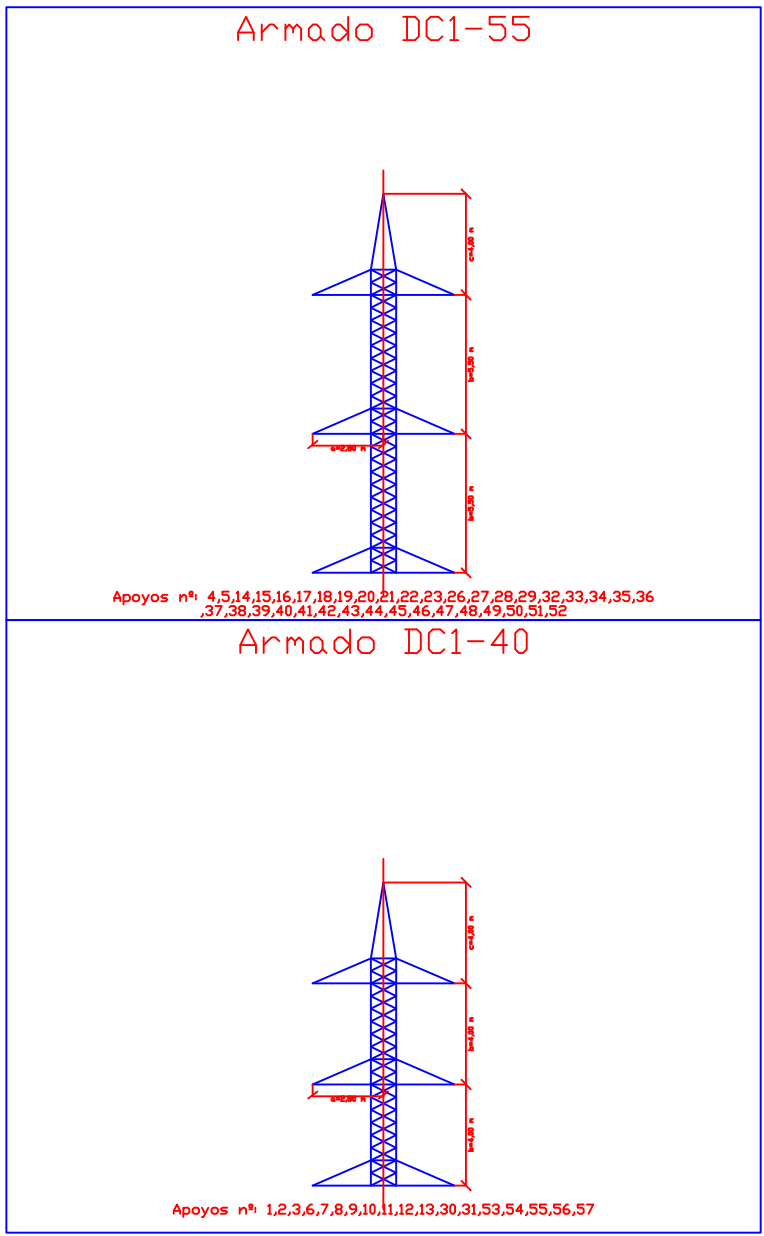
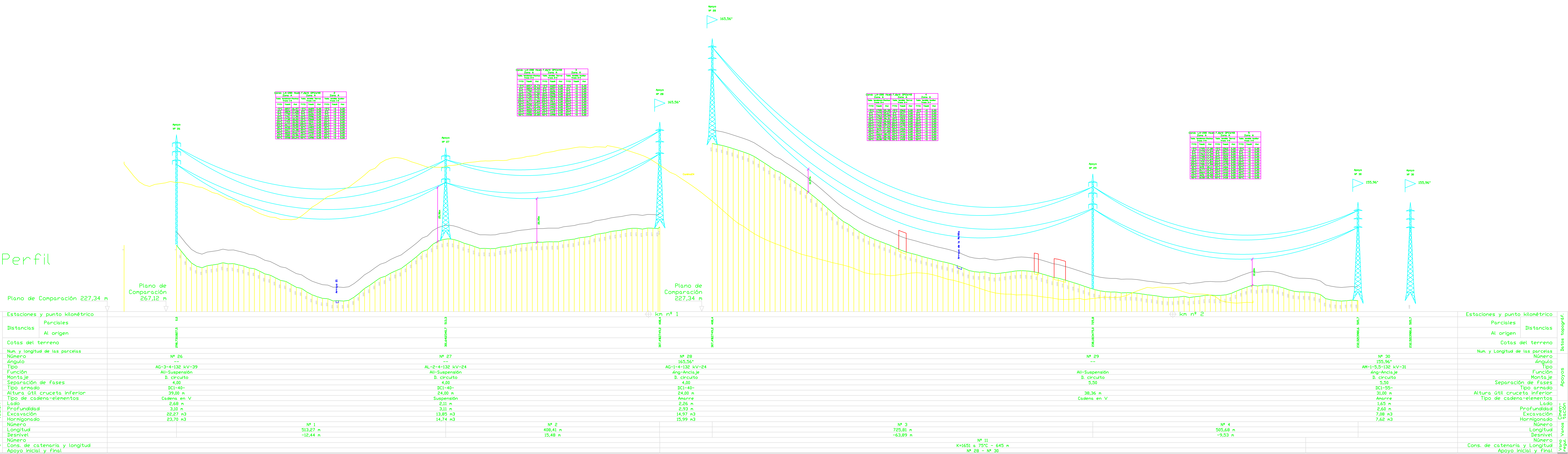


PLANO 28

Planta



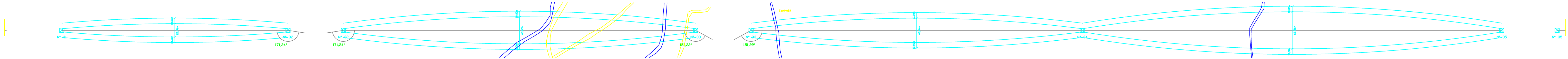
Perfil



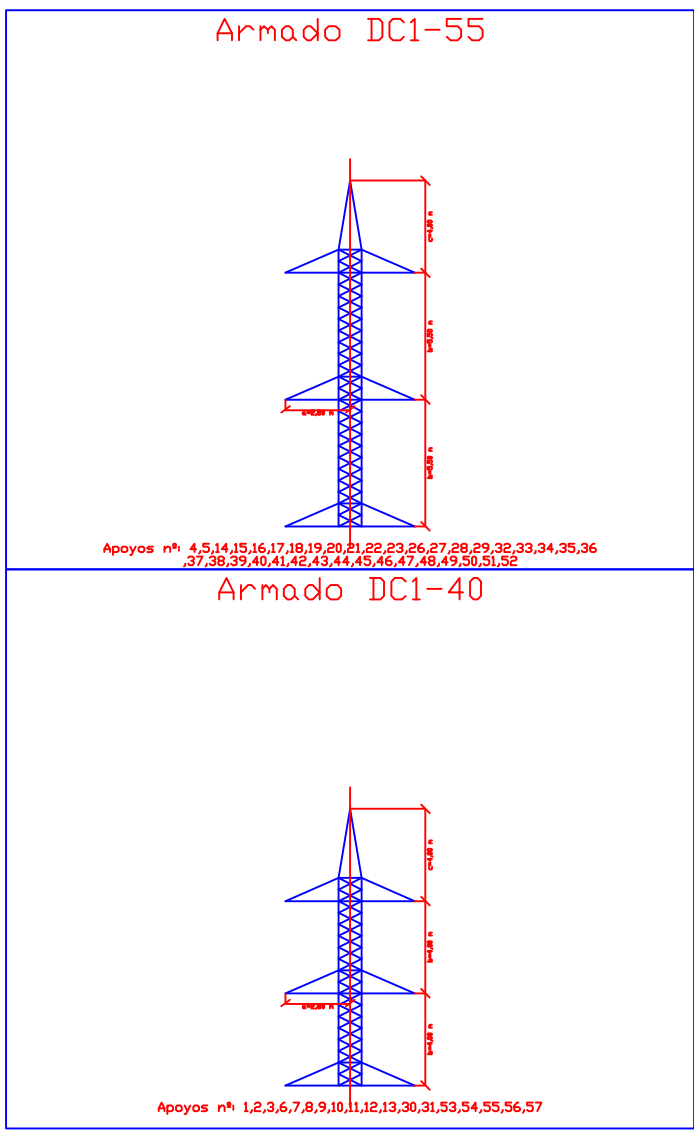
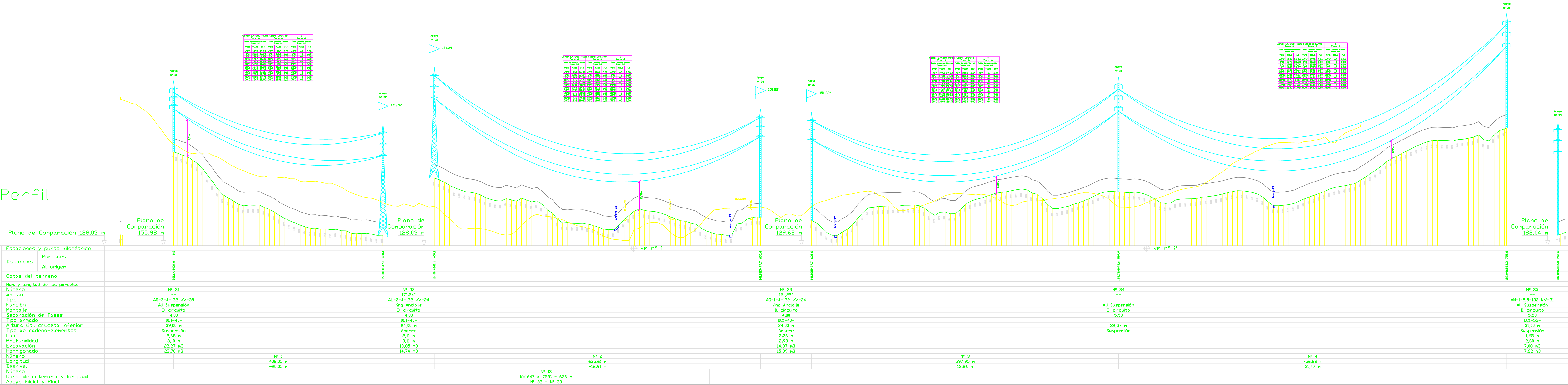


PLANO 29

Planta



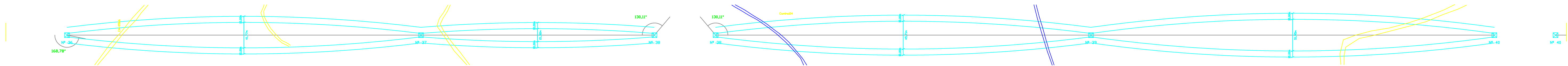
Perfil



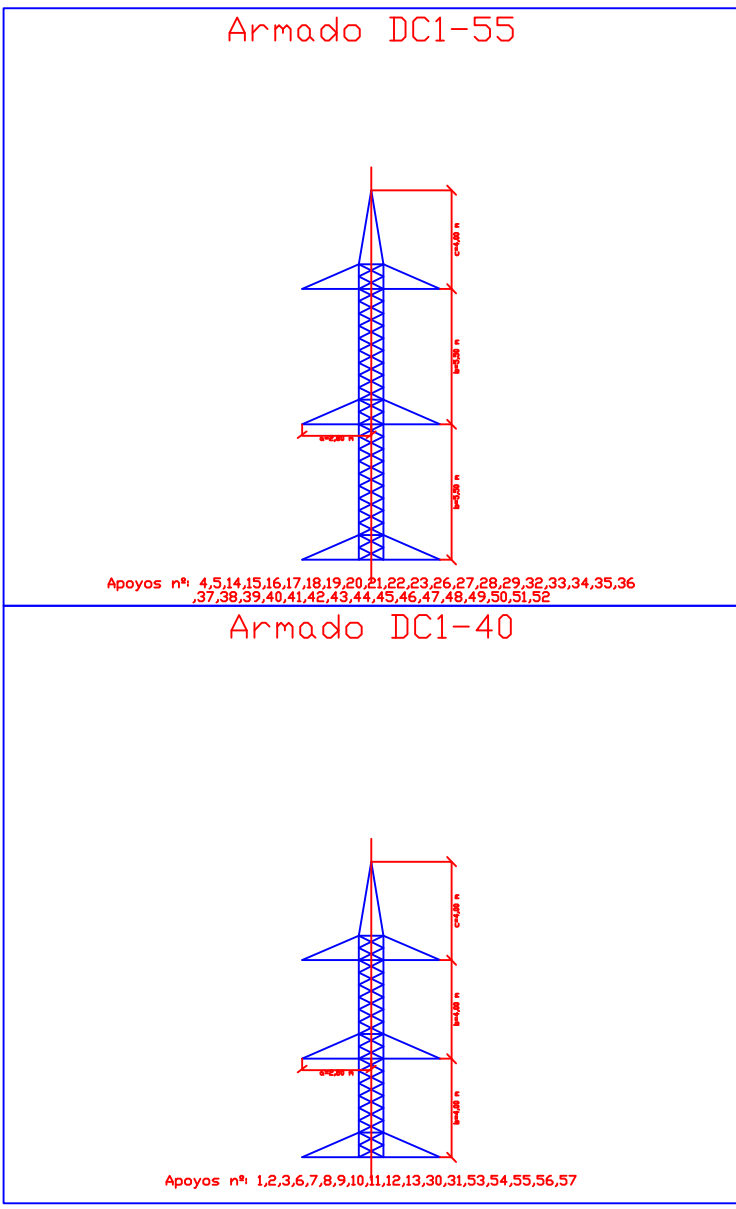
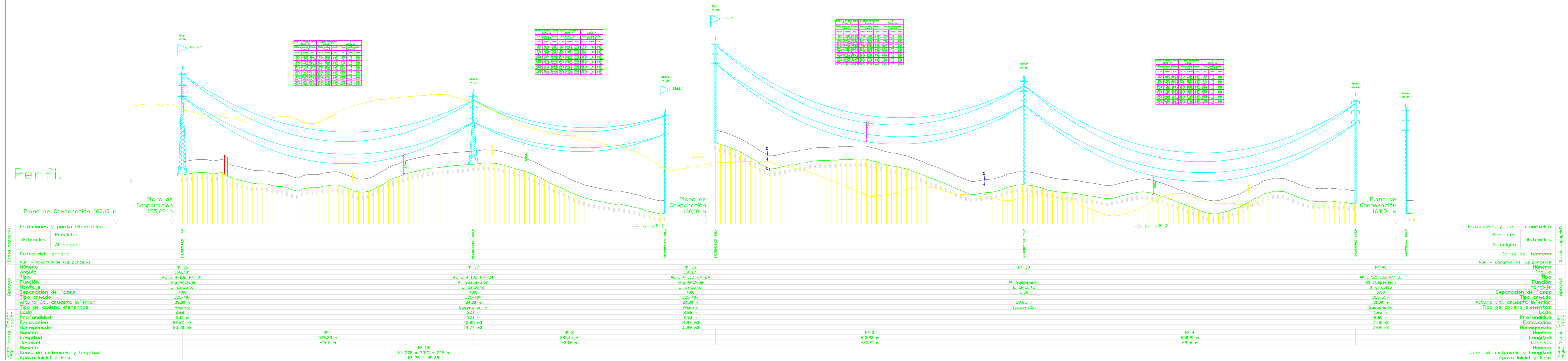


PLANO 30

Planta



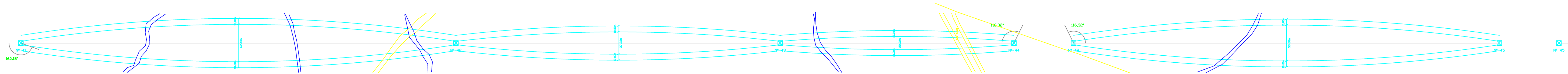
Perfil



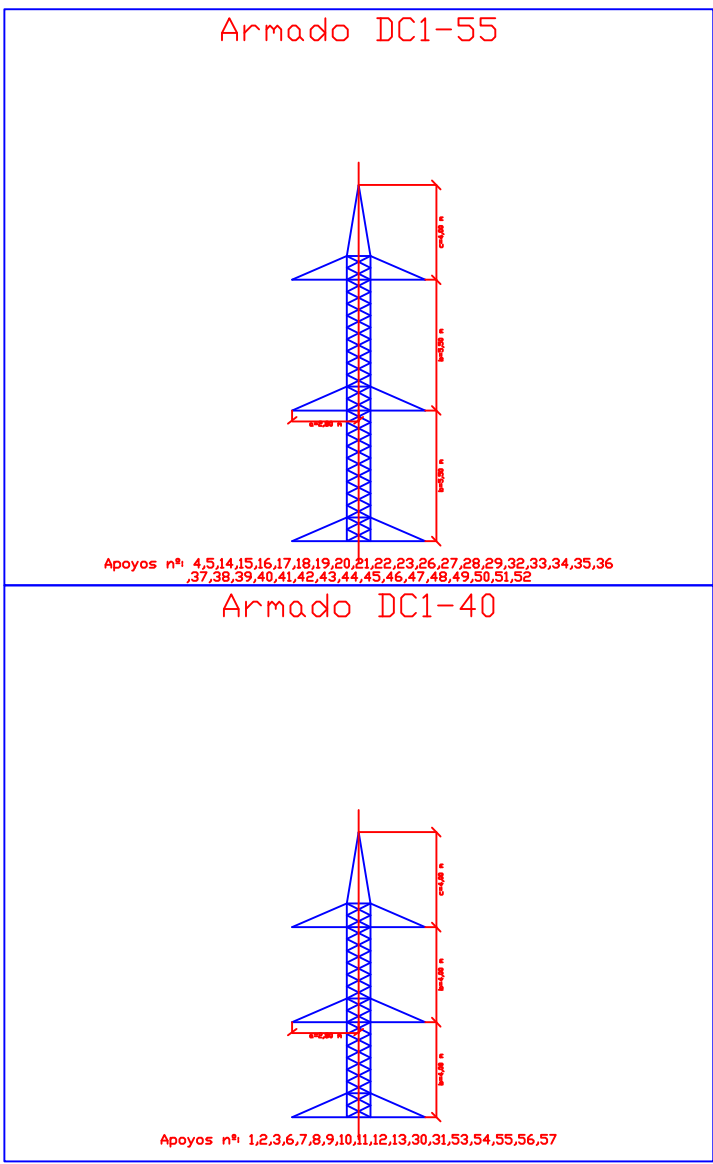
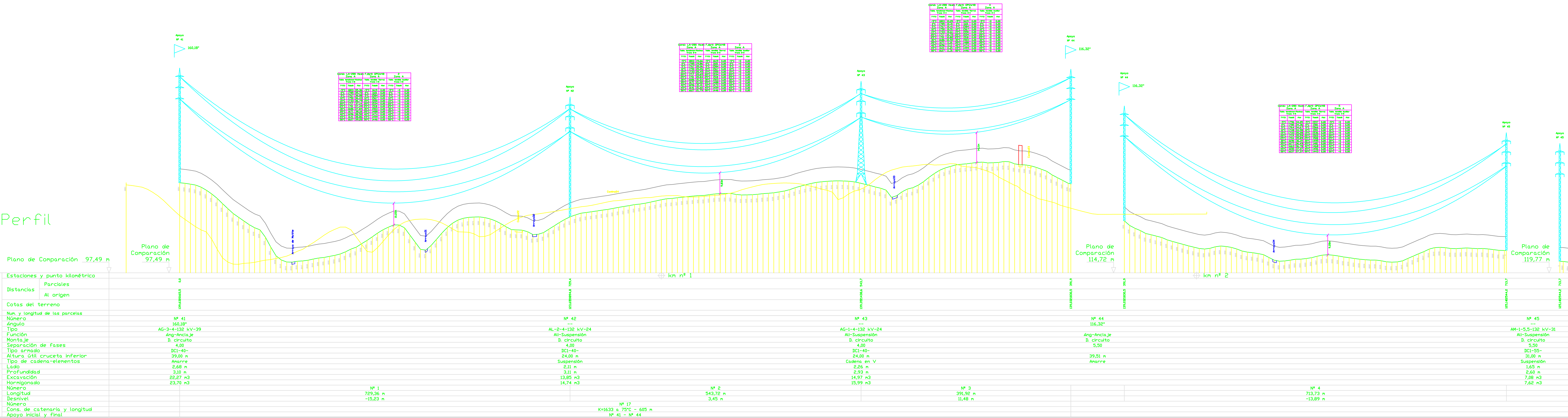


PLANO 31

Planta



Perfil



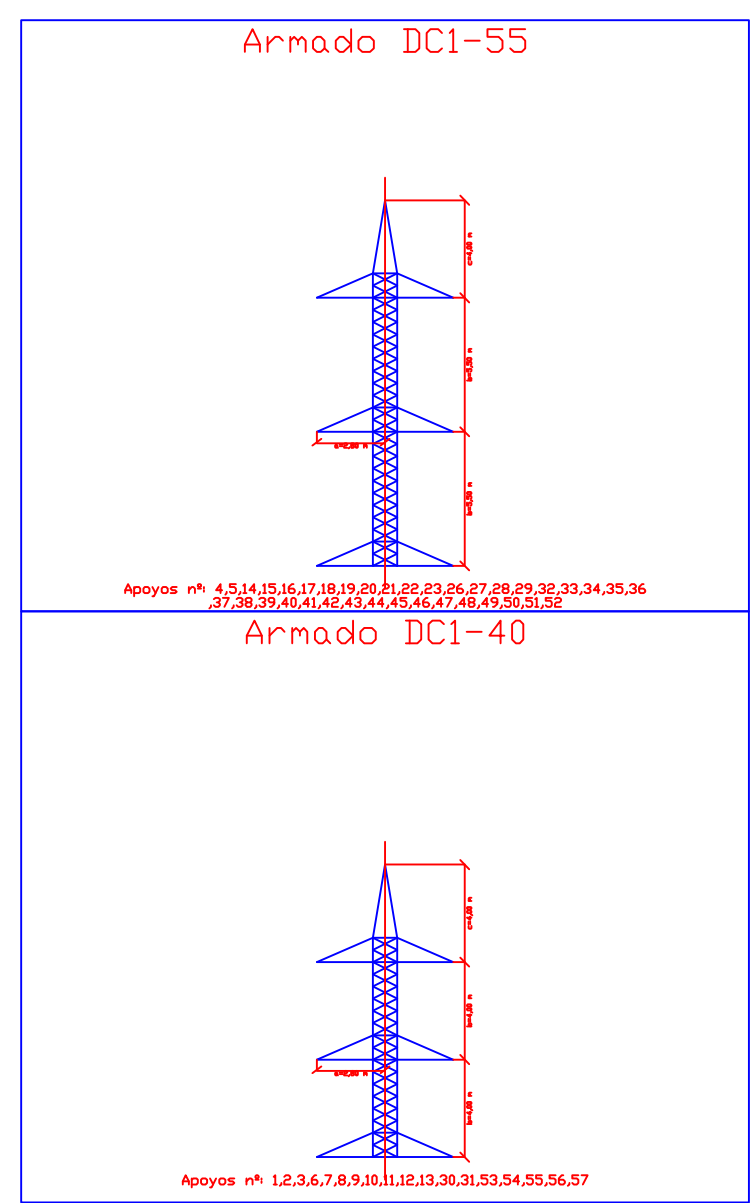
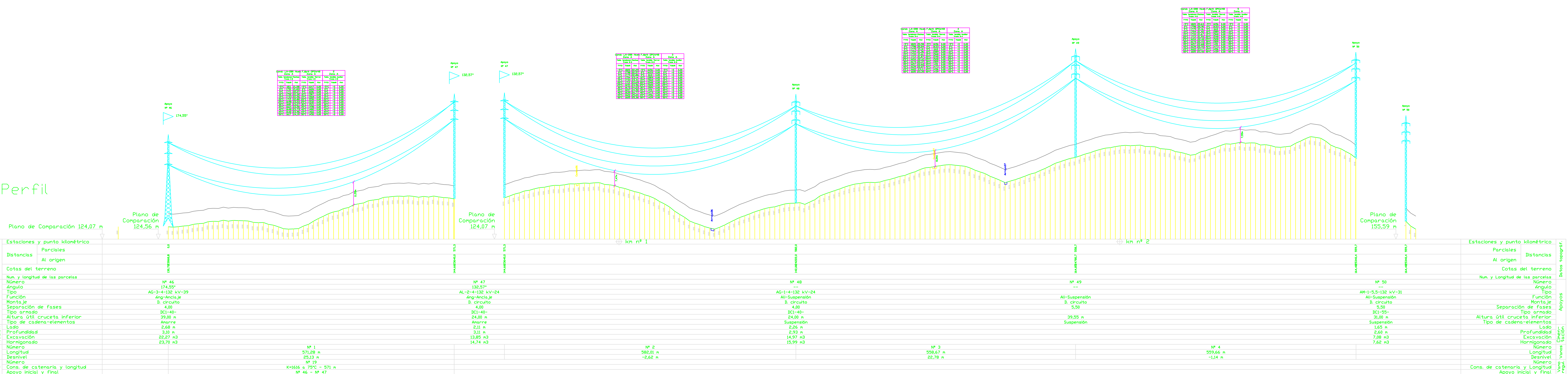
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRICIA	LÍNEA DE TRANSPORTE DE 132 KV Y ALIMENTACIÓN A UNA SUBESTACIÓN DE 132/66 KV	FECHA: 2 DE SEPTIEMBRE DE 2015
PROYECTO: 132 KV A 66 KV	PROYECTO: 132 KV A 66 KV	PROYECTO: 132 KV A 66 KV
PROYECTO: 132 KV A 66 KV	PROYECTO: 132 KV A 66 KV	PROYECTO: 132 KV A 66 KV



PLANO 32

Planta

Perfil





PLANO 33



**DISEÑO DE UNA LÍNEA AÉREA A 132 KV CON ALIMENTACIÓN SUBTERÁNEA
A SUBESTACIÓN 132/66 kV.-----PLANOS-----**





PLIEGO DE CONDICIONES



**DISEÑO DE UNA LÍNEA AÉREA A 132 KV CON ALIMENTACIÓN SUBTERÁNEA
A SUBESTACIÓN 132/66 kV.-----PLIEGO DE CONDICIONES-----**





1. OBJETO

El objeto del presente Pliego de condiciones es establecer los requisitos a los que se debe ajustar la ejecución de las obras del proyecto, así como las condiciones técnicas y control de calidad que han de cumplir los materiales utilizados en el mismo.

Las condiciones técnicas y operaciones a realizar que se indican, no tienen carácter limitativo, teniendo que efectuar además de las indicadas, todas las necesarias para la ejecución correcta del trabajo.

2. DISPOSICIONES GENERALES

2.1. SEGURIDAD EN EL TRABAJO

Conforme a lo dispuesto en el Real Decreto 1627/1997, de 24 de Octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en obras de construcción, al amparo de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales se incluye en el presente proyecto, el Estudio de Seguridad y Salud correspondiente para su ejecución, en base al cual cada contratista elaborará un Plan que deberá ser aprobado por el Coordinador en materia de seguridad y salud nombrado al efecto por el promotor, previo al inicio de las obras.

2.2. Gestión ambiental

Todas las obras del proyecto se ejecutarán garantizando el cumplimiento de la legislación y reglamentación medioambiental aplicable.

Así mismo, el conjunto de medidas, planes y acciones se encuentran reflejados en el estudio de Impacto ambiental de correspondiente, en caso de que fuese necesario realizar.

Adjuntándose junto con este proyecto.

2.3. Códigos y normas

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.

Constitución Española de 27 de diciembre de 1978.

-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.

2.4. Normas legales y aplicables a las condiciones de seguridad de los elementos, maquinaria, útiles, herramientas, equipos y sistemas preventivos a utilizar o aplicar en la obra

Son de obligado cumplimiento las disposiciones contenidas en:

- Capítulo VII sobre andamios de la Orden de 31 de enero de 1940, por la que se aprueba el Reglamento General de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Real Decreto 487/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañe riesgos, en particular dorsolumbares, para los trabajadores.
- Real Decreto 488/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas al trabajo con equipos que incluyen pantallas de visualización.
- 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.
- Real Decreto 665/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo.
- 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 1407/1992, de 20 de noviembre, por el que se regulan las condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual.
- Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Real Decreto 1435/1992, de 27 de noviembre, por el que se dictan las disposiciones de aplicación de la Directiva del Consejo 89/392/CEE, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre máquinas.
- Orden de 23 de mayo de 1977, por la que se aprueba el Reglamento de Aparatos Elevadores para Obras.
- Orden de 30 de junio de 1966, por la que se aprueba el Reglamento de Aparatos Elevadores, Ascensores y Montacargas.
- Real Decreto 2291/1995, de 8 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de Aparatos de Elevación y Manutención.
- ITC-MIE-AEM 2: Instrucción Técnica Complementaria referente a grúa torre desmontables para obras.
- ITC-MIE-AEM 4: Instrucción Técnica Complementaria sobre grúas móviles autopropulsadas usadas.



- Real Decreto 1942/1993, de 5 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones de Protección contra Incendios.
- Real Decreto 473/1988, de 30 de marzo, por el que se dictan las disposiciones de aplicación de la Directiva del Consejo de las Comunidades Europeas 76/767/CEE sobre Aparatos a Presión.
- Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- R.D. 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión. Instrucciones Técnicas Complementarias.
- Resolución del 30 de abril de 1984 sobre las verificaciones de las instalaciones eléctricas antes de su puesta en marcha.
- Real Decreto 1244/1979, de 4 de abril, por el que se aprueba el Reglamento de Aparatos a Presión.
- ITC-MIE-AP 5: Extintores de incendio.
- ITC MIE-AP 7: Botellas y botellones de gases comprimidos, licuados y disueltos a presión.
- Real Decreto 379/2001, de 6 de abril, por el que se aprueba el Reglamento de almacenamiento de productos químicos y sus instrucciones técnicas complementarias.
- MIE-APQ-1: Almacenamiento de líquidos inflamables y combustibles.
- MIE-APQ-5: Almacenamiento y utilización de botellas y botellones de gases comprimidos, licuados y disueltos a presión.
- MIE-APQ-6: Almacenamiento de líquidos corrosivos.
- MIE-APQ-7: Almacenamiento de líquidos tóxicos.
- Real Decreto 1316/1989, de 27 de octubre, sobre protección de los trabajadores frente a la exposición al ruido durante el trabajo.
- UNE 58-101-80, "Aparatos pesados de elevación. Condiciones de resistencia y seguridad en las grúas torre desmontables para obras", parte I "Condiciones de diseño y fabricación", parte II "Condiciones de instalación y utilización", parte III "Documentación" y parte IV "Vida de la grúa".

3. Equipos de protección individual

Los Equipos de Protección Individual, en adelante EPI's, deberán utilizarse cuando los riesgos no se puedan evitar o no puedan limitarse suficientemente por medios técnicos de protección colectiva o mediante medidas, métodos o procedimientos de organización del trabajo.

Los EPI que se utilicen en la obra deberán cumplir con la reglamentación que sobre comercialización (diseño y fabricación) les afecta, a fin de garantizar las exigencias técnicas que de los mismos se requieren. En este sentido, a los EPI les es de aplicación todo lo dispuesto en la legislación vigente:

- R.D. 1407/1992, de 20 de noviembre, por el que se regulan las condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual.
- O.M. de 16 de mayo de 1994 , por el que se modifica el R.D. 1407/1992.
- R.D. 159/1995, de 3 de febrero, por el que se modifica el R.D. 1407/1992.
- O.M. de 20 de febrero de 1997, por la que se modifica el anexo del R.D. 159/1995.
- En lo relativo a su diseño, fabricación y comercialización.
- Con carácter general, a la hora de la elección, las características que deben reunir los EPI's son:
 - Adecuados a las condiciones existentes en el lugar de trabajo.
 - Tener en cuenta las condiciones anatómicas y fisiológicas, así como el estado de salud del trabajador.



- Adecuarse al portador, tras los ajustes adecuados.
- Otros aspectos a tener en cuenta con respecto al uso de los equipos son los que a continuación se indican:
- Todos los equipos de protección individual tanto de uso personal como colectiva, tendrán fijado un período de vida útil, desechándose a su término.
- Cuando por las circunstancias del trabajo se produzca un deterioro más rápido de lo habitual en un determinado equipo o prenda, se repondrá independientemente de la duración prevista o fecha de entrega.
- Todo equipo o prenda de protección que haya sufrido un trato límite, es decir, el máximo para el que fue concebido será desechado y repuesto al momento.

4. Protecciones colectivas

4.1. Señalización

Sin perjuicio de lo dispuesto específicamente en otras normativas particulares, la señalización de seguridad y salud en el trabajo se utilizará siempre que el análisis de los riesgos existentes, de las situaciones de emergencia previsibles y de las medidas preventivas adoptadas, ponga de manifiesto la necesidad de:

- Llamar la atención de los trabajadores sobre la existencia de determinados riesgos, prohibiciones u obligaciones.
- Alertarlos tras una emergencia que requiera medidas urgentes de protección o evacuación.
- Facilitar a los trabajadores la localización e identificación de determinados medios o instalaciones de protección, evacuación, emergencia o primeros auxilios.
- Orientar o guiar a los trabajadores que realicen determinadas maniobras peligrosas.

La señalización no deberá considerarse una medida sustitutoria de las medidas técnicas y organizativas de protección colectiva, ni de formación e información y se utilizará cuando mediante estas últimas no haya sido posible eliminar riesgos o reducirlos suficientemente. Por otro lado, la señalización deberá permanecer en tanto persista la situación que la motiva. Los medios y dispositivos de señalización deberán ser, según los casos, limpiados, mantenidos y verificados regularmente y reparados o sustituidos cuando sea necesario, de forma que conserven en todo momento sus cualidades intrínsecas y de funcionamiento. Las señalizaciones que necesiten de una fuente de energía dispondrán de alimentación de emergencia que garantice su funcionamiento en caso de interrupción de aquélla, salvo que el riesgo desaparezca con el corte de suministro.

Las señales se instalarán a una altura y en una posición apropiadas con relación al ángulo visual, teniendo en cuenta posibles obstáculos, en la proximidad inmediata del riesgo u objeto que deba señalizarse o, cuando se trate de un riesgo general en el acceso a la zona de riesgo.

El lugar de emplazamiento de la señal deberá estar bien iluminado, ser accesible y visible. A fin de evitar la disminución de la eficacia de la señalización no se utilizarán demasiadas señales próximas entre sí. Se retirarán cuando deje de existir la situación que las justificaba. Existirán señales de advertencia, obligación, prohibición, contraincendios, salvamento-socorro; la forma, dimensión y colores de las distintas señales se atenderán a lo dispuesto específicamente en los anexos II y III del R.D. 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo; así como a las especificaciones contenidas en el Anexo VII del mismo Real Decreto.



Como norma general la relación de señales en forma de panel que pueden ser de aplicación en la obra son:

- Señales de prohibición:
- Entrada prohibida a personas no autorizadas.
- Atención, peligro obras.
- Peligro, paso de cargas suspendidas.
- Prohibido maniobrar en la instalación eléctrica.
- Señales de obligación:
- Protección obligatoria de la cabeza.
- Protección obligatoria de los pies.
- Protección obligatoria de las manos.
- Protección individual obligatoria contra caídas.
- Vía obligatoria para peatones.
- Lucha contra incendios:
- Extintor.
- Dirección que debe seguirse.
- Señales de salvamento o socorro:
- Primeros auxilios.
- Salida de socorro.
- Dirección que debe seguirse.
- Teléfono de salvamento y primeros auxilios.

Además de las indicadas pueden existir otras señales de advertencia u obligación (caída a distinto nivel, protección de la vista, etc.) y ser necesarias su colocación debido a los riesgos que se presenten durante la realización de los trabajos.

4.2. PRESCRIPCIONES DE LOS MEDIOS AUXILIARES

Escaleras manuales en general

No se admitirá el uso de escaleras de construcción improvisada.

Los espacios entre peldaños deben ser iguales, con una distancia entre ellos de 20 a 30 cm, como máximo.

Las escaleras estarán provistas de un dispositivo antideslizante en su pié, por ejemplo zapatas.

No se aceptarán escaleras de mano empalmadas, a menos que utilicen un sistema especial y recomendable de extensión de la misma.

Escaleras de madera

La madera empleada será sana, libre de nudos, roturas y defectos que puedan disminuir su seguridad.

Los largueros serán de una sola pieza.

Los peldaños estarán ensamblados a largueros, prohibiéndose las uniones simplemente efectuadas mediante clavos o amarre con cuerdas.

Las escaleras de madera se protegerán de las inclemencias climatológicas mediante barnices transparentes que no oculten sus defectos, prohibiéndose expresamente pintarlas.

Escaleras metálicas

Los largueros serán de una sola pieza. Se prohíben los empalmes improvisados o soldados. Sus elementos tanto largueros como peldaños no tendrán defectos ni abolladuras.



Escaleras de tijera

Independientemente del material que las constituye dispondrán en su articulación superior de topes de seguridad de apertura.

Dispondrán además de cadenas o cables situados hacia la mitad de la longitud de los largueros que impidan su apertura accidental, usándose totalmente abierta.

5. Obligaciones de las partes implicadas

5.1. Promotor

El Promotor es cualquier persona física o jurídica por cuenta de la cual se realiza la obra.

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 un Coordinador en materia de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra.

La designación de los coordinadores no eximirá al promotor de sus responsabilidades.

5.2. Dirección facultativa

Son el técnico o técnicos competentes designados por el Promotor, encargados de la dirección y del control de la ejecución de la obra.

Cuando no sea necesaria la designación de coordinador de seguridad y salud, la dirección facultativa asumirá partes de las funciones a desempeñar por del coordinador, en concreto:

- Deberá aprobar el Plan de Seguridad y Salud, antes del comienzo de la obra.
- Adoptará las medidas necesarias para que sólo las personas autorizadas accedan a la obra.
- Facilitar el Libro de incidencias, tenerlo en su poder y en caso de anotación, estará obligado a remitir, en el plazo de 24 horas, una copia a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social de la provincia en la que se realiza la obra.

5.3. Coordinador de seguridad y salud durante la ejecución

El Coordinador en materia de Seguridad y Salud es el técnico competente integrado en la Dirección Facultativa, designado por el Promotor para llevar a cabo las tareas que se mencionan en artículo 9 del R.D. 1627/1997.

Durante la ejecución de la obra deberá desarrollar las siguientes funciones:

- a) Coordinar la aplicación de los principios generales de prevención y de seguridad.
1. Al tomar las decisiones técnicas y de organización con el fin de planificar los distintos trabajos o fases de trabajo que vayan a desarrollarse simultánea o sucesivamente.
 2. Al estimar la duración requerida para la ejecución de estos distintos trabajos o fases de trabajo.
 3. Contratistas y, en su caso, los Subcontratistas y los Trabajadores Autónomos apliquen de manera coherente y responsable los principios de la acción preventiva que se recogen en el artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales durante la ejecución de la obra y, en particular, en las tareas o actividades a que se refiere el artículo 10 del R.D. 1627/1997.



4. Aprobar el Plan de Seguridad y Salud elaborado por el Contratista y, en su caso, las modificaciones introducidas en el mismo.
5. Organizar la coordinación de actividades empresariales previstas en el artículo 24 de la ley de Prevención de Riesgos Laborales.
6. Coordinar las acciones y funciones de control de la aplicación correcta de los métodos de trabajo.
7. Adoptar las medidas necesarias para que sólo las personas autorizadas puedan acceder a la obra.

5.4. Contratistas y subcontratistas

El contratista es la persona física o jurídica que asume contractualmente ante el Promotor, con medios humanos y materiales propios y ajenos, el compromiso de ejecutar la totalidad o parte de las obras con sujeción al proyecto y al contrato.

El subcontratista es la persona física o jurídica que asume contractualmente ante el Contratista, Empresario Principal, el compromiso de realizar determinadas partes o instalaciones de la obra, con sujeción al proyecto por el que se rige su ejecución.

Cada Contratista en aplicación del Estudio de Seguridad y Salud o en su caso el Estudio Básico, elaborará un Plan de Seguridad y Salud en el trabajo en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen las previsiones contenidas en el Estudio o Estudio Básico, en función de su propio sistema de ejecución de la obra.

En dicho Plan se incluirán, en su caso, las propuestas de medidas alternativas de prevención que el contratista proponga con la correspondiente justificación técnica, que no podrá implicar disminución de los niveles de protección previstos en el Estudio o Estudio Básico.

En el caso de Planes de Seguridad y Salud elaborados en aplicación del Estudio de Seguridad y Salud las propuestas de medidas alternativas de prevención incluirán la valoración económica de las mismas, que no podrá implicar disminución del importe total, de acuerdo con el segundo párrafo del apartado 4 del artículo 5 del R.D. 1627/1997.

El Plan de Seguridad y Salud deberá ser aprobado antes del inicio de la obra por el Coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra.

Cuando no sea necesaria la designación de Coordinador, las funciones que se le atribuyen en los párrafos anteriores serán asumidas por la dirección facultativa. El Plan de Seguridad y Salud podrá ser modificado por el Contratista en función del proceso de ejecución de la obra, de la evolución de los trabajos y de las posibles incidencias o modificaciones que puedan surgir a lo largo de la obra, pero siempre con la aprobación expresa de los párrafos anteriores.

Los Contratistas y Subcontratistas estarán obligados a:

- a) Aplicar los principios de la acción preventiva que se recogen en el artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, en particular al desarrollar las tareas o actividades indicadas en el artículo 10 del R.D. 1627/1997.
- b) Cumplir y hacer cumplir a su personal lo establecido en el Plan de Seguridad y Salud al que se refiere el artículo 7 de dicho Real Decreto.



- c) Cumplir la normativa en materia de prevención de riesgos laborales, teniendo en cuenta, en su caso, las obligaciones sobre coordinación de actividades empresariales previstas en el artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
- d) Informar y proporcionar las instrucciones a los Trabajadores Autónomos sobre todas las medidas que se hayan de adoptar en lo que se refiere a su seguridad y salud en la obra.
- e) Atender las indicaciones y cumplir las instrucciones del Coordinador en materia de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra o, en su caso, de la Dirección Facultativa. Los Contratistas y los Subcontratistas serán responsables de la ejecución correcta de las medidas preventivas fijadas en el Plan de Seguridad y Salud en lo relativo a las obligaciones que les correspondan a ellos directamente o, en su caso, a los Trabajadores Autónomos por ellos contratados.

Las responsabilidades de los Coordinadores, de la Dirección Facultativa y del Promotor no eximirán de sus responsabilidades a los Contratistas y a los Subcontratistas.

5.5. Trabajadores autónomos

Trabajador Autónomo es la persona física distinta del Contratista y del Subcontratista, que realiza de forma personal y directa una actividad profesional, sin sujeción a un contrato de trabajo, y que asume contractualmente ante el Promotor, el Contratista o el Subcontratista el compromiso de realizar determinadas partes o instalaciones de la obra.

Estarán obligados a:

- a) Aplicar los principios de la acción preventiva que se recogen en el artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, en particular al desarrollar las tareas o actividades indicadas en el artículo 10 del R.D. 1627/1997.
- b) Cumplir las disposiciones mínimas de seguridad y salud establecidas en el anexo IV del citado Real Decreto, durante la ejecución de la obra.
- c) Cumplir las obligaciones en materia de prevención de riesgos que establece para los trabajadores el artículo 29, apartados 1 y 2, de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
- d) Ajustar su actuación en la obra conforme a los deberes de coordinación de actividades empresariales establecidos en el artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, participando en particular en cualquier medida de actuación coordinada que se hubiera establecido.
- e) Utilizar equipos de trabajo que se ajusten a lo dispuesto en el R.D. 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- f) Elegir y utilizar equipos de protección individual en los términos previstos en el R.D. 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- g) Atender las indicaciones y cumplir las instrucciones del Coordinador en materia de seguridad y de salud durante la ejecución de la obra o, en su caso, de la Dirección Facultativa. Por otra parte, los Trabajadores Autónomos deberán cumplir lo establecido en el Plan de Seguridad y Salud aprobado.



6. Organización de la prevención en obra

6.1. Tramitación del estudio de seguridad y salud

El presente estudio de seguridad y salud se facilitará a las empresas contratistas para que tal y como establece el art. 7 del R.D. 1627/97, elaboren el correspondiente plan de seguridad y salud para la obra, en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen las previsiones contenidas en el estudio o estudio básico, en función de su propio sistema de ejecución de la obra.

En dicho plan se incluirán, en su caso, las propuestas de medidas alternativas de prevención que el contratista proponga, con la correspondiente justificación técnica, ue no podrán implicar disminución de los niveles de protección previstos en el estudio o estudio básico. El plan de seguridad y salud deberá ser aprobado, antes del inicio de la obra, por el coordinador de seguridad y salud durante la ejecución de la obra.

6.2. Responsables de seguridad a pie de obra

La organización de la seguridad en la obra es responsabilidad del Promotor, quien designará (cuando corresponda) al coordinador en materia de seguridad y salud en la fase de ejecución de obra, con las competencias y funciones descritas en el apartado de **Obligaciones de las partes implicadas**.

Cada empresa contratista contará a pie de obra con un responsable de seguridad y salud, que corresponderá con una persona de acreditada competencia (con formación en materia de prevención de riesgos y de primeros auxilios), siendo la encargada de organizar, dirigir y mantener el control y supervisión de los trabajos realizados por empleados de su Empresa así como de los realizados por otras Empresas subcontratadas. Como norma general tendrá asignadas las siguientes funciones:

- a) Organizar los trabajos dentro del ámbito de su competencia, para garantizar la realización de los mismos con las suficientes garantías de seguridad.
- b) Supervisar y controlar de forma continuada el cumplimiento de las normas de seguridad por parte de trabajadores propios como de trabajadores subcontratados.
- c) Permitir el acceso de sólo personal autorizado/cualificado a los lugares de especial peligrosidad, o a la realización de actividades de especial riesgo (trabajos en altura, eléctricos, etc.).
- d) Permitir la manipulación de maquinaria y vehículos sólo a aquél personal que posea los permisos necesarios y/o reglamentarios, y estén suficientemente formados y adiestrados.
- e) Permitir el uso de máquinas, máquinas-herramientas sólo al personal suficientemente formado y adiestrado en su uso.
- f) Controlar que las instalaciones provisionales de obra no presentan riesgos para los trabajadores.
- g) Procurar que la obra se encuentre en buen estado de orden y limpieza.
- h) Controlar el uso efectivo de los Equipos de Protección Individual (EPI's) necesarios para los trabajos, así como se encargará de su suministro y reposición.
- i) Supervisar la correcta ubicación y funcionamiento de las protecciones colectivas (barandillas de protección, redes, pasarelas, etc.), no permitiendo los trabajos si estas no existen o han sido anuladas.
- j) Controlar el buen estado y correcto funcionamiento de la maquinaria y medios auxiliares empleados.



- k) Supervisar que se cumple con las normas y procedimientos establecidos, especialmente con las cinco reglas de oro, para trabajos en instalaciones eléctricas.
- l) Informar puntualmente a su inmediato superior de los incumplimientos que se produzcan en materia de seguridad.
- m) Suspender la actividad en caso de riesgo grave e inminente para la seguridad de los trabajadores.
- n) Tener en su poder una lista con las direcciones y teléfonos de los centros sanitarios y de extinción de incendios más cercanos, por si fuese necesario en caso de accidente.

6.3. Organización preventiva de la empresa contratada

La modalidad de organización de los recursos para el desarrollo de las actividades preventivas de las distintas Empresas que desarrollen los trabajos deberá estar contemplada en lo expresado en el capítulo III del Real Decreto 39/1997 por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.

Por otro lado, todo el personal **antes de incorporarse por primera vez** a la obra deberá haber pasado **Reconocimiento Médico sobre capacitación para el trabajo a desempeñar** así como recibirá las **instrucciones (información) y formación** complementaria en materia de seguridad referida a los trabajos a realizar.

6.4. Reuniones de seguridad en obra

A lo largo de la ejecución del proyecto, se deben realizar reuniones de seguridad en obra, donde se traten todos aquellos aspectos que afecten a la seguridad de la misma, y especialmente se haga un seguimiento y control sobre los incumplimientos detectados.

A estas reuniones podrán asistir además de las empresas contratistas, subcontratistas y trabajadores autónomos, el coordinador de seguridad y salud durante la ejecución de la obra (en el caso en que sea necesario su nombramiento), la dirección facultativa y el promotor o representante del mismo.

6.5. Comité de seguridad y salud en obra

El Comité de Seguridad y Salud es el órgano paritario y colegiado de participación destinado a la consulta regular y periódica de las actuaciones de la empresa en materia de prevención de riesgos.

Según la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, se constituirá un Comité de Seguridad y Salud en todas las empresas o centros de trabajo que cuenten con 50 o más trabajadores. El Comité estará formado por los Delegados de Prevención, de una parte, y por el empresario y/o sus representantes en número igual al de los Delegados de Prevención, de la otra.

En las reuniones del Comité de Seguridad y Salud participarán, con voz pero sin voto, los Delegados Sindicales y los responsables técnicos de la prevención en la empresa que no estén incluidos en la composición a la que se refiere el párrafo anterior.

El Comité de Seguridad y Salud se reunirá trimestralmente y siempre que lo solicite alguna de las representaciones en el mismo, adoptando sus propias normas de funcionamiento.



6.6. Delegados de prevención

Los Delegados de Prevención son los representantes de los trabajadores con funciones específicas en materia de prevención de riesgos en el trabajo, reflejadas en el artículo 36 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales (L.P.R.L.). El número de Delegados de Prevención en la Empresa viene determinado en el artículo 35 de la citada Ley, pudiendo ser:

- a) El Delegado de Personal cuando este exista (artículo 35.2 de la L.P.R.L.).
- b) Por elección por mayoría entre los trabajadores si en el centro de trabajo no hay representantes con antigüedad suficiente (adicional 4ª de la L.P.R.L.).
- c) Cualquier otro trabajador designado por los trabajadores o sus representantes según lo dispuesto en el convenio colectivo (artículo 35.4 de la L.P.R.L.).

6.7. Servicios de prevención

El Servicio de Prevención es el conjunto de medios humanos y materiales necesarios para realizar las actividades preventivas a fin de garantizar la adecuada protección de la seguridad y la salud de los trabajadores, asesorando y asistiendo para ello al empresario, a los trabajadores y a sus representantes y a los órganos de representación especializados. Para el ejercicio de sus funciones, el empresario deberá facilitar a dicho servicio el acceso a la información y documentación a que se refiere el apartado 3 del artículo 30 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

Los servicios de Prevención deberán estar en condiciones de proporcionar a la empresa el asesoramiento y apoyo que precise en función de los tipos de riesgo en ella existentes y en lo referente a:

- a) El diseño, aplicación y coordinación de los planes y programas de actuación preventiva.
- b) La evaluación de los factores de riesgo que pueden afectar a la seguridad y la salud de los trabajadores en los términos previstos en el artículo 16 de esta Ley.
- c) La determinación de las prioridades en la adopción de las medidas preventivas adecuadas y la vigilancia de su eficacia.
- d) La información y formación de los trabajadores.
- e) La prestación de los primeros auxilios y planes de emergencia.
- f) La vigilancia de la salud de los trabajadores en relación con los riesgos derivados del trabajo.

El Servicio de Prevención tendrá carácter interdisciplinario, debiendo sus medios ser apropiados para cumplir sus funciones. Para ello, la formación, especialidad, capacitación, dedicación y número de componentes de estos servicios, así como sus recursos técnicos, deberán ser suficientes a adecuados a las actividades preventivas a desarrollar, en función de las siguientes circunstancias:

- a) Tamaño de la empresa.
- b) Tipos de riesgo a los que puedan encontrarse expuestos los trabajadores.
- c) Distribución de riesgos en la empresa.



7. Medidas de actuación en caso de emergencia y ante riesgo grave e inminente

El principal objetivo ante cualquier emergencia es su localización y, a ser posible, su eliminación, reduciendo al mínimo sus efectos sobre las personas y las instalaciones. Por ello antes del comienzo de los trabajos todo el personal de obra deberá recibir información e instrucciones precisas de actuación en caso de emergencia y de primeros auxilios.

En particular a los trabajadores se les informará, entre otros puntos de:

- Medidas de evacuación de los trabajadores (salidas de emergencia existentes).
- Normas de actuación sobre lo que “se debe” y “no se debe hacer” en caso de emergencia.
- Medios materiales de extinción contra incendios y actuación en primeros auxilios.

Por otra parte, cuando los trabajadores estén o puedan estar expuestos a un **riesgo grave e inminente** el **Jefe de Brigada (Encargado o Capataz)** deberá:

- Informar inmediatamente a todos los trabajadores afectados sobre la existencia de dicho riesgo así como de las medidas preventivas a adoptar.
- Adoptar las medidas y dar las órdenes necesarias para que en caso de riesgo grave, inminente e inevitable los trabajadores puedan interrumpir su actividad, no pudiéndose exigir a los trabajadores que reanuden su actividad tanto en cuanto persista el peligro.
- Habilitar lo necesario para que el trabajador que no pudiese ponerse en contacto con su superior ante una situación de tal magnitud interrumpa su actividad, poniéndolo en conocimiento de su superior inmediato en el mínimo tiempo posible.
- Poner en conocimiento en el menor tiempo posible de la Dirección Facultativa y del titular del Centro de Trabajo, la aparición de tales circunstancias.

7.1. Primeros auxilios y asistencia sanitaria

Como medida general, cada grupo de trabajo o brigada contará con un botiquín de primeros auxilios completo, revisado mensualmente, que estará ubicado en lugar accesible, próximo a los trabajos y conocido por todos los trabajadores, siendo el **Jefe de Brigada (Encargado o Capataz)** el responsable de revisar y reponer el material.

En caso de producirse un accidente durante la realización de los trabajos, se procederá según la gravedad que presente el accidentado.

Ante los accidentes de carácter **leve**, se atenderá a la persona afectada en el botiquín instalado a pie de obra, cuyo contenido se detalla más adelante. Si el accidente tiene **visos de importancia (grave)** se acudirá al Centro Asistencial de la mutua a la cual pertenece la Contrata o Subcontrata, (para lo cual deberán proporcionar la dirección del centro asistencial más cercano de la mutua a la que pertenezca), donde tras realizar un examen se decidirá su traslado o no a otro centro.

Si el accidente es **muy grave**, se procederá de inmediato al traslado del accidentado al Hospital más cercano.

Por todo lo anterior, cada grupo de trabajo deberá disponer de un teléfono móvil y un medio de transporte, que le permita la comunicación y desplazamiento en caso de emergencia.



Botiquín

El contenido mínimo del botiquín será: desinfectantes y antisépticos autorizados, gasas estériles, algodón hidrófilo, venda, esparadrapo, apósitos adhesivos, tijeras, pinzas y guantes desechables.

Junto al botiquín se dispondrá de un cartel en el que figuren de forma visible los números de teléfonos necesarios en caso de urgencias como los del hospital más próximo, centro asistencial, más cercano, de la mutua de las distintas empresas intervinientes, servicio de ambulancias, bomberos, policía local,...

Extinción de incendios

Este apartado tiene por objeto dar una serie de recomendaciones relativas a la actuación contra el fuego en el caso de que éste llegara a producirse. En primer lugar se intentará sofocar el conato de incendio y si se observara que no se puede dominar el incendio, se avisará de inmediato al servicio Municipal de Bomberos.

Para hacer funcionar los extintores portátiles se seguirán los siguientes pasos:

1. Sacar la anilla que hace de seguro.
2. Abrir la válvula de gas impulsor de botellín adosado (si es de presión incorporada no tiene este paso).
3. Apretar la pistola dirigiendo el chorro a la base de las llamas y barrer en abanico.

La posición más ventajosa para atacar el fuego es colocarse de espaldas al viento en el exterior, o a la corriente en el interior de un local. Es elemental dirigir el chorro de salida hacia la base de las llamas, barriendo en zigzag y desde la parte más próxima hacia el interior del incendio.

Si se utilizan sobre líquidos inflamables, no se debe aproximar mucho al fuego ya que se corre el peligro de que se proyecte el líquido al exterior. Hay que barrer desde lejos y acercarse poco a poco al fuego. Siempre que las actuaciones para atacar no se dificulten grandemente a consecuencia del humo, no deben abrirse puertas y ventanas; provocarían un tiro que favorecerían la expansión del incendio.

Recordar que a falta de protección respiratoria, una protección improvisada es colocarse un pañuelo húmedo cubriendo la entrada de las vías respiratorias, procurando ir agachado a ras del suelo, pues el humo por su densidad tiende a ir hacia arriba.

Si se inflaman las ropas, no correr, las llamas aumentarían. Revolcarse por el suelo y/o envolverse con manta o abrigo. Si es otra la persona que vemos en dicha situación, tratar de detenerla de igual forma.

7.2. Comunicación de accidentes e incidentes.

El Empresario cumplimentará el parte de accidente de trabajo (según el modelo oficial) en aquellos accidentes de trabajo o recaídas que conlleven la **ausencia del accidentado del lugar de trabajo de, al menos, un día**, salvedad hecha del día en que ocurrió el accidente, previa baja médica.

Dicho documento será remitido por la Empresa a la Mutua o Entidad Gestora o Colaboradora de la Seguridad Social, que tiene a su cargo la protección por accidente de trabajo, en el plazo



máximo de **5 días hábiles**, contados desde la fecha en que se produjo el accidente o desde la fecha de la baja médica.

Aquellos accidentes ocurridos en el centro de trabajo o por desplazamiento en jornada de trabajo que provoquen el fallecimiento del trabajador, que sean considerados como **graves o muy graves**, o que el accidente ocurrido en un centro de trabajo afecte a más de cuatro trabajadores, pertenezcan o no en su totalidad a la plantilla de la Empresa, esta además de **cumplimentar el parte de accidente** comunicará éste hecho, en el **plazo máximo de 24 horas**, por telegrama u otro medio de comunicación análogo, a la Autoridad Laboral de la provincia donde haya ocurrido el accidente, debiendo constar en la comunicación la razón social, domicilio y teléfono de la Empresa, nombre del accidentado, dirección completa del lugar donde ocurrió el accidente así como una breve descripción del mismo.

La relación de **accidentes de trabajo ocurridos sin baja médica** deberá cumplimentarse mensualmente en aquellos accidentes de trabajo que no hayan causado baja médica. Dicho documento será remitido por la Empresa, en los modelos oficiales, a la entidad gestora de accidentes de trabajo en los plazos que marca la legislación vigente.

Finalmente, todo incidente o accidente ocurrido en obra debe quedar registrado, debiendo notificarse en todos los casos al **Coordinador de Seguridad y Salud**, o a la Dirección Facultativa cuando no fuera necesaria su designación, a la mayor brevedad posible.

Todo accidente ocurrido en la obra debe ser investigado por la empresa a la que pertenezca el trabajador, elaborando el preceptivo informe de investigación de accidentes, que deberá ser archivado junto con el resto de documentación del accidente. Este informe estará a disposición del Coordinador de Seguridad y Salud, y de la Dirección Facultativa.

7.3. Servicios higiénicos

En aplicación de lo exigido a este respecto por la normativa aplicable, anexo IV parte A del R.D.1627/97, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción se deberán destinar los servicios higiénicos (vestuarios, retretes y lavabos) necesarios para los trabajadores.

En el caso en que se utilicen instalaciones provisionales (casetas o similar), se garantizará para todo el periodo que abarque la ejecución, mientras exista personal imputable a la misma.

Las instalaciones se mantendrán en adecuadas condiciones de higiene y limpieza, quedando totalmente prohibido el almacenamiento de sustancias y material de obra en su interior, pues su uso no es el de almacén.

Los suelos, paredes y techos serán lisos e impermeables, permitiendo la limpieza necesaria, debiendo encontrarse los vestuarios próximos a las salas de aseo. No obstante, al ejecutarse la obra en locales ya construidos, y dotados ya de este tipo de instalaciones, podrán utilizarse las mismas (previo acuerdo con la propiedad), o en su caso los existentes en las instalaciones de las empresas a las que pertenezcan, cuando esta posibilidad sea viable.

Además, en la obra, los trabajadores dispondrán de suficiente agua potable, la cual se mantendrá en recipientes adecuados para su conservación e higiene y marcados con el nombre de su contenido.



8. Formación e información a los trabajadores

De conformidad con los artículos 18 y 19 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, los contratistas y subcontratistas deberán garantizar que los trabajadores reciban una información adecuada de todas las medidas que hayan de adoptarse en lo que se refiere a su seguridad y su salud en la obra.

La información deberá ser comprensible para los trabajadores afectados. Al ingresar en la obra se informará al personal de los riesgos específicos de los trabajos a los cuales van a ser asignados, así como las medidas de seguridad que deberán emplear personal y colectivamente.

Se insistirá en la importancia del uso de los medios preventivos puestos a su disposición, enseñando su correcto uso y explicando las situaciones peligrosas a que la negligencia o la ignorancia pueden llevar.

Conforme al artículo 8 del R.D. 773/1997, de 30 de mayo, el empresario deberá informar a los trabajadores, previamente al uso de los equipos, de los riesgos contra los que les protegen, así como de las actividades u ocasiones en las que deben utilizarse.

Asimismo, deberá proporcionarles instrucciones, preferentemente por escrito, sobre la forma correcta de utilizarlos y mantenerlos. El empresario garantizará la formación y organizará, en su caso, sesiones de entrenamiento, para la correcta utilización de los Equipos de Protección Individual, especialmente cuando se requieran la utilización simultánea de varios equipos que por su especial complejidad así lo haga necesaria.

Eligiendo al personal más cualificado, se impartirán cursos de socorrismo y primeros auxilios, de forma de que en cada obra disponga de algún socorrista con todos los medios que precise.

Por otra parte, conforme el artículo 5 del R.D. 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, los trabajadores y los representantes de los trabajadores deberán recibir una formación e información adecuadas sobre los riesgos derivados de la utilización de los equipos de trabajo, así como las medidas de prevención y protección que hayan de adoptarse.

La información suministrada preferentemente por escrito, deberá contener, como mínimo, las indicaciones relativas a:

- Las condiciones y forma correcta de utilización de los equipos de trabajo, teniendo en cuenta las instrucciones del fabricante, así como las situaciones o formas de utilización anormales y peligrosas que puedan preverse.
- Las conclusiones que, en su caso, se puedan obtener de la experiencia adquirida en la utilización de los equipos de trabajo.
- Cualquier otra información de utilidad preventiva.



Igualmente, se informará a los trabajadores sobre la necesidad de prestar atención a los riesgos derivados de los equipos de trabajo presentes en su entorno de trabajo inmediato, o de las modificaciones introducidas en los mismos, aun cuando no los utilicen directamente.

Vigilancia de la salud

El empresario garantizará a los trabajadores a su servicio la vigilancia periódica de su estado de salud en función de los riesgos inherentes al trabajo. Las medidas de vigilancia y control de la salud de los trabajadores se llevarán a cabo respetando siempre el derecho a la intimidad y a la dignidad de la persona del trabajador y la confidencialidad de toda la información relacionada con su estado de salud.

Atendiendo a esta obligación, todo trabajador que se incorpore a la obra, habrá pasado un reconocimiento médico que avale su aptitud médica para el desempeño de las actividades que vaya a realizar.

Responsabilidades y penalizaciones

El incumplimiento de las obligaciones en materia de prevención de riesgos laborales podrá dar lugar a responsabilidades administrativas, así como en su caso, a responsabilidades penales y a las civiles por los daños y perjuicios que puedan derivarse de dicho incumplimiento.

No se penalizará los hechos que hayan sido sancionados penal o administrativamente, en los casos que se aprecie la identidad de sujeto hecho y fundamento, por parte de la Autoridad Laboral competente.

8.1. Requerimientos por incumplimientos

Cuando el Coordinador de Seguridad y Salud o la Dirección Facultativa comprobare la existencia de una infracción a la normativa sobre prevención de riesgos laborales, requerirá al empresario para la subsanación de las deficiencias observadas, salvo que por la gravedad e inminencia de los riesgos procediese acordar la paralización prevista en el artículo 14 del R.D. 1627/1997, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, todo ello sin perjuicio de la propuesta de sanción correspondiente en su caso.

El requerimiento formulado por el Coordinador de Seguridad y Salud o la Dirección Facultativa se hará saber por escrito al empresario presuntamente responsable señalando las anomalías para su subsanación. Dicho requerimiento se pondrá, asimismo, en conocimiento de los Delegados de Prevención.

Si se incumpliera el requerimiento formulado, persistiendo los hechos infractores, la persona que realiza la demanda propondrá al Promotor la penalización por tales hechos.

8.2. Paralización de los trabajos

Cuando el Coordinador de Seguridad y Salud o cualquiera otra persona integrada en la Dirección Facultativa compruebe que la inobservancia de la normativa sobre prevención de riesgos laborales implica, a su juicio, un **riesgo grave e inminente** para la seguridad y salud



de los trabajadores podrá ordenar la paralización inmediata de tales trabajos o tareas, dejando constancia en el Libro de Incidencias.

Dicha medida será comunicada a la Empresa responsable, que la pondrá en conocimiento inmediato de los trabajadores afectados, del Delegado de Prevención o, en su ausencia, de los Representantes del Personal. Por otro lado, la persona que hubiera ordenado la paralización deberá dar cuenta a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social del cumplimiento de esta notificación.

La paralización de los trabajos se levantará por la Inspección de Trabajo y Seguridad Social si la hubiese decretado, por el Coordinador de Seguridad y Salud o por el Empresario tan pronto como se subsanen las causas que la motivaron, debiendo el empresario comunicarlo a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social y/o al Coordinador de Seguridad y Salud, según el caso.

8.3. Libro de incidencias

En cada centro de trabajo 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. El Libro de incidencias, que deberá mantenerse siempre en la obra, estará en poder del técnico que haya aprobado el Plan de Seguridad y Salud.

A dicho libro tendrán acceso la Dirección Facultativa, los Contratistas, los Subcontratistas y los Trabajadores Autónomos, así como las personas u órganos con responsabilidades en materia de prevención en las Empresas intervinientes en la obra, los representantes de los trabajadores y los técnicos de los órganos especializados en materia de seguridad y salud en el trabajo de las Administraciones Públicas competentes, quienes podrán hacer anotaciones en el mismo, relacionadas con los fines a que se refiere el párrafo primero de este apartado.

Efectuada una anotación el libro de incidencias, el técnico que haya aprobado el Plan de Seguridad y Salud, estará obligado a remitir, en el plazo de veinticuatro horas, una copia a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social de la Provincia en la que se realiza la obra. Igualmente deberá notificar las anotaciones en el libro al contratista afectado y a los representantes de los trabajadores de éste.

8.4. Penalizaciones

Son infracciones a la normativa en materia de Prevención de Riesgos Laborales las acciones u omisiones de los Empresarios que incumplan las normas legales, reglamentarias y cláusulas normativas de los convenios colectivos en materia de seguridad y salud sujetas a responsabilidades conforme a la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

Sin perjuicio de las responsabilidades administrativas, civiles y penales de las Contratas y Subcontratas, el Coordinador de Seguridad y Salud podrá proponer al Promotor la aplicación de penalizaciones.

Se calificarán estas penalizaciones como leves, graves y muy graves, en atención a la naturaleza del deber infringido y la entidad del derecho afectado, de conformidad con los apartados siguientes. Las penalizaciones podrán imponerse en grado mínimo, medio y máximo, atendiendo a los siguientes criterios:



- La peligrosidad de las actividades desarrolladas.
- El carácter transitorio o permanente de los riesgos.
- La gravedad de los daños producidos o que hubieran podido producirse por la ausencia o deficiencia de las medidas preventivas necesarias.
- El número de trabajadores afectados.
- Las medidas de protección individual o colectiva adoptadas por el empresario y las instrucciones impartidas por éste en orden a la prevención de riesgos.
- El incumplimiento de advertencias o requerimientos previos del Coordinador de Seguridad y Salud.
- La inobservancia de las propuestas realizadas por los Servicios de Prevención, los Delegados de Prevención o el Comité de Seguridad y Salud de la empresa para la corrección de las deficiencias legales existentes.
- La conducta general seguida por el empresario en orden a la estricta observancia de las normas en materia de prevención de riesgos laborales.

8.5. Condiciones para la ejecución por contrata

Serán las que vengan reflejadas en las condiciones generales para la contratación de obras y servicios, así como las descritas en Los Pliego de Licitación.

GENERALIDADES

El Contratista será responsable del proyecto, suministro, transporte, carga y descarga de los materiales, construcción de la obra civil, estructuras y soportes metálicos, montaje de todos los equipos de la SE, Puesta en Marcha y Puesta en Servicio, así como la garantía del Suministro, hasta la Recepción Definitiva.

También será obligación del Contratista facilitar Asistencia Técnica a los necesarios servicios de mantenimiento durante el período de garantía.

Todos los elementos necesarios para el funcionamiento y control de las instalaciones de la SE aunque el Contratista los hubiese omitido en su Proyecto por error u olvido, se considerarán incluidos en la oferta y por lo tanto exigirá su construcción a cargo del Contratista.

El Suministro deberá satisfacer la mejor y moderna práctica corriente en ingeniería mecánica, eléctrica, instrumentación y control, comunicaciones, fluidos, etc. Se emplearán materiales de primera calidad de las marcas de prestigio tanto nacionales como extranjeras. Estas deberán mencionarse, reservándose el Comprador el derecho a escogerlas sin sobreprecio alguno y su empleo será obligado para el Contratista. La selección de una marca y modelo no podrá considerarse como motivo de modificación de contrato.

Las instalaciones deberán reunir las condiciones máximas de seguridad en cuanto a incendios, inundaciones, distancias reglamentarias, tensiones de paso y contacto en caso de defectos a tierra, etc.

Se dispondrán todos los dispositivos de protección necesarios respetando íntegramente las normativas legales vigentes, que serán de obligado cumplimiento.



El Contratista velará por la integridad de los equipos e instalaciones que se encuentren dentro del recinto de la Subestación, respondiendo de su robo o daño en cualquier momento de la obra, siendo de su responsabilidad todas las medidas de seguridad y vigilancia oportunas.

9. Condiciones de los materiales de la obra civil

Los componentes fundamentales de la Subestación están definidos en la Memoria Descriptiva y en los planos incluidos en el presente Proyecto.

La información se completa con la relación de materiales que figura en el Presupuesto.

Respecto a la obra civil se indica a continuación la calidad y preparación de los materiales a utilizar.

9.1. Hormigones

La composición del hormigón será la adecuada para que la resistencia de proyecto o resistencia característica especificada del hormigón a compresión a los veintiocho días, expresada en N/mm², tal y como se especifica en los artículos 30 y 39 de la EHE sea según su uso, la expresada en el cuadro adjunto.

Las dosificaciones de hormigón a emplear en las distintas estructuras, en contacto con el suelo y por debajo de la cota 0,00 de la explanación tendrá una relación agua/cemento menor o igual a 0,60.

Dadas las particulares condiciones de uso de los viales de subestaciones, no es necesaria ninguna exigencia específica para los hormigones a utilizar en esta unidad, que se ejecutará con el tipo de hormigón especificado en el siguiente cuadro.

T I P O	F ck (N/mm²)	USO EN
HA-25/P/20/IIa	25	Obras de hormigón armado como soleras, forjados, depósitos, bancadas de transformadores, etc.
HM-20/P/40/IIa	20	Obras de hormigón en masa como cimientos, viales, solados, bordillos, cunetas, arquetas, zanjas, etc.
HM-10/P/40/IIa	10	Hormigones de limpieza, rellenos, etc.



9.2. Áridos para morteros y hormigones

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.

9.3. Morteros

La composición del mortero será adecuada a la aplicación de las obras de fábrica que se ejecute.

En general se adaptarán a los tipos especificados en la norma NBEFL-90, (tabla 3.3) y su dosificación será la exigida en la tabla 3.5 de la norma anterior, que a continuación se incluye.



**DISEÑO DE UNA LÍNEA AÉREA A 132 KV CON ALIMENTACIÓN SUBTERÁNEA
A SUBESTACIÓN 132/66 kV.-----PLIEGO DE CONDICIONES-----**



USO	Mortero	Tipo	Cemento	Cal aérea	Cal Hidráulica	Arena
Fábricas ordinarias, relleno mortero para solados	M-20	a	1	-	-	8
		b	1	2	-	10
		c	-	-	1	3
Fábricas cargadas y enfoscados	M-40	a	1	-	-	6
		b	1	1	-	7
Bóvedas, dobladillos de rasilla, escaleras	M-80	a	1	-	-	4
		b	1	½	-	4
Enlucidos, revocos,						



cornisas, enfoscados impermeables	M-160	a	1	-	-	3
		b	1	¼	-	3

9.4. 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.

La dosificación del cemento se realizará en base al tipo de hormigón a conseguir y el tipo de cemento a utilizar, de acuerdo a la siguiente tabla:

Tipo de Hormigón	Tipo de cemento	Dosificación
H. en masa	C. comunes C. para usos especiales	-
H. armado	C. comunes	Mínimo 275Kg/ m ³ de cemento
H. pretensado	C. comunes del tipo CEM I y CEM II/A-D	Mínimo 300Kg/ m ³ de cemento

9.5. Agua

Cumplirá como mínimo las condiciones impuestas en el artículo 27 de la EHE.

No se utilizarán aguas del mar ó 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.



9.6. 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.

9.7. 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.

9.8. Materiales siderúrgicos

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 NBE.

9.9. Laminados de acero y para estructuras.

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.

10. Condiciones generales para la ejecución de las obras

10.1. Movimiento de tierras

DESBROCE 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 decidirá si depositar la extracción en lugares predeterminados para su posterior aprovechamiento o por el contrario retirarla a escombreras autorizadas.

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.

COMPACTACIÓN

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.

EXCAVACIONES, RELLENOS, TERRAPLENES, SUBBASES GRANULARES, REDES DE DRENAJE.

La medición de la excavación y relleno con el propio material, se realizará por diferencia teórica entre perfiles transversales del terreno tomados antes del inicio de las excavaciones y después de realizada la compactación. En el caso de utilizarse en el relleno material de préstamo, su medición se realizará por el mismo procedimiento.

Para la realización de las excavaciones se seguirán las normas establecidas a tenor de las características particulares de la cimentación del terreno, y sus dimensiones se ajustarán a las indicadas en los planos del proyecto.

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.

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.

10.2. Hormigones

Antes de verter hormigón sobre hormigón endurecido se limpiará la superficie de contacto mediante chorro de agua y aire a presión, y/o picado, eliminando seguidamente el agua que se haya depositado, así como se realizará el tratamiento adecuado con productos especiales de unión entre fraguados y frescos.

El hormigón se compactará por vibraciones hasta asegurar que se han llenado todos los huecos, se ha eliminado el aire de la masa y refluye la lechada 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 2º C, ni cuando siendo superior se prevea que puede bajar de 0º C 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 cuantía y la correcta colocación de las armaduras, de las juntas, así como de cualquier extremo que estime oportuno

10.3. Pavimentos de hormigón

Cuando se realice la pavimentación mediante hormigonado en fresco, se podrán insertar directamente las juntas de dilatación de material plástico conforme a lo indicado en los planos de proyecto, o bien, una vez endurecido el hormigón mediante serrado con disco, siendo la profundidad mayor de seis centímetros.

10.4. Armaduras

La disposición de las armaduras una vez hormigonadas, será tal y como figura en los planos e instrucciones del proyecto, debiendo estar perfectamente sujetas para soportar el vertido, peso y vibrado del hormigón, respetándose especialmente los recubrimientos mínimos indicados en la EHE en vigor.

10.5. Laminados

La disposición de los laminados y su medición se realizarán conforme a los valores teóricos de acuerdo con los planos e instrucciones del Proyecto, no considerándose los despuntes, solapes, ganchos, platillas, etc., que pudieran introducirse.

10.6. Encofrados

Los encofrados de madera o metálicos, serán estancos y estarán de acuerdo con las dimensiones previstas en el proyecto, 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.

10.7. 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.



10.8. Estructura metálica

La presentación de los anclajes se efectuará con las plantillas previstas para este fin.

Una vez clasificada la estructura y comprobado que las dimensiones (incluso taladros) corresponden a las medidas indicadas en el Proyecto, 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.

10.9. Embarrados y conexiones

EMBARRADOS DE CALBE Y DERIVACIONES

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.

EMBARRADOS RÍGIDOS DE TUBO O PLETINA

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.

CONEXIONES

Se prepararán, limpiarán, colocarán y apretarán las piezas de conexión según se indique.

10.10. Aparamenta

MODULOS 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.

Se procederá al izado, fijación en sus soportes y una vez nivelados se regularán y ajustarán según instrucciones del fabricante. Se comprobarán los ajustes, engrases finales, así como la penetración de las cuchillas, conforme a las indicaciones del fabricante.

RESTO DE LA APARAMENTA



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.

En las autoválvulas, 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.

10.11. Transformadores de potencia y reactancias

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 bajo vacío.
- Recepción final.

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 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. Se procederá a la rotura de vacío.

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 pleno vacío, 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.

10.12. Batería de condensadores

Se efectuará el montaje del soporte metálico, colocación y fijación de los módulos de la batería sobre el soporte.

Se efectuará el montaje de los embarrados y derivaciones. Se realizarán mediciones de las series con todos sus elementos, y eliminando elementos hasta que la sobretensión a que queda sometida sea del 10%.

En la puesta en servicio de las modernas, se vigilará la corriente residual entre los neutros para detectar el desequilibrio.



10.13. 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.

10.14. 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.

11. Plan de control de calidad

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.

MOVIMIENTO DE TIERRAS

Cuando se efectúen movimientos de tierras para explanación de carreteras, viales, etc. se deberán cumplir los valores de Límite de Atteberg, 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.

HORMIGÓN



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.

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 83300:84, 83301:91, 83303:84 y 83304:84.

La comprobación de su consistencia se realizará a pie de obra, mediante el cono de Abrams, según norma UNE 83313:90.

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.

ARMADURA

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.

OBRA DE FÁBRICA

El contratista entregará el certificado de garantía y ensayos efectuados por el fabricante de los siguientes elementos: Tocho macizo, Cero visto, Tohana y Gero no visto.

PROTOCOLO, ENSAYOS Y MONTAJE DE ESTRUCTURAS METÁLICAS Y SOPORTES

Protocolos: El Contratista entregará a la propiedad, antes de iniciar la construcción, los certificados de garantía de la materia prima con las características mecánicas y químicas, según los apartados 2.3, 2.6 y capítulo 3 de la Norma MV 102/1975.

Ensayos: El Contratista encargará los ensayos que a continuación se mencionan a un laboratorio recomendado; se entregarán los resultados inmediatamente después de efectuados.

Control de medidas: En el taller del constructor, de cada tipo de módulo (columna, viga, soporte, etc.) se elegirá uno, del que se comprobarán las dimensiones y tipo de perfil.

Control del galvanizado: El espesor del galvanizado, se comprobará mediante el medidor de espesores digital. De cada tipo de módulo se elegirá uno, en el cual se efectuarán como mínimo 3 mediciones. Este control, se efectuará en obra.



Control de características mecánicas: Se escogerá una muestra de cada módulo (viga, columna, soporte, etc.) del taller del constructor y se efectuarán, ensayo de resiliencia y ensayo de tracción, del que se obtendrá; límite elástico, resistencia a tracción y alargamiento a la rotura, de acuerdo con las Normas indicadas en la MV 102/1975.

En los módulos soldados se efectuarán radiografía de las soldaduras (Norma UNE 14011) por empresas especializadas y autorizadas.

Las radiografías a efectuar dependerán del tipo de estructura, fijándose como norma dos elegidas por muestreo en obra.

Control de tornillería: Se comprobarán tanto las medidas de tornillo, arandela y tuerca, así como el buen marcaje de la marca del fabricante y de la calidad del tornillo. También se comprobará la uniformidad del galvanizado.

Los tornillos que se comprobarán se procurará que sean de distintos tipos.

Las tolerancias dimensionales de los conjuntos montados serán indicadas en los planos. Las tolerancias admitidas son:

	SOPORTES	ESTRUCTURAS	DINTELES
Aplomado	$\pm \text{altura}/1000 \leq 25 \text{ mm}$	$\pm 3 \text{ ‰}$ de la altura	
Nivelación	$\pm 2,5 \text{ mm}$ (*)Con un máximo de 2,5 mm entre cada soporte de seccionadores	$\pm 2,5 \text{ mm}$	Horizontal: $\pm$ 3‰ de la longitud
Alineación	$\pm 2,5 \text{ mm}$ (anclaje mediante hormigón)		
	Holgura que permita el taladro , < 2,5 mm (anclaje mediante pernos)		



Flecha		$\pm \text{altura}/1000 \leq 15$ mm (F. de los pilares de la estructura respecto a su eje vertical)	$\pm$ Longitud/100 $0 \leq 10$ mm (F. entre ejes de apoyo)

Ensayos Red de tierras: El Contratista encargará los ensayos que a continuación se mencionan a una empresa especializada.

Medida de las tensiones de paso y de contacto, mano-mano y mano-pie, (como mínimo 50 puntos, a criterio del Comprador).

El sistema a utilizar para ambas medidas será de inyección de corriente y en la medición de tensiones de paso y contacto con un sistema de corrección de cualquier tensión parásita que pueda circular por el terreno o bien inyectando una intensidad del 1 % de la corriente para la cual ha sido dimensionada la instalación y en cualquier caso no inferior a 50 A.

Medida de la continuidad de la red, indicando sección conductor equivalente, esta medida se efectuará como mínimo entre 10 puntos opuestos a criterio del Comprador.

12. Recepción y puesta en marcha de las obras

Al término de las obras comprendidas en el Proyecto, se hará una recepción de las mismas, levantándose la 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 marcha de la obra el Contratista deberá realizar las pruebas de los equipos e instalaciones, basándose en la normativa citada y en los Protocolos de Pruebas indicadas.

El Contratista deberá cumplimentar los distintos Protocolos de Recepción, de los equipos e instalaciones, antes de la Puesta en Servicio. La Puesta en Servicio la realizará el Contratista bajo la dirección de la propiedad. El Contratista cumplimentará el permiso de Puesta en Marcha ante el Organismo Oficial (Industria).

SECUENCIA A SEGUIR ANTES DE LAS MANIOBRAS DE PUESTA EN MARCHA



De un modo no exhaustivo se describen las principales actividades que deben realizarse antes de la puesta en marcha.

Verificaciones previas a la energización en A.T.:

Verificación de los tenses y flechas de las conexiones tensadas.

Verificación del conexionado de la aparamenta de toda la instalación.

Verificar el valor nominal de tensión en los equipos y demás características de la aparamenta que sean correctas.

Comprobación a muestreo el apriete de la tornillería en las conexiones, aparamenta y estructura metálica.

-Verificar el ajuste y puesta a punto de los seccionadores:

-Enclavamientos eléctricos y mecánicos.

-Mandos locales.

-Control de la resistencia contacto.

-Aislamiento

-Velocidad de apertura-cierre

-Verificar el ajuste y puesta a punto de los interruptores:

-Enclavamientos eléctricos y mecánicos.

Mandos locales.

Control de la resistencia contacto.

Aislamiento

Velocidad de cierre-apertura.

Tiempos de actuación cierre-apertura (bloques de contacto).

Sincronismo entre fases y entre los contactos cierre-apertura.

Verificaciones previas a la energización en armarios y circuitos de control y protección:

Verificación del conexionado, de acuerdo con los esquemas correspondientes.

Realizar las pruebas de aislamiento de cada uno de los aparatos.

Verificar la separación de las polaridades y respecto a tierra (cc y ca).

Verificar el valor nominal de tensión y demás características sean correctas (aparatos y equipos).

Comprobación de la ausencia de conexiones sueltas o mal apriete de bornas.

Comprobar etiquetado de cables.

Comprobar la puesta a tierra de las pantallas de los cables y su etiquetado (longitud del rabillo de tierra).

Comprobar la relación de los transformadores auxiliares y su concordancia con la relación elegida (T/T y T/I).

Comprobación de la polaridad de los transformadores aux. (T/T y T/I).

Secuencia a seguir para la puesta en marcha circuito control y protección



De un modo exhaustivo, se describen las principales actividades a realizar en la puesta en marcha "en caliente" de los circuitos de control y protección.

Servicios auxiliares ca:

Servicios auxiliares cc:

Comprobación independencia de los circuitos de baterías.

SISTEMA INTEGRADO DE CONTROL Y PROTECCIÓN:

Comprobación local de todas las señales, mandos y medidas.

Para cada POSICIÓN:

Maniobra: local desde el armario de la propia celda, desde el Terminal Local (PC) y desde el Centro de Control.

Enclavamientos.

Circuitos intensidad y tensión: inyección de corriente y tensión, comprobando los aparatos de medida, protección y convertidores.

Protecciones: protocolos de ajuste.

Protección embarrado: o Celda unión de barras.

Protección diferencial o modificación de corrientes de la misma.

Otras pruebas: o SICOP modificación de la programación y pruebas funcionamiento.

Equipos de comunicación.

Programación Centro de Control o Pruebas Comunicaciones.

Prueba desde Centro de Control.



**DISEÑO DE UNA LÍNEA AÉREA A 132 KV CON ALIMENTACIÓN SUBTERÁNEA
A SUBESTACIÓN 132/66 kV.-----PLIEGO DE CONDICIONES-----**





MEDICIONES Y PRESUPUESTO



Precios Varios

Unidad	Denominacion	Precio €
hora	Gruista	14,00 €
hora	Albañil	10,00 €
hora	Electricista	12,00 €
hora	Peon	8,00 €
hora	Maquina retro	10,00 €
hora	Hormigonera	12,00 €
hora	Grua	12,00 €
hora	Maquina tensora cable	10,00 €
Porte	Camion volquete	14,00 €
Porte	Camion 3 ejes acerbi 26000	14,00 €
kg	Arena	0,15 €
kg	Grava	0,12 €
kg	Cemento	1,08 €
litro	Agua	0,05 €

Precios Simples

UNIDADES	DENOMINACIÓN	PRECIO
Apoyos		
Ud	AG3-132-4-39	5.920,60 €
Ud	AL2-132-4-24	2.351,20 €
Ud	AG1-132-4-24	5.600,40 €
Ud	MISTRAL80-132-DH44a-36	3.850,40 €
Ud	AM1-132-5,5-31	4.260,40 €
Ud	MISTRAL190-132-DH44a-36	5.420,40 €
Ud	AM1-132-4-21	2.985,60 €
Ud	MISTRAL90-132-DH44a-36	4.230,40 €
Ud	MISTRAL60-132-DH44a-36	3.500,40 €
Ud	MISTRAL80-132-DH55a-33	3.560,60 €
Ud	AL3-132-5,5-39	6.230,30 €
Ud	AM1-132-5,5-24	3.965,60 €
Ud	AM1-132-5,5-35	4.780,40 €
Ud	MISTRAL80-132-DH55a-36	4.350,30 €
Ud	MISTRAL90-132-DH55b-36	4.550,20 €
Ud	AM4-132-7,5-31	5.960,80 €
Ud	AM1-132-5,5-27	4.260,40 €
Ud	AM4-132-4-35	4.870,80 €
Ud	AL2-132-4-21	2.195,90 €
Ud	AM3-132-5,5-39	6.230,30 €
Ud	MISTRAL190-132-DH55a-36	5.430,20 €
Ud	AG1-132-5,5-39	4.530,60 €
Ud	AM1-132-5,5-21	3.920,80 €
Ud	MISTRAL270-132-DH44a-36	6.230,40 €
Ud	MISTRAL150-132-DH55a-36	4.850,80 €
Ud	MISTRAL320-132-DH55a-36	5.830,90 €



DISEÑO DE UNA LÍNEA AÉREA A 132 KV CON ALIMENTACIÓN SUBTERÁNEA
A SUBESTACIÓN 132/66 kV.-----MEDICIONES Y PRESUPUESTO-----



Ud	AM3-132-5,5-31	5.591,20 €
Ud	MISTRAL270-132-DH44a-36	6.230,40 €
Ud	MISTRAL150-132-DH44a-36	4.230,20 €
Ud	AG1-132-4-39	6.350,80 €
Ud	MISTRAL80-132-DH33a-36	3.250,60 €
Ud	AM4-132-4-39	5.230,80 €
Ud	FL2-132-4-39	7.980,90 €
Aisladores		
Ud	LA280-132kV-ANC-SIM-VID	7,40 €
Ud	LA280-132kV-ANC-DOB-VID	8,30 €
Ud	LA280-132kV-SUS-SIM-VID	6,50 €
Ud	LA280-132kV-SUS-DOB-VID	6,95 €
Conductores		
ml.	LA-280 Hawk	4,50 €
ml.	OPGW-48	1,80 €
Conductor subterráneo		
ml.	SILEC ENDESA RHZ 1 RA+2OL	12,00 €
ml.	TUBO COARRUGADO	20,00 €
Terminales		
Ud	APSEA 52-72 kV	230,00 €
Ud	APECB 84-420 Kv	350
Arquetas		
Ud	Arqueta paso de cables	705,00 €
Subestación eléctrica		
Ud	Transformador 40 MVA 132/66kV	850.000,00 €
Ud	Autoválvula 132kV EXLIM Q-E	4.500,00 €
Ud	Autoválvula 66kV PARARRAYOS CLASE 2 INAEL	1.700,00 €
Ud	Bancada de transformador 132/66kV	46.900,00 €
Ud	Depósito de aceite para transformador	10.300,00 €
Ud	Transformador de tensión 132 kV	7.500,00 €
Ud	Transformador de tensión 66 kV	5.900,00 €
Ud	Armario de control y protección	24.895,00 €
Ud	Armario de SS.AA. CA y CC	17.820,00 €
Ud	Armario de servicios generales	29.900,00 €
Ud	Armario de comunicaciones	38.940,00 €
Ud	PASS M0 145 kV	205.000,00 €
Ud	PASS M00 72,5 Kv	165.000,00 €
Ud	Soporte metálico para autoválvula de 66kV	1.002,50 €
Ud	Soporte metálico para autoválvula de 132kV	1.240,00 €
Ud	Soporte metálico para transformador de 66kV	1.060,00 €
Ud.	Soporte metálico para transformador de 132kV	1.305,30 €
Ud	soporte metálico para aisladores de barras principales 66kV	1.457,00 €
Ud	soporte metálico para aisladores de barras secundarias 66kV	1.347,00 €
Ud	soporte metálico para aisladores de barras principales 132kV	1.321,00 €
Ud	soporte metálico para aisladores de barras secundarias 132kV	1.246,00 €
ml.	cable desnudo para tierras	6,40 €
Ud.	Soldadura aluminotérmica de cable de tierras	40,00 €
Ud.	Punta Franklin	80,00 €
ml.	Conductor de tubo de aleación de aluminio Ø150/134mm	42,50 €
ml.	Conductor de tubo de aleación de aluminio Ø100/88mm	29,40 €
ml.	Conductor de tubo de aleación de aluminio Ø80/68mm	27,80 €



**DISEÑO DE UNA LÍNEA AÉREA A 132 KV CON ALIMENTACIÓN SUBTERÁNEA
A SUBESTACIÓN 132/66 kV.-----MEDICIONES Y PRESUPUESTO-----**



ml.	Conductor de tubo de aleación de aluminio Ø120/100mm	40,00 €
ud.	Ornalux C218	20,00 €
ud.	Philips 203	300,00 €
ud.	Sanitarios	300,00 €
ud.	toma de corriente	4,00 €

PRECIOS AUXILIARES

Unidad	Concepto	Cantidad unitaria	Cantidad	Precio unitario	Coste	Total	Total unitario
Excavación							
	Se realizara con un maquina retro y la tierra desalojada se evacuara con un camion con un capacidad de 18 m3. El volumen a desalojar es de 10667 m3	10667					
h/m ³	Maquina retro	0,15	1600,05	10,00 €	16.000,50 €		
portes/m3	Camión volquete	0,05	533,35	14,00 €	7.466,90 €		
h/m3	Mano de obra	0,2	2133,4	10,00 €	21.334,00 €		
%	gastos indirectos	5,00%			2.240,07 €		
	TOTAL					47.041,47 €	4,41 €
Hormigonado							
	Se realizara según lo establecido en el pliego de condiciones. La cantidad de hormigon es de 7230 m3	7230					
m3	Arena	0,42	3036,6	0,15 €	455,49 €		
m3	Grava	0,56	4048,8	0,12 €	485,86 €		
Kg/m3	Cemento	180	1301400	1,08 €	1.405.512,00 €		
L/m3	Agua	200	1446000	0,05 €	72.300,00 €		
h/m3	Mano de obra	0,2	1446	10,00 €	14.460,00 €		
h/m3	Hormigonera	0,1	723	12,00 €	8.676,00 €		
%	Gastos indirectos	5,00%			75.094,47 €		
	TOTAL					1.576.983,81 €	218,12 €
Transporte de materiales							
	Se realizara con un camion de 26 Tm de MMA. (Carga util 15 Tm) Y tercer eje acerbi al objeto de facilitar su entrada al terreno. El total de kg a transportar es de 300 Tm aprox	500000					
Portes/kg	Camion 3 ejes acerbi 26 Tm	0,0005	250	14,00 €	3.500,00 €		
H/Kg	Mano de obra	0,01	5000	8,00 €	40.000,00 €		
%	Gastos indirectos	5,00%			2.175,00 €		
	TOTAL					45.675,00 €	0,09 €



PRECIOS AUXILIARES

Unidad	Concepto	Cantidad unitaria	Cantidad	Precio unitario	Coste	Total	Total unitario
Grua							
	Esta tarea quizás sea la más cara y delicada de todo el proyecto. Se ha estimado una duración media de 2 h por apoyo con un total de 57 apoyos	114					
h/apoyo	Grua	1	114	12,00 €	1.368,00 €		
h/apoyo	Gruista	1	114	14,00 €	1.596,00 €		
%	Gastos indirectos	5,00%			148,20 €		
	TOTAL					3.112,20 €	27,30 €
Tendido de la línea							
	Esta tarea se realiza atendiendo a los cálculos obtenidos por el programa y el trabajo será ejecutado por una cuadrilla experta. Se estima una duración de 2,5 h por vano. Total 140 horas.	140					
h/vano	Maquina tensora	2	280	10,00 €	2.800,00 €		
h/vano	oficial electricista	2,5	350	12,00 €	4.200,00 €		
%	Gastos indirectos	5,00%			350,00 €		
	TOTAL					7.350,00 €	0,46 €
Tendido de la línea subterránea							
	Esta tarea se realiza atendiendo a los cálculos obtenidos por el programa y el trabajo será ejecutado por una cuadrilla experta. Se estima una duración de 4 h	20					
h/m ³	Maquina retro	0,15	3	10,00 €	30,00 €		
h/tendido	oficial electricista	2,5	50	14,00 €	700,00 €		
h/m	albañil	4	80	10,00 €	800,00 €		
%	Gastos indirectos	5,00%			36,50 €		
	TOTAL					1.566,50 €	0,10 €



Unidad de obra

CODIGO	UNIDAD	DEFINICIÓN			
1.1	m	Apoyo Andel Lineas 132kV: AG3-132-4-39			
	Apoyo metalico de celosia para lineas electricas aéreas de 132kV				SUBTOTAL
1	ud	AG3-132-4-39	5920,60		5920,60
80,44	m ³	Excavación	4,41		354,74
86,18	m ³	Hormigonado	218,12		18797,30
2950	Kg	Transporte	0,09		269,48
2	h	Grua	27,30		54,60
0,5	h	Oficial electricista	12,00		6,00
5	%	Gastos indirectos	25402,72		1270,14
			TOTAL €		26672,86
1.2	m	Apoyo Andel Lineas 132kV: AL2-132-4-24			
	Apoyo metalico de celosia para lineas electricas aéreas de 132kV				SUBTOTAL
1	ud	AL2-132-4-24	2351,20		2351,20
13,846	m ³	Excavación	4,41		61,06
14,73	m ³	Hormigonado	218,12		3212,86
3050	Kg	Transporte	0,09		278,62
2	h	Grua	27,30		54,60
0,5	h	Oficial electricista	12,00		6,00
5	%	Gastos indirectos	5964,34		298,22
			TOTAL €		6262,55
1.3	m	Apoyo Andel Lineas 132kV: AG1-132-4-24			
	Apoyo metalico de celosia para lineas electricas aéreas de 132kV				SUBTOTAL
1	ud	AG1-132-4-24	5600,40		5600,40
69,46	m ³	Excavación	4,41		306,32
73,55	m ³	Hormigonado	218,12		16042,48
4355	Kg	Transporte	0,09		397,83
2	h	Grua	27,30		54,60
0,5	h	Oficial electricista	12,00		6,00
5	%	Gastos indirectos	22407,63		1120,38
			TOTAL €		23528,01



Unidad de obra

CODIGO	UNIDAD	DEFINICIÓN		
1.4	m	MISTRAL80-132-DH44a-36		
		Apoyo metalico de celosia para lineas electricas aéreas de 132kV		SUBTOTAL
1	ud	MISTRAL80-132-DH44a-36	3850,40	3850,40
20,69	m ³	Excavación	4,41	91,24
22,87	m ³	Hormigonado	218,12	4988,33
5600	Kg	Transporte	0,09	511,56
2	h	Grua	27,30	54,60
0,5	h	Oficial electricista	12,00	6,00
5	%	Gastos indirectos	9502,13	475,11
		TOTAL €		9977,24
1.5	Ud.	Apoyo Andel Lineas 132kV: AM1-132-5,5-31		
		Apoyo metalico de celosia para lineas electricas aéreas de 132kV		SUBTOTAL
1	ud	AM1-132-5,5-31	4260,40	4260,40
28,86	m ³	Excavación	4,41	127,27
31,03	m ³	Hormigonado	218,12	6768,16
5300	Kg	Transporte	0,09	484,16
2	h	Grua	27,30	54,60
0,5	h	Oficial electricista	12,00	6,00
5	%	Gastos indirectos	11700,59	585,03
		TOTAL €		12285,62
1.6	Ud.	MISTRAL190-132-DH44a-36		
		Apoyo metalico de celosia para lineas electricas aéreas de 132kV		SUBTOTAL
1	ud	MISTRAL190-132-DH44a-36	5420,40	5420,40
72,03	m ³	Excavación	4,41	317,65
76,83	m ³	Hormigonado	218,12	16757,91
3600	Kg	Transporte	0,09	328,86
2	h	Grua	27,30	54,60
0,5	h	Oficial electricista	12,00	6,00
5	%	Gastos indirectos	22885,42	1144,27
		TOTAL €		24029,69



Unidad de obra

CODIGO	UNIDAD	DEFINICIÓN
1.7	Ud.	Apoyo Andel Lineas 132kV: AM1-132-4-21
		Apoyo metalico de celosia para lineas electricas aéreas de 132kV
		SUBTOTAL
1	ud	AM1-132-4-21 2985,60 2985,60
26,42	m ³	Excavación 4,41 116,51
28,35	m ³	Hormigonado 218,12 6183,61
7400	Kg	Transporte 0,09 675,99
2	h	Grua 27,30 54,60
0,5	h	Oficial electricista 12,00 6,00
5	%	Gastos indirectos 10022,31 501,12
		TOTAL € 10523,43
1.8	Ud.	MISTRAL90-132-DH44a-36
		Apoyo metalico de celosia para lineas electricas aéreas de 132kV
		SUBTOTAL
1	ud	MISTRAL90-132-DH44a-36 4230,40 4230,40
30,63	m ³	Excavación 4,41 135,08
32,95	m ³	Hormigonado 218,12 7186,95
3250	Kg	Transporte 0,09 296,89
2	h	Grua 27,30 54,60
0,5	h	Oficial electricista 12,00 6,00
5	%	Gastos indirectos 11909,91 595,50
		TOTAL € 12505,41
1.9	Ud.	MISTRAL60-132-DH44a-36
		Apoyo metalico de celosia para lineas electricas aéreas de 132kV
		SUBTOTAL
1	ud	MISTRAL60-132-DH44a-36 3500,40 3500,40
13,88	m ³	Excavación 4,41 61,20
15,56	m ³	Hormigonado 218,12 3393,57
3750	Kg	Transporte 0,09 342,56
2	h	Grua 27,30 54,60
0,5	h	Oficial electricista 12,00 6,00
5	%	Gastos indirectos 7358,33 367,92
		TOTAL € 7726,24



Unidad de obra

CODIGO	UNIDAD	DEFINICIÓN		
2.0		MISTRAL90-132-DH44a-36		
	Apoyo metalico de celosia para lineas electricas aéreas de 132kV			SUBTOTAL
1	ud	MISTRAL90-132-DH44a-36	4230,40	4230,40
30,63	m ³	Excavación	4,41	135,08
32,95	m ³	Hormigonado	218,12	7186,95
4300	Kg	Transporte	0,09	392,81
2	h	Grua	27,30	54,60
0,5	h	Oficial electricista	12,00	6,00
5	%	Gastos indirectos	12005,83	600,29
		TOTAL €		12606,12
2.1		MISTRAL60-132-DH44a-36		
	Apoyo metalico de celosia para lineas electricas aéreas de 132kV			SUBTOTAL
1	ud	MISTRAL60-132-DH44a-36	3500,40	3500,40
13,88	m ³	Excavación	4,41	61,21
15,56	m ³	Hormigonado	218,12	3393,90
4850	Kg	Transporte	0,09	443,05
2	h	Grua	27,30	54,60
0,5	h	Oficial electricista	12,00	6,00
5	%	Gastos indirectos	7459,15	372,96
		TOTAL €		7832,11
2.2		MISTRAL80-132-DH44a-36		
	Apoyo metalico de celosia para lineas electricas aéreas de 132kV			SUBTOTAL
1	ud	MISTRAL80-132-DH44a-36	3850,40	3850,40
28,31	m ³	Excavación	4,41	124,86
30,49	m ³	Hormigonado	218,12	6650,38
5740	Kg	Transporte	0,09	524,35
2	h	Grua	27,30	54,60
0,5	h	Oficial electricista	12,00	6,00
5	%	Gastos indirectos	11210,59	560,53
		TOTAL €		11771,12



Unidad de obra

CODIGO	UNIDAD	DEFINICIÓN		
2,3		MISTRAL60-132-DH44a-36		
	Apoyo metalico de celosia para lineas electricas aéreas de 132kV			SUBTOTAL
1	ud	MISTRAL60-132-DH44a-36	3500,40	3500,40
13,88	m ³	Excavación	4,41	61,21
15,56	m ³	Hormigonado	218,12	3393,90
5100	Kg	Transporte	0,09	465,89
2	h	Grua	27,30	54,60
0,5	h	Oficial electricista	12,00	6,00
5	%	Gastos indirectos	7481,99	374,10
		TOTAL €		7856,09
2,4		MISTRAL60-132-DH44a-36		
	Apoyo metalico de celosia para lineas electricas aéreas de 132kV			SUBTOTAL
1	ud	MISTRAL60-132-DH44a-36	3500,40	3500,40
13,88	m ³	Excavación	4,41	61,21
15,56	m ³	Hormigonado	218,12	3393,90
5105	Kg	Transporte	0,09	466,34
2	h	Grua	27,30	54,60
0,5	h	Oficial electricista	12,00	6,00
5	%	Gastos indirectos	7482,45	374,12
		TOTAL €		7856,57
2,5		MISTRAL80-132-DH55a-36		
	Apoyo metalico de celosia para lineas electricas aéreas de 132kV			SUBTOTAL
1	ud	MISTRAL80-132-DH55a-36	4350,30	4350,30
21,78	m ³	Excavación	4,41	96,05
23,96	m ³	Hormigonado	218,12	5226,08
5105	Kg	Transporte	0,09	466,34
2	h	Grua	27,30	54,60
0,5	h	Oficial electricista	12,00	6,00
5	%	Gastos indirectos	10199,37	509,97
		TOTAL €		10709,34



Unidad de obra

CODIGO	UNIDAD	DEFINICIÓN		
2,6		MISTRAL80-132-DH55a-33		
	Apoyo metalico de celosia para lineas electricas aéreas de 132kV			SUBTOTAL
1	ud	MISTRAL80-132-DH55a-33	3560,60	3560,60
19,97	m ³	Excavación	4,41	88,07
22,01	m ³	Hormigonado	218,12	4800,75
5105	Kg	Transporte	0,09	466,34
2	h	Grua	27,30	54,60
0,5	h	Oficial electricista	12,00	6,00
5	%	Gastos indirectos	8976,36	448,82
		TOTAL €		9425,18
2,7		MISTRAL80-132-DH44a-36		
	Apoyo metalico de celosia para lineas electricas aéreas de 132kV			SUBTOTAL
1	ud	MISTRAL80-132-DH44a-36	3850,40	3850,40
20,69	m ³	Excavación	4,41	91,24
22,87	m ³	Hormigonado	218,12	4988,33
7000	Kg	Transporte	0,09	639,45
2	h	Grua	27,30	54,60
0,5	h	Oficial electricista	12,00	6,00
5	%	Gastos indirectos	9630,02	481,50
		TOTAL €		10111,52
2,8		Apoyo Andel Lineas 132kV: AL3-132-5,5-39		
	Apoyo metalico de celosia para lineas electricas aéreas de 132kV			SUBTOTAL
1	ud	AL3-132-5,5-39	6230,30	6230,30
33,93	m ³	Excavación	4,41	149,63
36,76	m ³	Hormigonado	218,12	8017,97
7600	Kg	Transporte	0,09	694,26
2	h	Grua	27,30	54,60
0,5	h	Oficial electricista	12,00	6,00
5	%	Gastos indirectos	15152,76	757,64
		TOTAL €		15910,40



Unidad de obra

CODIGO	UNIDAD	DEFINICIÓN		
2,9	Apoyo Andel Lineas 132kV: AM1-132-5,5-24			
	Apoyo metalico de celosia para lineas electricas aéreas de 132kV			SUBTOTAL
1	ud	AM1-132-5,5-24	3965,60	3965,60
20,70	m ³	Excavación	4,41	91,29
22,68	m ³	Hormigonado	218,12	4946,89
4565	Kg	Transporte	0,09	417,01
2	h	Grua	27,30	54,60
0,5	h	Oficial electricista	12,00	6,00
5	%	Gastos indirectos	9481,39	474,07
		TOTAL €		9955,46
3,0	Apoyo Andel Lineas 132kV: AM1-132-5,5-35			
	Apoyo metalico de celosia para lineas electricas aéreas de 132kV			SUBTOTAL
1	ud	AM1-132-5,5-35	4780,40	4780,40
22,87	m ³	Excavación	4,41	100,86
25,10	m ³	Hormigonado	218,12	5474,73
6445	Kg	Transporte	0,09	588,75
2	h	Grua	27,30	54,60
0,5	h	Oficial electricista	12,00	6,00
5	%	Gastos indirectos	11005,34	550,27
		TOTAL €		11555,60
3,1	Apoyo Andel Lineas 132kV: AM1-132-5,5-35			
	Apoyo metalico de celosia para lineas electricas aéreas de 132kV			SUBTOTAL
1	ud	AM1-132-5,5-35	4780,40	4780,40
23,43	m ³	Excavación	4,41	103,33
25,66	m ³	Hormigonado	218,12	5596,87
6775	Kg	Transporte	0,09	618,90
2	h	Grua	27,30	54,60
0,5	h	Oficial electricista	12,00	6,00
5	%	Gastos indirectos	11160,10	558,00
		TOTAL €		11718,10



Unidad de obra

CODIGO	UNIDAD	DEFINICIÓN		
3,2		MISTRAL80-132-DH55a-36		
	Apoyo metalico de celosia para lineas electricas aéreas de 132kV			SUBTOTAL
1	ud	MISTRAL80-132-DH55a-36	4350,30	4350,30
21,23	m ³	Excavación	4,41	93,62
23,41	m ³	Hormigonado	218,12	5106,11
6775	Kg	Transporte	0,09	618,90
2	h	Grua	27,30	54,60
0,5	h	Oficial electricista	12,00	6,00
5	%	Gastos indirectos	10229,53	511,48
		TOTAL €		10741,01
3,3		MISTRAL80-132-DH55a-36		
	Apoyo metalico de celosia para lineas electricas aéreas de 132kV			SUBTOTAL
1	ud	MISTRAL80-132-DH55a-36	4350,30	4350,30
20,69	m ³	Excavación	4,41	91,24
22,87	m ³	Hormigonado	218,12	4988,33
9500	Kg	Transporte	0,09	867,83
2	h	Grua	27,30	54,60
0,5	h	Oficial electricista	12,00	6,00
5	%	Gastos indirectos	10358,30	517,91
		TOTAL €		10876,21
3,4		MISTRAL90-132-DH55b-36		
	Apoyo metalico de celosia para lineas electricas aéreas de 132kV			SUBTOTAL
1	ud	MISTRAL90-132-DH55b-36	4550,20	4550,20
22,54	m ³	Excavación	4,41	99,40
24,85	m ³	Hormigonado	218,12	5420,20
2810	Kg	Transporte	0,09	256,69
2	h	Grua	27,30	54,60
0,5	h	Oficial electricista	12,00	6,00
5	%	Gastos indirectos	10387,10	519,35
		TOTAL €		10906,45



Unidad de obra

CODIGO	UNIDAD	DEFINICIÓN		
3,5 Apoyo Andel Líneas 132kV: AM4-132-7,5-31				
Apoyo metalico de celosia para lineas electricas aéreas de 132kV				
				SUBTOTAL
1	ud	AM4-132-7,5-31	5960,80	5960,80
36,11	m ³	Excavación	4,41	159,25
39,18	m ³	Hormigonado	218,12	8545,81
4375	Kg	Transporte	0,09	399,66
2	h	Grua	27,30	54,60
0,5	h	Oficial electricista	12,00	6,00
5	%	Gastos indirectos	15126,11	756,31
		TOTAL €		15882,42
3,6 MISTRAL80-132-DH44a-36				
Apoyo metalico de celosia para lineas electricas aéreas de 132kV				
				SUBTOTAL
1	ud	MISTRAL80-132-DH44a-36	3850,40	3850,40
20,69	m ³	Excavación	4,41	91,24
22,87	m ³	Hormigonado	218,12	4988,33
5000	Kg	Transporte	0,09	456,75
2	h	Grua	27,30	54,60
0,5	h	Oficial electricista	12,00	6,00
5	%	Gastos indirectos	9447,32	472,37
		TOTAL €		9919,69
3.7 Apoyo Andel Líneas 132kV: AM1-132-5,5-27				
Apoyo metalico de celosia para lineas electricas aéreas de 132kV				
				SUBTOTAL
1	ud	AM1-132-5,5-27	4260,40	4260,40
21,50	m ³	Excavación	4,41	94,82
23,55	m ³	Hormigonado	218,12	5136,65
5650	Kg	Transporte	0,09	516,13
2	h	Grua	27,30	54,60
0,5	h	Oficial electricista	12,00	6,00
5	%	Gastos indirectos	10068,59	503,43
		TOTAL €		10572,02



Unidad de obra

CODIGO	UNIDAD	DEFINICIÓN		
3.8	Apoyo Andel Líneas 132kV: AM1-132-5,5-35			
	Apoyo metalico de celosia para lineas electricas aéreas de 132kV			SUBTOTAL
1	ud	AM1-132-5,5-35	4780,40	4780,40
42,35	m ³	Excavación	4,41	186,76
46,69	m ³	Hormigonado	218,12	10183,87
7065	Kg	Transporte	0,09	645,39
2	h	Grua	27,30	54,60
0,5	h	Oficial electricista	12,00	6,00
5	%	Gastos indirectos	15857,02	792,85
		TOTAL €		16649,87
3.9	MISTRAL80-132-DH55a36			
	Apoyo metalico de celosia para lineas electricas aéreas de 132kV			SUBTOTAL
1	ud	MISTRAL80-132-DH55a36	4350,30	4350,30
21,24	m ³	Excavación	4,41	93,67
23,41	m ³	Hormigonado	218,12	5106,11
6050	Kg	Transporte	0,09	552,67
2	h	Grua	27,30	54,60
0,5	h	Oficial electricista	12,00	6,00
5	%	Gastos indirectos	10163,35	508,17
		TOTAL €		10671,52
4.0	Apoyo Andel Líneas 132kV: AM4-132-4-35			
	Apoyo metalico de celosia para lineas electricas aéreas de 132kV			SUBTOTAL
1	ud	AM4-132-4-35	4870,80	4870,80
54,40	m ³	Excavación	4,41	239,90
57,60	m ³	Hormigonado	218,12	12563,52
8050	Kg	Transporte	0,09	735,37
2	h	Grua	27,30	54,60
0,5	h	Oficial electricista	12,00	6,00
5	%	Gastos indirectos	18470,19	923,51
		TOTAL €		19393,70



Unidad de obra

CODIGO	UNIDAD	DEFINICIÓN			
4.1		Apoyo Andel Lineas 132kV: AL2-132-4-21			
		Apoyo metalico de celosia para lineas electricas aéreas de 132kV			
					SUBTOTAL
1	ud	AL2-132-4-21	2195,90		2195,90
12,20	m ³	Excavación	4,41		53,80
13,00	m ³	Hormigonado	218,12		2835,52
9000	Kg	Transporte	0,09		822,15
2	h	Grua	27,30		54,60
0,5	h	Oficial electricista	12,00		6,00
5	%	Gastos indirectos	5967,97		298,40
				TOTAL €	6266,37
4.2	m	Apoyo Andel Lineas 132kV: AM3-132-5,5-39			
		Apoyo metalico de celosia para lineas electricas aéreas de 132kV			
					SUBTOTAL
1	ud	AM3-132-5,5-39	6230,30		6230,30
43,34	m ³	Excavación	4,41		191,13
46,39	m ³	Hormigonado	218,12		10118,43
2950	Kg	Transporte	0,09		269,48
2	h	Grua	27,30		54,60
0,5	h	Oficial electricista	12,00		6,00
5	%	Gastos indirectos	16869,95		843,50
				TOTAL €	17713,44
4.3	m	MISTAL190-132-DH55a			
		Apoyo metalico de celosia para lineas electricas aéreas de 132kV			
					SUBTOTAL
1	ud	MISTAL190-132-DH55a	5430,20		5430,20
73,23	m ³	Excavación	4,41		322,94
78,03	m ³	Hormigonado	218,12		17019,65
3050	Kg	Transporte	0,09		
2	h	Grua	27,30		54,60
0,5	h	Oficial electricista	12,00		6,00
5	%	Gastos indirectos	22833,39		1141,67
				TOTAL €	23975,06



Unidad de obra

CODIGO	UNIDAD	DEFINICIÓN		
4.4	m	MISTAL80-132-DH55a		
		Apoyo metalico de celosia para lineas electricas aéreas de 132kV		
				SUBTOTAL
1	ud	MISTAL80-132-DH55a	4350,30	4350,30
21,23	m ³	Excavación	4,41	93,62
23,41	m ³	Hormigonado	218,12	5106,11
4355	Kg	Transporte	0,09	397,83
2	h	Grua	27,30	54,60
0,5	h	Oficial electricista	12,00	6,00
5	%	Gastos indirectos	10008,47	500,42
		TOTAL €		10508,89
4.5	m	MISTAL80-132-DH55a		
		Apoyo metalico de celosia para lineas electricas aéreas de 132kV		
				SUBTOTAL
1	ud	MISTAL80-132-DH55a	4350,30	4350,30
21,23	m ³	Excavación	4,41	93,62
23,41	m ³	Hormigonado	218,12	5106,11
5600	Kg	Transporte	0,09	511,56
2	h	Grua	27,30	54,60
0,5	h	Oficial electricista	12,00	6,00
5	%	Gastos indirectos	10122,20	506,11
		TOTAL €		10628,31
4.6	Ud.	Apoyo Andel Lineas 132kV: AG1-132-5,5-39		
		Apoyo metalico de celosia para lineas electricas aéreas de 132kV		
				SUBTOTAL
1	ud	AG1-132-5,5-39	4530,60	4530,60
69,58	m ³	Excavación	4,41	306,85
74,00	m ³	Hormigonado	218,12	16140,64
5300	Kg	Transporte	0,09	484,16
2	h	Grua	27,30	54,60
0,5	h	Oficial electricista	12,00	6,00
5	%	Gastos indirectos	21522,84	1076,14
		TOTAL €		22598,98



Unidad de obra

CODIGO	UNIDAD	DEFINICIÓN		
4.7	Ud.	Apoyo Andel Líneas 132kV: AM1-132-5,5-21		
		Apoyo metalico de celosia para lineas electricas aéreas de 132kV		
				SUBTOTAL
1	ud	AM1-132-5,5-21	3920,80	3920,80
20,18	m ³	Excavación	4,41	88,99
22,10	m ³	Hormigonado	218,12	4820,38
3600	Kg	Transporte	0,09	328,86
2	h	Grua	27,30	54,60
0,5	h	Oficial electricista	12,00	6,00
5	%	Gastos indirectos	9219,63	460,98
		TOTAL €		9680,61
4.8	Ud.	MISTRAL270-132-DH44a-36		
		Apoyo metalico de celosia para lineas electricas aéreas de 132kV		
				SUBTOTAL
1	ud	MISTRAL270-132-DH44a-36	6230,40	6230,40
103,96	m ³	Excavación	4,41	458,46
110,46	m ³	Hormigonado	218,12	24093,17
7400	Kg	Transporte	0,09	675,99
2	h	Grua	27,30	54,60
0,5	h	Oficial electricista	12,00	6,00
5	%	Gastos indirectos	31518,63	1575,93
		TOTAL €		33094,56
4.8	Ud.	MISTRAL80-132-DH55a-36		
		Apoyo metalico de celosia para lineas electricas aéreas de 132kV		
				SUBTOTAL
1	ud	MISTRAL80-132-DH55a-36	4350,30	4350,30
21,23	m ³	Excavación	4,41	93,62
23,41	m ³	Hormigonado	218,12	5106,11
3250	Kg	Transporte	0,09	296,89
2	h	Grua	27,30	54,60
0,5	h	Oficial electricista	12,00	6,00
5	%	Gastos indirectos	9907,52	495,38
		TOTAL €		10402,90



Unidad de obra

CODIGO	UNIDAD	DEFINICIÓN		
5.0	Ud.	MISTRAL80-132-DH55a-36		
	Apoyo metalico de celosia para lineas electricas aéreas de 132kV			SUBTOTAL
1	ud	MISTRAL80-132-DH55a-36	4350,30	4350,30
21,23	m ³	Excavación	4,41	93,62
23,41	m ³	Hormigonado	218,12	5106,11
3750	Kg	Transporte	0,09	342,56
2	h	Grua	27,30	54,60
0,5	h	Oficial electricista	12,00	6,00
5	%	Gastos indirectos	9953,20	497,66
		TOTAL €		10450,86
5.1		MISTRAL150-132-DH55a-36		
	Apoyo metalico de celosia para lineas electricas aéreas de 132kV			SUBTOTAL
1	ud	MISTRAL150-132-DH55a-36	4850,80	4850,80
54,55	m ³	Excavación	4,41	240,57
58,24	m ³	Hormigonado	218,12	12703,12
4300	Kg	Transporte	0,09	392,81
2	h	Grua	27,30	54,60
0,5	h	Oficial electricista	12,00	6,00
5	%	Gastos indirectos	18247,89	912,39
		TOTAL €		19160,28
5.2		MISTRAL80-132-DH55a-36		
	Apoyo metalico de celosia para lineas electricas aéreas de 132kV			SUBTOTAL
1	ud	MISTRAL80-132-DH55a-36	4350,30	4350,30
21,23	m ³	Excavación	4,41	93,62
23,41	m ³	Hormigonado	218,12	5106,11
4850	Kg	Transporte	0,09	443,05
2	h	Grua	27,30	54,60
0,5	h	Oficial electricista	12,00	6,00
5	%	Gastos indirectos	10053,68	502,68
		TOTAL €		10556,37



Unidad de obra

CODIGO	UNIDAD	DEFINICIÓN		
5.3 Apoyo Andel Lineas 132kV: AM1-132-5,5-31				
	Apoyo metalico de celosia para lineas electricas aéreas de 132kV			SUBTOTAL
1	ud	AM1-132-5,5-31	4260,40	4260,40
22,32	m ³	Excavación	4,41	98,43
24,50	m ³	Hormigonado	218,12	5343,86
5740	Kg	Transpote	0,09	524,35
2	h	Grua	27,30	54,60
0,5	h	Oficial electricista	12,00	6,00
5	%	Gastos indirectos	10287,64	514,38
		TOTAL €		10802,02
5.4 MISTRAL320-132-DH55a-36				
	Apoyo metalico de celosia para lineas electricas aéreas de 132kV			SUBTOTAL
1	ud	MISTRAL320-132-DH55a-36	5830,90	5830,90
111,10	m ³	Excavación	4,41	489,95
117,74	m ³	Hormigonado	218,12	25681,06
5100	Kg	Transporte	0,09	465,89
2	h	Grua	27,30	54,60
0,5	h	Oficial electricista	12,00	6,00
5	%	Gastos indirectos	32528,40	1626,42
		TOTAL €		34154,82
5.5 MISTRAL80-132-DH55a-36				
	Apoyo metalico de celosia para lineas electricas aéreas de 132kV			SUBTOTAL
1	ud	MISTRAL80-132-DH55a-36	4350,30	4350,30
21,23	m ³	Excavación	4,41	93,62
23,41	m ³	Hormigonado	218,12	5106,11
5105	Kg	Transporte	0,09	466,34
2	h	Grua	27,30	54,60
0,5	h	Oficial electricista	12,00	6,00
5	%	Gastos indirectos	10076,98	503,85
		TOTAL €		10580,83



Unidad de obra

CODIGO	UNIDAD	DEFINICIÓN		
5.6		Apoyo Andel Líneas 132kV: AM3-132-5,5-31		
		Apoyo metalico de celosia para lineas electricas aéreas de 132kV		SUBTOTAL
1	ud	AM3-132-5,5-31	5591,20	5591,20
41,00	m ³	Excavación	4,41	180,81
43,82	m ³	Hormigonado	218,12	9557,87
5105	Kg	Transporte	0,09	466,34
2	h	Grua	27,30	54,60
0,5	h	Oficial electricista	12,00	6,00
5	%	Gastos indirectos	15856,83	792,84
		TOTAL €		16649,67
5.7		MISTRAL270-132-DH44a-36		
		Apoyo metalico de celosia para lineas electricas aéreas de 132kV		SUBTOTAL
1	ud	MISTRAL270-132-DH44a-36	6230,40	6230,40
102,34	m ³	Excavación	4,41	451,32
108,84	m ³	Hormigonado	218,12	23739,82
5105	Kg	Transporte	0,09	466,34
2	h	Grua	27,30	54,60
0,5	h	Oficial electricista	12,00	6,00
5	%	Gastos indirectos	30948,48	1547,42
		TOTAL €		32495,91
5.8		MISTRAL80-132-DH44a-36		
		Apoyo metalico de celosia para lineas electricas aéreas de 132kV		SUBTOTAL
1	ud	MISTRAL80-132-DH44a-36	3850,40	3850,40
20,69	m ³	Excavación	4,41	91,24
22,87	m ³	Hormigonado	218,12	4988,33
7000	Kg	Transporte	0,09	639,45
2	h	Grua	27,30	54,60
0,5	h	Oficial electricista	12,00	6,00
5	%	Gastos indirectos	9630,02	481,50
		TOTAL €		10111,52



Unidad de obra

CODIGO	UNIDAD	DEFINICIÓN		
5.9		MISTRAL80-132-DH44a-36		
	Apoyo metalico de celosia para lineas electricas aéreas de 132kV			SUBTOTAL
1	ud	MISTRAL80-132-DH44a-36	3850,40	3850,40
20,69	m ³	Excavación	4,41	91,24
22,87	m ³	Hormigonado	218,12	4988,33
7600	Kg	Transporte	0,09	694,26
2	h	Grua	27,30	54,60
0,5	h	Oficial electricista	12,00	6,00
5	%	Gastos indirectos	9684,83	484,24
		TOTAL €		10169,07
6.0		MISTRAL60-132-DH44a-36		
	Apoyo metalico de celosia para lineas electricas aéreas de 132kV			SUBTOTAL
1	ud	MISTRAL60-132-DH44a-36	3500,40	3500,40
13,88	m ³	Excavación	4,41	61,21
15,56	m ³	Hormigonado	218,12	3393,90
4565	Kg	Transpote	0,09	417,01
2	h	Grua	27,30	54,60
0,5	h	Oficial electricista	12,00	6,00
5	%	Gastos indirectos	7433,12	371,66
		TOTAL €		7804,78
6.1		MISTRAL150-132-DH44a-36		
	Apoyo metalico de celosia para lineas electricas aéreas de 132kV			SUBTOTAL
1	ud	MISTRAL150-132-DH44a-36	4230,20	4230,20
53,62	m ³	Excavación	4,41	236,46
57,32	m ³	Hormigonado	218,12	12502,45
6445	Kg	Transporte	0,09	588,75
2	h	Grua	27,30	54,60
0,5	h	Oficial electricista	12,00	6,00
5	%	Gastos indirectos	17618,46	880,92
		TOTAL €		18499,39



Unidad de obra

CODIGO	UNIDAD	DEFINICIÓN		
6.2		Apoyo Andel Líneas 132kV: AM1-132-5,5-21		
	Apoyo metalico de celosia para lineas electricas aéreas de 132kV			SUBTOTAL
1	ud	AM1-132-5,5-21	3920,80	3920,80
20,18	m ³	Excavación	4,41	88,99
22,10	m ³	Hormigonado	218,12	4820,38
6775	Kg	Transporte	0,09	618,90
2	h	Grua	27,30	54,60
0,5	h	Oficial electricista	12,00	6,00
5	%	Gastos indirectos	9509,67	475,48
		TOTAL €		9985,15
6.3		Apoyo Andel Líneas 132kV: AG1-132-4-39		
	Apoyo metalico de celosia para lineas electricas aéreas de 132kV			SUBTOTAL
1	ud	AG1-132-4-39	6350,80	6350,80
75,10	m ³	Excavación	4,41	331,19
79,52	m ³	Hormigonado	218,12	17344,64
6775	Kg	Transporte	0,09	618,90
2	h	Grua	27,30	54,60
0,5	h	Oficial electricista	12,00	6,00
5	%	Gastos indirectos	24706,13	1235,31
		TOTAL €		25941,43
6.4		MISTRAL80-132-DH33a-36		
	Apoyo metalico de celosia para lineas electricas aéreas de 132kV			SUBTOTAL
1	ud	MISTRAL80-132-DH33a-36	3250,60	3250,60
27,77	m ³	Excavación	4,41	122,47
29,94	m ³	Hormigonado	218,12	6530,41
6775	Kg	Transporte	0,09	618,90
2	h	Grua	27,30	54,60
0,5	h	Oficial electricista	12,00	6,00
5	%	Gastos indirectos	10582,98	529,15
		TOTAL €		11112,13



Unidad de obra

CODIGO	UNIDAD	DEFINICIÓN		
6.5 MISTRAL60-132-DH44b-36				
Apoyo metalico de celosia para lineas electricas aéreas de 132kV				
				SUBTOTAL
1	ud	MISTRAL60-132-DH44b-36	3500,40	3500,40
13,87	m ³	Excavación	4,41	61,17
15,56	m ³	Hormigonado	218,12	3393,90
2810	Kg	Transporte	0,09	256,69
2	h	Grua	27,30	54,60
0,5	h	Oficial electricista	12,00	6,00
5	%	Gastos indirectos	7272,76	363,64
			TOTAL €	7636,39
6.6 Apoyo Andel Lineas 132kV: AM4-132-4-39				
Apoyo metalico de celosia para lineas electricas aéreas de 132kV				
				SUBTOTAL
1	ud	AM4-132-4-39	5230,80	5230,80
56,60	m ³	Excavación	4,41	249,61
59,93	m ³	Hormigonado	218,12	13071,73
4375	Kg	Transporte	0,09	399,66
2	h	Grua	27,30	54,60
0,5	h	Oficial electricista	12,00	6,00
5	%	Gastos indirectos	19012,40	950,62
			TOTAL €	19963,02
6.7 Apoyo Andel Lineas 132kV: FL2-132-4-39				
Apoyo metalico de celosia para lineas electricas aéreas de 132kV				
				SUBTOTAL
1	ud	FL2-132-4-39	7980,90	7980,90
102,69	m ³	Excavación	4,41	452,86
109,65	m ³	Hormigonado	218,12	23916,50
9000	Kg	Transporte	0,09	822,15
2	h	Grua	27,30	54,60
6		terminales	350,00	2100,00
0,5	h	Oficial electricista	12,00	6,00
5	%	Gastos indirectos	35333,01	1766,65
			TOTAL €	37099,66



Unidad de obra

CODIGO	UNIDAD	DEFINICIÓN		
6.8	Cadena de aisladores: LA-280-132kV-ANC-SIM-VID			
	Cadena de amarre de vidrio			
			SUBTOTAL	
	1 u.d	Cadena + herrajes	7,4	7,4
	0,15 h	oficial electricista	12,00	1,8
	5 %	Gastos indirectos	9,2	0,46
		TOTAL €		9,66
6.9	Cadena de aisladores: LA-280-132kV-ANC-DOB-VID			
	Cadena de amarre de vidrio			
			SUBTOTAL	
	1 u.d	Cadena + herrajes	8,3	8,3
	0,15 h	oficial electricista	12,00	1,8
	5 %	Gastos indirectos	10,1	0,51
		TOTAL €		10,61
7.0	Cadena de aisladores: LA-280-232kV-SUS-SIM-VID			
	Cadena de suspension de vidrio			
			SUBTOTAL	
	1 u.d	Cadena + herrajes	6,5	6,5
	0,15 h	oficial electricista	12,00	1,8
	5 %	Gastos indirectos	8,3	0,42
		TOTAL €		8,72
7.1	Cadena de aisladores: LA-280-132kV-SUS-DOB-VID			
	Cadena de suspension de vidrio			
			SUBTOTAL	
	1 u.d	Cadena + herrajes	6,95	6,95
	0,15 h	oficial electricista	12,00	1,8
	5 %	Gastos indirectos	8,75	0,44
		TOTAL €		9,19



Unidad de obra

CODIGO	UNIDAD	DEFINICIÓN		
7.2	Conductor de fase: LA-280 Hawk			
	Conductor LA-280 Hawk			
			SUBTOTAL	
	1 ml	Conductro LA-280Hawk	4,5	4,5
	1 ml	Tensado de la línea	0,46	0,46
	5 %	Gastos indirectos	4,96	0,25
		TOTAL €		5,21
7.3	Conductor de tierra: OPGW-48			
	Conductor OPGW-48			
			SUBTOTAL	
	1 ml	Conductor OPGW-48	1,8	1,8
	1 ml	Tensado de la línea	0,46	0,46
	5 %	Gastos indirectos	2,26	0,11
		TOTAL €		2,38
7.4	Conductor subterráneo SILEC RHZ1			
	Conductor SILEC RHZ1			
			SUBTOTAL	
	1 ml	Conductor SILEC RHZ1	12	12
	1 ml	Tendido de la línea	0,10	0,10
	1 ml	Tubo coarrugado	20,00	20,00
	5 %	Gastos indirectos	12,10	0,60
		TOTAL €		32,70
7.5	Excavacion de la subestación			
	Excavacion de la subestación			
			SUBTOTAL	
	8600,00	m ³ Excavación	4,41	37926,00
	8600000	Kg Transporte	0,09	785610,00
	5	% Gastos indirectos	823536,00	
	5 %	Gastos indirectos	37926,00	1896,30
		TOTAL €		825432,30



Unidad de obra

CODIGO	UNIDAD	DEFINICIÓN		
7.6 Hormigonado de la subestación				
	Hormigonado de la subestación			SUBTOTAL
5000,00	m ³	Hormigonado	218,12	1090583,55
5000000	Kg	Transporte	0,09	456750,00
5	%	Gastos indirectos	1547333,55	
5 %		Gastos indirectos	1090583,55	54529,18
			TOTAL €	1601862,73
7.7 Montaje electromecánico				
	Montaje electromecánico			SUBTOTAL
1500	personas*tiempo	oficial electricista	12,00 €	18.000,00 €
2	nº	Grua	12,00 €	24,00 €
250	h	Gruista	14,00 €	3.500,00 €
12	ud	Conductor de tubo	42,50 €	510,00 €
2	nº	Maquina tensora	10,00 €	20,00 €
12	ud	Conductor de tubo	29,40 €	352,80 €
11	ud	soporte aislador	1.457,00 €	16.027,00 €
12	ud	Conductor de tubo	27,80 €	333,60 €
11	ud	soporte aislador	1.347,00 €	14.817,00 €
9	ud	soporte aislador	1.321,00 €	11.889,00 €
9	ud	soporte aislador	1.246,00 €	11.214,00 €
12	ud	Conductor de tubo	40,00 €	480,00 €
250	h	Mano de obra	12,00 €	3.000,00 €
2	ud.	Puntas Franklin	80,00 €	160,00 €
18		terminales	350,00 €	6.300,00 €
24		terminales	230,00 €	5.520,00 €
20000	Kg	Transporte	0,09 €	1.827,00 €
5	%	Gastos indirectos	93974,40	4698,72
			TOTAL €	98673,12



Unidad de obra

CODIGO	UNIDAD	DEFINICIÓN			
7.8 Montaje transformador					
Montaje transformador				SUBTOTAL	
48	personas*tiempo	oficial electricista	12,00 €	576,00 €	
2	nº	Grua	12,00 €	24,00 €	
4	h	Gruista	14,00 €	56,00 €	
1	nº	Bancada	46.900,00 €	46.900,00 €	
1	nº	transformador	850.000,00 €	850.000,00 €	
3000	Kg	Transporte	0,09 €	274,05 €	
5	%	Gastos indirectos	897830,05	44.891,50 €	
			TOTAL	942.721,55 €	
7.9 Montaje red de tierras					
Montaje red de tierras					
1 ml		Conductor tierra subestación	6,4	6,4	
1 ml		Tensado de la línea	0,46	0,46	
5 %		Gastos indirectos	6,86	0,34	
			TOTAL €	7,21	
8.0 Montaje PASS M0					
Montaje PASS M0				SUBTOTAL	
18	personas*tiempo	oficial electricista	12,00 €	216,00 €	
2	nº	Grua	12,00 €	24,00 €	
4	h	Gruista	14,00 €	56,00 €	
1	nº	Pass M0	205.000,00 €	205.000,00 €	
500	Kg	Transporte	0,09 €	45,68 €	
5	%	Gastos indirectos	205.341,68 €	10.267,08 €	
			TOTAL	215.608,76 €	
8.1 Montaje PASS M00					
Montaje PASS M00				SUBTOTAL	
18	personas*tiempo	oficial electricista	12,00 €	216,00 €	
2	nº	Grua	12,00 €	24,00 €	
4	h	Gruista	14,00 €	56,00 €	
1	nº	Pass M00	165.000,00 €	165.000,00 €	
500	Kg	Transporte	0,09 €	45,68 €	
5	%	Gastos indirectos	165.341,68 €	8.267,08 €	
			TOTAL	173.608,76 €	



Unidad de obra

CODIGO	UNIDAD	DEFINICIÓN		
8.2 Montaje Transformador de Tensión 132 kV				
Montaje tranformador de tensión 132 kV				
			SUBTOTAL	
18	personas*tiempo	oficial electricista	12,00 €	216,00 €
2	nº	Grua	12,00 €	24,00 €
4	h	Gruista	14,00 €	56,00 €
1		soporte transformador	1.305,30 €	1.305,30 €
1	nº	Transformador de tensión	7.500,00 €	7.500,00 €
300	Kg	Transporte	0,09 €	27,41 €
5	%	Gastos indirectos	9.128,71 €	456,44 €
		TOTAL		9.585,14 €
8.3 Montaje Transformador de tensión 66kV				
Montaje tranformador de tensión 66kV				
			SUBTOTAL	
18	personas*tiempo	oficial electricista	12,00 €	216,00 €
2	nº	Grua	12,00 €	24,00 €
4	h	Gruista	14,00 €	56,00 €
1	nº	tranformador de tensión	5.900,00 €	5.900,00 €
1		soporte transformador	1.060,00 €	1.060,00 €
300	Kg	Transporte	0,09 €	27,41 €
5	%	Gastos indirectos	7.283,41 €	364,17 €
		TOTAL		7.647,58 €
8.4 Montaje Autoválvulas 132 kV				
Montaje Autoválvulas 132kV				
			SUBTOTAL	
18	personas*tiempo	oficial electricista	12,00 €	216,00 €
2	nº	Grua	12,00 €	24,00 €
4	h	Gruista	14,00 €	56,00 €
1	nº	Autoválvulas 132kV	4.500,00 €	4.500,00 €
1	nº	soporte metálico autov.	1.240,00 €	1.240,00 €
100	Kg	Transporte	0,09 €	9,14 €
5	%	Gastos indirectos	6.045,14 €	302,26 €
		TOTAL		6.347,39 €



Unidad de obra

CODIGO	UNIDAD	DEFINICIÓN		
8.5	Montaje Autoválvulas Inael			
	Montaje autoválvulas Inael			
			SUBTOTAL	
18	personas*tiempo	oficial electricista	12,00 €	216,00 €
2	nº	Grua	12,00 €	24,00 €
4	h	Gruista	14,00 €	56,00 €
1	nº	Autoválvulas Inael	1.700,00 €	1.700,00 €
1	nº	soporte metálico autovál.	1.002,50 €	1.002,50 €
100	Kg	Transporte	0,09 €	9,14 €
5	%	Gastos indirectos	3.007,64 €	150,38 €
			TOTAL	3.158,02 €
8.6	Montaje Luminaria Ornalux C218			
	Montaje Luminaria Ornalux			
			SUBTOTAL	
0,15	personas*tiempo	oficial electricista	12,00 €	1,80 €
0,15	h	albañil	10,00 €	1,50 €
1	nº	Luminaria Ornalux	20,00 €	20,00 €
3	Kg	Transporte	0,09 €	0,27 €
5	%	Gastos indirectos	23,57 €	1,18 €
			TOTAL	24,75 €
8.7	Montaje Philips 203			
	Montaje Luminaria Philips			
			SUBTOTAL	
0,5	personas*tiempo	oficial electricista	12,00 €	6,00 €
0,15	j	albañil	10,00 €	1,50 €
1	nº	Luminaria Philips	300,00 €	300,00 €
90	Kg	Transporte	0,09 €	8,22 €
5	%	Gastos indirectos	315,72 €	15,79 €
			TOTAL	331,51 €



Unidad de obra

CODIGO	UNIDAD	DEFINICIÓN			
8.8 Montaje toma de corriente					
Montaje toma de corriente					
				SUBTOTAL	
0,15	personas*tiempo	oficial electricista	12,00 €		1,80 €
0,15	h	albañil	10,00 €		1,50 €
1	nº	Tomas de corriente	4,00 €		4,00 €
0,2	Kg	Transporte	0,09 €		0,02 €
5	%	Gastos indirectos	7,32 €		0,37 €
			TOTAL		7,68 €
8.9 Montaje edificio anexo					
Montaje edificio anexo					
				SUBTOTAL	
250	h	albañil	10,00 €		2.500,00 €
5000	Kg	Transporte	0,09 €		456,75 €
3	ud	sanitario	300,00 €		900,00 €
1	m3	hormigonado	218,12 €		218,12 €
5	%	Gastos indirectos	4.074,87 €		203,74 €
			TOTAL		4.278,61 €



Mediciones

CODIGO	DENOMINACIÓN	CANTIDAD	UNIDAD
1.1	AG3-132-4-39	1	Ud.
1.2	AL2-132-4-24	1	Ud.
1.3	AG1-132-4-24	1	Ud.
1.4	MISTRAL80-132-DH44a-36	6	Ud.
1.5	AM1-132-5,5-31	1	Ud.
1.6	MISTRAL190-132-DH44a-36	1	Ud.
1.7	AM1-132-4-21	1	Ud.
1.8	MISTRAL90-132-DH44a-36	2	Ud.
1.9	MISTRAL60-132-DH44a-36	5	Ud.
2.0	MISTRAL80-132-DH55a-36	10	Ud.
2.1	MISTRAL80-132-DH55a-33	1	Ud.
2.2	AL3-132-5,5-39	1	Ud.
2.3	AM1-132-5,5-24	1	Ud.
2.4	AM1-132-5,5-35	3	Ud.
2.5	MISTRAL90-132-DH55b-36	1	Ud.
2.6	AM4-132-7,5-31	1	Ud.
2.7	AM1-132-5,5-27	1	Ud.
2.8	AM4-132-4-35	1	Ud.
2.9	AL2-132-4-21	1	Ud.
3.0	AM3-132-5,5-39	1	Ud.
3.1	MISTAL190-132-DH55a	1	Ud.
3.2	AG1-132-5,5-39	1	Ud.
3.3	AM1-132-5,5-21	1	Ud.
3.4	MISTRAL270-132-DH44a-36	1	Ud.
3.5	MISTRAL150-132-DH55a-36	1	Ud.
3.6	AM1-132-5,5-31	1	Ud.
3.7	MISTRAL320-132-DH55a-36	1	Ud.
3.8	AM3-132-5,5-31	1	Ud.
3.9	MISTRAL150-132-DH44a-36	1	Ud.
4.0	AM1-132-5,5-21	1	Ud.
4.1	AG1-132-4-39	1	Ud.
4.2	MISTRAL80-132-DH33a-36	1	Ud.
4.3	AM4-132-4-39	1	Ud.
4.4	FL2-132-4-39	1	Ud.
4.5	Cadena de LA-280 AMA-SIM-VID	17	Ud.
4.6	Cadena de LA-280 AMA-DOB-VID	8	Ud.
4.7	Cadena de LA-280 SUS-SIM-VID	21	Ud.
4.8	Cadena de LA-280 SUS-DOB-VID	11	Ud.
4.9	Conductor LA-280	169917,48	ml.
5.0	Conductor OPGW-48	28319,58	ml.
5.1	Conductor SILEC RHZ1	20	ml.
5.2	Excavacion de la subestación	1	Ud.
5.3	Hormigonado de la subestación	1	Ud.
5.4	Montaje electromecánico	1	Ud.
5.5	Montaje transformador	2	Ud.
5.6	Montaje red de tierras	2805	ml.
5.7	Montaje PASS M0	6	Ud.
5.8	Montaje PASS M00	8	Ud.
5.9	Montaje tranformador de tensión 132 kV	12	Ud.
6.0	Montaje tranformador de tensión 66kV	6	Ud.
6.1	Montaje Autoválvulas 132kV	18	Ud.
6.2	Montaje autoválvulas Inael	15	Ud.
6.3	Montaje Luminaria Ornalux	70	Ud.
6.4	Montaje Luminaria Philips	15	Ud.
6.5	Montaje toma de corriente	20	Ud.
6.6	Montaje edificio anexo	1	Ud.



**DISEÑO DE UNA LÍNEA AÉREA A 132 KV CON ALIMENTACIÓN SUBTERÁNEA
A SUBESTACIÓN 132/66 kV.-----MEDICIONES Y PRESUPUESTO-----**



Presupuesto capítulo 1

CODIGO	DENOMINACIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	Precio Unitario(€)	Subtotal (€)
1.1	AG3-132-4-39	1	Ud.	26672,86	26.672,86 €
1.2	AL2-132-4-24	1	Ud.	6262,55	6.262,55 €
1.3	AG1-132-4-24	1	Ud.	23528,01	23.528,01 €
1.4	DH44a-36	6	Ud.	9977,24	59.863,43 €
1.5	AM1-132-5,5-31	1	Ud.	12285,62	12.285,62 €
1.6	MISTRAL190-132-DH44a-36	1	Ud.	24029,69	24.029,69 €
1.7	AM1-132-4-21	1	Ud.	10523,43	10.523,43 €
1.8	MISTRAL90-132-DH44a-36	2	Ud.	12505,41	25.010,81 €
1.9	MISTRAL60-132-DH44a-36	6	Ud.	7726,24	46.357,46 €
2.0	DH55a-36	10	Ud.	10709,34	107.093,36 €
2.1	MISTRAL80-132-DH55a-33	1	Ud.	9425,18	9.425,18 €
2.2	AL3-132-5,5-39	1	Ud.	15910,40	15.910,40 €
2.3	AM1-132-5,5-24	1	Ud.	9955,46	9.955,46 €
2.4	AM1-132-5,5-35	3	Ud.	11718,10	35.154,31 €
2.5	MISTRAL90-132-DH55b-36	1	Ud.	10906,45	10.906,45 €
2.6	AM4-132-7,5-31	1	Ud.	15882,42	15.882,42 €
2.7	AM1-132-5,5-27	1	Ud.	10572,02	10.572,02 €
2.8	AM4-132-4-35	1	Ud.	19393,70	19.393,70 €
2.9	AL2-132-4-21	1	Ud.	6266,37	6.266,37 €
3.0	AM3-132-5,5-39	1	Ud.	17713,44	17.713,44 €
3.1	MISTAL190-132-DH55a	1	Ud.	23975,06	23.975,06 €
3.2	AG1-132-5,5-39	1	Ud.	22598,98	22.598,98 €
3.3	AM1-132-5,5-21	1	Ud.	9680,61	9.680,61 €
3.4	MISTRAL270-132-DH44a-36	2	Ud.	33094,56	66.189,11 €
3.5	MISTRAL150-132-DH55a-36	1	Ud.	19160,28	19.160,28 €
3.6	AM1-132-5,5-31	1	Ud.	9985,15	9.985,15 €
3.7	MISTRAL320-132-DH55a-36	1	Ud.	34154,82	34.154,82 €
3.8	AM3-132-5,5-31	1	Ud.	16649,67	16.649,67 €
3.9	MISTRAL150-132-	1	Ud.	18499,39	18.499,39 €
4.0	AM1-132-5,5-21	1	Ud.	9985,15	9.985,15 €
4.1	AG1-132-4-39	1	Ud.	25941,43	25.941,43 €
4.2	DH33a-36	1	Ud.	11112,13	11.112,13 €
4.3	AM4-132-4-39	1	Ud.	19963,02	19.963,02 €
4.4	FL2-132-4-39	1	Ud.	37099,66	37.099,66 €
4.5	Cadena de LA-280 AMA-SIM-VID	17	Ud.	9,66	164,22 €
4.6	Cadena de LA-280 AMA-DOB-VID	8	Ud.	10,61	84,84 €
4.7	Cadena de LA-280 SUS-SIM-VID	21	Ud.	8,72	183,02 €
4.8	Cadena de LA-280 SUS-DOB-VID	11	Ud.	9,19	101,06 €
4.9	Conductor LA-280	169917,48	ml.	5,21	885.505,72 €
5.0	Conductor OPGW-48	28319,58	ml.	2,38	67.298,28 €
TOTAL CAP.1					1.771.138,57 €



Presupuesto capítulo 2

CODIGO	DENOMINACIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	Precio Unitario(€)	Subtotal (€)
5.1	Conductor SILEC RHZ1	20	ml.	32,70	654,07 €
TOTAL CAP.2					654,07 €

Presupuesto capítulo 3

CODIGO	DENOMINACIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	Precio Unitario(€)	Subtotal (€)
5.2	Excavacion de la subestación	1	Ud.	825432,30	825.432,30 €
5.3	Hormigonado de la subestación	1	Ud.	825432,30	825.432,30 €
5.4	Montaje electromecánico	1	Ud.	98673,12	98.673,12 €
5.5	Montaje transformador	2	Ud.	942721,5525	1.885.443,11 €
5.6	tierras	2805	ml.	7,21	20.213,92 €
5.7	Montaje PASS M0	6	Ud.	215608,7588	1.293.652,55 €
5.8	Montaje PASS M00	8	Ud.	173608,7588	1.388.870,07 €
5.9	transformador de tensión 132 kV	12	Ud.	9585,14025	115.021,68 €
6.0	Montaje transformador de	6	Ud.	7647,57525	45.885,45 €
6.1	Montaje Autoválvulas 132kV	18	Ud.	6347,39175	114.253,05 €
6.2	Montaje autoválvulas Inael	15	Ud.	3158,01675	47.370,25 €
6.3	Montaje Luminaria Ornalux	70	Ud.	24,7527525	1.732,69 €
6.4	Montaje Luminaria Philips	15	Ud.	331,507575	4.972,61 €
6.5	Montaje toma de corriente	20	Ud.	7,6841835	153,68 €
6.6	Montaje edificio anexo	1	Ud.	4278,610046	4.278,61 €
TOTAL CAP.3					6.671.385,40 €



Presupuesto Ejecución Material

CODIGO	DENOMINACIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	Precio Unitario(€)	Subtotal (€)
1.1	AG3-132-4-39	1	Ud.	26672,86	26.672,86 €
1.2	AL2-132-4-24	1	Ud.	6262,55	6.262,55 €
1.3	AG1-132-4-24	1	Ud.	23528,01	23.528,01 €
1.4	MISTRAL80-132-DH44a-36	6	Ud.	9977,24	59.863,43 €
1.5	AM1-132-5,5-31	1	Ud.	12285,62	12.285,62 €
1.6	MISTRAL190-132-DH44a-36	1	Ud.	24029,69	24.029,69 €
1.7	AM1-132-4-21	1	Ud.	10523,43	10.523,43 €
1.8	MISTRAL90-132-DH44a-36	2	Ud.	12505,41	25.010,81 €
1.9	MISTRAL60-132-DH44a-36	6	Ud.	7726,24	46.357,46 €
2.0	MISTRAL80-132-DH55a-36	10	Ud.	10709,34	107.093,36 €
2.1	MISTRAL80-132-DH55a-33	1	Ud.	9425,18	9.425,18 €
2.2	AL3-132-5,5-39	1	Ud.	15910,40	15.910,40 €
2.3	AM1-132-5,5-24	1	Ud.	9955,46	9.955,46 €
2.4	AM1-132-5,5-35	3	Ud.	11718,10	35.154,31 €
2.5	MISTRAL90-132-DH55b-36	1	Ud.	10906,45	10.906,45 €



Presupuesto Ejecución Material

CODIGO	DENOMINACIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	Precio Unitario(€)	Subtotal (€)
2.6	AM4-132-7,5-31	1	Ud.	15882,42	15.882,42 €
2.7	AM1-132-5,5-27	1	Ud.	10572,02	10.572,02 €
2.8	AM4-132-4-35	1	Ud.	19393,70	19.393,70 €
2.9	AL2-132-4-21	1	Ud.	6266,37	6.266,37 €
3.0	AM3-132-5,5-39	1	Ud.	17713,44	17.713,44 €
3.1	MISTAL190-132-DH55a	1	Ud.	23975,06	23.975,06 €
3.2	AG1-132-5,5-39	1	Ud.	22598,98	22.598,98 €
3.3	AM1-132-5,5-21	1	Ud.	9680,61	9.680,61 €
3.4	MISTRAL270-132-DH44a-36	2	Ud.	33094,56	66.189,11 €
3.5	MISTRAL150-132-DH55a-36	1	Ud.	19160,28	19.160,28 €
3.6	AM1-132-5,5-31	1	Ud.	9985,15	9.985,15 €
3.7	MISTRAL320-132-DH55a-36	1	Ud.	34154,82	34.154,82 €
3.8	AM3-132-5,5-31	1	Ud.	16649,67	16.649,67 €
3.9	MISTRAL150-132-DH44a-36	1	Ud.	18499,39	18.499,39 €
4.0	AM1-132-5,5-21	1	Ud.	9985,15	9.985,15 €



Presupuesto Ejecución Material

CODIGO	DENOMINACIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	Precio Unitario(€)	Subtotal (€)
4.1	AG1-132-4-39	1	Ud.	25941,43	25.941,43 €
4.2	MISTRAL80-132-DH33a-36	1	Ud.	11112,13	11.112,13 €
4.3	AM4-132-4-39	1	Ud.	19963,02	19.963,02 €
4.4	FL2-132-4-39	1	Ud.	37099,66	37.099,66 €
4.5	Cadena de LA-280 AMA-SIM-VID	17	Ud.	9,66	164,22 €
4.6	Cadena de LA-280 AMA-DOB-VID	8	Ud.	10,61	84,84 €
4.7	Cadena de LA-280 SUS-SIM-VID	21	Ud.	8,72	183,02 €
4.8	Cadena de LA-280 SUS-DOB-VID	11	Ud.	9,19	101,06 €
4.9	Conductor LA-280	169917,48	ml.	5,21	885.505,72 €
5.0	Conductor OPGW-48	28319,58	ml.	2,38	67.298,28 €
5.1	Conductor SILEC RHZ1	20	ml.	32,70	654,07 €
5.2	Excavacion de la subestación	1	Ud.	825432,30	825.432,30 €
5.3	Hormigonado de la subestación	1	Ud.	825432,30	825.432,30 €
5.4	Montaje electromecánico	1	Ud.	98673,12	98.673,12 €
5.5	Montaje transformador	2	Ud.	942721,5525	1.885.443,11 €



Presupuesto Ejecución Material

CODIGO	DENOMINACIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	Precio Unitario(€)	Subtotal (€)
5.6	Montaje red de tierras	2805	ml.	7,21	20.213,92 €
5.7	Montaje PASS M0	6	Ud.	215608,7588	1.293.652,55 €
5.8	Montaje PASS M00	8	Ud.	173608,7588	1.388.870,07 €
5.9	Montaje tranformador de tensión 132 kV	12	Ud.	9585,14025	115.021,68 €
6.0	Montaje tranformador de tensión 66kV	6	Ud.	7647,57525	45.885,45 €
6.1	Montaje Autoválvulas 132kV	18	Ud.	6347,39175	114.253,05 €
6.2	Montaje autoválvulas Inael	15	Ud.	3158,01675	47.370,25 €
6.3	Montaje Luminaria Ornalux	70	Ud.	24,7527525	1.732,69 €
6.4	Montaje Luminaria Philips	15	Ud.	331,507575	4.972,61 €
6.5	Montaje toma de corriente	20	Ud.	7,6841835	153,68 €
6.6	Montaje edificio anexo	1	Ud.	4278,610046	4.278,61 €



PRESUPUESTO EJECUCIÓN POR CONTRATA

TOTAL PRESUPUESTO EJECUCION MATERIAL		8.443.178,04 €
ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD		19.260,36 €
GASTOS GENERALES	10,00%	846.243,84 €
BENEFICIO	7,00%	592.370,69 €
DESCUENTO	4,00%	338.497,54 €
OFERTA		9.562.555,40 €
IVA (16%)	23,00%	2.199.387,74 €
TOTAL		11.761.943,14 €