



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Escuela Politécnica Superior de Jaén

Trabajo Fin de Grado

DISEÑO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA CON PARQUE DE 132kV Y 66kV

Alumno: Víctor Moreno López

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

Junio, 2017

ÍNDICE

ÍNDICE

ÍNDICE	2
MEMORIA.....	8
1. Antecedentes.....	9
2. Objeto del proyecto.....	9
3. Emplazamiento.....	9
4. Normativa aplicada en el proyecto.....	10
5. Descripción general de la subestación.....	13
5.1. Hipótesis de partida.....	13
5.2. Características generales	13
5.3. Parque de 132kV	14
5.3.1. Descripción	14
5.3.2. Magnitudes eléctricas	14
5.3.3. Distancias	16
5.3.5. Pórticos	19
5.3.6. Piezas de conexión.....	20
5.3.7. Características de la aparamenta	20
5.3.8. Transformadores de tensión capacitivos	22
5.3.9. Autoválvulas	23
5.4. Parque de 66kV	23
5.4.1. Descripción	24
5.4.2. Magnitudes eléctricas	24
5.4.3. Distancias	25
5.4.4. Embarrados	27
5.4.5. Pórticos	29
5.4.6. Piezas de conexión.....	29
5.4.7. Características de la aparamenta	30
5.4.8. Transformadores de tensión capacitivos	31
5.4.9. Autoválvulas	32
5.4.10. Transformación.....	33
5.5. Red de tierras.	34
5.6. Sistemas de control y protección	35
6. Descripción de las instalaciones	36
6.1. El edificio	36
6.2. Telecontrol y comunicaciones	37
6.3. Equipos de medida	37
6.4. Servicios generales	37
6.4.1. Cuadro de corriente continua y alterna	37
6.4.2. Sistema de Mando y protección	37
6.4.3. Rectificador de batería.....	38
6.4.4. Transformadores de servicios auxiliares.....	38
6.4.5. Instalación de alumbrado, ventilación y aire acondicionado	38
6.4.6. Sistema de protección contra incendios e intrusos	41
6.4.7. Cerramientos y señalización.....	41
7. Obra civil.....	42

7.1.	Movimiento de tierras	42
7.2.	Cimentaciones	42
7.3.	Arquetas y canalización para paso de cables	43
7.4.	Sistema de recogida de aceite	43
8.	Estructuras metálicas y soportes	43
9.	Descripción de la línea subterránea de alta tensión	43
9.1.	Descripción de la instalación.	43
9.2.	Características de la corriente	44
9.3.	Características del conductor.....	44
9.4.	Características de aislamiento	44
9.5.	Distancia de seguridad.....	44
	ANEXOS	45
	ANEXO DE CÁLCULO nº1: SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE 132/66kV	46
1.	Distancias mínimas.....	46
1.1.	Características de la tensión de red	46
1.2.	Distancias fase-tierra y fase-fase	46
1.3.	Distancias en pasillos de servicio y zonas de protección	47
1.4.	Distancias en zonas de protección contra contactos accidentales en el interior del recinto de la instalación	48
1.5.	Distancias en zonas de protección contra contactos accidentales desde el exterior del recinto de la instalación	48
2.	Cálculos eléctricos	49
2.1.	Intensidad nominal.....	49
2.2.	Intensidad de cortocircuito.....	50
2.3.	Intensidad de cresta supuesta	51
2.5.	Efecto corona.....	52
2.6.	Autoválvulas.....	53
3.	Cálculos mecánicos.....	55
3.1.	Parámetros iniciales	55
3.2.	Esfuerzos en los tubos de los embarrados	56
3.2.1.	Esfuerzo del viento	56
3.2.2.	Esfuerzo por el propio peso.....	56
3.2.3.	Esfuerzos por cortocircuito	57
3.2.4.	Esfuerzo total en los tubos	59
3.3.	Esfuerzos en los aisladores de soporte	61
3.3.1.	Esfuerzos Indirectos.....	61
3.3.2.	Esfuerzos directos	63
3.3.3.	Esfuerzo total en el aislador	64
3.3.4.	Flecha y elongación del embarrado.....	64
3.4.	Tensiones en los pórticos.....	65
3.4.1.	Elección del conductor	65
3.4.2.	Trazado de la línea.....	67
3.4.4.	Cálculos mecánicos en los pórticos.....	71
4.	Red de tierras	75
4.1.	Intensidad de puesta a tierra.....	75
4.2.	Resistencia de puesta a tierra	80
4.3.	Tensión de contacto	81

4.3.1.	Tensión de contacto máxima de la instalación.....	81
4.3.2.	Tensión de contacto máxima admisible en la instalación	83
4.4.	Tensión de Paso.....	85
4.4.1.	Tensión de Paso máxima de la instalación.....	85
4.4.2.	Tensión de paso máxima admisible en la instalación	86
ANEXO DE CÁLCULO nº2: LÍNEA SUBTERRÁNEA.....		89
1.	Características de la corriente	89
1.1.	Descripción	89
1.2.	Cálculos eléctricos	89
1.2.1.	Reactancia	89
1.2.2.	Resistencia.....	89
1.2.3.	Caída de tensión	90
1.2.4.	Corriente de cálculo.....	90
1.2.5.	Densidad de cálculo	91
ANEXO Nº3: TABLAS CÁLCULO DE SUBESTACIÓN 132/66kV		93
1.	Distancias	93
2.	Cálculos eléctricos	97
2.1.	Parque de 132kV.....	97
2.2.	Parque 132kV	101
2.3.	Cálculo conductor pórticos	103
3.	Cálculos mecánicos.....	105
3.1.	Embarrados principales	105
3.1.1.	Parque de 132kV.....	105
3.2.	Embarrados secundarios	108
3.2.1.	Parque de 132kV.....	108
3.2.2.	Parque de 66kV.....	110
3.3.	Tensiones en los pórticos.....	111
4.1.	Corriente de defecto, corriente de puesta a tierra y resistencia de puesta a tierra 123	
4.2.	Tensión de contacto y de paso	124
5.	Autoválvulas.....	125
5.1.	Autoválvulas parque de 132kV	125
5.2.	Autoválvulas parque de 66kV	125
6.	Líneas subterráneas.....	126
6.1.	Líneas subterráneas de 20kV	126
6.2.	Líneas subterráneas de 132kV	126
7.	Edificio de control y servicios auxiliares	127
ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.....		131
1.	Prevención de riesgos laborales.....	133
1.1.	Introducción	133
1.2.	Derechos y obligaciones	133
1.3.	Servicios de prevención	138
1.4.	Consulta y participación de los trabajadores	138

2. Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.....	139
2.1. Introducción	139
2.2. Obligación general del empresario	140
3. Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.....	140
3.1. Introducción	140
4. Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción	145
4.1. Introducción	145
4.3. Disposiciones específicas de seguridad y salud durante la ejecución de las obras	154
5. Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipo de protección individual.....	154
5.1. Introducción	154
5.2. Obligaciones generales del empresario	154
PLANOS	156
PLIEGO DE CONDICIONES	164
1. Objeto.....	165
2. Campo de aplicación.....	165
3. Disposiciones generales.....	165
3.1. Condiciones facultativas legales	165
3.2. Seguridad pública	166
4. Organización del trabajo.....	167
4.4. Recepción del material	168
4.5. Organización.....	168
4.6. Facilidades para la inspección.....	168
4.7. Ensayos.....	168
4.8. Limpieza y seguridad en las obras.....	169
4.9. Medios auxiliares	169
4.10. Ejecución de las obras.....	169
4.12. Plazo de ejecución	170
4.13. Recepción Provisional.....	170
4.14. Pago de obras	171
4.15. Resolución final	172
1. Resumen obra civil	172
2. Obra.....	172
2.1. Preparación del terreno.....	172
2.1.1. Apertura de hoyos	172
2.2. Cimentaciones	173
2.3. Tendido, tensado y engrapado	175
2.6. Transporte y montaje de elementos.....	176
2.7. Tendido, tensado y engrapado	177
2.8. Edificio de control.....	177
2.9. Recepción de obra	177
MEDICIONES Y PRESUPUESTOS	179

1. Precios unitarios	180
2. Mediciones	188
3. Presupuesto ejecución material	189
4. Presupuesto de contrato	190

MEMORIA

1. Antecedentes

Ante la necesidad buscar una mejor distribución de la energía eléctrica en España, uniendo sistemas de transporte y distribución de la red eléctrica de la manera más eficiente, segura y de calidad, se ha diseñado el proyecto de una subestación de intemperie dimensionada y dividida en dos parques, uno de 132kV de interruptor y medio y otro de 66kV de doble barra. Dichas configuraciones han sido proyectadas de manera que el suministro eléctrico sea continuo en caso de que halla algún fallo en una de las barras que consta ambos parques durante su periodo de funcionamiento.

La finalidad del proyecto es la interconexión de dos líneas de transporte de 132kV que es propiedad de Red Eléctrica de España, con 5 de líneas de distribución de 66kV cuya función es la de distribuir la energía a diversos puntos de la geografía gaditana. La subestación será implantada en el municipio de El Bosque (Cádiz).

2. Objeto del proyecto

Teniendo en cuenta todos los aspectos técnicos, económicos y de medio ambiente, se requiere el diseño de una subestación reductora con dos niveles de tensión, 132kV y 66kV, con capacidad para transformar una potencia total de 70 MVA. La subestación estará alimentada por un punto a partir de una entrada subterránea de la línea de 132kV.

En el proyecto se trabajara siempre en Zona A (cota inferior a 500 metros de altura sobre el nivel del mar), según indica el reglamento de líneas de alta tensión.

El sistema de la subestación que forma parte del parque de 132kV adoptará la configuración de interruptor y medio en el que estará formado por dos calles completas con sus debidas posiciones, ofreciendo la posibilidad de aumentar el número de calles en un futuro.

El sistema que adoptará el parque de 66kV en la subestación será de doble barra. Este estará también dispuesto en dos calles completas con sus posiciones.

Ambos parques dispondrán de una aparamenta de intemperie híbrida, en sus respectivas situaciones, la cual especificaremos posteriormente.

Unida a la subestación, la interconexión de las dos líneas de 132kV serán conexionadas a dicha subestación mediante dos líneas subterráneas las cuales formarán parte integra del proyecto. Ambas líneas subterráneas estarán formadas por tres cables unipolares desnudo enterrado bajo tubo a una distancia de 0,8 metros de la superficie.

Ambas líneas subterráneas tendrán una longitud de 200 metros.

3. Emplazamiento

La subestación proyectada se ejecutara para su construcción en una parcela situada en el municipio de El Bosque (Cádiz). Esta parcela tiene suficiente tamaño para albergar cada una de las partes que consta la subestación.

Las características atmosféricas que forman parte del emplazamiento, y que serán importantes para la elección de cada uno de los elementos que forma la subestación, son:

- 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: <0,04g

La parcela en la que se efectuará la construcción de la subestación tiene una superficie de 12600m², formada en un rectángulo con unas dimensiones de 105x120 metros.

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, del 9 de Mayo, por el que se aprueba el reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT.
- En especial las ITC del “Reglamento sobre Centrales eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación”:
 - ITC-MIE-RAT-04 : tensiones nominales.
 - ITC-MIE-RAT-08 : transformadores de medida y protección.
 - ITC-MIE-RAT-09: protecciones.
 - ITC-MIE-RAT-12: aislamiento.
 - ITC-MIE-RAT-13: instalación de puesta a tierra.
 - ITC-MIE-RAT-15: Instalaciones eléctricas de exterior.
- Orden de 10 de Marzo de 2000, modificando ITC MIE RAT en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación.

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

Protección contra el rayo.

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

Seguridad Contra Incendio

- Reglamento de instalaciones de protección contra incendios, R.D. 1942/1993 de 5 de Noviembre (B.O.E. de 14 de diciembre de 1993).
- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación. Documento Básico SI "Seguridad en caso de incendio".
- Reglamento de Seguridad contra incendios en los Establecimientos Industriales, R.D. 2276/2004, de 3 de diciembre, BOE 17-12-04. - Normas Tecnológicas de la Edificación NTE IPF-IFA. - Reglas Técnicas del CEPREVEN (Centro de prevención de Daños y Pérdidas).
- Norma UNE-EN 671-1:1995 sobre Bocas de incendio equipadas con mangueras semirrígidas (BIES 25 mm).
- Norma UNE-EN 671-2:1995 sobre Bocas de incendio equipadas con mangueras planas (BIES 45 mm).

- Norma UNE 23.091 de mangueras de impulsión para la lucha contra incendios.
- Norma UNE 23.400 para racores de conexión de 25, 45, 70 y 100mm.
- 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 lumbar, 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.

5. Descripción general de la subestación

5.1. Hipótesis de partida

La potencia a transportar es de 70MVA con un $\cos\phi$ de 0,9. La potencia de cortocircuito en la subestación que va a poder soportar la subestación es de 500MVA según la compañía suministradora.

5.2. Características generales

El proyecto cuya finalidad es la interconexión de dos líneas de 132kV, una de ellas procedente del pantano del Guadalquivir, que, pasa por el Prado del Rey (Cádiz) y llega hasta El Bosque, con cinco líneas de distribución de 66kV que distribuye la potencia anteriormente descrita sobre varias zonas de la región gaditana.

Las líneas de transporte procedente del pantano de Guadalquivir, cuya configuración implantada es de doble circuito, se harán subterráneas, con una distancia de 200 metros, mediante un cable entubado que alimentará el parque de 132kV de la subestación. Del mismo modo, la salida del parque de 66kV se efectuará mediante líneas subterráneas también.

Ambos parques, que componen la subestación, estarán interconectados mediante dos transformadores trifásicos de potencia de 40MVA cada uno de ellos.

La aparatada de corte, protección y maniobra de ambos parques contendrá la moderna tecnología híbrida compacta aislada en SF₆. Dicha tecnología reúne en una misma aparatada

los seccionadores de barras, líneas y tierra, el interruptor y el transformador de intensidad necesarios para el correcto funcionamiento de la misma.

5.3. Parque de 132kV

5.3.1. Descripción

El parque de 132kV de la subestación, se encuentra conectado a la red de transporte de 132kV procedente del pantano de Guadalcañín e interconexiona mediante dos transformadores de potencia de 40 MVA al parque de 66kV que distribuye la potencia a través de una línea de distribución con la misma tensión.

La configuración elegida para el parque es de interruptor y medio, por la gran estabilidad, seguridad y estabilidad en el suministro contante de energía que nos aporta esta disposición. También nos da la oportunidad de incorporar mas calles, si fuera necesaria ampliarla en un futuro. Además, en caso de realizar operaciones de maniobra o mantenimiento en algún embarrado, la continuidad del suministro no se vería afectada.

El parque de 132kV consta de los siguientes elementos:

- 2 entradas de Línea de 132kV cada una
- 2 embarrados principales. Uno de ellos con una posición de línea y otra de transformación.
- Embarrados secundarios que interconexiona con la aparamenta elegida del parque.
- 6 equipos híbridos. Cada equipo forma un elemento compacto, el cual esta aislado en SF₆.
- 12 transformadores de tensión capacitivos, para la protección y el control de la entrada de las líneas al parque.
- 18 aisladores de soporte para los embarrados que consta el parque (principales y secundarios).
- 12 autoválvulas parrarayos. Elementos que servirán para la protección de la aparamenta.
- 8 Pórticos. Cuatro pórticos que sujetan los conductores para conexionar las líneas de entrada con ambos embarrados, y otros cuatro que conexionan los embarrados con los transformadores de potencia.

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

5.3.2. Magnitudes eléctricas

Por su diseño y cálculo, las magnitudes eléctricas principales son varias.

En primera parte, la tensión nominal. Impuesta esta tensión normalizada por las dos líneas de transporte de 132kV que llegan a los embarrados que alimentan la subestación.

También es importante el parámetro de la corriente máxima que circulará por la subestación y que está fijada por la potencia máxima que puede llevar un circuito de la subestación proyectada en caso de fallo del otro circuito que la forma. Este valor es de 306,17 A en el caso de los embarrados principales y de 153,08 en los embarrados secundarios.

Para el cálculo de todos los esfuerzos (térmicos y dinámicos) y de la red de tierras de la subestación, se considerará una corriente máxima de 40 kA, con un tiempo de extinción de la falta de 0,5 segundos. La compañía suministradora encargada de la explotación de la subestación nos ha proporcionado la potencia máxima de cortocircuito que puede alcanzar la misma en los puntos de entrada a la subestación, siendo del valor de 500MVA para la red eléctrica de 132kV. Para el diseño de la subestación se utiliza el valor de corriente de cortocircuito de diseño para el parque de 132kV de 40kA, según la normativa CEI. Toda la aparamenta que forma parte del parque está previamente dimensionada para poder soportar las corrientes de cortocircuito que se han establecido, según la normativa vigente.

De la tensión nominal establecida para nuestro parque, se sabe que la tensión más elevada que soporta el material tendrá el valor de 145kV y la tensión nominal máxima soportada para tensiones de tipo rayo alcanza el valor de 650kV. Estos datos vienen normalizados en la ITC-MIE-RAT-04 y ITC-MiE-RAT-12.

Por otra parte, el grupo de nivel de aislamiento al que pertenece el parque es al B, según ITC-MIE-RAT-12, ya que la tensión asignada a la subestación se encuentra entre los niveles de tensión de 52kV y 300kV.

En resumen, se muestra en la siguiente tabla todas las magnitudes eléctricas citadas anteriormente.

Tensión nominal	132kV
Tensión más elevada del material	145kV
Tensión nominal soportada a los impulsos tipo rayo	650kV
Tensión nominal soportada de corta duración a frecuencia industrial	275kV
Intensidad nominal	306,1A
Corriente de cortocircuito de diseño y tiempo de extinción	40kA y 0,5 segundos
Grupo de aislamiento	B

Magnitudes eléctricas del parque de 132kV.

La justificación de estas magnitudes están desarrolladas en el Anexo nº 1: Cálculos.

5.3.3. Distancias

Los criterios establecidos para seleccionar las distancias mínimas que se deben cumplir, en función de la tensión de la subestación, se encuentra normalizados en la instrucción técnica complementaria 12 de reglamento electrotécnico de alta tensión.

A continuación, se indican las distancias mínimas admisibles que tiene que haber entre elementos para la seguridad de la subestación.

Distancia entre conductores.

Distancia fase-tierra	Distancia mínima	Distancia establecida
cm	130	320

Distancias fase-tierra entre conductores

Distancia fase-fase	Distancia mínima	Distancia establecida
cm	130	400

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 alta tensión a un solo lado (cm)	100	120
Pasillos de maniobra con elementos de alta tensión (cm)	120	150
Pasillos de inspección con elementos en alta tensión a un solo lado (cm)	80	120
Pasillos de inspección con elementos en alta tensión a ambos lados (cm)	100	150
Altura de elementos en tensión sobre pasillos (cm)	380	380

Distancia 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 (cm)	Distancia establecida (cm)
De elementos en tensión a paredes macizas de 180cm de altura mínima	133	1270
De elementos en tensión a enrejados de 180cm de altura mínima	140	1030
De elementos en tensión a cierres de cualquier tipo	160	1030

Distancia 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
De los elementos en tensión al cierre cuando es una pared maciza $K < 250\text{cm}$	230	1030
De los elementos en tensión al cierre cuando es un enrejado de altura $K \geq 220\text{cm}$	280	280

Distancia en zonas de protección desde el exterior de la instalación

Se puede ver que todas las distancias establecidas y necesarias para la seguridad, tanto en el exterior como en el interior de la subestación, son superiores a las distancias mínimas exigidas en las instrucciones técnicas 12, 14 y 15 del reglamento electrotécnico de alta tensión.

Todas las distancias mínimas exigidas se encuentran justificadas en el Anexo nº1: Cálculos.

5.3.4. Embarrados

Embarrados Principales

La utilización de los embarrados principales de la subestación es la de conexionar las entradas procedentes de la línea, con las posiciones del transformador de potencia de la misma.

Guiándonos en la normativa vigente, los tubos que forman parte de los embarrados han de ser suministrados en tiradas continuas y no ser soldados en ningún punto o tramo, pudiéndose proceder a pie de obra sólo para su limpieza y montaje posterior.

UNIVERSIDAD DE JAÉN
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE JAÉN

DISEÑO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA CON PARQUE DE 132kV y 66kV

Los embarrados principales del parque de 132kV, serán tubos de aleación de aluminio cuyas características dimensionales, mecánicas y eléctricas son las siguientes:

Aleación: AlMgSi, 5 F22
Diámetro exterior: 150mm
Diámetro interior: 134mm
Sección total del conductor: 3569mm²
Peso propio del conductor: 9,63kg/m
Momento de inercia: 902cm⁴
Momento resistente: 120cm³
Módulo de Young: 70.000N/mm²
Límite de fluencia: 160N/mm²
Coeficiente de dilatación: 0,023m/m°C
Carga de rotura: 215N/mm²
Intensidad máxima admisible: 4408A

Los embarrados principales tendrán una longitud total de 18 metros. Los apoyos, cuya función es la de resistir los esfuerzos mecánicos del embarrado, estarán dispuestos con una distancia de separación de 8 metros. Los tubos se construirán separados a una distancia de 4 metros entre uno y otro, como hemos establecido en el apartado 5.3.3.

En el Anexo: nº1: Cálculos, se detallan los cálculos eléctricos y mecánicos que justifican el uso de estos tubos para su uso como embarrados principales de la subestación proyectada. Los embarrados principales estarán constituidos también por aisladores de soporte del tipo C6-650, cuya función es la de aislar a los apoyos que soportan los conductores de la tensión que estos tienen.

Las características de los aisladores de soporte, según el fabricante, PIONSA, son las siguientes:

Carga de rotura a flexión: 6000N
Carga de rotura a torsión: 3000N
Altura del aislador: 1500mm
Diámetro del aislador: 172mm
Tensión nominal: 132kV
Tensión máxima del material: 145kV
Tensión soportada bajo lluvia: 275kV
Línea de fuga: 3625 mm

Todos los cálculos que justifican el uso de estos aisladores en el embarrado principal del parque de 132kV están desarrollados en el Anexo nº1: Cálculos.

Embarrados secundarios

Los embarrados secundarios que forman parte del parque de 132kV tienen la función de conectar los embarrados principales con la armadura del parque.

Al igual que en el embarrado principal, estos embarrados están conformados por una aleación de aluminio cuyas características dimensionales, mecánicas y eléctricas son las siguientes:

Aleación: AlMgSi, 5 F22
Diámetro exterior: 100mm
Diámetro interior: 88mm

Sección total del conductor: 1772mm²

Peso propio del conductor: 4,78kg/m

Momento de inercia: 196cm⁴

Momento resistente: 100cm³

Módulo de Young: 70.000N/mm²

Límite de fluencia: 160N/mm²

Coeficiente de dilatación: 0,023m/m°C

Carga de rotura: 215N/mm²

Intensidad máxima admisible: 2320A

La longitud de los embarrados serán de 9,5 metros. Los apoyos cuya función ya hemos indicado anteriormente estarán separados a una distancia de 9,5 metros. Los tubos que forman los embarrados estarán separados también a una distancia de 4 metros entre fase y fase.

La justificación de la utilización este tipo de tubo para el embarrado se encuentra en los cálculos realizados en el Anexo nº1: Cálculos.

Al igual que en los embarrados principales, en este embarrado también se van a utilizar aisladores de soporte para que los apoyos no estén en tensión, aunque en este caso los aisladores utilizados serán del tipo C4-650.

Estos aisladores van a tener las siguientes características, que según el catálogo del fabricante, también PIONSA, son:

Carga de rotura a flexión: 6000N

Carga de rotura a torsión: 3000N

Altura del aislador: 1500mm

Diámetro del aislador: 172mm

Tensión nominal: 132kV

Tensión máxima del material: 145kV

Tensión soportada bajo lluvia: 275kV

Línea de fuga: 3625 mm

De la misma manera que en los aisladores del embarrado principal, la justificación de su uso se encuentra descrita en los cálculos realizados en el Anexo nº1: Cálculos.

5.3.5. Pórticos

El parque de 132kV va a disponer de 8 pórticos de celosía galvanizados para protegerlos contra la corrosión. Dichos pórticos forman parte de la sujeción de tres líneas trifásicas con un conductor LA-110.

Cuatro pórticos, cuya función va a ser la de sostener los conductores que interconectarán las líneas de entrada con cada uno de los embarrados que forman el parque. Estas estructuras serán necesarias puesto que en el caso de que se tenga que dejar fuera de servicio una de los embarrados, ambas líneas estén conectadas al otro embarrado disponible que forma el parque de 132. Los conductores estarán conectados con la aparamenta de protección y maniobra, para la apertura o cierre de las líneas con los embarrados.

Por otra parte, los otros cuatro pórticos restantes, formarán parte de la interconexión, de los conductores que soporta, de los embarrados con los transformadores de potencia. Los embarrados estarán unidos a los conductores de los pórticos mediante unos conductores rígidos perpendiculares a ambos. Estos conductores podrán alimentar las dos líneas que llevan la potencia a los transformadores en el caso de que uno de los embarrados esté fuera de servicio.

La línea que sujeta los pórticos que alimentan los embarrados tendrá una longitud de 79,5m, dividida en tres vanos de 20,5m, 39,5m y 19,5 metros respectivamente.

Por otro lado las dos líneas, sujetadas por los otros pórticos, que alimentan ambos transformadores tendrán una longitud idéntica de 35m, dividida en dos vanos de 15 y 20.

La altura de los pórticos serán de 12m para salvaguardar la seguridad reglamentaria, que existe entre los conductores que sujetan los pórticos con el elemento más alto que se encuentra debajo de ellos, según la normativa vigente.

Los aisladores de los pórticos serán cadenas de amarre compuestas por 15 aisladores U120B de vidrio por fase.

5.3.6. Piezas de conexión

Debido a las variaciones de temperatura que se producen en los embarrados, tengo primarios como secundarios, se instalarán unas piezas elásticas que absorberán esas variaciones, permitiendo la dilatación de los conductores sin producir ningún efecto que cause graves consecuencias en las bornas de conexión.

El cálculo de las variaciones, centrándonos en dilataciones en cada uno de los embarrados a causa de la temperatura, se encuentran descritas y justificadas en el Anexo nº1: Cálculos.

Las piezas de conexión que unen las bornas de los distintos elementos que forman la armadura con los conductores estarán compuestas por un material de aleación de aluminio, cuyos ensayos, previstos por el fabricante, soporten las intensidades de funcionamiento y de cortocircuitos calculadas.

5.3.7. Características de la armadura

Módulos híbridos PASS MO 145kV

Los módulos híbridos de la Marca ABB, con tecnología PASS, son módulos compactos de intemperie, aislados en hexafluoruro de azufre (SF₆), agrupando en un único elemento el interruptor, seccionador de barras, seccionador de líneas, su puesta a tierra, y el transformador de intensidad. Este material aislante se utiliza para evitar posibles arcos eléctricos que puedan ocurrir en caso de que el interruptor que forma parte del módulo se abra a causa de un cortocircuito.

Las funciones que tienen cada uno de los elementos que forman el módulo son las siguientes:

Interruptor:

Establece, mantiene e interrumpe la intensidad de servicio, o interrumpe automáticamente intensidades elevadas que puedan dañar la subestación, como es el caso de las corrientes de cortocircuito, producidas por alguna falta en alguno de los conductores, y sobreintensidades, que pueden dañar los conductores de la subestación debido al aumento de temperatura que estas provocan por efecto Joule.

Transformador de intensidad:

- Transformador cuya función es la de reducir la intensidad que pasa por los conductores de la subestación a una mas reducida, y así poder realizar la a alimentación de los instrumentos de medida y relés.
- Transformador que protege los conductores cuando se produce alguna falta, evitando que la alta intensidad que se produce pueda dañar los elementos que forman el equipo de protección.
- Transformador que protege al personal que de servicio en la subestación, haciendo que la intensidad que llega a los paneles de control sea lo bastante pequeña para no ser peligrosa su manipulación.

Seccionador de barras:

La función del seccionador es la separación física y de forma apreciable, a simple vista de operario que este en ese momento, de la unión entre las barras principales y las barras secundarias. Estos tienen la capacidad de apertura y cierre siempre y cuando la corriente que pase a través de ellos sea nula y despreciables.

Seccionador de líneas:

La función del seccionador es igual al seccionador descrito anteriormente, pero la separación física es la de los conductores que forman parte de una de las calles de la subestación con las líneas de entrada.

El volumen que adquiere ese módulo híbrido es el equivalente al de un interruptor automático convencional de las mismas características. Además al estar todos los elementos aislados en SF₆, garantiza una gran fiabilidad y durabilidad de todos ellos independientemente de las condiciones externas del entorno en el que se encuentra la subestación. Ofrece por lo tanto, una mayor seguridad tanto a la subestación como el personal que, Cualificado, esté trabajando en ese momento

El modelo elegido para el parque de 132kV es el PASS Mo 145kV de la marca ABB. Las características de este equipo híbrido, según el catálogo facilitado por el fabricante, son:

Tensión nominal de red: 132kV

Tensión más elevada: 145kV

Frecuencia: 50Hz

Tensión soportada nominal a impulsos tipo rayo: 650kV

Tensión soportada nominal a frecuencia industrial: 275kV

Corriente máxima admisible: 3150A

Corriente de cortocircuito soportada: 50kA

Tiempo máximo soportado hasta el despeje de la falta: 3s

Las características asignadas a los interruptores automáticos son:

Fluido para el aislamiento: Hexafluoruro de azufre (SF₆)

Tiempo de apertura: <50ms

Tiempo de cierre: <150ms

Tensión auxiliar de alimentación del motor: 325V

Tensión auxiliar de las bobinas de apertura: 325V

Tensión auxiliar de las bobinas de cierre: 325V

Las características asignadas a los transformadores de intensidad son:

Relación de transformación: 1200/15^a

Potencias de los arrollamientos:

- Secundario 1: 115VA
- Secundario 2: 125VA
- Secundario 3: 135VA
- Secundario 4: 135VA

Las características asignadas a los seccionadores son los siguientes:

Accionamientos de cuchillas principales: Motorizado

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

Tensión auxiliar de alimentación motora y de accionamiento: 325V

Los módulos híbridos compactos son modulables y se pueden intercambiar los seccionadores de líneas y barras, para poder conseguir la disposición que sea mas adecuada. En el caso de los módulos acoplados a las barras secundarias del parque de 132kV, serán instalados a ambos lados del PASS MO, módulos de seccionamiento de línea con el correspondiente transformador de intensidad toroidal.

5.3.8. Transformadores de tensión capacitivos

Los transformadores de tensión, instalados en el parque de 132kV de la subestación proyectada, tiene las siguientes funciones:

- El transformador de tensión convierte la tensión de la barra en otra más reducida y normalizada para la alimentación de los equipos que componen los instrumentos de medida y protección.
- Protege al personal que trabaja en los paneles de control, haciendo que sea lo suficientemente reducida para no ser peligrosa a la hora de realizar maniobras de manipulación y colocación.
- Permite la transmisión de señales de alta frecuencia a través de las líneas.
- Sirve de instrumento de medida de la tarificación de la energía distribuida.

Los transformadores de tensión, monofásicos, utilizados en el parque de 132kV, son del modelo DDB-145 de la marca ARTECHE. El número total de los transformadores de tensión utilizados en el parque es de 12. Se coloca un juego de tres transformadores en cada entrada de línea a la subestación (uno por cada fase), y otros tres a la entrada de los transformadores trifásicos de potencia.

Las características técnicas ofrecidas por este tipo de transformador, según el catálogo facilitado por el fabricante son:

Tensión máxima de funcionamiento: 145kV
Tensión soportada nominal a impulsos tipo rayo: 650kV
Tensión soportada nominal a frecuencia industrial: 275kV
Frecuencia: 50Hz
Capacidad: 3900pF
Línea de fuga: 3625mm

Con respecto a las características dimensionales de los transformadores de tensión, el catalogo del fabricante las aporta:

Altura Trafo: 1920mm
Diámetro en planta: 450mm
Altura soporte: 3500mm
Altura total: 5420mm

Además, estas características dimensionales y las geométricas podemos encontrarlas especificadas con mayor detalle en el documento planos.

5.3.9. Autoválvulas

Las autoválvulas pararrayos que se van a instalar en el parque de 132kV de la subestación proyectada están destinadas a proteger la misma contra sobretensiones de tipo atmosférico. Normalmente, su instalación se realiza en ambos lados de la aparamenta de transformación de potencias, y en las entradas de la línea que llegan a la subestación.

Las autoválvulas seleccionadas en el parque de 132kV son EXLIM Q-E 145 de la marca ABB. La selección de este tipo de autoválvula se encuentra justificada en el Anexo nº1: Cálculos.

El número utilizado de autoválvulas para este parque es de doce. Al ser también un equipo monofásico, se colocaran una por fase en las entradas de línea a la subestación y por cada fase en la entrada a los transformadores.

Las características de la autoválvulas son:

Tensión de servicio continuo (fase-tierra): 132kV
Tensión de cebado (fase-tierra): 208kV
Tensión asignada: 108kV
Tensión máxima transitoria TOV 1s (fase-tierra): 153kV
Tensión máxima transitoria TOV 10s (fase-tierra): 153kV
Intensidad máxima de descarga: 100kA
Longitud de la línea de fuga: 5302mm

Las características acerca de su geometría y dimensión, se encuentran especificadas en el Documento Planos.

5.4. Parque de 66kV

5.4.1. Descripción

El parque de 66kV de la subestación proyectada, está destinado a realizar la conexión y alimentar a la red de distribución de 66kV que recorrerá zona de la geografía gaditana. Además también se destinará su uso a la interconexión con una red de transporte de 132kV mediante uno de los transformadores trifásicos de potencia de 40MVA, con los que cuenta la subestación.

Para este parque se ha realizado una configuración de doble barra. Esta configuración permite la seguridad continua del suministro de energía a todos los puntos que la red de distribución de 66kV alimente, incluso en el caso de tener que realizar cualquier tipo de operaciones de maniobra o mantenimiento del embarrado o aparamenta del parque.

El parque de 66kV estará formado por los siguientes elementos:

- 5 salidas de línea de 66kV.
- 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 entrada de las líneas.
- 22 aisladores de soporte que fijen los embarrados (principales y secundarios).
- 21 autoválvulas pararrayos para la protección de la subestación contra las sobretensiones de tipo atmosférico.

La superficie en la que va a estar contenida el parque de 66kV es de 1587,4m². Además se ha provisto al parque de un vial en todos su perímetro, para permitir realizar, con mayor espacio y seguridad, operaciones de maniobra y mantenimiento por parte del personal, cualificado, que esté trabajando en cualquier momento en la subestación.

5.4.2. Magnitudes eléctricas

Por su diseño y cálculo, las magnitudes eléctricas principales son varias.

En primera parte, la tensión nominal. Impuesta esta tensión normalizada por las líneas de distribución de 66kV que salen de los embarrados que alimentan la subestación.

También es importante el parámetro de la corriente máxima que circulará por la subestación y que está fijada por la potencia máxima que puede llevar un circuito de la subestación proyectada en caso de fallo del otro circuito que la forma. Este valor es de 612,3A en el caso de los embarrados principales y de 306A en los embarrados secundarios.

Para el cálculo de todos los esfuerzos (térmicos y dinámicos) y de la red de tierras de la subestación, se considerará una corriente máxima de cortocircuito de 31,5kA, con un tiempo de extinción de la falta de 0,5 segundos. La compañía suministradora encargada de la explotación de la subestación nos ha proporcionado la potencia máxima de cortocircuito que puede alcanzar la misma en los puntos de entrada a la subestación, siendo del valor de

500MVA para la red eléctrica de 66kV. Para el diseño de la subestación se utiliza el valor de corriente de cortocircuito de diseño para el parque de 66kV de 31,5kA, según la normativa CEI. Toda la aparamenta que forma parte del parque está previamente dimensionada para poder soportar las corrientes de cortocircuito que se han establecido, según la normativa vigente.

De la tensión nominal establecida para nuestro parque, se sabe que la tensión más elevada que soporta el material tendrá el valor de 72,5kV y la tensión nominal máxima soportada para tensiones de tipo rayo alcanza el valor de 325kV. La tensión soportada nominal de corta duración a frecuencia industrial será de 140kV. Estos datos vienen normalizados en la ITC-MIE-RAT-04 y ITC-MiE-RAT-12.

Por otra parte, el grupo de nivel de aislamiento al que pertenece el parque es al B, según ITC-MIE-RAT-12, ya que la tensión asignada a la subestación se encuentra entre los niveles de tensión de 36kV y 245kV.

En resumen, se muestra en la siguiente tabla todas las magnitudes eléctricas citadas anteriormente.

Tensión nominal	66kV
Tensión más elevada del material	72,5kV
Tensión nominal soportada a los impulsos tipo rayo	325kV
Tensión nominal soportada de corta duración a frecuencia industrial	140kV
Intensidad nominal	612,51 ^a
Corriente de cortocircuito de diseño y tiempo de extinción	31,5kA y 0,5 segundos
Grupo de aislamiento	B

Magnitudes eléctricas del parque de 66kV.

La justificación de estas magnitudes están desarrolladas en el Anexo nº 1: Cálculos.

5.4.3. Distancias

Los criterios establecidos para seleccionar las distancias mínimas que se deben cumplir, en función de la tensión de la subestación, se encuentra normalizados en la instrucción técnica complementaria 12 de reglamento electrotécnico de alta tensión.

A continuación, se indican las distancias mínimas admisibles que tiene que haber entre elementos para la seguridad de la subestación.

Distancia entre conductores.

Distancia fase-tierra	Distancia mínima	Distancia establecida
cm	63	200

Distancias fase-tierra entre conductores

Distancia fase-fase	Distancia mínima	Distancia establecida
cm	63	200

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 alta tensión a un solo lado (cm)	100	120
Pasillos de maniobra con elementos de alta tensión (cm)	120	150
Pasillos de inspección con elementos en alta tensión a un solo lado (cm)	80	120
Pasillos de inspección con elementos en alta tensión a ambos lados (cm)	100	150
Altura de elementos en tensión sobre pasillos (cm)	313	450

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

Distancia 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
De los elementos en tensión al cierre cuando es una pared maciza $K < 250\text{cm}$	160	160
De los elementos en tensión al cierre cuando es un enrejado de altura $K \geq 220\text{cm}$	213	870

Distancia en zonas de protección desde el exterior de la instalación

Se puede ver que todas las distancias establecidas y necesarias para la seguridad, tanto en el exterior como en el interior de la subestación, son superiores a las distancias mínimas exigidas en las instrucciones técnicas 12, 14 y 15 del reglamento electrotécnico de alta tensión.

Todas las distancias mínimas exigidas se encuentran justificadas en el Anexo nº1: Cálculos.

5.4.4. Embarrados

Embarrados Principales

La utilización de los embarrados principales de la subestación es la de conexión de las entradas procedentes de la línea, con las posiciones del transformador de potencia de la misma.

Guiándonos en la normativa vigente, los tubos que forman parte de los embarrados han de ser suministrados en tiradas continuas y no ser soldados en ningún punto o tramo, pudiéndose proceder a pie de obra sólo para su limpieza y montaje posterior.

Los embarrados principales del parque de 132kV, serán tubos de aleación de aluminio cuyas características dimensionales, mecánicas y eléctricas son las siguientes:

Aleación: AlMgSi0,5 F22
 Diámetro exterior: 120mm
 Diámetro interior: 100mm
 Sección total del conductor: 3456mm²
 Peso propio del conductor: 9,33kg/m
 Momento de inercia: 812cm⁴
 Momento resistente: 110cm³
 Módulo de Young: 69200N/mm²
 Límite de fluencia: 160N/mm²
 Coeficiente de dilatación: 0,023m/m°C
 Carga de rotura: 205N/mm²
 Intensidad máxima admisible: 3795A

Los embarrados principales tendrán una longitud total de 32 metros. Los apoyos, cuya función es la de resistir los esfuerzos mecánicos del embarrado, estarán dispuestos con una distancia de separación de 8 metros. Los tubos se construirán separados a una distancia de 2 metros entre uno y otro, como hemos establecido en el apartado 5.3.3.

En el Anexo: nº1: Cálculos, se detallan los cálculos eléctricos y mecánicos que justifican el uso de estos tubos para su uso como embarrados principales de la subestación proyectada. Los embarrados principales estarán constituidos también por aisladores de soporte del tipo C4-325, cuya función es la de aislar a los apoyos que soportan los conductores de la tensión que estos tienen.

Las características de los aisladores de soporte, según el fabricante, PIONSA, son las siguientes:

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

Todos los cálculos que justifican el uso de estos aisladores en el embarrado principal del parque de 66kV están desarrollados en el Anexo nº1: Cálculos.

Embarrados secundarios

Los embarrados secundarios que forman parte del parque de 66kV tienen la función de conectar los embarrados principales con la armadura del parque.

Al igual que en el embarrado principal, estos embarrados están conformados por una aleación de aluminio cuyas características dimensionales, mecánicas y eléctricas son las siguientes:

Aleación: AlMgSi, 5 F22
Diámetro exterior: 80mm
Diámetro interior: 68mm
Sección total del conductor: 1394mm²
Peso propio del conductor: 3,76kg/m
Momento de inercia: 96,1cm⁴
Momento resistente: 90cm³
Módulo de Young: 68600N/mm²
Límite de fluencia: 160N/mm²
Coeficiente de dilatación: 0,023m/m°C
Carga de rotura: 225N/mm²
Intensidad máxima admisible: 2020A

La longitud de los embarrados será de 5 metros. Los apoyos cuya función ya hemos indicado anteriormente estarán separados a una distancia de 5 metros. Los tubos que forman los embarrados estarán separados también a una distancia de 2 metros entre fase y fase.

La justificación de la utilización de este tipo de tubo para el embarrado se encuentra en los cálculos realizados en el Anexo nº1: Cálculos.

Al igual que en los embarrados principales, en este embarrado también se van a utilizar aisladores de soporte para que los apoyos no estén en tensión, aunque en este caso los aisladores utilizados serán del tipo C4-325.

Estos aisladores van a tener las siguientes características, que según el catálogo del fabricante, también PIONSA, son:

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

De la misma manera que en los aisladores del embarrado principal, la justificación de su uso se encuentra descrita en los cálculos realizados en el Anexo nº1: Cálculos.

5.4.5. Pórticos

Se realizarán pórticos en el parque de 66kV con una altura de 11 metros para soportar los conductores que conexionan las líneas de salida con los embarrados de dicho parque. Estos conductores serán de Aluminio-Acero de 110mm² de sección.

Para este proyecto no se han calculado las tensiones porque se consideran pequeñas, debido a los vanos tan cortos que hay entre un pórtico y otro.

Los pórticos también llevarán la alimentación desde la salida de la salida de los transformadores a las barras. Los conductores sujetos alimentarán a una barra u otra dependiendo de la apertura o cierre de la apartamento de protección y maniobra, que se encuentran antes de la llegada a las barras.

Los aisladores de los pórticos serán cadenas de amarre compuestas por 8 aisladores U120B de vidrio por fase.

5.4.6. Piezas de conexión

Debido a las variaciones de temperatura que se producen en los embarrados, tengo primarios como secundarios, se instalarán unas piezas elásticas que absorberán esas variaciones, permitiendo la dilatación de los conductores sin producir ningún efecto que cause graves consecuencias en las bornas de conexión.

El cálculo de las variaciones, centrándonos en dilataciones en cada uno de los embarrados a causa de la temperatura, se encuentran descritas y justificadas en el Anexo nº1: Cálculos.

Las piezas de conexión que unen las bornas de los distintos elementos que forman la apartamento con los conductores estarán compuestas por un material de aleación de aluminio, cuyos ensayos, previstos por el fabricante, soporten las intensidades de funcionamiento y de cortocircuitos calculadas.

5.4.7. Características de la aparamenta

Módulos híbridos PASS MO 72.5kV

Los módulos híbridos, con tecnología PASS, son módulos compactos de intemperie, aislados en hexafluoruro de azufre (SF_6), agrupando en un único elemento el interruptor, seccionador de barras, seccionador de líneas, su puesta a tierra, y el transformador de intensidad. Este material aislante se utiliza para evitar posibles arcos eléctricos que puedan ocurrir en caso de que el interruptor que forma parte del módulo se abra a causa de un cortocircuito.

Las funciones que tienen cada uno de los elementos que forman el módulo son las siguientes:

Interruptor automático:

Establece, mantiene e interrumpe la intensidad de servicio, o interrumpe automáticamente intensidades elevadas que puedan dañar la subestación, como es el caso de las corrientes de cortocircuito, producidas por alguna falta en alguno de los conductores, y sobreintensidades, que pueden dañar los conductores de la subestación debido al aumento de temperatura que estas provocan por efecto Joule.

Transformador de intensidad:

- Transformador cuya función es la de reducir la intensidad que pasa por los conductores de la subestación a una más reducida, y así poder realizar la alimentación de los instrumentos de medida y relés.
- Transformador que protege los conductores cuando se produce alguna falta, evitando que la alta intensidad que se produce pueda dañar los elementos que forman el equipo de protección.
- Transformador que protege al personal que de servicio en la subestación, haciendo que la intensidad que llega a los paneles de control sea lo bastante pequeña para no ser peligrosa su manipulación.

Seccionador de barras:

La función del seccionador es la separación física y de forma apreciable, a simple vista de operario que este en ese momento, de la unión entre las barras principales y las barras secundarias. Estos tienen la capacidad de apertura y cierre siempre y cuando la corriente que pase a través de ellos sea nula y despreciables.

Seccionador de líneas:

La función del seccionador es igual al seccionador descrito anteriormente, pero la separación física es la de los conductores que forman parte de una de las calles de la subestación con las líneas de distribución salientes.

El volumen que adquiere ese módulo híbrido es el equivalente al de un interruptor automático convencional de las mismas características. Además al estar todos los elementos aislados en SF_6 , garantiza una gran fiabilidad y durabilidad de todos ellos independientemente de las condiciones externas del entorno en el que se encuentra la subestación. Ofrece por lo tanto, una mayor seguridad tanto a la subestación como al personal que, Cualificado, esté trabajando en ese momento.

El modelo elegido para el parque de 66kV es el PASS Mo 72,5kV de la marca ABB. Las características de este equipo híbrido, según el catálogo facilitado por el fabricante, son:

Tensión nominal de red: 66kV
Tensión más elevada: 72,5kV
Frecuencia: 50Hz
Tensión soportada nominal a impulsos tipo rayo: 325kV
Tensión soportada nominal a frecuencia industrial: 140kV
Corriente máxima admisible: 2000A
Corriente de cortocircuito soportada: 40, kA
Tiempo máximo soportado hasta el despeje de la falta: 3s

Las características asignadas a los interruptores automáticos son:

Fluido para el aislamiento: Hexafluoruro de azufre (SF₆)
Tiempo de apertura: <50ms
Tiempo de cierre: <150ms
Tensión auxiliar de alimentación del motor: 125V
Tensión auxiliar de las bobinas de apertura: 125V
Tensión auxiliar de las bobinas de cierre: 125V

Las características asignadas a los transformadores de intensidad son:

Relación de transformación: 1200/15^a

Potencias de los arrollamientos:

- Secundario 1: 10VA
- Secundario 2: 20VA
- Secundario 3: 30VA
- Secundario 4: 30VA

Las características asignadas a los seccionadores son los siguientes:

Accionamientos de cuchillas principales: Motorizado
Poder de cierre del seccionador de puesta a tierra: 80kA
Tensión auxiliar de alimentación motora y de accionamiento: 125V

Los módulos híbridos compactos son modulables y se pueden intercambiar los seccionadores de líneas y barras, para poder conseguir la disposición que sea mas adecuada. En el caso de los módulos acoplados a las barras secundarias del parque de 66kV, serán instalados a ambos lados del PASS MO, módulos de seccionamiento de línea con el correspondiente transformador de intensidad toroidal.

5.4.8. Transformadores de tensión capacitivos

Los transformadores de tensión, instalados en el parque de 132kV de la subestación proyectada, tiene las siguientes funciones:

- El transformador de tensión convierte la tensión de la barra en otra más reducida y normalizada para la alimentación de los equipos que componen los instrumentos de medida y protección.
- Protege al personal que trabaja en los paneles de control, haciendo que sea lo suficientemente reducida para no ser peligrosa a la hora de realizar maniobras de manipulación y colocación.

- Permite la transmisión de señales de alta frecuencia a través de las líneas.
- Sirve de instrumento de medida de la tarificación de la energía distribuida.

Los transformadores de tensión, monofásicos, utilizados en el parque de 132kV, son del modelo DDB-72 de la marca ARTECHE. El número total de los transformadores de tensión utilizados en el parque es de 12. Se coloca un juego de tres transformadores en cada entrada de línea a la subestación (uno por cada fase), y otros tres a la entrada de los transformadores trifásicos de potencia.

Las características técnicas ofrecidas por este tipo de transformador, según el catálogo facilitado por el fabricante son:

Tensión máxima de funcionamiento: 72,5kV
Tensión soportada nominal a impulsos tipo rayo: 325kV
Tensión soportada nominal a frecuencia industrial: 140kV
Frecuencia: 50Hz
Capacidad: 10300pF
Línea de fuga: 1825mm

Con respecto a las características dimensionales de los transformadores de tensión, el catalogo del fabricante las aporta:

Altura Trafo: 1510mm
Diámetro en planta: 450mm
Altura soporte: 3800mm
Altura total: 5310mm

Además, estas características dimensionales y las geométricas podemos encontrarlas especificadas con mayor detalle en el documento planos.

5.4.9. Autoválvulas

Las autoválvulas pararrayos que se van a instalar en el parque de 66kV de la subestación proyectada están destinadas a proteger la misma contra sobretensiones de tipo atmosférico. Normalmente, su instalación se realiza en ambos lados de la aparamenta de transformación de potencias, y al comienzo de la líneas que salen de la subestación.

Las autoválvulas seleccionadas en el parque de 66kV marca INAEL modelo ZSP0060. La selección de este tipo de autoválvula se encuentra justificada en el Anexo nº1: Cálculos.

El número utilizado de autoválvulas para este parque es de doce. Al ser también un equipo monofásico, se colocaran una por fase en las entradas de línea a la subestación y por cada fase en la entrada a los transformadores.

Las características de la autoválvulas son:

Tensión de servicio continuo: 66kV
Tensión asignada normalizada: 60kV
Tensión de cebado: 128kV
Distancia de arco: 720mm
Intensidad máxima de descarga: 10kA

Las características acerca de su geometría y dimensión, se encuentran especificadas en el Documento Planos.

5.4.10. Transformación

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

Cada uno de los transformadores cumplirá la normativa que se fija y ha de regirse en la Instrucción Técnica Complementaria nº 7 de Reglamento Electro Técnico de Alta Tensión (ITC-MIE-RAT-07).

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

Tipo de instalación: de intemperie
Número de fases: 3
Frecuencia nominal: 50Hz
Potencia nominal: 40MVA
Relación de transformación: 132/66kV
Tensión máxima de servicio: 145kV
Reactancia de dispersión 12%
Intensidad de cortocircuito soportada:
1. En el lado de 132kV: 44kA
2. En el lado de 66kV: 34,6kA

La refrigeración de ambos transformadores será mediante circulación natural de aceite a través de radiadores enfriados por aceite natural, tipo ONAN y forzado con unos ventiladores tipo ONAF

Sobre la conexión en la que estarán dispuestos ambos arrollamientos, hay que decir que tanto el primario como el secundario será en estrella. También hay que añadir que la puesta a tierra del los dos transformadores se realizara mediante conexión del neutro rígido a tierra. También contara con un devanado terciario, cuya utilización es la de alimentar los equipos auxiliares. Este devanado estará compuesto por un arrollamiento de cobre cuya configuración será en triángulo.

El líquido refrigerante estará almacenado en dos depósitos, uno para cada transformador trifásico de potencia, para la recogida del mismo en caso de fuga, ya que este puede ser peligroso. El volumen del deposito será del 110% del volumen de aceite contenido en el interior de transformador.

Ambos transformadores estará dotado de 4 ruedas con las que pueda desplazarse sobre carriles, haciendo su movimiento a otro lugar, en caso de mantenimiento, más cómodo. Cuando el transformador esté situado en el lugar idóneo y comience su funcionamiento, sus ruedas quedarán bloqueadas para que no se produzca ningún accidente.

Los transformadores de potencia dispondrán de los siguientes elementos:

- En las bornas de ambos arrollamientos, transformadores de intensidad, cuya finalidad será de utilizarlos para la regulación de la tensión y el control térmico del transformador.
- Un equipo de preservación de aceite.
- 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, elevadoras 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. Actúa hundiéndose en una zona de acumulación de gases y generando la señal de alarma. El segundo, es el de disparo y se produce cuando, ante una emisión incontrolada de gases, se produce un arrastre del flotador.

5.5.Red de tierras.

La subestación se encuentra en un terreno cuya resistividad ha sido mejorada a un valor de $300\Omega\text{m}$.

La red de tierra cuenta con una malla de conductor desnudo de cobre de 70mm^2 . Esta malla cuenta con una superficie rectangular de 13392m^2 , con una longitud total de conductor de 6992m . Esta malla está dispuesta por electrodos separados por una distancia de 4m , en ambas longitudes a la subestación proyectada. Dicha malla se encuentra a una profundidad de $0,8$ metros de la superficie

El conductor perimetral de la malla se ha dispuesto a $1,5\text{m}$ de longitud del lado de la valla que encierra a la subestación, cuyo valor es de 105m , y 2 metros en el otro lado cuyo valor es 120m .

En la red de tierras de la instalación proyectada no se ha previsto de picas en adición. Únicamente la malla forma parte de la red de tierras.

La resistividades que se han tenido en cuenta para las distintas capas superficiales existentes en la subestación son las siguientes:

- Capa superficial de grava para el interior de la subestación. Resistividad de $3000\Omega\text{m}$ y un espesor de 15cm .
- Capa superficial de asfalto para los viales de la subestación. Resistividad de $5000\Omega\text{m}$ y un espesor de 6cm .
- Capa de hormigón para el perímetro de la subestación (acera). Resistividad de $2500\Omega\text{m}$ y un espesor de 15cm .

El Procedimiento que se ha seguido para el cálculo de la red de tierra está desarrollado en el apartado 2 del MIE-RAT-ITC-13. Mediante estos procedimientos hemos obtenido los siguientes datos:

- Investigación de la característica del suelo: Resistividad del terreno de $300\Omega\text{m}$.
- Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y del tiempo máximo correspondiente de la eliminación del defecto: Intensidad de puesta a tierra de 2,198kA y con tiempo de corte de 0,5 segundos.
- Diseño preliminar de la instalación: expuesto anteriormente.
- Cálculo de la resistencia del sistema de tierra: $1,18\Omega$.
- Cálculo de la tensiones de paso en el exterior de la instalación: tensión de paso de 147,7V.
- Cálculo de la tensión de paso y contacto en el interior de la instalación: tensión de paso de 147,7V y tensión de contacto de 190,52V.
- Comprobación de comprobación de que las tensiones de paso y contacto son menores que las admisibles: comprobaciones realizada en la tablas del Anexo nº 2: Tablas.
 - Tensión de contacto:
Tensión de contacto admisible en la superficie de hormigón: $997,23\text{V} > 190\text{V}$.
Tensión de contacto admisible en la superficie de asfalto: $1263,45\text{V} > 190\text{V}$.
Tensión de contacto admisible en la superficie de grava: $1110,29\text{V} > 190\text{V}$.
 - Tensión de Paso:
Tensión de paso admisible en el terreno: $7956\text{V} > 147\text{V}$.
- Investigación de las tensiones transferibles al exterior:
- Corrección y ajuste del diseño inicial estableciendo el definitivo: puesto que el diseño inicial ha sido desarrollado correctamente, no ha habido que corregir ningún tipo de parámetro.

5.6.Sistemas de control y protección

El sistema de control estará formado por un centro de control, cuya ubicación se encuentra en el edificio de control que posee la subestación.

En la subestación se instalarán una serie de unidades de control (ULC) que recogerán toda la información del telecontrol de cada uno de los parques que forman la subestación. Estos ULCs van a estar conectado con el edificio de control a través de fibra óptica.

Se instalarán un total de 12 ULCs que estarán puestos en cada una de las barras que componen los parque de la subestación.

En cuanto a los sistemas de protección, cumplirán todos los aspectos funcionales que conlleva la protección, comunicación y teledisparo. Este sistema estará telemandado desde el centro de control propio de la subestación.

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

Posición de línea:

Es la protección principal: con este elemento dispondremos de 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 la recepción y de la emisión de una falta en alguno de los interruptores de los extremos de la línea mediante teledetección. Estos llegan hasta el centro de control y se envían a los elementos respectivamente por medio de ondas portadoras.

Posición de transformador:

Respecto a este punto, incorporará las siguientes funciones de protección incluyendo los dos niveles de tensión en los que se encuentra el transformador: 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 del parque de 66kV. Con esta protección incluiremos: 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:

Son las protecciones diferenciales que formaran parte tanto del parque de 132kV como del parque de 66kV.

General

Se realizará la inclusión de medida de energía reactiva, activa y tensión en las posiciones de línea y de transformador mediante los transformadores de tensión capacitivos.

6. Descripción de las instalaciones

6.1. El edificio

Se realizará la construcción de un edificio de mando y control anexo a la subestación que tendrá unas dimensiones en planta de 15x25 metros, generando este una superficie de construcción total de 375m². La altura del mismo será de 4 metros.

El edificio, que se divide en 5 salas, dispondrá de una sala de mando y control, una sala de comunicaciones, una sala de servicio auxiliares, una sala de almacenamiento, y una sala con aseos y vestuarios.

La construcción del edificio se tratará básicamente en un zócalo inferior de hormigón visto, cerramientos a base de bloque de hormigón con cara vista y cubierta plana con placas de aluminio impermeables. Contará con varios ventanales que estarán protegidos por varias mallas de hierro forjado y una extractor para la renovación del aire interior de la sala de control y mando. Las cimentación vendrá determinado 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 los conductores entre dependencias, se utilizarán tubos que estarán localizados en la solera del edificio, y para el paso de cables entre la subestación y el edificio se habilitarán huecos para que la longitud sea lo más corta y óptima posible. Posteriormente a la finalización de la obra, estos huecos serán sellados.

El suministro de agua para la sala donde se encuentran los vestuarios y aseos se realizará mediante una acometida proveniente de la red de suministro.

6.2. Telecontrol y comunicaciones

Las necesidades de telecontrol y comunicaciones se basarán 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 una mayor velocidad y calidad de la información que se recibe desde los aparatos de control que posee la subestación hasta la sala de comunicaciones.

Para la realización de las comunicaciones remotas, se instalará un armario de comunicaciones en la sala de control del edificio construido. Dicho armario estará alimentado por un rectificador de batería de 48 voltios.

6.3. Equipos de medida

Los equipos de medida, de los cuales obtenemos todos los valores de tensión, frecuencia, potencia activa, potencia reactiva e intensidad, estarán localizados en el armario que se encuentra en la sala de control. Este armario contará con los contadores de energía para contar con la información de la posición de los transformadores.

6.4. Servicios generales

6.4.1. Cuadro de corriente continua y alterna

En el edificio anexo a la subestación se instalará un cuadro de corriente continua y alterna, separados por un rectificador, para la alimentación de todos los elementos de protección, control, señalización y emergencias.

El cuadro de c.a. estará colocado en el lado al lado de los transformadores de 250kVA. Con el que dispondrá de interruptores automáticos de 10 Amperios tanto para el alumbrado exterior e interior como para las tomas de fuerza. Estará dispuesto también por un diferencial de 30mA de sensibilidad para los defectos a tierra. Este cuadro llevará a cada uno de los puntos de consumo de potencia mediante cables de cobre con protección XLPE de 2,5 Amperios para cada circuito.

El cuadro tendrá un interruptor general de protección de 32A

6.4.2. Sistema de Mando y protección

Se realizará el diseño de un sistema informático para el control de los cuatro armarios de protección con los que cuenta el edificio. El primer cuadro irá destinado al control, en el ámbito de protección, del parque de 132kV. El segundo controlará los dos transformadores de potencia de 40MVA pertenecientes a la subestación. El tercero actuará sobre el parque reductor de 66kV y finalmente, el cuarto armario controlará el acoplamiento correcto entre las dos barras con la que consta el parque de 66kV (construcción en doble barra).

Además, los armarios estarán equipados con protecciones de distancia y de sobreintensidad para las líneas. También, protecciones para los transformadores como protecciones diferenciales, reguladores de tensión capacitivos y protecciones contra sobreintensidades en ambos lados del transformador.

6.4.3. Rectificador de batería

La alimentación de los equipos de protección y control se realizarán mediante 4 equipos rectificadores más el almacenamiento de energía. Los dos primeros estarán compuestos por dos rectificadores de onda más una batería de 325V destinados al parque de 132kV. Los dos segundos estarán formados por dos rectificadores de onda y una batería de 125V destinados también al parque de 132kV

Referido a la alimentación de los sistemas de telemando y control, se instalara otra batería de 48V con rectificador de onda.

Todos estos equipos estarán situados el edificio de control

6.4.4. Transformadores de servicios auxiliares.

Para atender las necesidades que requieren los servicios auxiliares con los que consta la subestación proyectada, se cuenta con un transformador de potencia de la marca IMEFY, cuya ubicación estará localizada en una sala, adecuada para su uso, del edificio de control. Este contará además de un armario de distribución que llevará la alimentación a todos los puntos finales de cada uno de los servicios auxiliares. El transformador que se utilizará tendrá una relación de transformación de 20000/380V, con una potencia aparente de 250kVA. La alimentación de dicho transformador se realizará mediante la salida subterránea de una línea que parte del devanado terciario de los transformadores de potencia de 40MVA hasta el emplazamiento del mismo.

Las características son:

Tensión primaria: 20kV

Tensión secundaria: 4000V

Tensión de cortocircuito: 4%

Potencia: 250kVA

Transformador: de potencia en baño de aceite

Peso: 600kg

Dimensiones: 1280x1270x820mm

6.4.5. Instalación de alumbrado, ventilación y aire acondicionado

La instalación de la subestación contará con equipos de alumbrado y fuerza. La primera instalación alimentará a cada uno de los elementos del alumbrado, en nuestro caso será

únicamente el alumbrado exterior, interior y el alumbrado de emergencia. Con respecto a la instalación de fuerza, este alimentará a cada una de las bombas de calor y Splits necesarios para el acondicionamiento de las salas interiores del edificio anexo. Además esta instalación alimentará varios puntos de fuerza del interior de las salas y un equipo de ventilación forzada ubicado en la sala de control para la renovación continua del aire interior de dicha sala.

El alumbrado exterior del edificio tiene como función la mejora del acceso al mismo. Su alimentación es mediante corriente alterna a través del armario de distribución de servicios auxiliares que se ha mencionado anteriormente. La alimentación se realizará mediante cables de 2,5 mm² de sección, protegido un interruptor de 10 A. Tanto los circuitos de interior como los de exterior están protegidos por un diferencial de 30mA para el conjunto de circuitos de alumbrado.

El alumbrado interior del edificio también se alimentara mediante corriente alterna, procedente del armario de distribución de servicios auxiliares. Junto con el, también se encuentra el alumbrado de emergencia que tendrá las mismas características de alimentación que el alumbrado interior. Se realizarán 5 circuitos por cada sala. Cada circuito está alimentado con cable de 1,5

Los sistemas de ventilación y aire acondicionado son importantes porque tienen la finalidad de mantener la temperatura del interior de las salas por debajo de los niveles máximos en el que los equipos, que se encuentran en el interior del edificio, pueden funcionar correctamente, como es el caso de sistemas informáticos y armarios de servicios auxiliares, protección, telemando y rectificadores de baterías.

Se relizarán tomas de fuerza en dos circuitos con una potencia de 2000W y estarán alimentadas con cable de acero XLPE de 2,5mm². Las protecciones estarán compuestas por un interruptotr automático de 16amperios y diferencial de 30mA de sensibilidad para los dos circuitos.

Con respeto a la iluminación, los tipos de sistemas de iluminación escogidos según el Reglamento de Eficiencia Energética para Alumbrado Exterior, son:

Alumbrado Interior

El alumbrado interior consiste en proporcionar el nivel de iluminación adecuado en todos aquellos lugares donde se esté produciendo algún tipo de trabajo o movimiento, para no causar accidente alguno que perjudique al personal de la subestación.

Las lámparas fluorescentes T8 serán las empleadas en el interior del edificio cuyo uso son para: despachos, oficinas, aseos, vestuarios, comedores, laboratorios, pasillos, almacenes y zonas de similares características. Este sistema de iluminación debe poseer un balastro de tipo electrónico para limitar el consumo de corriente de la lámpara. Las características facilitadas por el fabricante, en este caso philips, de estas lámparas son las siguientes:

Número de artículo: MASTER TL-D Super 80 58W/840 1SL/25

Iluminación indirecta y suspendidos en el techo

Potencia de la luminarias: 58W

Flujo luminoso de las luminarias: 5240Lúmenes

Longitud: 1500mm

Diametro: 26mm

En nuestro caso, una vez obtenidos todos los coeficientes necesario para el cálculo del número de luminarias necesaria, cada una de las salas dispondrá del siguiente número de luminarias:

- Comunicaciones (habitación 1): 10 Unidades
- Almacén (habitación 2): 9 Unidades
- Servicios Auxiliares (habitación 3): 8 Unidades
- Control (habitación 4): 8 Unidades
- Vestuario (habitación 5): 2 Unidades
- Pasillo (habitación 6): 3 Unidades

La potencia total de la instalación de alumbrado interior es de 2320W.

Alumbrado exterior

El alumbrado consiste en proporcionar el nivel de iluminación óptimo en todos los puntos necesarios al aire libre que por un motivo u otro lo necesitan, como por ejemplo: turísticos, deportivos, estéticos, de seguridad ciudadana, de seguridad vial, etc. En nuestro caso el motivo es que todo el personal que este trabajando pueda realizar su labor en zonas cercanas de la manera mas segura posible

Las luminarias utilizadas para el exterior serán del tipo: LED. Estas luminarias se utilizara para la zona de producción porque proporcionan una alta gestión energética y buen rendimiento. Además poseen una vida media aceptable y una relación de lúmenes de potencia muy buena.

Siguiendo la ITC-EA-02 de eficiencia energética nuestro alumbrado será de la clase CE4, dentro de las situación de proyecto D1-D2

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.....	S1 / S2
	Normal	S3 / S4
D1 - D2	• Áreas de aparcamiento en autopistas y autovías. • Aparcamientos en general. • Estaciones de autobuses. Flujo de tráfico de peatones	
	Alto.....	CE1A / CE2
	Normal	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.....	CE2 / S1 / S2
	Normal	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.

Las características de la luminaria utilizada para el alumbrado exterior, facilitadas por el fabricante DATA SHEET, son las siguientes:

Modelo: Corn E27

Potencia: 100W

Alimentación: 220-240V

UNIVERSIDAD DE JAÉN
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE JAÉN
DISEÑO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA CON PARQUE DE 132kV y 66kV
Frecuencia: 50Hz
Luminosidad: 900lm
Factor de potencia: 0,95
Longitud: 120mm
Diámetro: 50mm
Haz de Luz: 360°

Siguiendo todos los pasos matemáticos, que se encuentran explicados en el Anexo nº1: Cálculos, El número de luminarias utilizadas para este proyecto es de 10, las cuales estarán dispuestas a una altura de 8 metros. Por lo tanto la potencia necesaria para la alimentación de este alumbrado será de 900W.

6.4.6. Sistema de protección contra incendios e intrusos

El edificio de control, por su enorme importancia a la hora de llevar el control de todos los elementos que se encuentran en la subestación y de la seguridad de todos los aparatos que se encuentran dentro del mismo, se dispondrá de un sistema de detección y extinción de incendios, así como un sistema de alarma de intrusismo.

El sistema de detección de incendios contará con una serie de elementos detectores, instalados en los lugares mas apropiados del interior del edificio, que ante cualquier presencia de humo o alta temperatura térmica actuarán como alarma. Estos detectores estarán ubicados en el techo de cada una de las salas que forman parte del edificio.

Los equipos que actuaran para la extinción de incendios serán extintores portátiles de espuma que estarán colocados a una altura de 1,5 metros del suelo.

El sistema de seguridad de intrusismo estarán formados por cuatro sensores de movimiento. Uno estará colocado sobre la puerta de entrada al edificio y demás se encontrarán colocados sobre las tres paredes restantes del mismo. También dispondrá el sistema de cuatro cámaras situadas en los perfiles vallado que encierra toda la subestación. Estas cámaras serán alimentadas por energía fotovoltaica y almacenada en baterías en caso de presencia nula de sol.

6.4.7. Cerramientos y señalización

Para el acceso a la subestación, se dispondrá de una puerta metálica de 10 metros, con una entrada para el 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 3 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, mas toda la señalización reglamentaria que según la norma vigente debe estar para la instalación de alta tensión.

7. Obra civil

7.1.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 va a ser condición de las características del terreno en el que se sitúe la subestación y de las recomendaciones incluidas en el estudio geotécnico que ha de realizarse previamente al inicio del proyecto. Se realizará también la preparación del camino que de acceso desde la carretera más próxima a la subestación.

7.2.Cimentaciones

Las cimentaciones se ejecutarán para soportar y sujetar los elementos instalados en la subestación.

Estas cimentaciones estarán compuestas por hormigón y se proyectarán teniendo en cuenta todos los esfuerzos que tenga, este material, que soportar por parte de todos los elementos, para asegurar la estabilidad al vuelco en las peores condiciones.

Estas cimentaciones también poseerán canalizaciones de tubos de PVC para permitir el paso de cables a los diferentes puntos que este tenga que alimentar. Como es el caso de la alimentación del edificio de control, y de los embarrados, que en el último caso son alimentados por las líneas subterránea de 132kV.

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 132kV

- 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.
- Cimentaciones de aisladores de soporte: se construirán un total de 18 unidades

Parque de 66kV

- Cimentación de transformadores de tensión: se construirán un total de 6 unidades.
- Cimentación de autoválvulas: se construirán un total de 21 unidades.
- Cimentación de equipos híbridos: se construirán un total de 8 unidades.
- Cimentaciones de aisladores de soporte: se construirán un total de 45 unidades

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

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

Se establecerán también 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 estarán compuestos de aglomerado asfáltico y se asentarán sobre una base de grava-cemento para un mayor aislamiento del recinto y mayor seguridad para cualquier personal autorizado que este circulando por los viales. Estos viales tendrán una pequeña pendiente para que no se produzca acumulación de agua en el supuesto caso de que se produzcan lluvias.

7.3.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 1150x600mm de los prefabricados CAÑETE de fundición con plástico impermeable. Su diseño se realizará de dimensiones adecuadas para interconectar los tramos de tubo de polietileno. Existen tres tipos de arquetas prefabricadas, tipo A2.

7.4.Sistema de recogida de aceite

Para evitar los vertidos accidentales de aceite que provienen de los depósitos de los transformadores, se realizará la construcción de un sistema de recogida de aceite que permitirá encauzarlo hasta un depósito estanco que se encuentra en medio de los dos transformadores, donde se retirará el mismo de manera periódica.

El sistema estará formado 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 que no lleguen a acumularse en la red, facilitar su circulación hasta la salida y no causar accidente alguno. Según establece la normativa vigente, el depósito tendrá un volumen del 110% del volumen de un solo transformador.

8. Estructuras metálicas y soportes

Las estructuras y soportes de la aparamenta del parque se construirán con perfiles de acero de alma llena normalizado y con previos ensayos mecánicos por parte del fabricante, según la normativa impuesta. Las estructuras y soportes tendrán acabado galvanizado en caliente como protección contra corrosión.

La altura de todos los soportes de aparamenta será lo suficientemente alta para cumplir con las distancias mínimas establecidas, en la subestación proyectada, por las Instrucciones Técnicas Complementarias correspondientes del Reglamento de Alta Tensión.

Estas alturas establecidas, serán las descritas anteriormente en los puntos 5.3.3 y 5.4.3.

9. Descripción de la línea subterránea de alta tensión

9.1.Descripción de la instalación.

En el último apoyo de la línea aérea se realizará la conversión de ambas líneas de aérea a subterránea para la acometida al parque de 132kV de la subestación proyectada, este apoyo

contara con seccionadores unipolares y protección contra sobretensiones mediante pararrayos. Los terminales de tierra de estos se conectarán directamente a las pantallas metálicas de los cables y entre sí.

En el tramo de subida hasta la línea aérea, el cable subterráneo irá protegido dentro de un tubo o bandeja cerrada de hierro galvanizado o de material aislante con un grado de protección contra daños mecánicos no inferior a IK10, sobresaldrá 2.5m por encima del nivel del terreno.

La línea transcurrirá subterránea hasta la entrada a la subestación y estará formada por conductores de aluminio unipolares de 640mm² con aislamiento de XLPE, directamente enterrados a una profundidad de 0,8 metros y con una longitud aproximada de 200 metros.

9.2. Características de la corriente

TENSIÓN MÁXIMA DE SERVICIO: 132kV

FRECUENCIA: 50Hz

FACTOR DE POTENCIA: 0,85

CLASE DE CORRIENTE: Alterna-Trifásica

9.3. Características del conductor

Se proyecta la línea con cable de Aluminio-Acero de 640mm² de sección total y de una longitud de 200m.

En el diseño de las líneas se tendrá en cuenta que las mismas transcurran bajo el terreno disponiéndose arquetas de registro en los cambios de dirección y en tramos rectos de forma que se facilite el tendido de la línea, se procurará que la separación máxima entre arquetas sea de 40 metros para no sobrepasar las tensiones de tiro indicadas en las normas aplicables a cada tipo de cable.

9.4. Características de aislamiento

El aislamiento se consigue mediante una capa de material termoestable de buena rigidez dieléctrica, bajo factor de pérdidas y la necesaria resistencia de aislamiento. Este material aislante puede obtenerse de diferentes formas, admitiéndose como idóneos los cables cuyo aislamiento se obtiene mediante una capa de polietileno reticulado o mediante una capa de etileno propileno. Las características de estos dos tipos de aislamiento son semejantes, admitiendo el conductor de polietileno reticulado una intensidad máxima ligeramente superior al de etileno propileno. En este caso el elegido es el XLPE.

Sobre la capa aislante y antes de la pantalla de protección, existe otra capa semiconductora, cuya finalidad es similar a la de la capa semiconductora existente sobre la vena conductora, impedir la ionización de la superficie de contacto entre la capa aislante y la pantalla.

La pantalla estará compuesta por una corona de bridas de cobre trenzados sobre el conductor, fijados mediante una cinta de cobre también, enrollada helicoidalmente.

9.5. Distancia de seguridad

Viene definida por la longitud del vano, para cada caso se define, según el programa, con un mínimo establecido para el cumplimiento de las distancias establecidas en la ley de avifauna. La distancia entre conductores establecida en este proyecto ha sido de 0,4m. Estos conductores estarán enterrados en tubo a una distancia de 0,8m.

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.

ANEXOS

DESCRIPCIÓN DE LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE 132/66kV

1. Distancias mínimas

1.1. Características de la tensión de red

Las características referidas a la tensión de la subestación proyectada se encuentran normalizadas en la Instrucciones técnicas complementarias 4 y 12 del Reglamento de alta tensión. En nuestro caso serán las siguientes.

Parque de 132kV:

- Tensión nominal de la red: 132kV
- Tensión más elevada material: 145kV
- Nivel de aislamiento: grupo B
- Tensión nominal a impulsos tipo rayo: 650kV
- Tensión nominal de corta duración a frecuencia industrial: 275kV

Parque de 66kV:

- Tensión nominal de la red: 66kV
- Tensión más elevada material: 72,5kV
- Nivel de aislamiento: grupo B
- Tensión nominal a impulsos tipo rayo: 325kV
- Tensión nominal de corta duración a frecuencia industrial: 140kV

1.2. Distancias fase-tierra y fase-fase

La determinación de las distancias que debe de haber entre fase-fase y entre fase-tierra, se establece con las tensión nominal de tipo rayo y la tensión nominal de corta duración adoptado para la subestación.

Guiándonos en la MIE-RAT-ITC 12 aparecen dos tablas en las que se encuentran las distancias mínimas normalizadas según las tensiones elegidas.

TENSION SOPORTADA NOMINAL A LOS IMPULSOS TIPO RAYO (kV cresta)	DISTANCIA MINIMA FASE-TIERRA EN EL AIRE (cm)
20	6
40	6
60	9
75	12
95	16
125	22
145	27
170	32
250	48
325	63
450	90
550	110
650	130
750	150

Tabla MIE-RAT-ITC-12 para distancia fase-tierra

TENSION SOPORTADA NOMINAL A LOS IMPULSOS TIPO RAYO (kV cresta)	DISTANCIA MINIMA ENTRE FASES EN EL AIRE (cm)
20	6
40	6
60	9
75	12
95	16
125	22
145	27
170	32
250	48
325	63
450	90
550	110
650	130
750	150
850	170
950	190
1 050	210

Tabla MIE-RAT-ITC-12 para distancia fase-fase

Como ejemplo para nuestro caso, la distancias mínimas elegidas para el parque de 132kV con 275kV de corta duración y con 650kV tipo rayo obtenemos las distancias mínimas siguientes.

Fase-Fase: 130cm
 Fase-Tierra: 130cm

En este caso las distancias diseñadas para este parque son superiores a las mínimas establecidas anteriormente.

1.3. Distancias en pasillos de servicio y zonas de protección

Las distancias mínimas obligatorias para la distancia horizontal los pasillos se encuentran normalizados en el punto 5.1.1 de la ITC-14 de MIE-RAT. Esta aplicación será tanto para el parque de 66kV como para el de 132kV.

- Pasillos de maniobra con elementos en tensión a un solo lado: 1,0m.
- Pasillos de maniobra con elementos en tensión a ambos lados: 1,2m.
- Pasillos de inspección con elementos en tensión a un solo lado: 0,8m.
- Pasillos de inspección con elementos en tensión a ambos lados: 1,0m.

La altura a la que se deben encontrar elementos en tensión que pase sobre cualquier pasillo se especifica en punto 3.1.2 de la ITC-15 del MIE-RAT.

$$H = 250 + d$$

Siendo “d”, la distancia mínima fase-fase obtenida en la tabla anterior que proviene de la Instrucción Técnica Complementaria 12 del MIE-RAT..

Para el ejemplo obtenemos el valor de H que ha de tener el parque de 132kV.

$$H = 250 + 130 = 380cm$$

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

Siguiendo los pasos del reglamento de alta tensión el cálculo de estas distancias se realizan mediante unas ecuaciones que se encuentran en la Instrucción Técnica Complementaria 15. En este apartado vamos a tener en cuenta tres distancias de protección:

- Distancia de los elementos en tensión a paredes macizas de 180cm de altura mínima:

$$B = d + 3$$

Utilizando el parque de 132kV como ejemplo, y con la misma “d” del apartado anterior obtenemos una distancia mínima de:

$$B = 130 + 3 = 133cm$$

- Distancia de los elementos en tensión a enrejados de 180cm de altura mínima:

$$C = d + 10$$

Utilizando el parque de 132kV, y con la misma “d” del apartado anterior obtenemos una distancia mínima de:

$$C = 130 + 10 = 140cm$$

- Distancia de los elementos en tensión a cierres de cualquier tipo con una altura no superior a los 100cm:

$$E = d + 30$$

Utilizando el parque de 132kV, y con la misma “d” del apartado anterior obtenemos una distancia mínima de:

$$E = 130 + 30 = 160cm$$

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

De igual manera que en el apartado anterior, la obtención de estas distancias estarán establecidas en la Instrucción Técnica 15 del MIE-RAT. Solamente dos distancias de protección se utilizan para las subestaciones:

- Distancia de los elementos en tensión al cierre cuando este es una pared maciza de altura $K < 250+d = H$.

$$F = d + 100$$

Como ejemplo volvemos a utilizar el parque de 132kV. Con anterioridad hemos obtenido del mismo el valor de "H" que es de 380cm. El resultado siguiente es:

$$F = 130 + 100 = 230cm$$

- Distancias de los elementos en tensión al cierre cuando éste es un enrejado de cualquier altura $K \geq 220cm$.

$$G = d + 150$$

Utilizando el parque de 132kV como ejemplo, con el valor "d" anteriormente obtenido, el cual tiene un valor de 130cm, nos da como resultado:

$$G = 130 + 150 = 280cm$$

2. Cálculos eléctricos

2.1.Intensidad nominal

La intensidad máxima que podrá circular por el parque de una subestación viene impuesta por la intensidad nominal de la posición de transformación en las condiciones más desfavorables de funcionamiento. La intensidad nominal se representa por la siguiente ecuación:

$$In = \frac{P}{\sqrt{3} * V}$$

Donde:

- ❖ P=Potencia a transportar.
- ❖ V=Tensión del parque de la subestación.
- ❖ In= Intensidad nominal.

Teniendo en cuenta el parque de 132kV como ejemplo, nuestro caso más desfavorable es en el que una de las barras del embarrado principal de 132kV de la subestación esta desconectada, por lo tanto, la otra barra es la que da a la subestación la potencia necesaria que son 70MVA. Por lo tanto la intensidad máxima será de:

$$In = \frac{70MVA}{\sqrt{3} * 132kV} = 306,17A$$

Para el caso de tener disponibles los embarrados de ambas líneas, la corriente máxima que circulará, será solo la de una de las posiciones de transformación, esto quiere decir que será la mitad de la potencia que se suministra a la subestación. La potencia de transformación, para el embarrado secundario del parque de 132kV que hemos cogido como ejemplo, es de 35MVA. La intensidad será:

$$I_n = \frac{35MVA}{\sqrt{3} * 132kV} = 153,08A$$

2.2.Intensidad de cortocircuito

la intensidad de cortocircuito vendrá dada por:

$$I_{cc} = \frac{V}{\sqrt{3} * Z_{cct}}$$

Donde:

- ❖ V = Tensión del parque de la subestación.
- ❖ Z_{cct} = Impedancia de cortocircuito total.
- ❖ I_{cc} = Intensidad de cortocircuito.

Para el cálculo de la intensidad de cortocircuito, antes debemos de obtener la impedancia de cortocircuito de la Red que viene dada por la siguiente fórmula

$$Z_{ccr} = \frac{V^2}{S_{cc}}$$

Donde:

- ❖ S_{cc} = Potencia de cortocircuito.
- ❖ V = Tensión del parque de la subestación.
- ❖ Z_{ccr} = Impedancia de cortocircuito de la red.

Para nuestro caso, el parque de 132kV, la potencia de cortocircuito de 500MVA, dando una impedancia de cortocircuito con el siguiente valor:

$$Z_{ccr} = \frac{132^2 kV}{500MVA} = 34 \text{ Ohmios}$$

Antes de conocer la intensidad de cortocircuito es necesario saber cual es la impedancia total aguas arriba de los interruptores (Z_{cct}).

$$Z_{cct} = \sum_{i=0}^n Z_i$$

Para nuestro ejemplo, siguiendo con nuestro parque de 132kV, vamos a contar con las siguientes impedancias:

Impedancia línea aérea 1: 10,24 Ohmios

Impedancia línea aérea 2: 21,8 Ohmios

Con los datos del parque de 132kV como ejemplo obtenemos una intensidad de cortocircuito

$$I_{cc} = \frac{132 \text{ kV}}{25,3 * \sqrt{3}} = 3,04 \text{ kA}$$

2.3. Intensidad de cresta supuesta

La intensidad máxima de cortocircuito que suponemos para los embarrados viene establecido en la normativa CEI que establece intensidades de cortocircuito normalizadas para los embarrados.

Para el cálculo del Intensidad de cresta, que es necesaria para saber el poder de corte de los interruptores, es necesario saber, además de la I_{cc} de cortocircuito supuesta también necesitamos el valor de "X", que viene dado por:

$$X = 1,02 + 0,98 * e^{-3k}$$

Donde:

- ❖ k = Relación de impedancias equivalentes del sistema en el punto de cortocircuito
- ❖ X = Valor adimensional

Obtenido el valor de X , la ecuación que expresa el poder de corte de los interruptores (Intensidad de cresta) es:

$$I_{cr} = X * \sqrt{2} * I_{ccs}$$

Donde:

- ❖ X = Valor adimensional.
- ❖ I_{ccs} = Intensidad de cortocircuito supuesta.
- ❖ I_{cr} = Intensidad de cresta.

Para seguir con el mismo ejemplo, al ser nuestro parque de una tensión nominal de 132kV el valor de intensidad de cortocircuito, establecida por la normativa CEI, es de 40kA con tiempo máximo de apertura de 5s.

Sabiendo que el valor de "k" es de 0,358 obtenemos un valor "X" de:

$$X = 1,02 + 0,98 * e^{-3*0,358} = 1,35$$

Una vez obtenido el valor adimensional, el poder de corte del interruptor (intensidad de cresta) es:

$$I_{cr} = 1,35 * \sqrt{2} * 40kA = 76,63kA$$

2.4. Potencia máxima del embarrado

La potencia máxima aparente que un embarrado va a soportar viene expresada por la siguiente ecuación:

$$S_{max} = \sqrt{3} * V * I_{max}$$

Donde:

- ❖ V = Tensión a la que se encuentra el embarrado.
- ❖ I_{max} = Intensidad máxima admisible que soporta el embarrado.
- ❖ S_{max} = Potencia máxima aparente que soporta el embarrado.

Como ejemplo, utilizamos los datos del embarrado principal del parque de 132kV, cuya Intensidad máxima que llegaría a soportar es de 4408A. Por lo tanto el valor de la potencia máxima es el siguiente:

$$S_{max} = \sqrt{3} * 132kV * 4,408kA = 1007MVA$$

Podemos observar que el embarrado del parque puesto como ejemplo soporta una potencia aparente mucho mayor a la potencia que pasaría por el, que en nuestro proyecto es de 70MVA.

2.5. Efecto corona

El efecto corona se produce en instalaciones de una elevada tensión superior a 66kV. Debido a este fenómeno, la pérdida de energía es mayor cuando mayor es la tensión nominal de la instalación. Este fenómeno no es más que una tensión suficientemente elevada que sobrepasa la rigidez dieléctrica del aire. Esta tensión se conoce como tensión crítica disruptiva.

El valor de la tensión disruptiva, se divide en dos casos:

Tensión disruptiva compuesta en tiempo seco:

$$U_c = 84 * \delta * r * mc * \ln\left(\frac{DMG}{r}\right)$$

donde:

- ❖ δ = Factor de correlación de la densidad del aire.
- ❖ r = Radio del conductor (mm).
- ❖ DMG = Diámetro medio geométrico (mm).
- ❖ mc = Coeficiente de irregularidad.
- ❖ U_c = Tensión crítica disruptiva (kV).

Tensión disruptiva compuesta en tiempo húmedo

$$U_c = 67,2 * \delta * r * mc * \ln\left(\frac{DMG}{r}\right)$$

donde:

- ❖ δ = Factor de correlación de la densidad del aire.
- ❖ r = Radio del conductor (mm).
- ❖ DMG = Diámetro medio geométrico (mm).
- ❖ mc = Coeficiente de irregularidad.
- ❖ U_c = Tensión crítica disruptiva (kV).

Para el cálculo de la tensión crítica disruptiva simple, se calcula dividiendo los valores compuestos por $\sqrt{3}$.

Con el Ejemplo del parque de 132kV, los valores obtenidos de la tensiones críticas disruptivas para ambos casos, con un factor de correlación de densidad de aire de 0,9672, son:

Tensión disruptiva compuesta en tiempo seco:

$$U_c = (84 * 10^2) * 0,9672 * (75 * 10^{-3}) * 1 * \ln\left(\frac{2,51}{(75 * 10^{-3})}\right) = 2139kV$$

Tensión disruptiva compuesta en tiempo húmedo

$$U_c = (67,2 * 10^2) * 0,9672 * (75 * 10^{-3}) * 1 * \ln\left(\frac{2,51}{(75 * 10^{-3})}\right) = 1711kV$$

Los valores de la tensión simples son por lo tanto:

Tensión disruptiva compuesta en tiempo seco:

$$U_c = \frac{2139}{\sqrt{3}} = 1325kV$$

Tensión disruptiva compuesta en tiempo húmedo

$$U_c = \frac{1711}{\sqrt{3}} = 988kV$$

2.6. Autoválvulas

Para el cálculo y selección de las autoválvulas es necesario seguir las especificaciones que rige la normativa de R.E.E.

En esta se establece la dependencia de la tensión continua de operación a la autoválvula con la tensión más elevada de la línea y subestación. Según la normativa utilizada la tensión viene expresada por:

$$U_{ca} = U_m / \sqrt{3}$$

Donde:

- ❖ U_{ca} = Tensión continua de operación (kV).
- ❖ U_m = Tensión más elevada de la subestación (kV).

$$U_t = 1,4 * U_m$$

Donde:

- ❖ U_m = Tensión más elevada de la subestación (kV).
- ❖ U_t = Tensión de sobretensión temporal (kV).

También es dependiente la elección de la autoválvula del tiempo de disparo o despeje de la falta, cuya tensión mínima asignada para la autoválvula viene definida como:

$$U_r = k * U_m$$

Dónde:

- ❖ U_r = Tensión mínima asignada a la autoválvula (kV).
- ❖ K = Factor que depende depende tiempo de despeje de falta y de la tensión más elevada.
- ❖ U_m = Tensión más elevada de la subestación (kV).

El factor k se tiene el valor de 0,8 para tensiones elevadas menores de 100kV y 0,72 para tensiones elevadas mayores de 123. Ambos con un tiempo de despeje menor a 1s.

La línea de fuga determina para la autoválvula se expresa como:

$$L_{fuga} = L_{mín} * U_m$$

Donde:

- ❖ L_{fuga} = Longitud de la línea de fuga determinada (mm).
- ❖ $L_{mín}$ = Longitud mínima de fuga que depende del nivel de contaminación (mm/kV).
- ❖ U_m = Tensión más elevada de la subestación (kV).

Los valores de la línea de fuga mínima se encuentran recogidos en la tabla 14 del apartado 4.4 del MIE-RLAT-ITC-07.

Una vez elegida la válvula mediante las expresiones anteriores se calcula la potencia que es capaz de absorber la autoválvulas. Esta potencia se expresa mediante:

$$W = \left(\frac{U_l - U_{res}}{Z} \right) * U_{res} * 2t * N$$

Donde:

- ❖ W = Energía absorbida (W).
- ❖ U_l = Sobretensión eventual sin pararrayos (kV).
- ❖ U_{res} = Tensión residual de la autoválvula (kV).
- ❖ Z = Resistencia de la autoválvula (Ω).
- ❖ N = Número de descargas posibles (Norma UNE 60855).
- ❖ T = Tiempo de propagación de la onda.

Los valores de sobretensión eventual y la impedancia de la autoválvula vienen definidos en la tabla que se muestra a continuación. Tabla elaborada de los datos extraídos de REE ET025.

Tensión mas elevada del material (kV)	Impedancia autoválvulas (Ohmios)	Sobretensión eventual sin pararrayos (p.u.) sobre TME
<145	450	3
145-345	400	3
345-525	350	2,6
>525	300	2,2

La capacidad de disipación de la energía por parte de la autoválvula viene definida por:

$$C_{disipación} = \frac{W}{U_r}$$

Como ejemplo hemos realizado la selección de las autoválvulas pertenecientes al parque de 132kV, cuya tensión más elevada es de 145kV (Tabla 1 Apartado 1.2. MIE-RLAT-ITC-07).

$$U_{ca} = \frac{145}{\sqrt{3}} = 83,1kV$$

Como nuestra línea es mayor de 123kV, el factor k utilizado, para un tiempo de despeje de la falta menor de 1s, es de 0,72. Por lo tanto la tensión mínima asignada de la autoválvula es:

$$U_r = 0,72 * 145 = 104,4kV$$

Con esta tensión nos vamos a la tensión normalizada.

Como nos encontramos a un nivel de aislamiento muy fuerte (tipo IV), la línea mínima de fuga es de 31,1, por lo tanto la línea de fuga de la válvula es:

$$L_{fuga} = 31,1 * 145 = 4,5m$$

La potencia que será capaz de absorber, con una tensión residual de 254K, la válvula será:

$$W = \left(\frac{145 * 3 - 254}{400} \right) * 254 * 2 * 94,05 * 2 = 43kJ$$

La capacidad de disipación de la válvula es por lo tanto:

$$C_{disipación} = \frac{43}{104,4} = 0,41kJ/kV$$

esta capacidad tiene que ser menor la exigida en las características técnicas de la autoválvula normalizada.

3. Cálculos mecánicos

3.1. Parámetros iniciales

- Velocidad del viento = 140km/h
- Presión equivalente del viento = 945N/m²
- Distancia entre las fases = 4m

3.2.Esfuerzos en los tubos de los embarrados

3.2.1. Esfuerzo del viento

La que el viento produce a los tubos de los embarrados vienen expresado por la siguiente ecuación:

$$F_v = P_v * D$$

Donde:

- ❖ P_v = Presión equivalente del viento (N/mm^2).
- ❖ D = Diámetro del tubo (m).
- ❖ F_v = Esfuerzo del viento (N/m).

Por lo que respecto al esfuerzo correspondiente al viene dado por:

$$\sigma_v = \sum i \left(\frac{1}{8} \right) * \frac{F_v * l_i^2}{W}$$

Donde:

- ❖ F_v = Fuerza del viento (N/m).
- ❖ W = Momento de inercia (cm^3).
- ❖ l = Longitud del vano.
- ❖ i = Numero de vanos.

Como ejemplo, cogemos las características del embarrado principal del parque de 132 kV. Los tubos conductores que forman parte del embarrado principal tienen el diámetro de 0,15m. Utilizando los parámetros iniciales, con un valor de P_v de $945N/m^2$ que van a formar parte de toda la subestación obtenemos el valor de la fuerza del viento:

$$F_v = 945 \frac{N}{m^2} * 0,15m = 141,75N/m$$

Por lo que el esfuerzo, sabiendo que tenemos dos vanos iguales, que se genera debido al viento en el embarrado principal de 132kV es:

$$\sigma_v = 2 * \left(\frac{1}{8} \right) * \frac{(141,75 * 10^{-3}) * (14 * 10^3)}{120 * 10^3} 57,88N/mm^2$$

3.2.2. Esfuerzo por el propio peso

El esfuerzo propio de los tubos que forman los embarrados, se dividen en dos partes:

- La fuerza por el peso propio del tubo:

$$F_{pp} = P_{pt} * g$$

Donde:

- ❖ P_{pt} = Masa del tubo.
- ❖ g = Constante de gravitación.
- ❖ F_{pp} = Esfuerzo propio del tubo.

- La fuerza del peso propio cable de unión con la armadura que se representa como “ F_{ca} ”

Por lo tanto el valor del esfuerzo total debido al peso propio, viene dado por la siguiente expresión:

$$F_p = F_{pp} + F_{ca}$$

Donde:

- ❖ F_{pp} = Esfuerzo peso propio del tubo.
- ❖ F_{ca} = Esfuerzo peso propio del cable de unión.
- ❖ F_p = Esfuerzo peso propio total del tubo.

Por lo que el esfuerzo correspondiente es:

$$\sigma_p = \sum_i \left(\frac{1}{8} \right) * \frac{F_p * l_i^2}{W}$$

Donde:

- ❖ F_p = Fuerza que genera el peso propio del conductor (N/m).
- ❖ W = Momento de inercia (cm³).
- ❖ l = Longitud del vano.
- ❖ i = Numero de vanos.

Utilizando el ejemplo del embarrado principal del parque de 132kV, con tubos de masa igual a 9,63kg/m², obtenemos un esfuerzo de propio peso del tubo de:

$$F_{pp} = 9,63 * 9,81 = 94,47$$

Añadiendo este valor, al valor del esfuerzo del peso propio del cable de unión, con un valor de 20,93N/m obtenemos un valor total del esfuerzo de:

$$F_p = 94,47 \frac{N}{m} + 20,93 \frac{N}{m} = 115,4 \frac{N}{m}$$

Por lo tanto el esfuerzo que se genera debido el peso propio del conductor es:

$$\sigma_p = 2 * \left(\frac{1}{8} \right) * \frac{(115,4 * 10^3) * (14 * 10^3)}{120 * 10^3} = 47,12 \text{ N/mm}^2$$

3.2.3. Esfuerzos por cortocircuito

La intensidad de cortocircuito también generan esfuerzos dinámicos y estáticos que están condicionados por el valor de la intensidad.

Estos efectos electrodinámicos se ocasionan por las fuertes fuerzas de atracción y repulsión entre los conductores debido al paso de la corriente de cortocircuito que genera sobretensiones mecánicas en embarrados y aisladores.

La fuerza estática que se produce en las barras debido al efecto del cortocircuito es:

$$F_{cc} = \frac{\sqrt{3}}{2} * \frac{\mu_0 * I_p^2}{2 * \pi * a}$$

Donde.

- ❖ μ_0 = Constante de permeabilidad en vacío (V·s/A·m).
- ❖ I_p = Intensidad de cresta (kA).
- ❖ A = Distancia media entre fases (m).
- ❖ F_{cc} = Fuerza por efecto cortocircuito (N/m).

Para saber el valor del esfuerzo de cortocircuito es necesario conocer la frecuencia propia del tubo. Este valor es necesario para obtener tanto el factor por efecto dinámico como el factor por enganche que condicionaran el valor del esfuerzo por cortocircuito.

- ❖ V_σ = Factor por efecto dinámico.
- ❖ V_r = Factor que tiene en cuenta el reenganche.

Dicha frecuencia, según IEC 865, viene dada por la siguiente fórmula:

$$f_{cm} = \left(\frac{\gamma}{l^2}\right) * \sqrt{\frac{E * J_m}{m}}$$

Donde:

- ❖ γ = coeficiente del tubo y los apoyos.
- ❖ E = Módulo de Young del material (MPa).
- ❖ J_m = Momento de inercia (cm⁴).
- ❖ m = masa unitaria del tubo (kg/m).

Con este valor, y junto a la frecuencia de vibración nominal del sistema, calculamos el valor de ambos factores mediante las siguientes formulas, ya que estos valores se pueden relacionar, dando las siguientes fórmulas:

$$V_\sigma = 0,756 + 4,49 * e^{-1,68 * k} + (0,54 * \log \frac{f_{cm}}{FN})$$

$$V_r = 1 - (0,615 * \log \frac{f_{cm}}{FN})$$

Donde:

- ❖ $k = 1,814$.
- ❖ FN = frecuencia nominal del sistema (Hz).
- ❖ F_{cm} = Frecuencia propia del tubo (Hz).

Con estos valores una vez calculados, la ecuación que representa el esfuerzo mecánico debido a la intensidad de cortocircuito viene dado por:

$$\sigma m = \sum_i \left(\frac{1}{8} \right) * \frac{F_{cc} * l_i^2}{W} * V_{\sigma} * V_r * \beta$$

Donde:

- ❖ F_{cc} = Fuerza por efecto cortocircuito (N/m).
- ❖ W = Momento resistente (cm^3).
- ❖ V_{σ} = Factor por efecto dinámico (adimensional).
- ❖ V_r = Factor por efecto de reenganche (adimensional).
- ❖ L = Longitud del vano (m).
- ❖ σm = Esfuerzo mecánico por efecto de cortocircuito (N/mm^2).
- ❖ β = coeficiente que depende del tipo de apoyo S/CEI 865 (adimensional).
- ❖ i = Número de vanos.

Para la realización de un ejemplo procedente del proyecto seguimos con el parque de 132kV. Para ello necesitamos la intensidad de cresta, la cual está calculada en el apartado 2.3. del Anexo nº1: Cálculos. El valor para este ejemplo es:

$$F_{cc} = \frac{\sqrt{3}}{2} * \frac{\mu_0 * (76 * 10^3)}{2 * \pi * 4} = 254,32 \text{ N/m}$$

Ahora calculamos la frecuencia propia del tubo cuyo valor es:

$$f_{cm} = \left(\frac{\gamma}{(14)^2} \right) * \sqrt{\frac{(70 * 10^9) * (902 * 10^{-8})}{9,63}} = 2,05 \text{ Hz}$$

Junto con el valor obtenido y el de la frecuencia del sistema que es de 50 Hz, podemos obtener el factor por efecto dinámico y el factor por reenganche.

$$V_{\sigma} = 0,756 + 4,49 * e^{-1,68 * 1,814} + \left(0,54 * \log \frac{2,05}{50} \right) = 1,85$$

$$V_r = 1 - \left(0,615 * \log \frac{2,05}{50} \right) = 0,31$$

Por lo tanto el esfuerzo generado por el efecto de la intensidad de cortocircuito que pasa a través del embarrado principal del parque de 132kV es:

$$\sigma m = 2 * \left(\frac{1}{8} \right) * \frac{(254,32 * 10^{-3}) * (14 * 10^3)^2}{W} * 1,85 * 0,31 * 1 = 60,12 \text{ N/mm}^2$$

3.2.4. Esfuerzo total en los tubos

Debido a la geometría, podemos calcular el esfuerzo total producido en los tubos mediante el teorema de Pitágoras, ya que el esfuerzo del viento y el producido por efecto cortocircuito

tienen la misma dirección (horizontal) y el esfuerzo producido por el peso propio del conductor es perpendicular a los anteriores (vertical), por lo tanto el esfuerzo total viene dado por la siguiente ecuación:

$$\sigma t = \sqrt{(\sigma m + \sigma v)^2 + \sigma p^2}$$

Donde:

- ❖ σt = Esfuerzo total.
- ❖ σm = Esfuerzo por efecto cortocircuito.
- ❖ σv = Esfuerzo del viento.
- ❖ σp = Esfuerzo del propio peso del conductor.

Por lo tanto, siguiendo el mismo ejemplo que en los demás apartados, o sea el embarrado principal del parque de 132kV, el valor del esfuerzo total es igual a:

$$\sigma t = \sqrt{(60,12 + 57,88)^2 + 47,12^2} = 127,06 \text{ N/mm}^2$$

Para comprobar que el valor que se ejerce es menor al determinado según la normativa vigente, se establece el siguiente criterio:

$$\sigma t \leq q * Lf$$

Donde:

- ❖ q = Factor de comprobación de la tensión.
- ❖ Lf = Límite de fluencia del material (N/mm²).
- ❖ σt = Esfuerzo total del tubo (N/mm²).

Para llevar a cabo esta comprobación es necesario saber el factor de comprobación, que se puede hallar mediante la tabla 4 de la norma UNE 60865, o con la siguiente ecuación:

$$q = 1,7 * \frac{1 - \left(1 - 2 * \frac{t}{D}\right)^3}{1 - \left(1 - 2 * \frac{t}{D}\right)^4}$$

Donde:

- ❖ t = diferencia entre diámetro interior y diámetro exterior del tubo .
- ❖ D = Diámetro exterior (m).
- ❖ q = Factor de comprobación de la tensión.

Utilizando como ejemplo el parque el embarrado principal del parque de 132kV, obtenemos un factor de comprobación mediante la relación entre diámetros igual a 16:

$$q = 1,7 * \frac{1 - \left(1 - 2 * \frac{16}{150}\right)^3}{1 - \left(1 - 2 * \frac{16}{150}\right)^4} = 1,4258$$

Por lo tanto aplicando el criterio anteriormente expuesto, con un límite de fluencia del material del embarrado principal del parque de 132kV de 160 MPa se da:

$$127,06 \leq 1,4258 * 160$$

$$127,06 \frac{N}{mm^2} \leq 228 \frac{N}{mm^2}$$

Por lo tanto observamos que los tubos del embarrado principal soportan los esfuerzos mecánicos.

Con los mismos datos, obtenemos un coeficiente de seguridad para este tipo de embarrado de:

$$Coef. seguridad = \frac{Lf}{\sigma t} = \frac{160}{127,06} = 1,25$$

Donde:

- ❖ Lf = Límite de fluencia (N/mm²).
- ❖ σt = Tensión total (N/mm²).

3.3.Esfuerzos en los aisladores de soporte

El cálculo de los esfuerzos desarrollados en los aisladores tendrán únicamente una dirección. Esta dirección de los esfuerzos será únicamente horizontal.

Por una parte, tendremos en cuenta tanto en los aisladores debido al esfuerzo del viento en el tubo como los esfuerzos por cortocircuito (Esfuerzos indirectos).

Por otro lado tendremos en cuenta los esfuerzos producidos directamente en el aislador (Esfuerzos Directos).

3.3.1. Esfuerzos Indirectos

❖ Esfuerzo del viento en el tubo

Para este caso tendremos en cuenta el esfuerzo que ejerce la fuerza del viento en el tubo sobre el aislador. Como hemos visto en el apartado 3.2.1. la fuerza del viento viene determinado por la siguiente fórmula:

$$F_v = P_v * D$$

Donde:

- ❖ P_v = Presión equivalente del viento (N/mm²).
- ❖ D = Diámetro del tubo (m).
- ❖ F_v = Fuerza del viento en el tubo sobre el aislador (N/m).

El esfuerzo que genera esta fuerza sobre el aislador viene determinado por:

$$Evta = \sum_i Fv * l * \alpha$$

Donde:

- ❖ Fv = Fuerza del viento en el tubo sobre el aislador (N/m).
- ❖ l = Longitud del vano (m).
- ❖ α = Coeficiente del tubo y los apoyos.
- ❖ Evta = Esfuerzo del viento en el sobre el aislador (N).
- ❖ i = Número de vanos.

Como ejemplo seguiremos con el embarrado principal del parque de 132kV, por lo tanto la fuerza generada es:

$$Fv = 945 \frac{N}{m^2} * 0,15m = 141,75N/m$$

El esfuerzo generado, con 2 vanos iguales, en los aisladores debido a la fuerza del viento en los tubos tiene el siguiente valor:

$$Evta = 2 * 141,75 * 14 * 0,5 = 992,25 N$$

❖ Esfuerzo por el efecto cortocircuito

El esfuerzo que genera la intensidad de cortocircuito sobre el aislador viene también determinado por la fuerza que esta genera sobre el tubo. Por lo tanto la fuerza de cortocircuito es la determinada en el apartado 3.2.3 del Anexo nº1: Cálculos:

$$Fccta = \frac{\sqrt{3}}{2} * \frac{\mu_0 * I_p^2}{2 * \pi * a}$$

Donde:

- ❖ μ_0 = Constante de permeabilidad en vacío (V·s/A·m).
- ❖ Ip = Intensidad de cresta (kA).
- ❖ A = Distancia media entre fases (m).
- ❖ Fccta = Fuerza por efecto cortocircuito en el tubo sobre el aislador (N/m).

El esfuerzo que la intensidad de cortocircuito produce en el aislador tiene la siguiente expresión:

$$Ecca = \sum_i Fccta * V_\sigma * Vr * \alpha * l$$

Donde:

- ❖ Fccta = Fuerza por efecto cortocircuito en el tubo sobre el aislador (N/m).
- ❖ V_σ = Factor por efecto dinámico (adimensional).
- ❖ Vr = Factor por efecto de reenganche (adimensional).
- ❖ L = Longitud del vano (m).
- ❖ Ecca = Esfuerzo mecánico por efecto de cortocircuito sobre el aislador (N).
- ❖ α = coeficiente que depende del tipo de apoyo S/CEI 865 (adimensional).

Con los parámetros del embarrado principal en la zona de 132kV realizamos los cálculos de los esfuerzos.

En primera parte calculamos la fuerza que ejerce la intensidad de cortocircuito sobre el tubo. El valor es:

$$F_{cc} = \frac{\sqrt{3}}{2} * \frac{\mu_0 * (76 * 10^3)}{2 * \pi * 4} = 254,32 N/m$$

Con esta fuerza, con dos vanos iguales, y los factores de efecto dinámico y de reenganche calculamos el esfuerzo cuyo resultado es:

$$E_{cca} = 2 * 254,32 * 1,85 * 0,31 * 0,5 = 2061,28 N$$

3.3.2. Esfuerzos directos

En el caso de los efectos directos nos referimos a los generados en el propio aislador.

❖ Esfuerzo del viento sobre el aislador

El esfuerzo del viento esta condicionado por la fuerza que el viento ejerce sobre el aislado, siendo la expresión de la manera siguiente:

$$F_{va} = P_v * D_a$$

Donde:

- ❖ P_v = Presión equivalente del viento (N/mm²).
- ❖ D_a = Diámetro del aislador (m).
- ❖ F_{va} = Fuerza del viento sobre el aislador (N/m).

El esfuerzo que se genera se encuentra puntualizado en el centro del aislador, ya que la fuerza del viento se considera constante en toda su longitud. Por lo tanto el esfuerzo del viento se formula como:

$$E_{va} = F_{va} * l_a * \alpha$$

Donde:

- ❖ F_{va} = Fuerza del viento sobre el aislador (N/m).
- ❖ l_a = Longitud del aislador (m).
- ❖ α = coeficiente que depende del apoyo del tubo del embarrado.
- ❖ E_{va} = Esfuerzo que el viento genera sobre el propio aislador (N).

Utilizando como ejemplo los aisladores de soporte del embarrado principal del parque de 132, calculamos la fuerza que el viento ejerce sobre el aislador, con un resultado de:

$$F_{va} = 945 * 0,236 = 223,02 N/m$$

El esfuerzo que se genera en el aislador de 1,5 m de altura es:

$$Eva = 223,02 * 1,5 * 0,5 = 167,265N$$

3.3.3. Esfuerzo total en el aislador

Una vez obtenidos los esfuerzos indirectos y los esfuerzos directos que se producen en el aislador no disponemos a calcular el Esfuerzo total. Este esfuerzo total es necesario para establecer el coeficiente de seguridad que se toma con respecto a la carga de rotura máxima.

El esfuerzo que se genera debido a los esfuerzos exteriores sobre el propio aislador está definido por la siguiente fórmula:

$$Ei = (Evta + Eccca) * \frac{la + hc}{la}$$

Donde:

- ❖ Evta = Esfuerzo del viento en el tubo sobre el aislador (N).
- ❖ Eccca = Esfuerzo de intensidad de cortocircuito en el tubo sobre el aislador (N).
- ❖ La = Altura del aislador (m).
- ❖ hc = distancia centro del tubo (m).

El esfuerzo total será la suma de los esfuerzos directos e indirectos (ya centrados sobre el aislador):

$$Et = Ei + Eva$$

Donde:

- ❖ Ei = Esfuerzos exteriores centrados en el propio aislador.
- ❖ Eva = Esfuerzo del viento sobre el aislador.
- ❖ Evt = Esfuerzo total.

Como ejemplo volvemos al parque de 132kV. Utilizaremos de igual manera los aisladores del embarrado principal. Con los datos necesarios obtenemos el resultado de la "Ei" que es:

$$Ei = (992 + 2061) * \frac{1,5 + 0,15}{1,5} = 3358,3 N$$

Por lo tanto el esfuerzo total será igual a:

$$Et = 3358,3 + 167,285 = 3525N$$

3.3.4. Flecha y elongación del embarrado

3.3.4.1. Flecha del tubo

Según el segundo teorema de Mohr, la altura que se produce en tres puntos de la línea de flexión es inversamente proporcional a la rigidez mecánica del material y directamente

proporcional al sumatoria de las áreas de los momentos flectores entre los dos puntos por la distancia desde el centro de gravedad del área encerrada hasta el punto mas alto.

En nuestro caso la flecha máxima se va a dar en el centro del vano del embarrado. Este está sometido a una fuerza vertical distribuida a través de toda su longitud, por lo que la flecha se expresa como

$$f = \left(\frac{1}{185} \right) * \frac{F * l^4}{E * I}$$

Donde:

- ❖ F = Fuerza vertical (N/m).
- ❖ E = Modulo de elasticidad (MPa).
- ❖ I = Momento de inercia (cm⁴).
- ❖ L = Longitud del vano (m).

Como ejemplo volvemos a utilizar los tubos rígidos del embarrado de principal de parque de 132kV. La fuerza vertical que produce la flexión es la fuerza ejercida por el propio peso del tubo. Esta fuerza, en (N/m), está calculada en el apartado 3.2.1 del apartado de Anexo nº1: Cálculos. Por lo tanto con los datos propios del material, obtenemos la flecha:

$$f = \left(\frac{1}{185} \right) * \frac{((115,4 * 10^{-3}) * (14 * 10^3)^4) *}{70000 * (902 * 10^4)} = 37,97mm$$

3.3.4.2. Elongación del embarrado

Se produce una deformación debido a los efectos térmicos, que hace que dilate. El incremento de longitud es del tipo:

$$\Delta l = l_0 * \alpha * (t_f - t_i)$$

Donde:

- ❖ l₀ = longitud inicial del tubo (m).
- ❖ α = Coeficiente de dilatación lineal (mm/m°C).
- ❖ t_f = temperatura de servicio (°C).
- ❖ t_i = Temperatura de montaje (°C).

La elongación que se produce en el embarrado principal de 132kV, con una temperatura de servicio de 90° según MIE-RAT-05, es:

$$\Delta l = 14 * 0,00235 * (90 - 30) = 19,32mm$$

3.4. Tensiones en los pórticos

3.4.1. Elección del conductor

3.4.1.1. Reactancia

La reactancia del conductor que es soportado por los pórticos, cuyo material es un AL-110, se determina mediante la expresión:

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

Donde:

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

Para el conductor del pórtico de las líneas de entradas del parque de 132kV, utilizándola como ejemplo, obtenemos una reactancia:

$$2 * \pi * 50 * 0,00136579 = 0,42 \text{ Ohmios/km}$$

3.4.1.2. Intensidad máxima admisible

La intensidad máxima que circula a través del conductor viene definida por la sección del conductor y la densidad máxima que puede circular por el:

$$I_{M\acute{a}x.} = \delta \bullet S$$

Donde:

- ❖ $I_{M\acute{a}x.}$ = 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.

Para el conductor de los pórticos de las líneas de entrada la intensidad máxima de cálculo es:

$$I_{max} = 2,737 * 116,2 = 318,053A$$

Se puede observar que es superior a la intensidad nominal de la subestación.

3.4.1.3. Potencia máxima por caída de tensión

La potencia máxima que va a poder soportar un conductor viene determinado por:

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

Donde:

- ❖ $P_{M\acute{a}x.}$ = Potencia máxima por intensidad máxima en kW.
- ❖ U = Tensión compuesta de red en kV.
- ❖ $I_{M\acute{a}x.}$ = Intensidad máxima soportada por el conductor por límite térmico en amperios.

Siguiendo el ejemplo del apartado anterior, la potencia máxima que puede transportar dicho conductor es:

$$P_{max} = \sqrt{3} * 132 * 318,053 * 0,8 = 58,17MW$$

Esta potencia activa pasada a potencia aparente da un valor de 72MVA por lo que si podría trabajar para la potencia de la subestación que es de 70MVA, menor que la máxima permitida.

3.4.2. Trazado de la línea

3.4.2.1. Vano de regulación y constante de catenaria

El vano de regulación expresa como:

$$a_r = \frac{\frac{a^3}{a^2} \cdot \sqrt{\frac{a^3}{a^2}}}{\frac{a^3}{a} \cdot \sqrt{\frac{b^2}{a}}}$$

Donde:

- ❖ a_r = Longitud del vano de regulación(m).
- ❖ a = Longitud proyectada del vano (m).
- ❖ b = Longitud real del vano en (m).

El cálculo lo realizaremos con el primer vano de regulación que es el que generan los tres primeros vanos. Estos vanos son los que forman las conexión de las líneas de entrada con los embarrados. En este caso $a=b$, porque no hay diferencia de altura entre vanos.

$$ar = 31,21$$

La constante de catenaria se define de las siguiente manera:

$$C = T/p$$

Donde:

- ❖ T = Tensión a vano de regulación (daN).
- ❖ p = Sobrecarga(viento, temperatura, hielo, viento hielo) del vano de regulación (daN/m).
- ❖ C = Constante de catenaria (m).

Para el ejemplo, como es zona A, la temperatura según el MIE-RLAT-ITC-07 de la catenaria para el viento, que es a -5 en el primer tramo de los conductores de los pórticos de las líneas de entrada, se realizará como:

$$C = \frac{734}{1,22} = 601,64m$$

Dependiendo de la zona en la que estemos tendremos que considerar una u otra.

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, que es en la zona en la que nos encontramos, la constante de catenaria tiene un valor de:

$$C = \frac{734}{0,432} = 1699$$

3.4.2.2. Componente máxima horizontal

Una vez obtenida la tensión inicial, calculamos la tensión cada uno de los vanos del vano de regulación y la que menor tensión tenga es la que elegimos, ya que la menor nos dará flechas mayores. La forma se expresa como:

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

Donde:

T_0 = Componente horizontal máxima (daN).

T_A = Tensión en el punto mas elevado de fijación del conductor, correspondiente a la carga de rotura del conductor dividida por un coeficiente de seguridad de la línea (daN).

a = Longitud proyectada del vano (m).

b = Longitud real del vano (m).

h = Desnivel del vano (m).

p_z = Sobrecarga correspondiente a la zona de cálculo (daN/m).

En este caso hemos elegido la tensión calculada en el vano 1-2, dando como resultado:

$$T_0 = \frac{1437 - 1,22 \cdot \left(\frac{0}{2}\right) + \sqrt{\left(1437 - 1,22 \cdot \left(\frac{0}{2}\right)\right)^2 - \left(\frac{1,22^2 \cdot 20,5^2}{2}\right)}}{2 \cdot 20,5/20,5} = 1437 \text{ daN}$$

3.4.2.3. Cambio de condiciones

Cuando necesitamos saber la tensión del conductor del vano de regulación a otra temperatura y sobrecarga de las iniciales, se utilizan tres expresiones. Con la primera hayamos un parámetro que nos modifica la temperatura:

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

Donde:

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

a = Longitud proyectada del vano en m.

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

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

S = Sección del conductor (mm^2).

E = Módulo de elasticidad (daN/mm^2).

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

T_0 = Componente horizontal máxima en cada alineación (daN).

p_0 = Sobrecarga correspondiente a la sobrecarga inicial correspondiente a la zona de cálculo en (daN/m).

El siguiente parámetro nos permite realizar la variación de la sobrecarga a la que esta debida esa tensión:

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

Donde:

E = Módulo de elasticidad (daN/mm^2).

a = Longitud proyectada del vano en m.

p = Sobrecarga correspondiente a la sobrecarga a la vamos (daN/m).

S = Sección del conductor (mm^2).

Y la última expresión que es la que relaciona los parámetros anteriores con la tensión buscada:

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

Utilizando el vano de regulación que componen los vanos 1 hasta el 3, Obtenemos una tensión a 10°C con la sobrecarga única del peso del conductor de:

$$A = 1,78 \cdot 10^{-5} \cdot (10 - 5 \cdot 8036 \cdot 116,2 - 734 + \left(\frac{31,21^2 \cdot 1,22^2}{24 \cdot 734^2} \right) \cdot 8036 \cdot 116,2) \\ = -1166,01$$

$$B = \frac{31,21^2 \cdot 0,432^2}{24} \cdot 8036 \cdot 116,2 = 6794724,673$$

$$T_{10^{\circ}\text{C}} = 646,8 \text{ daN}$$

3.4.2.4. Flechas

Las flechas producidas en los conductores tensados por los pórticos van a depender de la sobrecarga y de la temperatura. Es el caso que según MIE-RLAT-07 propone 3 tipos diferentes de tensiones máximas dependiendo de la temperatura normalizada (0°C , 15°C y 50) y sobrecarga normalizada (Sh , Sv , Spc). La expresión que desarrolla la flecha máxima para un vano es:

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

Donde:

f = Valor de la flecha (m).

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

a = Longitud proyectada del vano (m).

b = Longitud real del vano (m).

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

Como ejemplo, calculamos la flecha máxima de vano 1-2 en 15°C+V cuya tensión es de 448,69. La flecha que desarrolla es:

$$f = \frac{1,22 \cdot 20,5 \cdot 20,5}{8 \cdot 448,69} \cdot \left(1 + \frac{20,05^2 \cdot 1,22^2}{48 \cdot 448,69^2} \right) = 0,29m$$

3.4.3. Cadena de aisladores

Para calcular los esfuerzos que producen la cadena de aisladores debemos de saber, en el caso de la subestación proyectada, que son aisladores unitarios de vidrio, el numero de aisladores unitarios por fase. El número de aisladores se calcula mediante la siguiente expresión:

$$n^{\circ} \text{ aisladores} = \frac{TME \cdot NA}{Lf}$$

Donde:

- ❖ TME = Tensión máxima elevada de la red (kV).
- ❖ NA = Nivel de aislamiento de la zona (mm/kV).
- ❖ Lf = Línea de fuga (m).

Con las características de los herrajes y de los aisladores, y con el número aisladores, calculamos los esfuerzos del viento que generan sobre ellos:

$$E_{viento} = D \cdot L \cdot \left(\frac{v_{viento}}{120} \right)^2 \cdot 70$$

Para nuestro ejemplo, en el cual hemos utilizado aisladores U120 B y un nivel de aislamiento de 31,1 (tabla 14 apartado 4.4. MIE-RLAT-07), obtenemos un número de aisladores igual a:

$$n^{\circ} \text{ aisladores} = \frac{145 \cdot 31,1}{332} \cong 15 \text{ aisladores}$$

Por lo tanto el esfuerzo de la cadena de aisladores a la velocidad de 60km/h es de:

$$E_{viento} = 0,2556 \cdot 2,92 \cdot \left(\frac{60}{120} \right)^2 \cdot 70 = 10,25daN$$

En la subestación proyectada superan el mínimo valor de los coeficientes de seguridad normales y anormales.

3.4.4. Cálculos mecánicos en los pórticos

Los cálculos mecánicos sometidos sobre los pórticos se encuentran especificados en el apartado 3.5 del MIE-RLAT-ITC-07. Como la zona en la que se encuentra la subestación proyectada es la A, no se aplica la 2ª hipótesis.

3.4.4.1. Pórticos de Anclaje

3.4.4.1.1. 1ª Hipótesis

ESFUERZOS VERTICALES

Los esfuerzos verticales en la primera hipótesis se expresa de la siguiente manera:

$$Ev = p * \left[\frac{a1 + a2}{2} + Cv * (\tan(n1) \pm \tan(n2)) \right] + P * N$$

Donde:

- ❖ P_c = Cargas verticales por conductor y fase (daN).
- ❖ p = Peso por metro lineal del conductor (daN/m).
- ❖ a_1 = Longitud proyectada del vano anterior al apoyo (m).
- ❖ a_2 = Longitud proyectada del vano posterior al apoyo (m).
- ❖ C_v = Constante de catenaria en las condiciones de temperatura -5°C , -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.
- ❖ N = Número de la cadena de aisladores por fase.
- ❖ P = peso de la cadena (daN).
- ❖ Ev = Esfuerzo vertical (daN).

Para el pórtico nº2 que es de anclaje vamos a calcular los esfuerzos:

$$v = 1,22 * \left[\frac{20,5 + 39,5}{2} + 601,54 * (\tan(0) \pm \tan(0)) \right] + 59,7 * 2 = 155,9 \text{ daN}$$

ESFUERZOS TRANSVERSALES

$$Et = \frac{a1 + a2}{2} * d * v + N * E$$

Donde:

- ❖ N = Número de la cadena de aisladores por fase.
- ❖ P = peso de la cadena (daN).
- ❖ d = Diámetro conductor (m).
- ❖ a_1 = Longitud proyectada del vano anterior al apoyo (m).

- ❖ a_2 = Longitud proyectada del vano posterior al apoyo (m).
- ❖ v = Presión del viento (daN/mm²).
- ❖ E_t = Esfuerzo transversal (daN).

Para el pórtico nº2 que es de anclaje vamos a calcular los esfuerzos:

$$E_t = \frac{20,5 + 39,5}{2} * 0,015 * 81 + 2 * 10,25 = 54,80 \text{ daN}$$

ESFUERZOS LONGITUDINALES

Según la el apartado 3.5 del MIE-RLAT-ITC-07 no se aplica los esfuerzos longitudinales para la primera hipótesis.

3.4.4.1.2. 3ª Hipótesis

ESFUERZOS VERTICALES

Se toman en cuenta las cargas permanentes correspondientes a la velocidad del viento como el peso de los cables. Por lo tanto se expresa como en los esfuerzos verticales de la 1ª Hipótesis.

En el ejemplo por lo tanto:

$$E_{v1hipótesis} = E_{v3hipótesis} = 155,9 \text{ daN}$$

ESFUERZOS TRANSVERSALES

Según la el apartado 3.5 del MIE-RLAT-ITC-07 no se aplica los esfuerzos longitudinales para la primera hipótesis.

ESFUERZOS LONGITUDINALES

Se aplica el desequilibrio de tracciones que según el apartado 3.1.4.3. el 50% de las tracciones unilaterales. Esto es:

$$E_l = T_o * 0,5$$

Donde:

- ❖ E_l = Esfuerzo longitudinal (daN).
- ❖ T_o = Tracción unilateral (daN).

En el pórtico nº2 tendrá un esfuerzo longitudinal igual a:

$$E_l = 734 * 0,5 = 367 \text{ daN}$$

3.4.4.1.3. 4ª Hipótesis

ESFUERZOS VERTICALES

Se toman en cuenta las cargas permanentes correspondientes a la velocidad del viento como el peso de los cables. Por lo tanto se expresa como en los esfuerzos verticales de la 1ª Hipótesis.

En el ejemplo por lo tanto:

$$Ev1hipótesis = Ev4hipótesis = 155,9 \text{ daN}$$

Para una fase afectadas se tomarán el 50% de las cargas permanentes

$$Ev4hipótesis \text{ afectadas} = 77,95 \text{ daN}$$

ESFUERZOS TRANSVERSALES

Según la el apartado 3.5 del MIE-RLAT-ITC-07 no se aplica los esfuerzos longitudinales para la primera hipótesis.

ESFUERZOS LONGITUDINALES

Se aplica el 100% de la tensión total del cable que según el apartado 3.1.5.3. tracciones. Esto es:

$$El = T * 100\%$$

Donde:

- ❖ El = Esfuerzo longitudinal (daN).
- ❖ T = tensión total del cable (daN).

En el pórtico nº2 tendrá un esfuerzo longitudinal igual a:

$$El = 734 \text{ daN}$$

3.4.4.2. Pórtico Princ-Fin de línea

3.4.4.2.1. 1ª Hipótesis

ESFUERZOS VERTICALES

Los esfuerzos verticales en la primera hipótesis se expresa de la siguiente manera:

$$Ev = p * \left[\frac{a1 + a2}{2} + Cv * (\tan(n1) \pm \tan(n2)) \right] + P * N$$

Donde:

- ❖ P_c = Cargas verticales por conductor y fase (daN).
- ❖ p = Peso por metro lineal del conductor (daN/m).
- ❖ a_1 = Longitud proyectada del vano anterior al apoyo (m).
- ❖ a_2 = Longitud proyectada del vano posterior al apoyo (m).

- ❖ C_V = Constante de catenaria en las condiciones de temperatura -5°C , -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.
- ❖ N =Número de la cadena de aisladores por fase.
- ❖ P =peso de la cadena (daN).
- ❖ E_v = Esfuerzo vertical (daN).

En el caso de que sea principio de línea $a_1=0$, mientras que si es fin de línea $a_2=0$

Realizando como ejemplo el pórtico nº1, que es principio de línea los esfuerzos son:

$$v = 1,22 * \left[\frac{20,5}{2} + 601,54 * (\tan(0) \pm \tan(0)) \right] + 59,7 * 2 = 72,19 \text{ daN}$$

ESFUERZOS TRANSVERSALES

Según la el apartado 3.5 del MIE-RLAT-ITC-07 no se aplica los esfuerzos longitudinales para la primera hipótesis.

ESFUERZOS LONGITUDINALES

Se aplica el desequilibrio de tracciones que según el apartado 3.1.4.4. el se toma el 100% de las tracciones unilaterales. Esto es:

$$El = T * 100\%$$

Donde:

- ❖ El = Esfuerzo longitudinal (daN).
- ❖ To = Tracción unilateral (daN).

En el pórtico nº2 tendrá un esfuerzo longitudinal igual a:

$$El = 734 \text{ daN}$$

3.4.4.2.2. 3ª Hipótesis

ESFUERZOS VERTICALES

Se toman en cuenta las cargas permanentes correspondientes a la velocidad del viento como el peso de los cables. Por lo tanto se expresa como en los esfuerzos verticales de la 1ª Hipótesis.

En el ejemplo por lo tanto:

$$Ev_{1\text{hipótesis}} = Ev_{3\text{hipótesis}} = 72,19 \text{ daN}$$

ESFUERZOS TRANSVERSALES

Según la el apartado 3.5 del MIE-RLAT-ITC-07 no se aplica los esfuerzos longitudinales para la primera hipótesis.

ESFUERZOS LONGITUDINALES

Según la el apartado 3.5 del MIE-RLAT-ITC-07 no se aplica los esfuerzos longitudinales para la primera hipótesis.

3.4.4.2.3. 4ª Hipótesis

ESFUERZOS VERTICALES

Se toman en cuenta las cargas permanentes correspondientes a la velocidad del viento como el peso de los cables. Por lo tanto se expresa como en los esfuerzos verticales de la 1ª Hipótesis.

En el ejemplo por lo tanto:

$$Ev1hipótesis = Ev4hipótesis = 72,19 \text{ daN}$$

Para una fase afectadas se tomarán el 50% de las cargas permanentes

$$Ev4hipótesis \text{ afectadas} = 36,08 \text{ daN}$$

ESFUERZOS TRANSVERSALES

Según la el apartado 3.5 del MIE-RLAT-ITC-07 no se aplica los esfuerzos longitudinales para la primera hipótesis.

ESFUERZOS LONGITUDINALES

Se aplica el 100% de la tensión total del cable que según el apartado 3.1.5.3. tracciones. Esto es:

$$El = T * 100\%$$

Donde:

- ❖ El = Esfuerzo longitudinal (daN).
- ❖ T = Tensión total del cable (daN).

En el pórtico nº2 tendrá un esfuerzo longitudinal igual a:

$$El = 734 \text{ daN}$$

4. Red de tierras

4.1. Intensidad de puesta a tierra

Los cálculos para la resolución de la red de tierras se han realizado en base a la normativa vigente establecida en el apartado 6 de la Norma UNE-EN-60909-3, en el que se especifica el desarrollo de la intensidad de puesta a tierra.

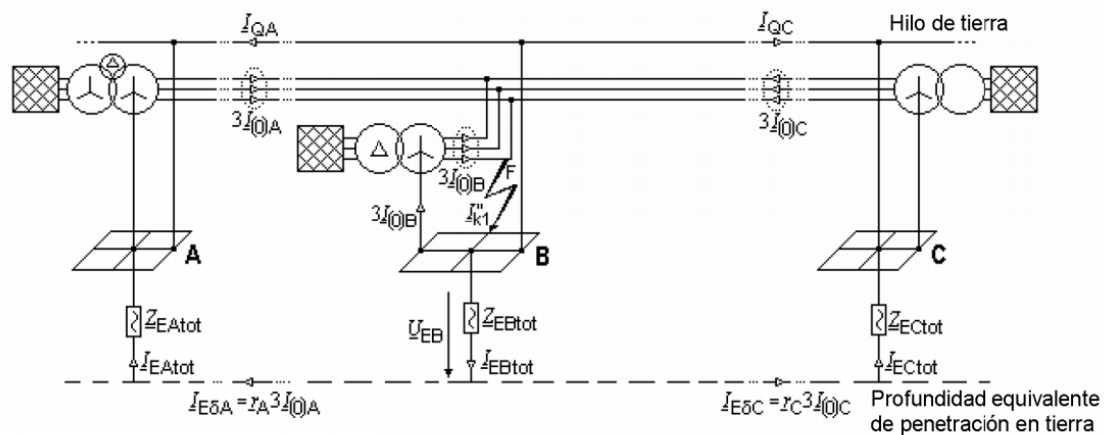


Figura 1 – Corrientes parciales de cortocircuito en el caso de un cortocircuito monofásico a tierra en la subestación B.

En nuestro caso la subestación B, es la desarrollada en este proyecto.

La intensidad de defecto a tierra, según la norma UNE-EN-60909-3, en nuestro caso viene determinado por un proceso en el cual se necesitan los datos de las impedancias directa, inversa y homopolar tanto de las líneas que conectan a la subestación como las subestaciones adyacentes a la misma. El circuito equivalente que nos ayuda a obtener la intensidad de defecto a tierra mediante estos datos es el siguiente:

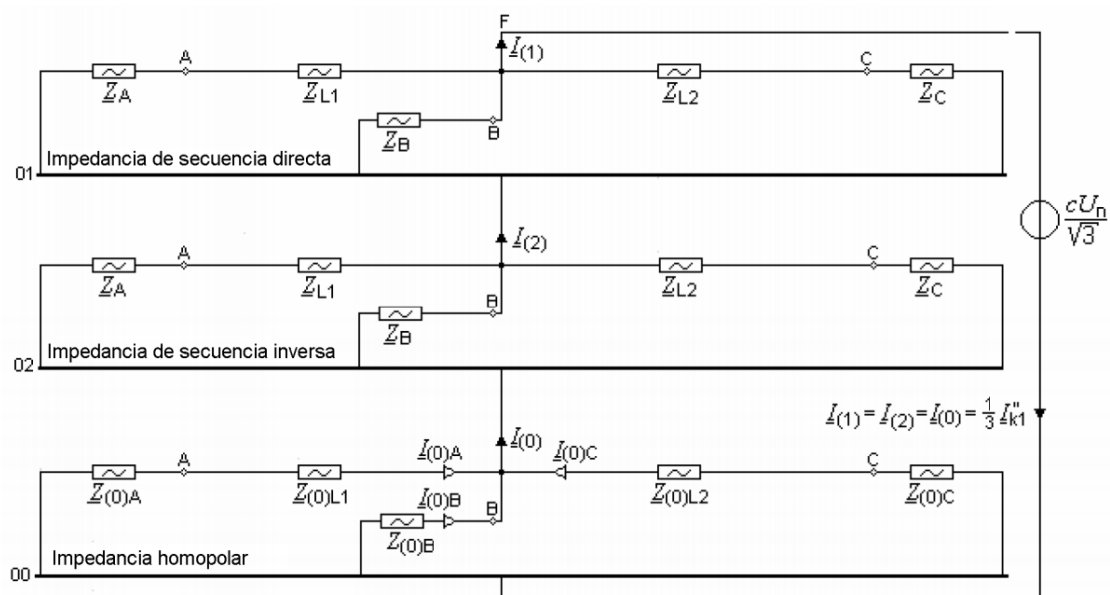


figura 2 – Redes de secuencia para la obtención de la corriente de defecto, Id

En la figura la intensidad de defecto viene definida por el valor I''_{k1} .

Realizando la suma de impedancias en serie y paralelo de ambas secuencias obtenemos la impedancias totales en cada una de las secuencias mediante:

Secuencia Directa:

$$Z_1 = \frac{(Z_{A1} + Z_{L1A}) * Z_{B1} * (Z_{C1} + Z_{L1C})}{(Z_{A1} + Z_{L1A}) * Z_{B1} + ((Z_{C1} + Z_{L1C}) * (Z_{L1A} + Z_{A1} + Z_{C1}))}$$

Secuencia Inversa: la impedancia total en secuencia inversa la hemos considerado igual que la indirecta.

$$Z_1 = Z_2$$

Secuencia Homopolar:

$$Z_0 = \frac{(Z_{A0} + Z_{L0A}) * Z_{B1} * (Z_{C0} + Z_{L0C})}{(Z_{A0} + Z_{L0A}) * Z_{B0} + ((Z_{C0} + Z_{L0C}) * (Z_{L0A} + Z_{A0} + Z_{C0}))}$$

Por lo tanto la Intensidad de defecto viene expresada mediante la siguiente expresión:

$$Id = \frac{\sqrt{3} * c * Un}{Z_1 + Z_2 + Z_0}$$

Donde:

- ❖ Un = Tensión nominal de la subestación (kV).
- ❖ c = coeficiente de valor igual a 1,1.
- ❖ Z1 = Impedancia de secuencia directa (Ohmios).
- ❖ Z2 = Impedancia de secuencia inversa (Ohmios).
- ❖ Z3 = Impedancia de secuencia homopolar (Ohmios).
- ❖ Id = Intensidad de defecto (kA).
- ❖

La intensidad de defecto es por lo tanto, la suma de las intensidades que circulan a través de los conductores de las líneas, que en este caso son las homopolares:

$$Id = 3 * I_{0A} + 3 * I_{0B} + 3 * I_{0C}$$

La intensidad que circula es la intensidad homopolar “I₀”, Cuyo valor se expresa como:

$$I_0 = \frac{1}{3} * Id$$

Donde:

- ❖ Id = Intensidad de defecto (kA).
- ❖ I₀ = Intensidad homopolar (kA).

Los valores de las intensidades que dan lugar a la actuación de las protecciones instaladas en cabecera de cada subestación, serán:

Subestación A:

$$I_{0A} = \frac{I_0 * Z_0}{(Z_{A0} + Z_{L0A})}$$

Subestación B (Proyectada):

$$I_{0B} = \frac{I_0 * Z_0}{(Z_{B0})}$$

Subestación C:

$$I_{0C} = \frac{I_0 * Z_0}{(Z_{C0} + Z_{L0C})}$$

A partir de estos valores, junto con el coeficiente de corrección del hilo de tierra que poseen las líneas que interconectan la subestación con las demás, podemos expresar la intensidad de puesta a tierra como:

$$I_{EB\ tot} = r * (3I_{0A} + 3I_{0C})$$

Donde:

- ❖ $I_{0A}; I_{0C}$ = Intensidades homopolares de las subestaciones adyacentes (kA).
- ❖ r = Factor de corrección debido al hilo de tierra de la línea.
- ❖ $I_{EB\ tot}$ = Intensidad de puesta a tierra.

Realizando como ejemplo el cálculo de la intensidad de puesta a tierra como ejemplo, empezamos a calcular los valores del mismo proceso que se ha realizado la explicación de la obtención de la misma.

Para las Impedancias totales hemos partido de los siguientes datos.

Impedancia de las subestaciones:

Subestación A: $Z_1=Z_2=Z_0=2,4j$ Ohmios.

Subestación B (Proyectada): $Z_1=Z_2=Z_0=2,4j$ Ohmios.

Subestación C: $Z_1=Z_2=Z_0=2,4j$ Ohmios.

Impedancias de las líneas:

Línea A: $Z_{L1}=Z_{L2}=(3,29+10,09j)$; $Z_{L0}=(11,44+38,89j)$ Ohmios

Línea C: $Z_{L1}=Z_{L2}=(4,82+14,77j)$; $Z_{L0}=(16,76+56,95j)$ Ohmios

Las impedancias anteriores han sido elegidas de ejercicios, debido a que no entran dentro de las competencias del proyecto. El resultado de las impedancias en cada una de las secuencias es:

$$Z_1 = \frac{(2,4j + (3,29 + 10,09j)) * 2,4j * ((4,82 + 14,77j) + 2,4j)}{8(3,29 + 10,09j) * 2,4j + (((4,82 + 14,77j) + 2,4j) * ((3,29 + 10,09j) + 2,4j + 2,4j))}$$

$$Z_1 = 0,16 + 1,87j ; Z_1 = Z_2 = 0,16 + 1,87j \text{ Ohmios}$$

$$Z_0 = \frac{(2,4j + (11,44 + 38,89j)) * 2,4j * ((16,76 + 56,95j) + 2,4j)}{8(11,44 + 38,89j) * 2,4j + (((416,76 + 56,95j) + 2,4j) * ((11,44 + 38,89j) + 2,4j + 2,4j))}$$

$$Z_0 = 0,068 + 2,80j \text{ Ohmios}$$

Una vez obtenidos dichos valores, el resultado de la intensidad de defecto es:

$$Id = \frac{\sqrt{3} * 1,1 * 132}{(0,16 + 1,87j) + (0,16 + 1,87j) + (0,068 + 2,80j)} = (2,95 - 42,22j)kA$$

Siendo la intensidad homopolar:

$$I_0 = \frac{(2,95 - 42,22j)}{3} = (0,98 - 14,07j)kA$$

las intensidades homopolares que circulan a través de las subestaciones debido a la intensidad de defecto, en el módulo de sus números complejos, son:

$$I_{0A} = \frac{(2,95 - 42,22j) * (0,068 + 2,80j)}{2,4j + (11,44 + 38,89j)} = 0,71 \text{ kA}$$

$$I_{0B} = \frac{(2,95 - 42,22j) * (0,068 + 2,80j)}{2,4j} = 12,81kA$$

$$I_{0c} = \frac{(2,95 - 42,22j) * (0,068 + 2,80j)}{2,4j + (16,76 + 56,95j)} = 0,49 \text{ kA}$$

Por lo tanto, podemos observar, que la protección que antes actuara será la de la subestación proyectada, debido a que es esta la que recibe mayor corriente.

Con los datos anteriores obtenemos la intensidad de puesta a tierra, que junto al factor de corrección de 0,6 en cada línea, es:

$$I_{EB \text{ tot}} = 0,6 * ((3 * 0,71) + (3 * 0,49)) = 2,189 \text{ kA}$$

4.2. Resistencia de puesta a tierra

En el diseño de la subestación proyectada se ha previsto como electrodo de puesta a tierra una malla sin picas. Los parámetros eléctricos de estos electrodos, típicamente empleados en subestaciones, se rigen de acuerdo con la guía IEEE Std 80 [1].

Para una malla de lado “Lx” y “Ly”, con una separación entre electrodos de “D”. Obtenemos los siguientes valores de la malla:

$$ncx = \frac{Lx}{D}; ncy = \frac{Ly}{D}$$

Donde.

- ❖ Lx = Longitud de un lado de la malla (m).
- ❖ Ly = Longitud de un lado de la malla (m).
- ❖ ncx = Número de conductores sobre el lado x de la malla
- ❖ ncy = Número de conductores sobre el lado y de la malla.

$$Lm(m) = (ncx * Lx) + (ncy * Ly)$$

Donde:

- ❖ ncx = Número de conductores sobre el lado x de la malla.
- ❖ ncy = Número de conductores sobre el lado y de la malla.
- ❖ Lm = Longitud total de conductor (m).

$$S = Lx * Ly$$

Donde:

- ❖ Lx = Longitud de un lado de la malla (m).
- ❖ Ly = Longitud de un lado de la malla (m).
- ❖ S = Superficie de la malla (m²).

Por lo tanto la resistencia de puesta a tierra viene determinada por la siguiente expresión:

$$R_t = \rho * \left[\frac{1}{Lm} + \frac{1}{\sqrt{20 * S}} * \left(1 + \frac{1}{1 + h * \sqrt{\frac{20}{S}}} \right) \right]$$

Donde:

- ❖ Lm = Longitud total de conductor (m).
- ❖ S = Superficie de la malla (m.)
- ❖ h = profundidad de la malla (m).
- ❖ ρ = Resistividad del terreno (Ωm).
- ❖ Rt = Resistencia de puesta a tierra (Ω).

En el caso de la subestación proyectada, que se utiliza como ejemplo, la malla de la subestación tiene una dimensiones de 124x108m, con una distancia de separación entre electrodos de 4m. Estas longitudes se han elegido para que no haya riesgos de que se produzcan tensiones de paso y de contacto en la zona exterior a la subestación.

Por lo tanto se calculan los datos especificados anteriormente para obtener la resistencia de puesta a tierra.

$$ncx = \frac{124}{4} = 31m ; ncy = \frac{112}{8} = 27m$$

$$Lm(m) = (31 * 124) + (21 * 108) = 6992m$$

$$S = 124 * 108 = 13392m^2$$

Por lo tanto la resistencia de puesta a tierra, con una resistividad del terreno de 300 Ωm y una profundidad de la malla de 0,8m, será:

$$R_t = \rho * \left[\frac{1}{3616} + \frac{1}{\sqrt{20 * 13392}} * \left(1 + \frac{1}{1 + 0,8 * \sqrt{\frac{20}{13392}}} \right) \right] = 1,220hmios$$

4.3. Tensión de contacto

4.3.1. Tensión de contacto máxima de la instalación

La tensión de contacto máxima que se presenta en la instalación se produce entre un punto del terreno, situado en el centro de unas de las retículas de las esquinas de la malla, y un punto de un elemento metálico de la instalación. La tensión de contacto viene definida por:

$$U'_c = \frac{\rho * Km * Ki * I_{EB}}{Lm}$$

Donde:

- ❖ ρ = Resistividad del terreno.
- ❖ Km = factor geométrico de espaciado entre conductores para tensión de contacto.
- ❖ Ki = Factor de corrección que tiene en cuenta la irregularidad de la densidad de corriente, al ser mayor en los extremos de la malla.
- ❖ I_{eb} = Intensidad de puesta a tierra (A).
- ❖ Lm = Longitud efectiva de la red de conductores enterrados para tensión de contacto (m).

Para obtener el resultado de esta expresión se necesita antes el cálculo de ciertos valores que serán necesarios.

Para obtener el factor “Km”, será necesario partir de los siguientes valores adimensionales:

$$n = 2 * \frac{Lc}{Lp} * \sqrt{Lp / (4 * \sqrt{S})}$$

Donde:

- ❖ L_c = Longitud del conductor enterrado (m).
- ❖ L_p = longitud perimetral de la malla de tierra (m).
- ❖ S = Superficie de la malla (m²).
- ❖ n = Número equivalente de conductores en paralelo.

$$K_{ii} = 1/(2n)^{2/n}$$

Donde:

- ❖ n = Número equivalente de conductores en paralelo.
- ❖ K_{ii} = Factor para mallas sin picas.

$$K_h = \sqrt{1 + (h/h_0)}$$

Donde :

- ❖ h = Profundidad e la malla (m).
- ❖ h_0 = Profundidad de referencia (m).
- ❖ K_h = Factor que relaciona la profundidad de la malla con la de referencia.

Por lo tanto con los valores anteriormente descritos se puede sacar la expresión que representa el valor de “ K_m ” viene definido:

$$K_m = \frac{1}{(2 * \pi)} * \left[\ln \left(\frac{D^2}{16 * h * d} + \frac{(D + 2 * h)^2}{8 * d * D} - \frac{h}{4 * d} \right) + \left(\frac{K_{ii}}{K_h} * \ln \left(\frac{8}{\pi * (2 * n - 1)} \right) \right) \right]$$

Donde:

- ❖ D = Distancia entre conductores (m).
- ❖ d = Diámetro de del conductor (mm).
- ❖ h = Profundidad de la malla (m).
- ❖ K_{ii} = Factor para mallas sin picas.
- ❖ K_h = Factor que relaciona la profundidad de la malla con la de referencia.
- ❖ n = Número equivalente de conductores en paralelo.

Otro factor necesario para el cálculo de la tensión es el factor de corrección que tiene en cuenta la irregularidad de la densidad de corriente al ser mayor en los extremos de la malla. Este factor se expresa como:

$$K_i = 0,644 + 0,148n$$

El último valor que necesitamos es la longitud efectiva de la red de conductores “ L_m ”.

$$L_m = L_c + L_r$$

Donde:

- ❖ Lc = Longitud total de conductor enterrado (m).
- ❖ Lr = Longitud total de la picas enterradas (m.)

Para la subestación proyectada vamos a realizar los cálculos necesarios para obtener la tensión máxima de contacto de la instalación. Tenemos que tener en cuenta que en la subestación proyectada solo dispone de una malla de electrodo sin picas

Por lo que los valores necesarios para obtener el resultado son:

$$n = 2 * \frac{3616}{880} * \sqrt{880 / (4 * \sqrt{13392})} = 11,33$$

$$Kh = \sqrt{1 + \left(\frac{0,8}{1}\right)^2} = 1,34$$

$$Kii = \frac{1}{(2 * 11,34)^{\frac{2}{11,34}}} = 0,57$$

$$Km = \frac{1}{(2 * \pi)} * \left[\ln \left(\frac{4^2}{16 * 0,8 * (70 * 10^{-3})} + \frac{(4 + 2 * 0,8)^2}{8 * (70 * 10^{-3}) * 8} - \frac{0,8}{8 * (70 * 10^{-3})} \right) + \left(\frac{0,7}{1,34} * \ln \left(\frac{8}{\pi * (2 * 21,91 - 1)} \right) \right) \right] = 0,69$$

$$Ki = 0,644 + (0,148 * 11,33) = 2,34$$

$$Lm = 6992 + 0 = 6992m$$

Con los valores obtenidos para la instalación proyectada, obtenemos una tensión de contacto máxima de:

$$U'c = \frac{300 * 0,519 * 3,9 * 2189}{6992} = 190,52V$$

4.3.2. Tensión de contacto máxima admisible en la instalación

Partiendo de la tensión de contacto aplicada "Uca" obtenida según el tiempo de actuación de las protecciones, reflejado en la tabla 18 de del apartado 7.3.4.1 de la ITC 07 del RLAT, y teniendo en cuenta la resistividad superficial aparente del terreno se determinan las tensiones máximas admisibles de contacto.

Duración de la corriente de falta, t_f (s)	Tensión de contacto aplicada admisible, U_{ca} (V)
0.05	735
0.10	633
0.20	528
0.30	420
0.40	310
0.50	204
1.00	107
2.00	90
5.00	81
10.00	80
> 10.00	50

Tabla MIE-RLAT-ITC-07 Tensión de contacto aplicada según la duración de la falta

Tendiendo en cuenta las resistividades superficiales del terreno en el que se encuentra la subestación (grava, hormigón, asfalto), se calcula un coeficiente reductor que se le reduce a dicha resistividad. Esta expresión es:

$$C_s = 1 - 0,106 * \left(\frac{1 - \left(\frac{\rho}{\rho_0} \right)}{(2 * h_s) + 0,106} \right)$$

Donde:

- ❖ ρ = Resistividad terreno (Ωm).
- ❖ ρ_0 = Resistividad del material superficial (Ωm).
- ❖ h_s = Espesor de la capa superficial (m).
- ❖ C_s = Coeficiente reductor.

$$\rho^{*superficial} = C_s * \rho_0$$

Donde:

- ❖ ρ_0 = Resistividad del material superficial (Ωm).
- ❖ C_s = Coeficiente reductor.
- ❖ $\rho^{*superficial}$ = Resistividad aparente (Ωm).

Con estos parámetros obtenemos el valor de la tensión máxima admisible de contacto para un tipo de superficie de la subestación:

$$U_c = U_{ca} * \left(1 + \frac{Ra_1 + 3\rho^{*superficial}}{2 * Z_b} \right)$$

Donde:

- ❖ U_{ca} = tensión de contacto aplicada (V).
- ❖ Ra_1 = Resistencia del calzado de la persona que esta en la subestación (Ωm).
- ❖ $\rho^{*superficial}$ = Resistividad aparente (Ωm).
- ❖ Z_b = impedancia base (Ωm).

De ejemplo vamos a partir de uno de los tres diferentes tipos de materiales superficiales que se encuentran en la subestación proyectada. En este ejemplo vamos a tratar con superficie de hormigón que forma el perímetro de la subestación, el cual tiene un espesor de 15cm. La resistividad del hormigón es de 2500 Ωm .

Por lo tanto el coeficiente reductor que nos va a dar la resistividad aparente es:

$$C_s = 1 - 0,106 * \left(\frac{1 - \left(\frac{300}{2500} \right)}{(2 * 0,15) + 0,106} \right) = 0,77$$

la resistividad aparente es:

$$\rho^{*superficial} = 0,77 * 2500 = 1925 \text{ Ohmios} * m$$

Con una resistencia del calzado del personal de 2000 Ωm y una impedancia base de 1000 Ωm . Incluyendo que la tensión de contacto aplicada, para un tiempo de corte de las protecciones de 5s, es de 204 según lo citado anteriormente. La tensión de contacto máxima admisible de la instalación para la superficie del perímetro de la subestación, que es de hormigón, es:

$$U_c = 204 * \left(1 + \frac{2000 + 3 * 1925}{2 * 1000} \right) = 997,05V$$

Por lo tanto la tensión de contacto máxima del apartado 4.3.1. del Anexo nº1: Cálculos, cumple con los requisitos admisibles de la tensión de contacto para la superficie descrita.

4.4. Tensión de Paso

4.4.1. Tensión de Paso máxima de la instalación

La tensión de paso máxima que se presenta en la instalación se produce entre un punto del terreno situado en la esquina de la malla y otro punto del terreno situado a 1 metro del anterior, hacia el exterior de la malla, en la dirección de la diagonal de la retícula de la esquina de la malla.

El valor de la tensión de paso máxima "U'p" se puede determinar mediante la siguiente expresión:

$$U'p = \frac{\rho * K_s * K_i * I_{EB}}{L_s}$$

Donde:

- ❖ ρ = Resistividad del terreno (Ωm).
- ❖ K_s = Factor geométrico del de espaciado.
- ❖ K_i = Factor de corrección de la irregularidad de la densidad de corriente entre extremos de la malla (Apartado 4.3.1. Anexo nº1: Cálculos).
- ❖ I_{eb} = Intensidad de puesta a tierra (A).
- ❖ L_s = Longitud efectiva total de los conductores enterrados (m).

Ante esta expresión, es necesario realizar la solución de varios parámetros de la expresión para poder obtener el resultado.

Este es el caso del factor “Ki”, que se ha justificado la expresión en el apartado 4.3.1. el Anexo nº1: Cálculos.

Otro factor a tener en cuenta es “Ks”, que es un factor geométrico de espaciado de conductores para tensión de paso. Su valor se representa como:

$$Ks = \frac{1}{\pi} * \left(\frac{1}{2 * h} + \frac{1}{D + h} + \frac{1 - 0,5^{n-2}}{D} \right)$$

Donde:

- ❖ h = Profundidad de la malla (m).
- ❖ D = Distancia entre conductores (m).
- ❖ n = Número equivalente de conductores en paralelo que forman la malla.

El último valor de la longitud efectiva “Ls” cuya expresión es:

$$Ls = 0,75Lc + 0,85Lr$$

Donde:

- ❖ Lc = Longitud total del conductor enterrado (m).
- ❖ Lr = Longitud total de las picas enterradas (m).
- ❖ Ls = Longitud efectiva de la red de conductores enterrados (m).

Empleando estas expresiones a la subestación proyectada, la tensión de paso máxima de la instalación obtenida es:

$$Ks = \frac{1}{\pi} * \left(\frac{1}{2 * 0,8} + \frac{1}{8 + 0,8} + \frac{1 - 0,5^{21,9-2}}{8} \right) = 0,3544$$

$$Ls = 0,75 * 3616 + 0,85 * 0 = 2712m$$

$$U'p = \frac{300 * 0,3544 * 3,9 * 2189}{5244} = 200,91$$

4.4.2. Tensión de paso máxima admisible en la instalación

Es la tensión máxima de paso permitida para la instalación. Este valor tiene que ser superior a la tensión de paso máxima que se puede presentar en la instalación (tensión de paso del apartado 4.4.1 del Anexónº1: Cálculos).

La tensión de paso aplicada es diez veces superior a la tensión de contacto aplicada:

$$Upa = 10Uca$$

Cuya tensión aplicada de contacto se obtiene en el apartado 4.3.1. del Anexo nº1. Cálculos.

La expresión que determina la tensión máxima admisible de paso es:

$$Up = Upa * \left(1 + \frac{2Ra1 + 6\rho}{2 * Zb}\right)$$

Donde:

- ❖ Upa = Tensión de paso aplicada (V).
- ❖ Ra1 = Resistencia del calzado de las personas que circulan en el exterior de la subestación (Ωm).
- ❖ ρ = Resistividad del terreno (Ωm).
- ❖ Zb = Impedancia base (Ωm).

Empleando los datos de la subestación proyectada, con una tensión de contacto aplicada de 204V, Obtenemos una tensión de paso máxima admisible de:

$$Up = 204 * 10 * \left(1 + \frac{2 * 2000 + 6 * 300}{2 * 1000}\right) = 7956V$$

Podemos observar que la tensión de paso máxima admisible es superior a la calculada en el ejemplo del apartado 4.4.1. del Anexo nº1: Cálculos. Por lo tanto cumple.

5. Edificio de control y servicio

En lo que se refiere al edificio de control, su cálculo se realizará del mismo modo que se calcula la intensidad que circula a través de los embarrados de ambos parque de alta tensión.

Para la elección de la sección tendremos en cuenta dos condiciones.

La primera de ella será la selección de la sección del conductor mediante la caída de tensión que se produce entre un punto de alimentación hasta el punto de consumo.

La otra condición es mediante la intensidad máxima admisible que puede circular por el conductor que hayamos elegido. Si la intensidad que va a circular por un determinado circuito es mayor a la intensidad admisible que presenta el propio conductor, debemos escoger una sección mayor.

En los casos en los que longitud es mayor, se tendrá mas en cuenta, porque dará secciones mas grande que la la sección que de una intensidad admisible mayor que la que presenta la instalación. y en el caso de que la longitud sea menor, el que prevalezca será el de intensidad admisible.

UNIVERSIDAD DE JAÉN

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE JAÉN

DISEÑO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA CON PARQUE DE 132kV y 66kV

Para la selección de las protecciones, se realizarán mediante el cálculo de la intensidad de cortocircuito, visto también en el apartado 2.2. del Anexo nº1: Cálculos. La protección diferencial se realiza mediante cálculo de la intensidad de defecto visto en el apartado 4.1 del Anexo nº1: Cálculos.

ANEXO DE CÁLCULO nº2: LÍNEA SUBTERRÁNEA

DESCRIPCIÓN DE LAS LÍNEA SUBTERRÁNEA

1. Características de la corriente

1.1.Descripción

TENSIÓN MÁXIMA DE SERVICIO: kV

FRECUENCIA: Hz

FACTOR DE POTENCIA:

CLASE DE CORRIENTE: Alterna-Trifásica

1.2.Cálculos eléctricos

1.2.1. Reactancia

La reactancia de la línea subterránea se determina mediante la expresión:

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

Donde:

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

Para la línea subterránea de 20kV que enlaza el tercer devanado del transformador de potencia con el edificio de contrl y servicios, utilizándola como ejemplo, obtenemos una reactancia:

$$2 * \pi * 50 * 0,0005729 = 0,18 \text{ Ohmios/km}$$

1.2.2. Resistencia

la resistencia que presenta la línea subterránea en su longitud total viene determinada mediante la siguiente expresión

$$R = \rho * \frac{L}{S}$$

Dode:

- ❖ R = Resistencia de la línea subterránea (Ω).
- ❖ ρ = Resistividad del material conductor (Ω m).
- ❖ L = Longitud de la línea subterránea

Una vez calculada la resistencia a la temperatura de 20°C, pasamos la resistencia que presentará la línea subterránea a la temperatura de servicio. Esta se relaciona con la anterior mediante:

$$R_{ts} = R_{20^{\circ}C} * (1 + \alpha(T_f - T_i))$$

- ❖ R_{ts} = Resistencia a la temperatura de servicio (Ω).
- ❖ $R_{20^{\circ}C}$ = Resistencia a 20°C (Ω).
- ❖ T_f = Temperatura final (°C).
- ❖ T_i = Temperatura inicial (°C).
- ❖ α = Coeficiente del material conductor (1/°C).

Para nuestro ejemplo seguiremos con el desarrollado por el apartado anterior. Por lo tanto la longitud de la línea subterránea será, con una sección de 25mm² y con una longitud de 50 metros:

$$R = 0,82 * 10^{-8} * \frac{50 * 10^3}{25} = 0,5640 \text{ Ohmios}$$

Para la temperatura de servicio de la línea que será, 90 °C

$$R_{ts} = 0,654 * (1 + \alpha(90 - 20)) = 0,7190 \text{ Ohmios}$$

1.2.3. Caída de tensión

La caída de tensión por resistencia y reactancia de las líneas, la cual tiene una distancia de 200m y despreciando la capacidad viene dada, con una resistencia kilométrica de 0,096 Ohmios/km y una intensidad de 306 A se expresa de la siguiente manera:

$$\Delta V = I * (R * \cos\varphi + X_k * L * \sin\varphi)$$

Donde:

- ❖ R = Resistencia del conductor total (Ω).
- ❖ X_k = Reactancia kilométrica de la línea (Ω/km).
- ❖ L = longitud de la línea (m).
- ❖ φ = Ángulo de desfase de la intensidad con respecto a la tensión (Grados).
- ❖ I = Intensidad nominal de la línea (A).
- ❖ ΔV = Caída de tensión

Como ejemplo, utilizamos la línea nº1, con la que obtenemos una caída de tensión:

$$\Delta V = 306 * (3,79 * \cos 31,7 + 0,18 * 200 * \sin 31,7) = 313,6V =$$

1.2.4. Corriente de cálculo

La intensidad de cálculo de la línea es la Intensidad máxima admisible, normalizada en las tablas 612 y 13 del MIE-RLAT-ITC-06, que puede soportar el conductor multiplicada por diversos factores, atendiendo al emplazamiento que tiene la línea subterránea, su longitud de

enterramiento, su temperaturas de servicio, de terreno y su material aislador y la distancia de separación entre los conductores. La intensidad calculada tiene que ser mayor a la intensidad nominal de la línea subterránea.

Todos estos datos se encuentran normalizados en la Instrucción Técnica Complementarias (MIE-RLAT-ITC-05) del Reglamento Electrotécnico de Líneas de Alta Tensión.

Para el caso de la línea subterránea de 20kV, los factores a utilizar se encuentran en las tablas 7,9,10,11 de la ITC anteriormente mencionada. Con una sección de 25 mm² la Intensidad de calculo es:

$$I_c = 100 * 0,96 * 0,78 * 1,06 * 0,85 = 67,46A$$

Esta tensión cumple con lo estipulado, puesto que la intensidad calculada es menor que la intensidad nominal, que para nuestro caso es de 7,21A.

1.2.5. Densidad de cálculo

La densidad de cálculo es la densidad con la que máxima que trabajaría en caso de que se produjera un cortocircuito sobre ella.

La densidad de corriente ha de ser mayor a la intensidad máxima admisible que se representa en la tabla 25 y 26 del MIE-RLAT-ITC-06.

La densidad de corriente se obtiene mediante la siguiente expresión.

$$\delta = I_{cc}/S$$

- ❖ I_{cc} = Intensidad de cortocircuito (A).
- ❖ S = Sección del conductor (mm²).
- ❖ δ = Densidad de corriente (A/mm²).

Para el cálculo de la intensidad de cortocircuito se tomarán todos los valores de la impedancia aguas arriba.

Para el ejemplo volvemos a realizarlo con la subterránea de 20kV. Por lo tanto la densidad de corriente es:

$$\delta = \frac{1039A}{25} = 41,56 A/mm^2$$

La densidad es menor a la densidad máxima admisible por cortocircuito que puede mostrar el conductor, por lo tanto cumple.

ANEXO N°3: TABLAS CÁLCULO DE SUBESTACIÓN 132/66kV

1. Distancias

1.1.Parque de 66kV

Pasillos de servicio MIE RAT 14		Tensión de red (kV)	
Pasillos de maniobra con elementos en alta tensión a un solo lado (m)	1	Tensión más elevada del material (kV) MIE RAT 04	72,5
Pasillos de maniobra con elementos de alta tensión (m)	1,2	Tensión soportada a los impulsos tipo rayo (kV) MIE RAT 12	325
Pasillos de inspección con elementos en alta tensión a un solo lado (m)	0,8	Tensión soportada nominal de corta duración a frecuencia industrial (kV) MIE RAT 12	140
Pasillos de inspección con elementos en alta tensión a ambos lados (m)	1	Distancia mínima Fase Tierra en el aire MIE RAT 12	63
		Distancia mínima entre Fases MIE RAT 12	63

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		
H; Altura sobre el suelo (cm)	T; Distancia de elementos de tensión y aparatos o máquinas (cm)	B (cm)	C (cm)	E (cm)
313	73	66	73	93

Distancias en zonas de protección contra contactos accidentales en el exterior de la instalación MIE RAT 15	
F (cm)	G (cm)
166	213

1.1. Distancia Parque 132kV

Pasillos de servicio MIE RAT 14	
Pasillos de maniobra con elementos en alta tensión a un solo lado (m)	1
Pasillos de maniobra con elementos de alta tensión (m)	1,2
Pasillos de inspección con elementos en alta tensión a un solo lado (m)	0,8
Pasillos de inspección con elementos en alta tensión a ambos lados (m)	1

Tensión de red (kV)	132
Tensión más elevada del material (kV) MIE RAT 04	145
Tensión soportada a los impulsos tipo rayo (kV) MIE RAT 12	650
Tensión soportada nominal de corta duración a frecuencia industrial (kV) MIE RAT 12	275
Distancia mínima Fase Tierra en el aire MIE RAT 12	130
Distancia mínima entre Fases MIE RAT 12	130

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		
H; Altura sobre el suelo (cm)	T; Distancia de elementos de tensión y aparatos o máquinas (cm)	B (cm)	C (cm)	E (cm)
380	140	133	140	160

Distancias en zonas de protección contra contactos accidentales en el exterior de la instalación MIE RAT 15	
F (cm)	G (cm)
230	280

2. Cálculos eléctricos

2.1. Parque de 132kV

<u>Embarrado principal</u>	
Intensidad Nominal (A)	612,341195
Aleación	AlMgSiO
Diametro exterior (mm)	120
Diametro interior (mm)	100
Sección total del conductor (mm ²)	3456
Peso propio (kg/m)	9,33
Momento de Inercia (cm ⁴)	812
Momento resistente (cm ³)	110
Modulo de elasticidad (Mpa)	69200

<u>Embarrado secundario</u>	
Intensidad Nominal (A)	306,170597
Aleación	AlMgSiO
Diametro exterior (mm)	100
Diametro interior (mm)	68
Sección total del conductor (mm ²)	1394
Peso propio (kg/m)	3,76
Momento de Inercia (cm ⁴)	1394
Momento resistente (cm ³)	90
Modulo de elasticidad (Mpa)	68600

Coeficiente de dilatación (mm/m°C)	0,023
Límite de fluencia (MPa)	160
Carga de rotura (Mpa)	205
Intensidad máxima admisible A	3795
Potencia Embarrado (VA)	433826766

Coeficiente de dilatación (mm/m°C)	0,023
Límite de fluencia (MPa)	160
Carga de rotura (Mpa)	225
Intensidad máxima admisible A	2020
Potencia Embarrado (VA)	230917014

Aisladores soporte C4-325 Primario Poina	
Carga de rotura a flexión (MPa)	4000
Carga de rotura a torsión (Mpa)	2000
Altura aislador	770
Diámetros de las armaduras Metálicas D1	127
Diámetros de la armaduras metálicas D2	158
Diámetros de la armaduras metálicas D3	M16
Tensión Nominal	66
Tensión Máxima	72,5
Tensión soportada bajo lluvia	140

Aisladores soporte C4-325 Secundario Poina	
Carga de rotura a flexión (MPa)	4000
Carga de rotura a torsión (Mpa)	2000
Altura aislador	770
Diámetros de las armaduras Metálicas D1	127
Diámetros de la armaduras metálicas D2	158
Diámetros de la armaduras metálicas D3	M16
Tensión Nominal	66
Tensión Máxima	72,5
Tensión soportada bajo lluvia	140

tensión soportada al choque	325
Línea de fuga a Nivel de polución III	1160

tensión soportada al choque	325
Línea de fuga a Nivel de polución III	1160

Tensión de la Red (V)	66000
Potencia (VA)	70000000
Tensión soportada a los impulsos tipo rayo (kV) MIE RAT 12	325
Tensión soportada nominal de corta duración a frecuencia industrial (kV) MIE RAT 12	140
Distancia mínima de aislamiento en aire entre fases y entre fase y tierra (mm)	630

Corriente de Cresta (kA)		Efecto Corona (Tensión Crítica disrruptiva)	Factor de correlación de d. de aire	0,96727273
k	1,35480644		Tensión crítica compuesta(kV) tiempo seco	1590,8989
Ip	60,3535477		Tensión crítica compuesta (kV) tiempo húmedo	1272,71912
			Diametro medio geométrico (m)	2,51
			Tensión crítica simple(kV) tiempo seco	918,505911
			Tensión crítica simple (kV) tiempo húmedo	734,804729

2.2.Parque 132kV

<u>Embarrados principal</u>		<u>Embarrados secundario</u>	
Intensidad Nominal (A)	306,170597	Intensidad Nominal (A)	153,085299
Aleación	AlMgSiO	Aleación	AlMgSiO
Diametre exterior (mm)	150	Diametre exterior (mm)	100
Diametro interior (mm)	134	Diametro interior (mm)	88
Sección total del conductor (mm ²)	3569	Sección total del conductor (mm ²)	1772
Peso propio (kg/m)	9,63	Peso propio (kg/m)	4,78
Momento de Inercia (cm ⁴)	902	Momento de Inercia (cm ⁴)	196
Momento resistente (cm ³)	120	Momento resistente (cm ³)	100
Modulo de elasticidad (Mpa)	70000	Modulo de elasticidad (Mpa)	70000
Coeficiente de dilatación (mm/m°C)	0,023	Coeficiente de dilatación (mm/m°C)	0,023
Límite de fluencia (MPa)	160	Límite de fluencia (MPa)	160
Carga de rotura (Mpa)	215	Carga de rotura (Mpa)	215
Intensidad máxima admisible A	4408	Intensidad máxima admisible A	2320
Potencia Embarrado (VA)	1007804155	Potencia Embarrado (VA)	530423239

<u>Aisladores soporte C6-650 Primario Poinsa</u>	
Carga de rotura a flexión (MPa)	6000
Carga de rotura a torsión (Mpa)	3000
Altura aislador	1500
Diametro de las armaduras Metálicas D1	127
Diametros de la armaduras metálicas D2	172
Diametros de la armaduras metálicas D3	M16
Tensión Nominal	132
Tensión Máxima	145
Tensión soportada bajo lluvia	275
tensión soportada al choque	650
Línea de fuga a Nivel de plución III	3625

<u>Aisladores soporte C4-650 Secundario Poinsa</u>	
Carga de rotura a flexión (MPa)	4000
Carga de rotura a torsión (Mpa)	3000
Altura aislador	1500
Diametro de las armaduras Metálicas D1	127
Diametros de la armaduras metálicas D2	172
Diametros de la armaduras metálicas D3	M16
Tensión Nominal	132
Tensión Máxima	145
Tensión soportada bajo lluvia	275
tensión soportada al choque	650
Línea de fuga a Nivel de plución III	3625

Corriente de Cresta (kA)		Efecto Corona (Tensión Crítica disrruptiva)	Factor de correlación de d. de aire		0,96727273
			Tensión crítica compuesta(kV) tiempo seco		2139,26529
k	1,354806439		Tensión crítica compuesta (kV) tiempo húmedo		1711,41223
Ip	76,63942563		Diametro medio geométrico (m)		2,51
			Tensión crítica simple(kV) tiempo seco		1235,10539
			Tensión crítica simple (kV) tiempo húmedo		988,084314

2.3.Cálculo conductor pórticos

Conductor	Sección	Rk	Diámetro(mm)	Radio(m)	Densidad inferior	Densidad superior	ΔD
LA-30	31,10	1,08	7,137	0,003585	5	4,55	0,45
LA-56	54,60	0,61	9,449	0,00472	4	3,55	0,45
LA-78	78,60	0,48	11,34	0,00566	3,55	3,2	0,35
LA-110	116,20	0,31	14	0,007	3,2	2,9	0,3
LA-145	147,10	0,24	15,75	0,007875	2,9	2,7	0,2
LA-180	181,60	0,19	17,5	0,00875	2,7	2,5	0,2
LA-280	281,10	0,12	21,798	0,01089	2,3	2,15	0,15

UNIVERSIDAD DE JAÉN
 ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE JAÉN
 DISEÑO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA CON PARQUE DE 132kV y 66kV

S1	S2	Sx	ΔS_x	ΔS	X	Densidad total	Lk	Xk	Imax	Potencia(W)	Potencia (MVA)
25	35	31,1	6,1	10	0,2745	4,43	0,001500	0,4709	137,70	25186759,37	31,48
50	70	54,597	4,597	20	0,1034325	3,65	0,001445	0,4536	199,34	36459870,36	45,57
70	90	78,598	8,598	20	0,150465	3,19	0,001408	0,4422	250,36	45792583,76	57,24
95	125	116,197	21,197	30	0,21197	2,74	0,001366	0,4289	318,04	58170110,42	72,71
125	160	147,1	22,1	35	0,12628571	2,54	0,001342	0,4215	373,74	68358797,63	85,45
160	200	181,6	21,6	40	0,108	2,37	0,001321	0,4148	431,17	78862558,14	98,58
250	300	281,1	31,1	50	0,0933	2,07	0,001277	0,4011	581,22	106308570,18	132,89

3. Cálculos mecánicos

3.1. Embarrados principales

3.1.1. Parque de 132kV

Tensión en el Tubo				
Fuerza (N/m)			Tensión en el tubo total (N/mm ²)	
E. Viento		141,75	Viento	57,88125
E. Peso tubo	Fpp	94,4703	Peso tubo	47,12178917
	Fp	115,4003	Cortocircuito	60,12072786
E. Cc	E. Cc a Fc	254,326948	Total	127,0627002
	Fc (Hz)	2,0510806		
	Fc/F	0,04102161		
	k Vr 80685	1,85299718		
	k V 80685	0,31242247		
	E. Total Cc a Fc	73,6172178		

Reacciones sobre aisladores de soporte	
Viento sobre tubo N	992,25
Esfuerzos por cortocircuito	2061,2821
Viento sobre aislador	167,265
F Total	3525,565
Coeficiente de seguridad	1,70185488

Factor q Comprobación de la tensión en tabla 4 Norma UNE 60865		1,425806452
Factor q*Límite de fluencia		228,1290323
Flecha total (mm) Elongación del embarrado (mm)		37,95260982 19,32
Esfuerzo térmico en cortocircuito		70,86557228
Ct (Ka) tubo que debe ser mayor que la casilla 59		428,28

3.1.2. Parque de 66kV

Tensión en el Tubo				
Esfuerzos (N/m)			Tensión en el tubo total (N/mm ²)	
E. Viento		113,4	Viento	16,4945455
E. Peso tubo	Fpp	91,5273	Peso tubo	15,5239709
	Fp	106,7273	Cortocircuito	7,30388007
E. Cc	E. Cc a Fc	56,7800806	Total	28,4140587
	Fc (Hz)	6,020186124	Factor q Comprobación de la tensión en tabla 4 Norma UNE 60865	
	Fc/F	0,120403722		
	k Vr 80685	1,565406453		
	k V 80685	0,564941152		
	E. Total Cc a Fc	25,10708773	Factor q*Límite de fluencia	
Reacciones sobre aisladores de soporte			Flecha total (mm)	
Viento sobre tubo N		453,6	Elongación del embarrado (mm)	
Esfuerzos por cortocircuito		227,1203224	Esfuerzo térmico en cortocircuito	
Viento sobre aislador		57,48435	Ct (Ka) tubo que debe ser mayor que la casilla 59	
F Total		738,2046724	414,72	

Coeficiente de seguridad	5,418551453
--------------------------	-------------

3.2. Embarrados secundarios

3.2.1. Parque de 132kV

Tensión en el Tubo				
Esfuerzos (N/m)			Tensión en el tubo total (N/mm ²)	
E. Viento		94,5	Viento	21,3215625
E. Peso tubo	Fpp	46,8918	Peso tubo	15,3022936
	Fp	67,8218	Cortocircuito	21,2295694
E. Cc	E. Cc a Fc	134,8088851	Total	45,2190117
	Fc (Hz)	2,947240315		
	Fc/F	0,058944806		
	k Vr 80685	1,75617599		
	k V 80685	0,397436193		
	E. Total Cc a Fc	47,04613718		
Reacciones sobre aisladores de soporte				
Viento sobre tubo N		448,875	Factor q Comprobación de la tensión en tabla 4 Norma UNE 60865	
Esfuerzos por cortocircuito		640,3422043	Factor q* Límite de fluencia	
Viento sobre aislador		167,265	Flecha total (mm)	
			Elongación del embarrado	
			Esfuerzo térmico en cortocircuito	
			Ct (Ka) tubo que debe ser mayor que la casilla 59	

F Total	1256,482204
Coeficiente de seguridad	4,775236752

3.2.2. Parque de 66kV

tensión en el Tubo																
Esfuerzos (N/m)			Tensión en el tubo total (N/mm^2)													
E. Viento		75,6	Viento	5,25												
E. Peso tubo	Fpp	36,8856	Peso tubo	3,61705556												
	Fp	52,0856	Cortocircuito	3,73672007												
E. Cc	E. Cc a Fc	56,7800806	Total	9,68732308												
	Fc (Hz)	8,31552116	<table><tr><td>Factor q Comprobación de la tensión en tabla 4 Norma UNE 60865</td><td>1,476315789</td></tr><tr><td>Factor q*Límite de fluencia</td><td>236,2105263</td></tr><tr><td>Flecha total (mm)</td><td>2,6689E-06</td></tr><tr><td>Elongación del embarrado (mm)</td><td>5,175</td></tr><tr><td>Esfuerzo térmico en cortocirrcuito</td><td>55,80663817</td></tr><tr><td>Ct (Ka) tubo que debe ser mayor que la casilla 59</td><td>167,28</td></tr></table>		Factor q Comprobación de la tensión en tabla 4 Norma UNE 60865	1,476315789	Factor q*Límite de fluencia	236,2105263	Flecha total (mm)	2,6689E-06	Elongación del embarrado (mm)	5,175	Esfuerzo térmico en cortocirrcuito	55,80663817	Ct (Ka) tubo que debe ser mayor que la casilla 59	167,28
	Factor q Comprobación de la tensión en tabla 4 Norma UNE 60865	1,476315789														
	Factor q*Límite de fluencia	236,2105263														
	Flecha total (mm)	2,6689E-06														
	Elongación del embarrado (mm)	5,175														
Esfuerzo térmico en cortocirrcuito	55,80663817															
Ct (Ka) tubo que debe ser mayor que la casilla 59	167,28															
Fc/F	0,16631042															
k Vr 80685	1,47913453															
k V 80685	0,64069211															
E. Total Cc a Fc	26,9043845															
Reacciones sobre aisladores de soporte																
Viento sobre tubo N		189														
Esfuerzos por cortocircuito		141,950201														
Viento sobre aislador		57,48435														
F Total		388,434551														
Coeficiente de seguridad		10,2977451														

3.3.Tensiones en los pórticos

Vanos	Conductor	Zona	L. Vano(m)	Desnivel(m)	Vano Reg.(m)	Tramos	To (daN)
1- 2	LA-110	A	20	0	31,21506965	Tramo 1 (Entrada líneas)	734,89
2- 3	LA-110	A	39,5	0			
3- 4	LA-110	A	19	0			
4- 5	LA-111	A	15	0	18,02775638	Tramo 2 (Barra 1 a Trafo de potencia)	681,81
5- 6	LA-112	A	20	0			
6- 7	LA-113	A	15	0	18,02775638	Tramo 3 (Barra 2 a Trafo de Potencia)	681,81
7- 8	LA-114	A	20	0			

TRAMO 1									
	Condiciones Iniciales								
	Zona A	Po	Sv						
		to	-5						
		To	1437,33						
Tensión Máxima Menor									
T _{0,1-2}	1437,27829	Po	Sv	Condiciones iniciales nuevas					
T _{0,2.3}	1437,128276	to	-5						
T _{0,3-4}	1437,283332	To	1437,33						
	Fenómenos vibratorios			EDS=15% A -630,5582867 249,03355 T 15% B 6794724,673 56350919,2 646,8 To 734,8974825 3,2037E-07					
	EDS	A	-1161,019989						
	15%	B	6794724,673						
	10°C	Tcd	1166,017591						
	4,7497E-08			Nuevas condiciones iniciales					
	EDS	27,0412243	Supera el 15% No cumple						
Flechas máximas									
Vano	15°C+V	0							
1- 2	A	-298,51355	Flecha (m)	0,138108513					
2- 3	B	30237078,6	Flecha (m)	0,663428923					
3- 4	T	448,699368	Flecha (m)	0,124266374					
Vano	50°C	-9,267E-08							
1- 2	A	282,564729	Flecha (m)	0,291450505					
2- 3	B	3645949,82	Flecha (m)	5,307257123					
3- 4	T	97,8930999	Flecha (m)	0,250442542					

TRAMO 2-3										
	Condiciones Iniciales									
	Zona A	Po	Sv							
		to	-5							
		To	1437,33							
Tensión Máxima Menor										
T0,4-5	1437,300913	Po	Sv	Condiciones iniciales nuevas						
T0,5-6	1437,27829	to	-5							
		To	1437,33							
	Fenómenos vibratorios			EDS=15% A -641,38261 249,03351 T 15% B 2266348,06 18795580,7 646,8 To 681,814476 -4,876E-04						
	EDS	A	-1179,198516							
	15%	B	2266348,057							
	10°C	Tcd	1180,823902							
	0,00025588			Nuevas condiciones iniciales			To	to	po	
	EDS	27,3845988	Supera el 15% No cumple				681,814476	-5	Sv	
	Flechas máximas									
	Vano	15°C+V								
1- 2	A	-309,33792	Flecha (m)	0,082177903						
2- 3	B	18795580,7	Flecha (m)	0,146098597						
3- 4	T	417,28161								
Vano	50°C	1,4435E-04								
1- 2	A	271,740362	Flecha (m)	0,263862589						
2- 3	B	2266348,06	Flecha (m)	0,148407647						
3- 4	T	80,242183								

TABLA DE TENDIDO VANO DE REGULACIÓN TRES										
	Vano regulacion 2	t final	t0	p0	p	A	B	Valor Para Cálculo	Tensión (daN)	Flechas (m)
Vano 1-2	T _{0°C}	0	-5	1,21919843	0,42336	-651,59869	6794724,67		666,877169	0,03174208
Vano 2-3									666,877169	0,12381517
Vano 3-4									666,877169	0,02864722
Vano 1-2	T _{5°C}	5	-5	1,21919843	0,42336	-568,30738	6794724,67		587,962367	0,03600246
Vano 2-3									587,962367	0,14043209
Vano 3-4									587,962367	0,03249221
Vano 1-2	T _{10°C}	10	-5	1,21919843	0,42336	-485,01607	6794724,67		511,033972	0,04142214
Vano 2-3									511,033972	0,16157131
Vano 3-4									511,033972	0,03738346
Vano 1-2	T _{15°C}	15	-5	1,21919843	0,42336	-401,72476	6794724,67		437,262327	0,04841068
Vano 2-3									437,262327	0,18883042
Vano 3-4									437,262327	0,0436906
Vano 1-2	T _{20°C}	20	-5	1,21919843	0,42336	-318,43344	6794724,67		368,477266	0,05744787
Vano 2-3									437,262327	0,18883042
Vano 3-4									437,262327	0,0436906
Vano 1-2	T _{25°C}	25	-5	1,21919843	0,42336	-235,14213	6794724,67		307,160259	0,06891626
Vano 2-3									307,160259	0,26881222
Vano 3-4									307,160259	0,06219683

UNIVERSIDAD DE JAÉN
 ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE JAÉN
 DISEÑO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA CON PARQUE DE 132kV y 66kV

Vano 1-2	T _{30°C}	30	-5	1,21919843	0,42336	-151,85082	6794724,67		255,740559	0,08277327
Vano 2-3									255,740559	0,32286013
Vano 3-4									255,740559	0,07470271
Vano 1-2	T _{35°C}	35	-5	1,21919843	0,42336	-68,559512	6794724,67		215,233361	0,09835224
Vano 2-3									215,233361	0,38362283
Vano 3-4									215,233361	0,08876261
Vano 1-2	T _{40°C}	40	-5	1,21919843	0,42336	14,7317991	6794724,67		184,619159	0,11466268
Vano 2-3									184,619159	0,44723652
Vano 3-4									184,619159	0,10348263
Vano 1-2	T _{45°C}	45	-5	1,21919843	0,42336	98,0231101	6794724,67		161,734251	0,13088884
Vano 2-3									161,734251	0,51051914
Vano 3-4									161,734251	0,11812652
Vano 1-2	T _{50°C}	50	-5	1,21919843	0,42336	181,314421	6794724,67		144,427285	0,1465756
Vano 2-3									144,427285	0,57169551
Vano 3-4									144,427285	0,13228355
Vano 1-2	T _{55°C}	55	-5	1,21919843	0,42336	264,605732	6794724,67		131,047457	0,16154332
Vano 2-3									131,047457	0,63006511
Vano 3-4									131,047457	0,14579161
Vano 1-2	T _{60°C}	60	-5	1,21919843	0,42336	347,897043	6794724,67		120,448829	0,17576077
Vano 2-3									120,448829	0,68550629
Vano 3-4									120,448829	0,15862251

Vano 1-2	T _{65°C}	65	-5	1,21919843	0,42336	431,188354	6794724,67		111,858101	0,18926235
Vano 2-3									111,858101	0,73815334
Vano 3-4									111,858101	0,17080728
Vano 1-2	T _{70°C}	70	-5	1,21919843	0,42336	514,479665	6794724,67		104,751339	0,20210607
Vano 2-3									104,751339	0,78823269
Vano 3-4									104,751339	0,18239831
Vano 1-2	T _{70°C}	70	-5	1,21919843	0,42336	514,479665	6794724,67		98,7673545	0,21435464
Vano 2-3									98,7673545	0,83598908
Vano 3-4									98,7673545	0,19345218

TABLA DE TENDIDO VANO DE REGULACIÓN DOS										
	Tramo 2-3	t final	t0	p0	p	A	B	Valor Para Cálculo	Tensión (daN)	Flechas (m)
Vano 4-5	T _{0°C}	0	-5	1,21919843	0,42336	-616,79614	2266348,06		622,642017	0,03399719
Vano 5-6									622,642017	0,13260979
Vano 4-5	T _{5°C}	5	-5	1,21919843	0,42336	-533,50483	2266348,06		541,24133	0,03911029
Vano 5-6									541,24133	0,15255382
Vano 4-5	T _{10°C}	10	-5	1,21919843	0,42336	-450,21352	2266348,06		460,883043	0,04592955
Vano 5-6									460,883043	0,17915267
Vano 4-5	T _{15°C}	15	-5	1,21919843	0,42336	-366,92221	2266348,06		382,419192	0,05535344
Vano 5-6									382,419192	0,21591079

UNIVERSIDAD DE JAÉN
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE JAÉN
DISEÑO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA CON PARQUE DE 132kV y 66kV

Vano 4-5	T _{20°C}	20	-5	1,21919843	0,42336	-283,63089	2266348,06		307,58578	0,06882091
Vano 5-6									307,58578	0,26844034
Vano 4-5	T _{25°C}	25	-5	1,21919843	0,42336	-200,33958	2266348,06		239,763548	0,08828928
Vano 5-6									239,763548	0,34437441
Vano 4-5	T _{30°C}	30	-5	1,21919843	0,42336	-117,04827	2266348,06		183,993681	0,11505251
Vano 5-6									183,993681	0,44875688
Vano 4-5	T _{35°C}	35	-5	1,21919843	0,42336	-33,756961	2266348,06		143,624515	0,14739498
Vano 5-6									143,624515	0,57489092
Vano 4-5	T _{40°C}	40	-5	1,21919843	0,42336	49,5343497	2266348,06		116,746165	0,18133632
Vano 5-6									116,746165	0,70724747
Vano 4-5	T _{45°C}	45	-5	1,21919843	0,42336	132,825661	2266348,06		98,8962368	0,21407521
Vano 5-6									98,8962368	0,83489962
Vano 4-5	T _{50°C}	50	-5	1,21919843	0,42336	216,116972	2266348,06		86,5349568	0,24466667
Vano 5-6									86,5349568	0,95416272
Vano 4-5	T _{55°C}	55	-5	1,21919843	0,42336	299,408283	2266348,06		77,5394532	0,27306433
Vano 5-6									77,5394532	1,06485701
Vano 1-2	T _{60°C}	60	-5	1,21919843	0,42336	382,699594	2266348,06		70,7005024	0,29949328
Vano 2-3									70,7005024	1,167862
Vano 1-2	T _{65°C}	65	-5	1,21919843	0,42336	465,990905	2266348,06		65,3118903	0,32421986
Vano 2-3									65,3118903	1,26421743
Vano 1-2	T _{70°C}	70	-5	1,21919843	0,42336	549,282216	2266348,06		60,9422516	0,34748491
Vano 2-3									60,9422516	1,35486346

Apoyo	L. Conductor soportada por el apoyo	Csn	Csa
Apoyo 1	20,5	1387,122876	8,34879406
Apoyo 2	60	473,9336493	8,34879406
Apoyo 3	59	481,966423	8,34879406
Apoyo 4	19,5	1458,257382	8,34879406
Apoyo 5	15	1895,734597	8,34879406
Apoyo 6	35	812,4576845	8,34879406
Apoyo 7	20	1421,800948	8,34879406
Apoyo 8	15	1895,734597	8,34879406
Apoyo 9	35	812,4576845	8,34879406
Apoyo 10	20	1421,800948	8,34879406

Cadena de aisladores						
Elementos	Descripción	P (daN)	Q (daN)	Lon (m)	D (m)	Esfuerzo cadena daN
HB 16/18	Horquilla de bola	0,7	12500	0,052	0,2556	10,252116
U120B	Rótula	58,5	12000	2,19		
R 16/18	Rótula	0,5	12500	0,05		
	total	59,7	total	2,292		

Peso LA-110 (daN)	0,422
-------------------	-------

Hipotesis 1							
Esfuerzos verticales							
Apoyo	Tramo	a1	a2	P Cadena (daN)	N Cadenas	Esfuerzos	tipo
Apoyo 1	Tramo 1	0	20,5	59,7	1	72,19678386	Prin- Línea
Apoyo 2		20,5	39,5	59,7	2	155,9759528	Ali-Ama
Apoyo 3		39,5	19,5	59,7	2	155,3663536	Ali-Ama
Apoyo 4		19,5	0	59,7	1	71,58718465	Fin- Línea
Apoyo 5	Tramo 2	0	15	59,7	1	68,84398819	Prin- Línea
Apoyo 6		15	20	59,7	2	140,7359724	Ali-Ama
Apoyo 7		20	0	59,7	1	71,89198425	Fin- Línea
Apoyo 8	Tramo 3	0	15	59,7	1	68,84398819	Prin- Línea
Apoyo 9		15	20	59,7	2	140,7359724	Ali-Ama
Apoyo 10		20	0	59,7	1	71,89198425	Fin- Línea
Esfuerzos Transversales							
Apoyo	Tramo	a1	a2	E Cadena (daN)	N Cadenas	Esfuerzos	tipo
Apoyo 1	Tramo 1	0	20,5	10,252116	1	21,97128267	Prin- Línea
Apoyo 2		20,5	39,5	10,252116	2	54,804232	Ali-Ama
Apoyo 3		39,5	19,5	10,252116	2	54,23256533	Ali-Ama
Apoyo 4		19,5	0	10,252116	1	21,399616	Fin- Línea
Apoyo 5	Tramo 2	0	15	10,252116	1	18,827116	Prin- Línea
Apoyo 6		15	20	10,252116	2	40,51256533	Ali-Ama
Apoyo 7		20	0	10,252116	1	21,68544933	Fin- Línea
Apoyo 8	Tramo 3	0	15	10,252116	1	18,827116	Prin- Línea
Apoyo 9		15	20	10,252116	2	40,51256533	Ali-Ama
Apoyo 10		20	0	10,252116	1	21,68544933	Fin- Línea

Esfuerzos longitudinales			
Apoyo	Tramo	tipo	Esfuerzos daN
Apoyo 1	Tramo 1	Prin- Línea	734,89
Apoyo 2		Ali-Ama	No Aplica
Apoyo 3		Ali-Ama	No Aplica
Apoyo 4		Fin- Línea	734,89
Apoyo 5	Tramo 2	Prin- Línea	681,81
Apoyo 6		Ali-Ama	No Aplica
Apoyo 7		Fin- Línea	681,81
Apoyo 8	Tramo 3	Prin- Línea	681,81
Apoyo 9		Ali-Ama	No Aplica
Apoyo 10		Fin- Línea	681,81

Hipotesis 3							
Esfuerzos verticales							
Apoyo	Tramo	a1	a2	P Cadena (daN)	N Cadenas	Esfuerzos daN	tipo
Apoyo 1	Tramo 1	0	20,5	59,7	1	No Aplica	Prin- Línea
Apoyo 2		20,5	39,5	59,7	2	155,9759528	Ali-Ama
Apoyo 3		39,5	19,5	59,7	2	155,3663536	Ali-Ama
Apoyo 4		19,5	0	59,7	1	No Aplica	Fin- Línea
Apoyo 5	Tramo 2	0	15	59,7	1	No Aplica	Prin- Línea
Apoyo 6		15	20	59,7	2	140,7359724	Ali-Ama
Apoyo 7		20	0	59,7	1	No Aplica	Fin- Línea
Apoyo 8	Tramo 3	0	15	59,7	1	No Aplica	Prin- Línea
Apoyo 9		15	20	59,7	2	140,7359724	Ali-Ama
Apoyo 10		20	0	59,7	1	No Aplica	Fin- Línea
Esfuerzos Transversales (NO APLICA)							
Esfuerzos longitudinales							
Apoyo	Tramo	tipo	Esfuerzos daN				
Apoyo 1	Tramo 1	Prin- Línea	No Aplica				
Apoyo 2		Ali-Ama	367,445				
Apoyo 3		Ali-Ama	367,445				
Apoyo 4		Fin- Línea	No Aplica				
Apoyo 5	Tramo 2	Prin- Línea	No Aplica				
Apoyo 6		Ali-Ama	340,905				
Apoyo 7		Fin- Línea	No Aplica				
Apoyo 8	Tramo 3	Prin- Línea	No Aplica				
Apoyo 9		Ali-Ama	340,905				
Apoyo 10		Fin- Línea	No Aplica				

Hipotesis 4								
Apoyo	Tramo	a1	a2	P Cadena (daN)	N Cadenas	Esfuerzos daN	Esfuerzos na (daN)	tipo
Apoyo 1	Tramo 1	0	20,5	59,7	1	72,19678386	36,09839193	Prin- Línea
Apoyo 2		20,5	39,5	59,7	2	155,9759528	77,98797638	Ali-Ama
Apoyo 3		39,5	19,5	59,7	2	155,3663536	77,68317678	Ali-Ama
Apoyo 4		19,5	0	59,7	1	71,58718465	35,79359232	Fin- Línea
Apoyo 5	Tramo 2	0	15	59,7	1	68,84398819	34,4219941	Prin- Línea
Apoyo 6		15	20	59,7	2	140,7359724	70,36798622	Ali-Ama
Apoyo 7		20	0	59,7	1	71,89198425	35,94599213	Fin- Línea
Apoyo 8	Tramo 3	0	15	59,7	1	68,84398819	34,4219941	Prin- Línea
Apoyo 9		15	20	59,7	2	140,7359724	70,36798622	Ali-Ama
Apoyo 10		20	0	59,7	1	71,89198425	35,94599213	Fin- Línea
Esfuerzos Transversales (NO APLICA)								
Esfuerzos longitudinales								
Apoyo	Tramo	tipo	Esfuerzos daN					
Apoyo 1	Tramo 1	Prin- Línea	734,89					
Apoyo 2		Ali-Ama	734,89					
Apoyo 3		Ali-Ama	734,89					
Apoyo 4		Fin- Línea	734,89					
Apoyo 5	Tramo 2	Prin- Línea	681,81					
Apoyo 6		Ali-Ama	681,81					
Apoyo 7		Fin- Línea	681,81					
Apoyo 8	Tramo 3	Prin- Línea	681,81					
Apoyo 9		Ali-Ama	681,81					
Apoyo 10		Fin- Línea	681,81					

4.1. Corriente de defecto, corriente de puesta a tierra y resistencia de puesta a tierra

Intensidad de tierra y resistencia de puesta a tierra				
Datos Subestaciones extremas			Ángulo	
Impedancias secuencia directa	2,4		90	
Impedancias secuencia inversa	2,4		90	
Impedancias secuencia homopolar	2,4		90	
Dato Subestación			Ángulo	
Impedancias secuencia directa	2,4		90	
Impedancias secuencia inversa	2,4		90	
Impedancias secuencia homopolar	2,4		90	
Datos conductor líneas			Ángulo	
Sección (mm ²)	281,1			
Diametro (mm)	21,798			
Impedancia de cadena infinita	7,61			
Resistencia (ohmios/km)	0,119			
Permeabilidad relativa del material	75		Ángulo	
Factor de reducción	0,6			
Reactancia (ohmios)	0,365			
Impedancia directa	0,379161			
Impedancia inversa	0,379161			
Impedancia homopolar	1,4483608			
Impedancias de ambos lados			Ángulo	
Za Directa	13,0524566		75,2	
Zb Directa	2,4		90	
Zc Directa	18,0374019		74,29	
Impedancias de ambos lados			Ángulo	
Za homopolar	42,8627019		74,5	
Zb Homopolar	2,4		90	
Zc Homopolar	61,6897728		74,22	
Impedancia total			Ángulo	
Impedancia directa Z1	1,88		85	
Impedancia inversa Z2	1,88		85	
Impedancia homopolar Z0	2,18		88,6	
Intensidad de defecto Id (kA)			-86	
Intensidad Io (kA)			-86	
Ioa (kA)			0,7177885	
Iob (kA)			12,8193143	
Ioc (kA)			0,49872698	
Intensidad de puesta a tierra (kA) Ieb total			2,18972786	
Datos Malla de tierra			Ángulo	
Longitud total del conductor (m)	3616			
Superficie del conductor (m ²)	13392			
Resistividad del terreno (ohmios*m)	300			
Material	Cobre			
Sección del conductor (mm ²)	70			
Profundidad de la malla (m)	0,8			
Número de conductores en 128m	16			
Numero de conductores en 112m	14			
Distancia de separación (m)	8			
Resistencia de puesta a tierra (ohmios) Rt			1,22492813	
Impedancia Zeb (ohmios)			1,437	

4.2. Tensión de contacto y de paso

Tensión de contacto							
Datos		Tensión de contacto máxima de tensión en la instalación					
Longitud perimetral (m)	880	Diámetro conductor enterrado (m)	0,0094407				
Superficie malla de tierra (m^2)	13392	n	11,3311953				
profundidad de la malla (m)	0,8	Kii	0,57647871				
sección conductor de tierra (mm^2)	70	Km	0,69488563				
Longitud total de conductor (m)	3616	Kh	1,34164079				
Intensidad de puesta a tierra (kA)	2,18972786	Ki	2,34101691				
Resistencia terreno (Ohmios*m)	300	Tensión de contacto U'c (V)	295,529515				
Distancia de separación (m)	8	Coeficiente unitario Kc (V/((Ohmios*m)*A)	0,00044987				
Resistividad hormigón (Ohmios)	2500	tensión de contacto máxima admisible de la instalación					
Resistividad asfalto (Ohmios)	5000	tensión máxima de contacto admisible en zona con hormigón	Cs	Resistividad'	Uc (V)	Cumple	
Resistividad grava (Ohmios)	3000		0,77024631	1925,61576	997,238424		
Espesor hormigón (m)	0,15	tensión máxima de contacto admisible en zona con asfalto	Cs	Resistividad'	Uc (V)		
Espesor asfalto (m)	0,06		0,55911504	2795,57522	1263,44602		
Espesor grava (m)	0,15	tensión máxima de contacto admisible en zona con grava	Cs	Resistividad'	Uc (V)		
tcc(s)	0,5		0,76502463	2295,07389	1110,29261		
Uca	204						

Tensión de Paso						
Datos		Tensión de paso maxima de tensión en la instalación				
Resistividad terreno (Ohmios)	300	Ks		0,35446602		
Intensidad de puesta a tierra (kA)	2,18972786	Tensión de paso U'p (V)		200,914917		
Ki	2,34	Coeficiente unitario Kc (V/((Ohmios*m)*A)		0,00030584		
n	11,3311953	tensión de paso máxima admisible de la instalación				
Distancia de separación (m)	8	tensión máxima de contacto admisible en el terreno		Up	Cumple	
Profundidad malla	0,8			7956		
Longitud total del conductor (m)	3616					

5. Autoválvulas

5.1. Autoválvulas parque de 132kV

Tensión (kV)	132					
Tensión más elevada (kV)	145	Ur (kV); Tensión mínima asignada de la autoválvula	104,4	Energía en caso de sobretensiones (kJ)	43,238547	
Tiempo de despeje (s)	0,5					
Long. Mínima específica	31,1	Línea de fuga mínima (m)	4,5095	Capacidad de absorción	0,40035692	
Tiempo de propagación de la onda	94,05					
Tensión residual	254	Tensión de operación continua	83,715789	Tensión Normalizada (kV)	108	
Línea de fuga (m)	5,302	Sobretensión temporal	117,202105	EEXLIM Q-E 145		

5.2. Autoválvulas parque de 66kV

Tensión (kV)	66				
Tensión más elevada (kV)	72,5	Ur (kV); Tensión mínima asignada de la autoválvula	58	Energía en caso de sobretensiones (kJ)	8,020584
Tiempo de despeje (s)	0,5				
Long. Mínima específica	25	Línea de fuga mínima (m)	1,8125	Capacidad de absorción	0,13828593
Tiempo de propagación de la onda	94,05				
Tensión residual	156	Tensión operación conti.	41,8578945	Tensión normalizada	60
Línea de fuga (m)	1974	Sobretensión temporal	58,6010523	INAEL ZSP0060	

6. Líneas subterráneas

6.1. Líneas subterráneas de 20kV

	Sección	I. adm	R 20º	R 90º	X	Z L Sub	cdt (V)	cdt(%)
Línea S. 20kV trafo-edif	25	100	0,564	0,7191564	0,009	0,719213	37,72194	0,028577225
Línea S. 20kV trafo-edif	25	100	1,128	1,4383128	0,018	1,438425	75,44387	0,05715445

coef. Resistividad	coef.dist.cond.	coef. Profundidad	coef. Tª terreno	I. Cálculo	δ max adm	I _{cc} (KA)	δ calculo
0,96	0,78	1,06	0,85	67,46688	133	1,03915076	41,5660302
0,96	0,78	1,06	0,85	67,46688	134	0,97598118	39,0392471

6.2. Líneas subterráneas de 132kV

Línea Subterránea	Z L Aérea	Sección	I. adm	R 20º	R 90º	X	Z L Sub	cdt (V)	cdt(%)
Línea S. N°1 132kV	10,79	640	455	0,088125	0,112368188	0,036	0,117994	7,009925946	0,00531055
Línea S. N°2 132kV	21	640	455	0,088125	0,112368188	0,036	0,117994	7,009925946	0,00531055

coef. Resistividad	coef.dist.cond.	coef. Profundidad	coef. Tª terreno	I. Cálculo	δ max adm	I _{cc} (KA)	δ calculo
0,96	0,78	1,02	0,85	295,390368	133	1,66557928	2,60246762
0,96	0,8	1,02	0,85	302,96448	133	1,36172397	2,1276937

7. Edificio de control y servicios auxiliares

ALUMBRADO INTERIOR	Factor de utilización o rendimiento	k sala 1	k Sala 2	k Sala 3	k Sala 4	k Sala 5	k Pasillo	h
		1,48148148	1,23748863	0,90905229	1,05643592	0,96040741	0,92570729	2,52
	Factores de reflexión	Techo	Paredes	Suelo				
		0,5	0,5	0,3				
	Coeficiente de utilización	Sala 1	Sala 2	Sala 3	Sala 4	Sala 5	Pasillo	
		0,7	0,67	0,64	0,64	0,64	0,7	
	Factor de conservación	0,8						
	Factor de transmisión	Sala 1	Sala 2	Sala 3	Sala 4	Sala 5	Pasillo	
		0,56	0,536	0,512	0,512	0,512	0,56	
	Iluminación Nominal	Sala 1	Sala 2	Sala 3	Sala 4	Sala 5	Pasillo	
		500	500	500	500	100	100	
	Flujo Luminoso	Sala 1	Sala 2	Sala 3	Sala 4	Sala 5	Pasillo	
		50000	45708,9552	39062,5	39062,5	7812,5	13392,8571	
	Número de luminarias Philips de 58W	Sala 1	Sala 2	Sala 3	Sala 4	Sala 5	Pasillo	
		9,54198473	8,72308306	7,45467557	7,45467557	1,49093511	2,55588877	
		10	9	8	8	2	3	
	Potencia (W)	Sala 1	Sala 2	Sala 3	Sala 4	Sala 5	Pasillo	
		580	522	464	464	116	174	
	Potencia total (W)	2320						

ALUMBRADO EXTERIOR (CLASE CE4 según ITC- EA-02 de eficiencia energética)	Iluminación media lux	10
	Uniformidad media	0,4
	Coeficiente de utilización	0,45
	Coeficiente de depreciación	0,8
	Coeficiente de conservación	0,75
	Flujo luminoso	8333,33333
	Número de luminarias LED Corn E27	9,25925926 10
	Potencia (W)	100
	Eficiencia energética	12
	Eficiencia energética de referencia	9
	Índice de consumo energético	0,75
	Altura de las luminarias (m)	8
	Potencia total (W)	900

Potencia interior						Potencia exterior
580	522	464	464	116	174	1250
Longitud						Longitud
20	13	20	15	15	8	25
Potencia de cálculo						Potencia
1044	939,6	835,2	835,2	208,8	313,2	2250
Intensidad						Intensidad
2,620668178	2,358601361	2,096534543	2,09653454	0,52413364	0,78620045	5,64799176
sección						Sección
1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2,5
Caída de tensión						Caída de tensión
2,161490683	1,26447205	1,729192547	1,29689441	0,3242236	0,25937888	3,49378882
%caída de tensión						%U

0,939778558	0,549770456	0,751822846	0,56386713	0,14096678	0,11277343	1,51903862
Interruptor automático						
10	10	10	10	10	10	10

Tomas de corriente zona 1	
Potencia	2000
longitud	20
Intensidad	10,86956522
sección	2,5
caida de tensión	2,070393375
%caida de tensión	0,900171032
protección térmica	16A

Tomas de corriente zona 2	
Potencia	2000
longitud	30
Intensidad	10,8695652
sección	2,5
caida de tensión	3,10559006
%caida de tensión	1,35025655
protección térmica	16A

ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

1. Prevención de riesgos laborales

1.1. Introducción

La ley **31/1995**, de 8 de noviembre de 1995, de **Prevención de Riesgos Laborales** tiene por objeto la determinación del cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los *riesgos derivados de las condiciones de trabajo*.

Como ley establece un marco legal a partir del cual las **normas reglamentarias** irán fijando y concretando los aspectos más técnicos de las medidas preventivas.

Estas normas complementarias quedan resumidas a continuación:

- Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

1.2. Derechos y obligaciones

DERECHO A LA PROTECCIÓN FRENTE A LOS RIESGOS LABORALES.

Los trabajadores tienen derecho a una protección eficaz en materia de seguridad y salud en el trabajo.

A este efecto, el empresario realizará la prevención de los riesgos laborales mediante la adopción de cuantas medidas sean necesarias para la protección de la seguridad y la salud de los trabajadores, con las especialidades que se recogen en los artículos siguientes en materia de evaluación de riesgos, información, consulta, participación y formación de los trabajadores, actuación en casos de emergencia y de riesgo grave e inminente y vigilancia de la salud.

PRINCIPIOS DE LA ACCIÓN PREVENTIVA.

El empresario aplicará las medidas preventivas pertinentes, con arreglo a los siguientes principios generales:

- Evitar los riesgos.
- Evaluar los riesgos que no se pueden evitar.
- Combatir los riesgos en su origen.
- Adaptar el trabajo a la persona, en particular en lo que respecta a la concepción de los puestos de trabajo, la organización del trabajo, las condiciones de trabajo, las relaciones sociales y la influencia de los factores ambientales en el trabajo.

- Adoptar medidas que antepongan la protección colectiva a la individual.
- Dar las debidas instrucciones a los trabajadores.
- Adoptar las medidas necesarias a fin de garantizar que sólo los trabajadores que hayan recibido información suficiente y adecuada puedan acceder a las zonas de riesgo grave y específico.
- Prever las distracciones o imprudencias no temerarias que pudiera cometer el trabajador.

EVALUACIÓN DE LOS RIESGOS.

La acción preventiva en la empresa se planificará por el empresario a partir de una evaluación inicial de los riesgos para la seguridad y la salud de los trabajadores, que se realizará, con carácter general, teniendo en cuenta la naturaleza de la actividad, y en relación con aquellos que estén expuestos a riesgos especiales. Igual evaluación deberá hacerse con ocasión de la elección de los equipos de trabajo, de las sustancias o preparados químicos y del acondicionamiento de los lugares de trabajo.

De alguna manera se podrían clasificar las causas de los riesgos en las categorías siguientes:

- Insuficiente calificación profesional del personal dirigente, jefes de equipo y obreros.
- Empleo de maquinaria y equipos en trabajos que no corresponden a la finalidad para la que fueron concebidos o a sus posibilidades.
- Negligencia en el manejo y conservación de las máquinas e instalaciones. Control deficiente en la explotación.
- Insuficiente instrucción del personal en materia de seguridad.

Referente a las máquinas herramienta, los riesgos que pueden surgir al manejarlas se pueden resumir en los siguientes puntos:

- Se puede producir un accidente o deterioro de una máquina si se pone en marcha sin conocer su modo de funcionamiento.
- La lubricación deficiente conduce a un desgaste prematuro por lo que los puntos de engrase manual deben ser engrasados regularmente.
- Puede haber ciertos riesgos si alguna palanca de la máquina no está en su posición correcta.
- El resultado de un trabajo puede ser poco exacto si las guías de las máquinas se desgastan, y por ello hay que protegerlas contra la introducción de virutas.
- Puede haber riesgos mecánicos que se deriven fundamentalmente de los diversos movimientos que realicen las distintas partes de una máquina y que pueden provocar que el operario:
 - ❖ Entre en contacto con alguna parte de la máquina o ser atrapado entre ella y cualquier estructura fija o material.
 - ❖ Sea golpeado o arrastrado por cualquier parte en movimiento de la máquina.
 - ❖ Ser golpeado por elementos de la máquina que resulten proyectados.
 - ❖ Ser golpeado por otros materiales proyectados por la máquina.
- Puede haber riesgos no mecánicos tales como los derivados de la utilización de energía eléctrica, productos químicos, generación de ruido, vibraciones, radiaciones, etc.

Los movimientos peligrosos de las máquinas se clasifican en cuatro grupos:

- Movimientos de rotación. Son aquellos movimientos sobre un eje con independencia de la inclinación del mismo y aún cuando giren lentamente. Se clasifican en los siguientes grupos:
 - ❖ Elementos considerados aisladamente tales como árboles de transmisión, vástagos, brocas, acoplamientos.
 - ❖ Puntos de atrapamiento entre engranajes y ejes girando y otras fijas o dotadas de desplazamiento lateral a ellas.
- Movimientos alternativos y de traslación. El punto peligroso se sitúa en el lugar donde la pieza dotada de este tipo de movimiento se aproxima a otra pieza fija o móvil y la sobrepasa.
- Movimientos de traslación y rotación. Las conexiones de bielas y vástagos con ruedas y volantes son algunos de los mecanismos que generalmente están dotadas de este tipo de movimientos.
- Movimientos de oscilación. Las piezas dotadas de movimientos de oscilación pendular generan puntos de "tijera" entre ellas y otras piezas fijas.

Las actividades de prevención deberán ser modificadas cuando se aprecie por el empresario, como consecuencia de los controles periódicos previstos en el apartado anterior, su inadecuación a los fines de protección requeridos.

EQUIPOS DE TRABAJO Y MEDIOS DE PROTECCIÓN.

Cuando la utilización de un equipo de trabajo pueda presentar un riesgo específico para la seguridad y la salud de los trabajadores, el empresario adoptará las medidas necesarias con el fin de que:

- La utilización del equipo de trabajo quede reservada a los encargados de dicha utilización.
- Los trabajos de reparación, transformación, mantenimiento o conservación sean realizados por los trabajadores específicamente capacitados para ello.

El empresario deberá proporcionar a sus trabajadores equipos de protección individual adecuados para el desempeño de sus funciones y velar por el uso efectivo de los mismos.

INFORMACIÓN, CONSULTA Y PARTICIPACIÓN DE LOS TRABAJADORES.

El empresario adoptará las medidas adecuadas para que los trabajadores reciban todas las informaciones necesarias en relación con:

- Los riesgos para la seguridad y la salud de los trabajadores en el trabajo.
- Las medidas y actividades de protección y prevención aplicables a los riesgos.

Los trabajadores tendrán derecho a efectuar propuestas al empresario, así como a los órganos competentes en esta materia, dirigidas a la mejora de los niveles de la protección de la seguridad y la salud en los lugares de trabajo, en materia de señalización en dichos lugares, en cuanto a la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, en las obras de construcción y en cuanto a utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

FORMACIÓN DE LOS TRABAJADORES.

El empresario deberá garantizar que cada trabajador reciba una formación teórica y práctica, suficiente y adecuada, en materia preventiva.

MEDIDAS DE EMERGENCIA.

El empresario, teniendo en cuenta el tamaño y la actividad de la empresa, así como la posible presencia de personas ajenas a la misma, deberá analizar las posibles situaciones de emergencia y adoptar las medidas necesarias en materia de primeros auxilios, lucha contra incendios y evacuación de los trabajadores, designando para ello al personal encargado de poner en práctica estas medidas y comprobando periódicamente, en su caso, su correcto funcionamiento.

RIESGO GRAVE E INMINENTE.

Cuando los trabajadores estén expuestos a un riesgo grave e inminente con ocasión de su trabajo, el empresario estará obligado a:

- Informar lo antes posible a todos los trabajadores afectados acerca de la existencia de dicho riesgo y de las medidas adoptadas en materia de protección.
- Dar las instrucciones necesarias para que, en caso de peligro grave, inminente e inevitable, los trabajadores puedan interrumpir su actividad y además estar en condiciones, habida cuenta de sus conocimientos y de los medios técnicos puestos a su disposición, de adoptar las medidas necesarias para evitar las consecuencias de dicho peligro.

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, optando por la realización de aquellos reconocimientos o pruebas que causen las menores molestias al trabajador y que sean proporcionales al riesgo.

DOCUMENTACIÓN.

El empresario deberá elaborar y conservar a disposición de la autoridad laboral la siguiente documentación:

- Evaluación de los riesgos para la seguridad y salud en el trabajo, y planificación de la acción preventiva.
- Medidas de protección y prevención a adoptar.
- Resultado de los controles periódicos de las condiciones de trabajo.
- Práctica de los controles del estado de salud de los trabajadores.
- Relación de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales que hayan causado al trabajador una incapacidad laboral superior a un día de trabajo.

COORDINACIÓN DE ACTIVIDADES EMPRESARIALES.

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.

El empresario garantizará, evaluando los riesgos y adoptando las medidas preventivas necesarias, la protección de los trabajadores que, por sus propias características personales o estado biológico conocido, incluidos aquellos que tengan reconocida la situación de discapacidad física, psíquica o sensorial, sean específicamente sensibles a los riesgos derivados del trabajo.

PROTECCIÓN DE LA MATERNIDAD.

La evaluación de los riesgos deberá comprender la determinación de la naturaleza, el grado y la duración de la exposición de las trabajadoras en situación de embarazo o parto reciente, a agentes, procedimientos o condiciones de trabajo que puedan influir negativamente en la salud de las trabajadoras o del feto, adoptando, en su caso, las medidas necesarias para evitar la exposición a dicho riesgo.

PROTECCIÓN DE LOS MENORES.

Antes de la incorporación al trabajo de jóvenes menores de dieciocho años, y previamente a cualquier modificación importante de sus condiciones de trabajo, el empresario deberá efectuar una evaluación de los puestos de trabajo a desempeñar por los mismos, a fin de determinar la naturaleza, el grado y la duración de su exposición, teniendo especialmente en cuenta los riesgos derivados de su falta de experiencia, de su inmadurez para evaluar los riesgos existentes o potenciales y de su desarrollo todavía incompleto.

RELACIONES DE TRABAJO TEMPORALES, DE DURACIÓN DETERMINADA Y EN EMPRESAS DE TRABAJO TEMPORAL.

Los trabajadores con relaciones de trabajo temporales o de duración determinada, así como los contratados por empresas de trabajo temporal, deberán disfrutar del mismo nivel de protección en materia de seguridad y salud que los restantes trabajadores de la empresa en la que prestan sus servicios.

OBLIGACIONES DE LOS TRABAJADORES EN MATERIA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS.

Corresponde a cada trabajador velar, según sus posibilidades y mediante el cumplimiento de las medidas de prevención que en cada caso sean adoptadas, por su propia seguridad y salud en el trabajo y por la de aquellas otras personas a las que pueda afectar su actividad profesional, a causa de sus actos y omisiones en el trabajo, de conformidad con su formación y las instrucciones del empresario.

Los trabajadores, con arreglo a su formación y siguiendo las instrucciones del empresario, deberán en particular:

- Usar adecuadamente, de acuerdo con su naturaleza y los riesgos previsibles, las máquinas, aparatos, herramientas, sustancias peligrosas, equipos de transporte y, en general, cualesquiera otros medios con los que desarrollen su actividad.
- Utilizar correctamente los medios y equipos de protección facilitados por el empresario.
- No poner fuera de funcionamiento y utilizar correctamente los dispositivos de seguridad existentes.

- Informar de inmediato un riesgo para la seguridad y la salud de los trabajadores.
- Contribuir al cumplimiento de las obligaciones establecidas por la autoridad competente.

1.3. Servicios de prevención

PROTECCIÓN Y PREVENCIÓN DE RIESGOS PROFESIONALES.

En cumplimiento del deber de prevención de riesgos profesionales, el empresario designará uno o varios trabajadores para ocuparse de dicha actividad, constituirá un servicio de prevención o concertará dicho servicio con una entidad especializada ajena a la empresa.

Los trabajadores designados deberán tener la capacidad necesaria, disponer del tiempo y de los medios precisos y ser suficientes en número, teniendo en cuenta el tamaño de la empresa, así como los riesgos a que están expuestos los trabajadores.

En las empresas de menos de seis trabajadores, el empresario podrá asumir personalmente las funciones señaladas anteriormente, siempre que desarrolle de forma habitual su actividad en el centro de trabajo y tenga capacidad necesaria.

El empresario que no hubiere concertado el Servicio de Prevención con una entidad especializada ajena a la empresa deberá someter su sistema de prevención al control de una auditoría o evaluación externa.

SERVICIOS DE PREVENCIÓN.

Si la designación de uno o varios trabajadores fuera insuficiente para la realización de las actividades de prevención, en función del tamaño de la empresa, de los riesgos a que están expuestos los trabajadores o de la peligrosidad de las actividades desarrolladas, el empresario deberá recurrir a uno o varios servicios de prevención propios o ajenos a la empresa, que colaborarán cuando sea necesario.

Se entenderá como servicio de prevención 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.

1.4. Consulta y participación de los trabajadores

CONSULTA DE LOS TRABAJADORES.

El empresario deberá consultar a los trabajadores, con la debida antelación, la adopción de las decisiones relativas a:

- La planificación y la organización del trabajo en la empresa y la introducción de nuevas tecnologías, en todo lo relacionado con las consecuencias que éstas pudieran tener para la seguridad y la salud de los trabajadores.

- La organización y desarrollo de las actividades de protección de la salud y prevención de los riesgos profesionales en la empresa, incluida la designación de los trabajadores encargados de dichas actividades o el recurso a un servicio de prevención externo.
- La designación de los trabajadores encargados de las medidas de emergencia.
- El proyecto y la organización de la formación en materia preventiva.

DERECHOS DE PARTICIPACIÓN Y REPRESENTACIÓN.

Los trabajadores tienen derecho a participar en la empresa en las cuestiones relacionadas con la prevención de riesgos en el trabajo.

En las empresas o centros de trabajo que cuenten con seis o más trabajadores, la participación de éstos se canalizará a través de sus representantes y de la representación especializada.

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. Serán designados por y entre los representantes del personal, con arreglo a la siguiente escala:

- De 50 a 100 trabajadores: 2 Delegados de Prevención.
- De 101 a 500 trabajadores: 3 Delegados de Prevención.
- De 501 a 1000 trabajadores: 4 Delegados de Prevención.
- De 1001 a 2000 trabajadores: 5 Delegados de Prevención.
- De 2001 a 3000 trabajadores: 6 Delegados de Prevención.
- De 3001 a 4000 trabajadores: 7 Delegados de Prevención.
- De 4001 en adelante: 8 Delegados de Prevención.

En las empresas de hasta treinta trabajadores el Delegado de Prevención será el Delegado de Personal. En las empresas de treinta y uno a cuarenta y nueve trabajadores habrá un Delegado de Prevención que será elegido por y entre los Delegados de Personal.

2. Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo

2.1.Introducción

La ley 31/1995, de 8 de noviembre de 1995, de Prevención de Riesgos Laborales es la norma legal por la que se determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los *riesgos derivados de las condiciones de trabajo*.

De acuerdo con el artículo 6 de dicha ley, serán las **normas reglamentarias** las que fijarán las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre éstas se encuentran las destinadas a *garantizar que en los lugares de trabajo exista una adecuada señalización de seguridad y salud*, siempre que los riesgos no puedan evitarse o limitarse suficientemente a través de medios técnicos de protección colectiva.

Por todo lo expuesto, el Real Decreto **485/1997** de 14 de Abril de 1.997 establece las **disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y de salud en el trabajo**,

entendiendo como tales aquellas señalizaciones que referidas a un objeto, actividad o situación determinada, proporcionen una indicación o una obligación relativa a la seguridad o la salud en el trabajo mediante una señal en forma de panel, un color, una señal luminosa o acústica, una comunicación verbal o una señal gestual.

2.2.Obligación general del empresario

La elección del tipo de señal y del número y emplazamiento de las señales o dispositivos de señalización a utilizar en cada caso se realizará de forma que la señalización resulte lo más eficaz posible, teniendo en cuenta:

- Las características de la señal.
- Los riesgos, elementos o circunstancias que hayan de señalizarse.
- La extensión de la zona a cubrir.
- El número de trabajadores afectados.

Para la señalización de desniveles, obstáculos u otros elementos que originen riesgo de caída de personas, choques o golpes, así como para la señalización de riesgo eléctrico, presencia de materias inflamables, tóxicas, corrosivas o riesgo biológico, podrá optarse por una señal de advertencia de forma triangular, con un pictograma característico de color negro sobre fondo amarillo y bordes negros.

Las vías de circulación de vehículos deberán estar delimitadas con claridad mediante franjas continuas de color blanco o amarillo.

Los equipos de protección contra incendios deberán ser de color rojo.

La señalización para la localización e identificación de las vías de evacuación y de los equipos de salvamento o socorro (botiquín portátil) se realizará mediante una señal de forma cuadrada o rectangular, con un pictograma característico de color blanco sobre fondo verde.

La señalización dirigida a alertar a los trabajadores o a terceros de la aparición de una situación de peligro y de la consiguiente y urgente necesidad de actuar de una forma determinada o de evacuar la zona de peligro, se realizará mediante una señal luminosa, una señal acústica o una comunicación verbal.

Los medios y dispositivos de señalización deberán ser limpiados, mantenidos y verificados regularmente.

3. Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo

3.1.Introducción

La ley 31/1995, de 8 de noviembre de 1995, de Prevención de Riesgos Laborales es la norma legal por la que se determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los *riesgos derivados de las condiciones de trabajo*.

De acuerdo con el artículo 6 de dicha ley, serán las **normas reglamentarias** las que fijarán las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre éstas se encuentran las destinadas a *garantizar que de la presencia o utilización de los equipos de trabajo puestos a disposición de los trabajadores en la empresa o centro de trabajo no se deriven riesgos para la seguridad o salud de los mismos*.

Por todo lo expuesto, el Real Decreto **1215/1997** de 18 de Julio de 1.997 establece las **disposiciones mínimas de seguridad y de salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo**, entendiendo como tales cualquier máquina, aparato, instrumento o instalación utilizado en el trabajo.

3.2.Obligación general del empresario

El empresario adoptará las medidas necesarias para que los equipos de trabajo que se pongan a disposición de los trabajadores sean adecuados al trabajo que deba realizarse y convenientemente adaptados al mismo, de forma que garanticen la seguridad y la salud de los trabajadores al utilizar dichos equipos.

Deberá utilizar únicamente equipos que satisfagan cualquier disposición legal o reglamentaria que les sea de aplicación.

Para la elección de los equipos de trabajo el empresario deberá tener en cuenta los siguientes factores:

- Las condiciones y características específicas del trabajo a desarrollar.
- Los riesgos existentes para la seguridad y salud de los trabajadores en el lugar de trabajo.
- En su caso, las adaptaciones necesarias para su utilización por trabajadores discapacitados.

Adoptará las medidas necesarias para que, mediante un mantenimiento adecuado, los equipos de trabajo se conserven durante todo el tiempo de utilización en unas condiciones adecuadas. Todas las operaciones de mantenimiento, ajuste, desbloqueo, revisión o reparación de los equipos de trabajo se realizará tras haber parado o desconectado el equipo. Estas operaciones deberán ser encomendadas al personal especialmente capacitado para ello.

El empresario deberá garantizar que los trabajadores reciban una formación e información adecuadas a los riesgos derivados de los equipos de trabajo. 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.

DISPOSICIONES MÍNIMAS GENERALES APLICABLES A LOS EQUIPOS DE TRABAJO

Los órganos de accionamiento de un equipo de trabajo que tengan alguna incidencia en la seguridad deberán ser claramente visibles e identificables y no deberán acarrear riesgos como consecuencia de una manipulación involuntaria.

Cada equipo de trabajo deberá estar provisto de un órgano de accionamiento que permita su parada total en condiciones de seguridad.

Cualquier equipo de trabajo que entrañe riesgo de caída de objetos o de proyecciones deberá estar provisto de dispositivos de protección adecuados a dichos riesgos.

Cualquier equipo de trabajo que entrañe riesgo por emanación de gases, vapores o líquidos o por emisión de polvo deberá estar provisto de dispositivos adecuados de captación o extracción cerca de la fuente emisora correspondiente.

Si fuera necesario para la seguridad o la salud de los trabajadores, los equipos de trabajo y sus elementos deberán estabilizarse por fijación o por otros medios.

Cuando los elementos móviles de un equipo de trabajo puedan entrañar riesgo de accidente por contacto mecánico, deberán ir equipados con resguardos o dispositivos que impidan el acceso a las zonas peligrosas.

Las zonas y puntos de trabajo o mantenimiento de un equipo de trabajo deberán estar adecuadamente iluminadas en función de las tareas que deban realizarse.

Las partes de un equipo de trabajo que alcancen temperaturas elevadas o muy bajas deberán estar protegidas cuando corresponda contra los riesgos de contacto o la proximidad de los trabajadores.

Todo equipo de trabajo deberá ser adecuado para proteger a los trabajadores expuestos contra el riesgo de contacto directo o indirecto de la electricidad y los que entrañen riesgo por ruido, vibraciones o radiaciones deberá disponer de las protecciones o dispositivos adecuados para limitar, en la medida de lo posible, la generación y propagación de estos agentes físicos.

Las herramientas manuales deberán estar construidas con materiales resistentes y la unión entre sus elementos deberá ser firme, de manera que se eviten las roturas o proyecciones de los mismos.

La utilización de todos estos equipos no podrá realizarse en contradicción con las instrucciones facilitadas por el fabricante, comprobándose antes del iniciar la tarea que todas sus protecciones y condiciones de uso son las adecuadas.

Deberán tomarse las medidas necesarias para evitar el atrapamiento del cabello, ropas de trabajo u otros objetos del trabajador, evitando, en cualquier caso, someter a los equipos a sobrecargas, sobrepresiones, velocidades o tensiones excesivas.

DISPOSICIONES MÍNIMAS ADICIONALES APLICABLES A LOS EQUIPOS DE TRABAJO MÓVILES.

Los equipos con trabajadores transportados deberán evitar el contacto de éstos con ruedas y orugas y el aprisionamiento por las mismas. Para ello dispondrán de una estructura de protección que impida que el equipo de trabajo incline más de un cuarto de

vuelta o una estructura que garantice un espacio suficiente alrededor de los trabajadores transportados cuando el equipo pueda inclinarse más de un cuarto de vuelta. No se requerirán estas estructuras de protección cuando el equipo de trabajo se encuentre estabilizado durante su empleo.

Las carretillas elevadoras deberán estar acondicionadas mediante la instalación de una cabina para el conductor, una estructura que impida que la carretilla vuelque, una estructura que garantice que, en caso de vuelco, quede espacio suficiente para el trabajador entre el suelo y determinadas partes de dicha carretilla y una estructura que mantenga al trabajador sobre el asiento de conducción en buenas condiciones.

Los equipos de trabajo automotores deberán contar con dispositivos de frenado y parada, con dispositivos para garantizar una visibilidad adecuada y con una señalización acústica de advertencia. En cualquier caso, su conducción estará reservada a los trabajadores que hayan recibido una información específica.

DISPOSICIONES MÍNIMAS ADICIONALES APLICABLES A LOS EQUIPOS DE TRABAJO PARA ELEVACION DE CARGAS.

Deberán estar instalados firmemente, teniendo presente la carga que deban levantar y las tensiones inducidas en los puntos de suspensión o de fijación. En cualquier caso, los aparatos de izar estarán equipados con limitador del recorrido del carro y de los ganchos, los motores eléctricos estarán provistos de limitadores de altura y del peso, los ganchos de sujeción serán de acero con "pestillos de seguridad" y los carriles para desplazamiento estarán limitados a una distancia de 1 m de su término mediante topes de seguridad de final de carrera eléctricos.

Deberá figurar claramente la carga nominal.

Deberán instalarse de modo que se reduzca el riesgo de que la carga caiga en picado, se suelte o se desvíe involuntariamente de forma peligrosa. En cualquier caso, se evitará la presencia de trabajadores bajo las cargas suspendidas. Caso de ir equipadas con cabinas para trabajadores deberá evitarse la caída de éstas, su aplastamiento o choque.

Los trabajos de izado, transporte y descenso de cargas suspendidas, quedarán interrumpidos bajo régimen de vientos superiores a los 60 km/h.

DISPOSICIONES MÍNIMAS ADICIONALES APLICABLES A LOS EQUIPOS DE TRABAJO PARA MOVIMIENTO DE TIERRAS Y MAQUINARIA PESADA EN GENERAL.

Las máquinas para los movimientos de tierras estarán dotadas de faros de marcha hacia adelante y de retroceso, servofrenos, freno de mano, bocina automática de retroceso, retrovisores en ambos lados, pórtico de seguridad antivuelco y antiimpactos y un extintor.

Se prohíbe trabajar o permanecer dentro del radio de acción de la maquinaria de movimiento de tierras, para evitar los riesgos por atropello.

Durante el tiempo de parada de las máquinas se señalizará su entorno con "señales de peligro", para evitar los riesgos por fallo de frenos o por atropello durante la puesta en marcha.

UNIVERSIDAD DE JAÉN

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE JAÉN

DISEÑO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA CON PARQUE DE 132kV y 66kV

Si se produjese contacto con líneas eléctricas el maquinista permanecerá inmóvil en su puesto y solicitará auxilio por medio de las bocinas. De ser posible el salto sin riesgo de contacto eléctrico, el maquinista saltará fuera de la máquina sin tocar, al unísono, la máquina y el terreno.

Antes del abandono de la cabina, el maquinista habrá dejado en reposo, en contacto con el pavimento (la cuchilla, cazo, etc.), puesto el freno de mano y parado el motor extrayendo la llave de contacto para evitar los riesgos por fallos del sistema hidráulico.

Las pasarelas y peldaños de acceso para conducción o mantenimiento permanecerán limpios de gravas, barro y aceite, para evitar los riesgos de caída.

Se prohíbe el transporte de personas sobre las máquinas para el movimiento de tierras, para evitar los riesgos de caídas o de atropellos.

Se instalarán topes de seguridad de fin de recorrido, ante la coronación de los cortes (taludes o terraplenes) a los que debe aproximarse la maquinaria empleada en el movimiento de tierras, para evitar los riesgos por caída de la máquina.

Se señalizarán los caminos de circulación interna mediante cuerda de banderolas y señales normalizadas de tráfico.

Se prohíbe el acopio de tierras a menos de 2 m. del borde de la excavación (como norma general).

No se debe fumar cuando se abastezca de combustible la máquina, pues podría inflamarse. Al realizar dicha tarea el motor deberá permanecer parado.

Se prohíbe realizar trabajos en un radio de 10 m entorno a las máquinas de hincar, en prevención de golpes y atropellos.

Las cintas transportadoras estarán dotadas de pasillo lateral de visita de 60 cm de anchura y barandillas de protección de éste de 90 cm de altura. Estarán dotadas de encauzadores antidesprendimientos de objetos por rebose de materiales. Bajo las cintas, en todo su recorrido, se instalarán bandejas de recogida de objetos desprendidos.

Los compresores serán de los llamados "silenciosos" en la intención de disminuir el nivel de ruido. La zona dedicada para la ubicación del compresor quedará acordonada en un radio de 4 m. Las mangueras estarán en perfectas condiciones de uso, es decir, sin grietas ni desgastes que puedan producir un reventón.

Cada tajo con martillos neumáticos, estará trabajado por dos cuadrillas que se turnarán cada hora, en prevención de lesiones por permanencia continuada recibiendo vibraciones. Los piones mecánicos se guiarán avanzando frontalmente, evitando los desplazamientos laterales. Para realizar estas tareas se utilizará faja elástica de protección de cintura, muñequeras bien ajustadas, botas de seguridad, cascos antiruido y una mascarilla con filtro mecánico recambiable.

DISPOSICIONES MÍNIMAS ADICIONALES APLICABLES A LA MAQUINARIA HERRAMIENTA.

Las máquinas-herramienta estarán protegidas eléctricamente mediante doble aislamiento y sus motores eléctricos estarán protegidos por la carcasa.

Las que tengan capacidad de corte tendrán el disco protegido mediante una carcasa antiproyecciones.

Las que se utilicen en ambientes inflamables o explosivos estarán protegidas mediante carcasas antideflagrantes. Se prohíbe la utilización de máquinas accionadas mediante combustibles líquidos en lugares cerrados o de ventilación insuficiente.

Se prohíbe trabajar sobre lugares encharcados, para evitar los riesgos de caídas y los eléctricos.

Para todas las tareas se dispondrá una iluminación adecuada, en torno a 100 lux.

En prevención de los riesgos por inhalación de polvo, se utilizarán en vía húmeda las herramientas que lo produzcan.

Las mesas de sierra circular, cortadoras de material cerámico y sierras de disco manual no se ubicarán a distancias inferiores a tres metros del borde de los forjados, con la excepción de los que estén claramente protegidos (redes o barandillas, petos de remate, etc). Bajo ningún concepto se retirará la protección del disco de corte, utilizándose en todo momento gafas de seguridad antiproyección de partículas. Como normal general, se deberán extraer los clavos o partes metálicas hincadas en el elemento a cortar.

Con las pistolas fija-clavos no se realizarán disparos inclinados, se deberá verificar que no hay nadie al otro lado del objeto sobre el que se dispara, se evitará clavar sobre fábricas de ladrillo hueco y se asegurará el equilibrio de la persona antes de efectuar el disparo.

Para la utilización de los taladros portátiles y rozadoras eléctricas se elegirán siempre las brocas y discos adecuados al material a taladrar, se evitará realizar taladros en una sola maniobra y taladros o rozaduras inclinadas a pulso y se tratará no recalentar las brocas y discos.

En las tareas de soldadura por arco eléctrico se utilizará yelmo del soldar o pantalla de mano, no se mirará directamente al arco voltaico, no se tocarán las piezas recientemente soldadas, se soldará en un lugar ventilado, se verificará la inexistencia de personas en el entorno vertical de puesto de trabajo, no se dejará directamente la pinza en el suelo o sobre la perfilera, se escogerá el electrodo adecuada para el cordón a ejecutar y se suspenderán los trabajos de soldadura con vientos superiores a 60 km/h y a la intemperie con régimen de lluvias.

En la soldadura oxiacetilénica (oxicorte) no se mezclarán botellas de gases distintos, éstas se transportarán sobre bateas enjauladas en posición vertical y atadas, no se ubicarán al sol ni en posición inclinada y los mecheros estarán dotados de válvulas antirretroceso de la llama. Si se desprenden pinturas se trabajará con mascarilla protectora y se hará al aire libre o en un local ventilado.

4. Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción

4.1.Introducción

La ley 31/1995, de 8 de noviembre de 1995, de Prevención de Riesgos Laborales es la norma legal por la que se determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los *riesgos derivados de las condiciones de trabajo*.

De acuerdo con el artículo 6 de dicha ley, serán las **normas reglamentarias** las que fijarán las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre éstas se encuentran necesariamente las destinadas a *garantizar la seguridad y la salud en las obras de construcción*.

Por todo lo expuesto, el Real Decreto **1627/1997** de 24 de Octubre de 1.997 establece las **disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción**, entendiendo como tales cualquier obra, pública o privada, en la que se efectúen trabajos de construcción o ingeniería civil.

La obra en proyecto referente a la *Ejecución de una Red de distribución en Baja Tensión* se encuentra incluida en el **Anexo I** de dicha legislación, con la clasificación **a) Excavación, b) Movimiento de tierras, c) Construcción, e) Acondicionamiento o instalación, k) Mantenimiento y l) Trabajos de pintura y de limpieza**.

Al tratarse de una obra con las siguientes condiciones:

- a) El presupuesto de ejecución por contrata incluido en el proyecto es inferior a 75 millones de pesetas.
- b) La duración estimada es inferior a 30 días laborables, no utilizándose en ningún momento a más de 20 trabajadores simultáneamente.
- c) El volumen de mano de obra estimada, entendiendo por tal la suma de los días de trabajo del total de los trabajadores en la obra, es inferior a 500.

Por todo lo indicado, el promotor estará obligado a que en la fase de redacción del proyecto se elabore un **estudio básico de seguridad y salud**. Caso de superarse alguna de las condiciones citadas anteriormente deberá realizarse un estudio completo de seguridad y salud.

4.2. Estudio básico de seguridad y salud

RIESGOS MAS FRECUENTES EN LAS OBRAS DE CONSTRUCCION.

Los *Oficios* más comunes en la obra en proyecto son los siguientes:

- Movimiento de tierras. Excavación de pozos y zanjas.
- Relleno de tierras.
- Encofrados.
- Trabajos con ferralla, manipulación y puesta en obra.
- Trabajos de manipulación del hormigón.
- Montaje de estructura metálica
- Montaje de prefabricados.
- Albañilería.

- Instalación eléctrica definitiva y provisional de obra.

Los *riesgos más frecuentes* durante estos oficios son los descritos a continuación:

- Deslizamientos, desprendimientos de tierras por diferentes motivos (no emplear el talud adecuado, por variación de la humedad del terreno, etc).
- Riesgos derivados del manejo de máquinas-herramienta y maquinaria pesada en general.
- Atropellos, colisiones, vuelcos y falsas maniobras de la maquinaria para movimiento de tierras.
- Caídas al mismo o distinto nivel de personas, materiales y útiles.
- Los derivados de los trabajos pulverulentos.
- Contactos con el hormigón (dermatitis por cementos, etc).
- Desprendimientos por mal apilado de la madera, planchas metálicas, etc.
- Cortes y heridas en manos y pies, aplastamientos, tropiezos y torceduras al caminar sobre las armaduras.
- Hundimientos, rotura o reventón de encofrados, fallos de entibaciones.
- Contactos con la energía eléctrica (directos e indirectos), electrocuciones, quemaduras, etc.
- Cuerpos extraños en los ojos, etc.
- Agresión por ruido y vibraciones en todo el cuerpo.
- Microclima laboral (frío-calor), agresión por radiación ultravioleta, infrarroja.
- Agresión mecánica por proyección de partículas.
- Golpes.
- Cortes por objetos y/o herramientas.
- Incendio y explosiones.
- Riesgo por sobreesfuerzos musculares y malos gestos.
- Carga de trabajo física.
- Deficiente iluminación.
- Efecto psico-fisiológico de horarios y turno.

MEDIDAS PREVENTIVAS DE CARÁCTER GENERAL.

Se establecerán a lo largo de la obra letreros divulgativos y señalización de los riesgos (vuelco, atropello, colisión, caída en altura, corriente eléctrica, peligro de incendio, materiales inflamables, prohibido fumar, etc), así como las medidas preventivas previstas (uso obligatorio del casco, uso obligatorio de las botas de seguridad, uso obligatorio de guantes, uso obligatorio de cinturón de seguridad, etc).

Se habilitarán zonas o estancias para el acopio de material y útiles (ferralla, perfilería metálica, piezas prefabricadas, material eléctrico, etc).

Se procurará que los trabajos se realicen en superficies secas y limpias, utilizando los elementos de protección personal, fundamentalmente calzado antideslizante reforzado para protección de golpes en los pies, casco de protección para la cabeza y cinturón de seguridad.

El transporte aéreo de materiales y útiles se hará suspendiéndolos desde dos puntos mediante eslingas, y se guiarán por tres operarios, dos de ellos guiarán la carga y el tercero ordenará las maniobras.

El transporte de elementos pesados se hará sobre carretilla de mano y así evitar sobreesfuerzos.

Los andamios sobre borriquetas, para trabajos en altura, tendrán siempre plataformas de trabajo de anchura no inferior a 60 cm (3 tablones trabados entre sí), prohibiéndose la formación de andamios mediante bidones, cajas de materiales, bañeras, etc.

Se tenderán cables de seguridad amarrados a elementos estructurales sólidos en los que enganchar el mosquetón del cinturón de seguridad de los operarios encargados de realizar trabajos en altura.

La distribución de máquinas, equipos y materiales en los locales de trabajo será la adecuada, delimitando las zonas de operación y paso, los espacios destinados a puestos de trabajo, las separaciones entre máquinas y equipos, etc.

El área de trabajo estará al alcance normal de la mano, sin necesidad de ejecutar movimientos forzados.

Se vigilarán los esfuerzos de torsión o de flexión del tronco, sobre todo si el cuerpo están en posición inestable.

Se evitarán las distancias demasiado grandes de elevación, descenso o transporte, así como un ritmo demasiado alto de trabajo.

Se tratará que la carga y su volumen permitan asirla con facilidad.

Se recomienda evitar los barrizales, en prevención de accidentes.

Se debe seleccionar la herramienta correcta para el trabajo a realizar, manteniéndola en buen estado y uso correcto de ésta. Después de realizar las tareas, se guardarán en lugar seguro.

La iluminación para desarrollar los oficios convenientemente oscilará en torno a los 100 lux.

Es conveniente que los vestidos estén configurados en varias capas al comprender entre ellas cantidades de aire que mejoran el aislamiento al frío. Empleo de guantes, botas y orejeras. Se resguardará al trabajador de vientos mediante apantallamientos y se evitará que la ropa de trabajo se empape de líquidos evaporables.

Si el trabajador sufriese estrés térmico se deben modificar las condiciones de trabajo, con el fin de disminuir su esfuerzo físico, mejorar la circulación de aire, apantallar el calor por radiación, dotar al trabajador de vestimenta adecuada (sombbrero, gafas de sol, cremas y lociones solares), vigilar que la ingesta de agua tenga cantidades moderadas de sal y establecer descansos de recuperación si las soluciones anteriores no son suficientes.

El aporte alimentario calórico debe ser suficiente para compensar el gasto derivado de la actividad y de las contracciones musculares.

Para evitar el contacto eléctrico directo se utilizará el sistema de separación por distancia o alejamiento de las partes activas hasta una zona no accesible por el trabajador,

interposición de obstáculos y/o barreras (armarios para cuadros eléctricos, tapas para interruptores, etc.) y recubrimiento o aislamiento de las partes activas.

Para evitar el contacto eléctrico indirecto se utilizará el sistema de puesta a tierra de las masas (conductores de protección, líneas de enlace con tierra y electrodos artificiales) y dispositivos de corte por intensidad de defecto (interruptores diferenciales de sensibilidad adecuada a las condiciones de humedad y resistencia de tierra de la instalación provisional).

Será responsabilidad del empresario garantizar que los primeros auxilios puedan prestarse en todo momento por personal con la suficiente formación para ello.

MEDIDAS PREVENTIVAS DE CARÁCTER PARTICULAR PARA CADA OFICIO

Movimiento de tierras. Excavación de pozos y zanjas.

Antes del inicio de los trabajos, se inspeccionará el tajo con el fin de detectar posibles grietas o movimientos del terreno.

Se prohibirá el acopio de tierras o de materiales a menos de dos metros del borde de la excavación, para evitar sobrecargas y posibles vuelcos del terreno, señalizándose además mediante una línea esta distancia de seguridad.

Se eliminarán todos los bolos o viseras de los frentes de la excavación que por su situación ofrezcan el riesgo de desprendimiento.

La maquinaria estará dotada de peldaños y asidero para subir o bajar de la cabina de control. No se utilizará como apoyo para subir a la cabina las llantas, cubiertas, cadenas y guardabarros.

Los desplazamientos por el interior de la obra se realizarán por caminos señalizados.

Se utilizarán redes tensas o mallazoelectrosoldado situadas sobre los taludes, con un solape mínimo de 2 m.

La circulación de los vehículos se realizará a un máximo de aproximación al borde de la excavación no superior a los 3 m. para vehículos ligeros y de 4 m para pesados.

Se conservarán los caminos de circulación interna cubriendo baches, eliminando blandones y compactando mediante zavorras.

El acceso y salida de los pozos y zanjas se efectuará mediante una escalera sólida, anclada en la parte superior del pozo, que estará provista de zapatas antideslizantes.

Cuando la profundidad del pozo sea igual o superior a 1,5 m., se entibará (o encamisará) el perímetro en prevención de derrumbamientos.

Se efectuará el achique inmediato de las aguas que afloran (o caen) en el interior de las zanjas, para evitar que se altere la estabilidad de los taludes.

UNIVERSIDAD DE JAÉN

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE JAÉN

DISEÑO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA CON PARQUE DE 132kV y 66kV

En presencia de líneas eléctricas en servicio se tendrán en cuenta las siguientes condiciones:

Se procederá a solicitar de la compañía propietaria de la línea eléctrica el corte de fluido y puesta a tierra de los cables, antes de realizar los trabajos.

La línea eléctrica que afecta a la obra será desviada de su actual trazado al límite marcado en los planos.

La distancia de seguridad con respecto a las líneas eléctricas que cruzan la obra, queda fijada en 5 m., en zonas accesibles durante la construcción.

Se prohíbe la utilización de cualquier calzado que no sea aislante de la electricidad en proximidad con la línea eléctrica.

Relleno de tierras.

Se prohíbe el transporte de personal fuera de la cabina de conducción y/o en número superior a los asientos existentes en el interior.

Se regarán periódicamente los tajos, las cargas y cajas de camión, para evitar las polvaredas. Especialmente si se debe conducir por vías públicas, calles y carreteras.

Se instalará, en el borde de los terraplenes de vertido, sólidos topes de limitación de recorrido para el vertido en retroceso.

Se prohíbe la permanencia de personas en un radio no inferior a los 5 m. en torno a las compactadoras y apisonadoras en funcionamiento.

Los vehículos de compactación y apisonado, irán provistos de cabina de seguridad de protección en caso de vuelco.

Trabajos con ferralla, manipulación y puesta en obra.

Los paquetes de redondos se almacenarán en posición horizontal sobre durmientes de madera capa a capa, evitándose las alturas de las pilas superiores al 1'50 m.

Se efectuará un barrido diario de puntas, alambres y recortes de ferralla en torno al banco (o bancos, borriquetas, etc.) de trabajo.

Queda prohibido el transporte aéreo de armaduras de pilares en posición vertical.

e prohíbe trepar por las armaduras en cualquier caso.

Se prohíbe el montaje de zunchos perimetrales, sin antes estar correctamente instaladas las redes de protección.

Se evitará, en lo posible, caminar por los fondillos de los encofrados de jácenas o vigas.

Trabajos de manipulación del hormigón.

Se instalarán fuertes topes final de recorrido de los camiones hormigonera, en evitación de vuelcos.

Se prohíbe acercar las ruedas de los camiones hormigoneras a menos de 2 m. del borde de la excavación.

Se prohíbe cargar el cubo por encima de la carga máxima admisible de la grúa que lo sustenta.

Se procurará no golpear con el cubo los encofrados, ni las entibaciones.

La tubería de la bomba de hormigonado, se apoyará sobre caballetes, arriostrándose las partes susceptibles de movimiento.

Para vibrar el hormigón desde posiciones sobre la cimentación que se hormigona, se establecerán plataformas de trabajo móviles formadas por un mínimo de tres tablones, que se dispondrán perpendicularmente al eje de la zanja o zapata.

Montaje de elementos metálicos.

Los elementos metálicos (báculos, postes, etc) se apilarán ordenadamente sobre durmientes de madera de soporte de cargas, estableciendo capas hasta una altura no superior al 1'50 m.

Las operaciones de soldadura en altura, se realizarán desde el interior de una guindola de soldador, provista de una barandilla perimetral de 1 m. de altura formada por pasamanos, barra intermedia y rodapié. El soldador, además, amarrará el mosquetón del cinturón a un cable de seguridad, o a argollas soldadas a tal efecto en la perfilería.

Se prohíbe la permanencia de operarios dentro del radio de acción de cargas suspendidas.

Se prohíbe la permanencia de operarios directamente bajo tajos de soldadura.

El ascenso o descenso, se realizará mediante una escalera de mano provista de zapatas antideslizantes y ganchos de cuelgue e inmovilidad dispuestos de tal forma que sobrepase la escalera 1 m. la altura de desembarco.

El riesgo de caída al vacío se cubrirá mediante la utilización de redes de horca (o de bandeja).

Montaje de prefabricados.

El riesgo de caída desde altura, se evitará realizando los trabajos de recepción e instalación del prefabricado desde el interior de una plataforma de trabajo rodeada de barandillas de 90 cm., de altura, formadas por pasamanos, listón intermedio y rodapié de 15 cm., sobre andamios (metálicos, tubulares de borriquetas).

Se prohíbe trabajar o permanecer en lugares de tránsito de piezas suspendidas en prevención del riesgo de desplome.

UNIVERSIDAD DE JAÉN

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE JAÉN

DISEÑO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA CON PARQUE DE 132kV y 66kV

Los prefabricados se acopiarán en posición horizontal sobre durmientes dispuestos por capas de tal forma que no dañen los elementos de enganche para su izado.

Se paralizará la labor de instalación de los prefabricados bajo régimen de vientos superiores a 60 Km/h.

Albañilería.

Los escombros y cascotes se evacuarán diariamente, para evitar el riesgo de pisadas sobre materiales.

Pintura y barnizados.

Se prohíbe almacenar pinturas susceptibles de emanar vapores inflamables con los recipientes mal o incompletamente cerrados, para evitar accidentes por generación de atmósferas tóxicas o explosivas.

Se prohíbe realizar trabajos de soldadura y oxicorte en lugares próximos a los tajos en los que se empleen pinturas inflamables, para evitar el riesgo de explosión o de incendio.

Se tenderán redes horizontales sujetas a puntos firmes de la estructura, para evitar el riesgo de caída desde alturas.

Se prohíbe la conexión de aparatos de carga accionados eléctricamente (puentes grúa por ejemplo) durante las operaciones de pintura de carriles, soportes, topes, barandillas, etc., en prevención de atrapamientos o caídas desde altura.

Instalación eléctrica provisional de obra.

El montaje de aparatos eléctricos será ejecutado por personal especialista, en prevención de los riesgos por montajes incorrectos.

El calibre o sección del cableado será siempre el adecuado para la carga eléctrica que ha de soportar.

Los hilos tendrán la funda protectora aislante sin defectos apreciables (rasgones, repelones y asimilables). No se admitirán tramos defectuosos.

La distribución general desde el cuadro general de obra a los cuadros secundarios, se efectuará mediante manguera eléctrica antihumedad.

El tendido de los cables y mangueras, se efectuará a una altura mínima de 2 m. en los lugares peatonales y de 5 m. en los de vehículos, medidos sobre el nivel del pavimento.

Los empalmes provisionales entre mangueras, se ejecutarán mediante conexiones normalizadas estancas antihumedad.

Las mangueras de "alargadera" por ser provisionales y de corta estancia pueden llevarse tendidas por el suelo, pero arrimadas a los paramentos verticales.

Los interruptores se instalarán en el interior de cajas normalizadas, provistas de puerta de entrada con cerradura de seguridad.

Los cuadros eléctricos metálicos tendrán la carcasa conectada a tierra.

Los cuadros eléctricos se colgarán pendientes de tableros de madera recibidos a los paramentos verticales o bien a "pies derechos" firmes.

Las maniobras a ejecutar en el cuadro eléctrico general se efectuarán subido a una banqueta de maniobra o alfombrilla aislante.

Los cuadros eléctricos poseerán tomas de corriente para conexiones normalizadas blindadas para intemperie.

La tensión siempre estará en la clavija "hembra", nunca en la "macho", para evitar los contactos eléctricos directos.

Los interruptores diferenciales se instalarán de acuerdo con las siguientes sensibilidades:

300 mA. Alimentación a la maquinaria.

30 mA. Alimentación a la maquinaria como mejora del nivel de seguridad.

30 mA. Para las instalaciones eléctricas de alumbrado.

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 expresamente utilizarlo para otros usos.

La iluminación mediante portátiles cumplirá la siguiente norma:

- Portalámparas estanco de seguridad con mango aislante, rejilla protectora de la bombilla dotada de gancho de cuelgue a la pared, manguera antihumedad, clavija de conexión normalizada estanca de seguridad, alimentados a 24 V.
- La iluminación de los tajos se situará a una altura en torno a los 2 m., medidos desde la superficie de apoyo de los operarios en el puesto de trabajo.
- La iluminación de los tajos, siempre que sea posible, se efectuará cruzada con el fin de disminuir sombras.
- Las zonas de paso de la obra, estarán permanentemente iluminadas evitando rincones oscuros.

No se permitirá las conexiones a tierra a través de conducciones de agua.

No se permitirá el tránsito de carretillas y personas sobre mangueras eléctricas, pueden pelarse y producir accidentes.

No se permitirá el tránsito bajo líneas eléctricas de las compañías con elementos longitudinales transportados a hombro (pértigas, reglas, escaleras de mano y asimilables). La inclinación de la pieza puede llegar a producir el contacto eléctrico.

4.3. Disposiciones específicas de seguridad y salud durante la ejecución de las obras

4.3. DISPOSICIONES ESPECIFICAS DE SEGURIDAD Y SALUD DURANTE LA EJECUCION DE LAS OBRAS.

Cuando en la ejecución de la obra intervenga más de una empresa, o una empresa y trabajadores autónomos o diversos trabajadores autónomos, el promotor designará un *coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra*, que será un técnico competente integrado en la dirección facultativa.

Cuando no sea necesaria la designación de coordinador, las funciones de éste serán asumidas por la dirección facultativa.

En aplicación del estudio básico de seguridad y salud, cada contratista 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 desarrollado en el proyecto, en función de su propio sistema de ejecución de la obra.

Antes del comienzo de los trabajos, el promotor deberá efectuar un *aviso* a la autoridad laboral competente.

5. Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipo de protección individual

5.1. Introducción

La ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo.

Así son las ***normas de desarrollo reglamentario*** las que deben fijar las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre ellas se encuentran las destinadas a garantizar *la utilización por los trabajadores en el trabajo de equipos de protección individual* que los protejan adecuadamente de aquellos riesgos para su salud o su seguridad que *no puedan evitarse o limitarse* suficientemente mediante la utilización de medios de protección colectiva o la adopción de medidas de organización en el trabajo.

5.2. Obligaciones generales del empresario

Hará obligatorio el uso de los equipos de protección individual que a continuación se desarrollan.

PROTECTORES DE LA CABEZA.

UNIVERSIDAD DE JAÉN

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE JAÉN

DISEÑO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA CON PARQUE DE 132kV y 66kV

- Cascos de seguridad, no metálicos, clase N, aislados para baja tensión, con el fin de proteger a los trabajadores de los posibles choques, impactos y contactos eléctricos.
- Protectores auditivos acoplables a los cascos de protección.
- Gafas de montura universal contra impactos y antipolvo.
- Mascarilla antipolvo con filtros protectores.
- Pantalla de protección para soldadura autógena y eléctrica.

PROTECTORES DE MANOS Y BRAZOS.

- Guantes contra las agresiones mecánicas (perforaciones, cortes, vibraciones).
- Guantes de goma finos, para operarios que trabajen con hormigón.
- Guantes dieléctricos para A.T. y B.T.
- Guantes de soldador.
- Muñequeras.
- Mango aislante de protección en las herramientas.

PROTECTORES DE PIES Y PIERNAS.

- Calzado provisto de suela y puntera de seguridad contra las agresiones mecánicas.
- Botas dieléctricas para A.T. y B.T.
- Botas de protección impermeables.
- Polainas de soldador.
- Rodilleras.

PROTECTORES DEL CUERPO.

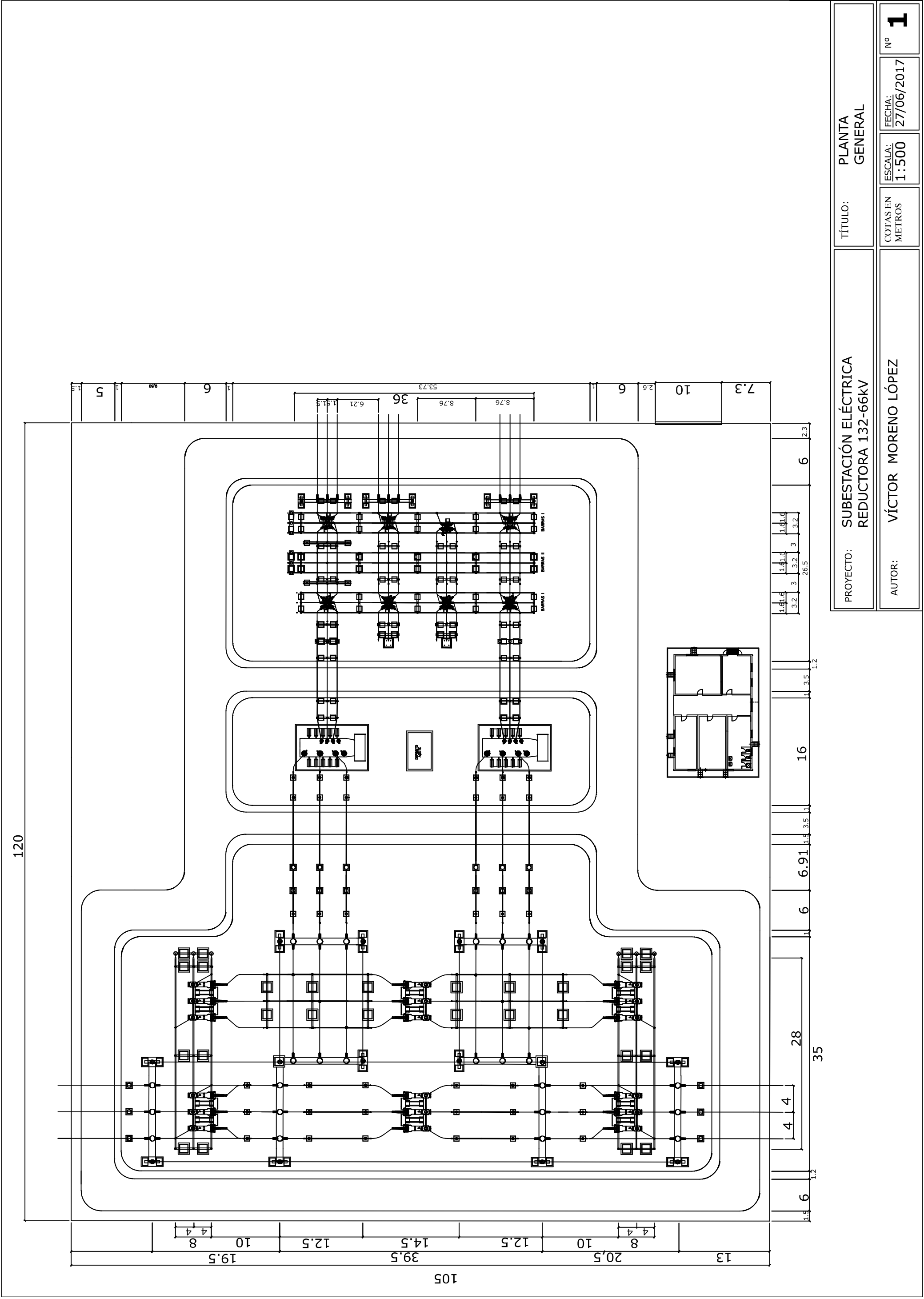
- Crema de protección y pomadas.
- Chalecos, chaquetas y mandiles de cuero para protección de las agresiones mecánicas.
- Traje impermeable de trabajo.
- Cinturón de seguridad, de sujeción y caída, clase A.
- Fajas y cinturones antivibraciones.
- Pértiga de A.T. y B.T.
- Banqueta aislante clase I para maniobra de A.T. y B.T.
- Linterna individual de situación.
- Comprobador de tensión.

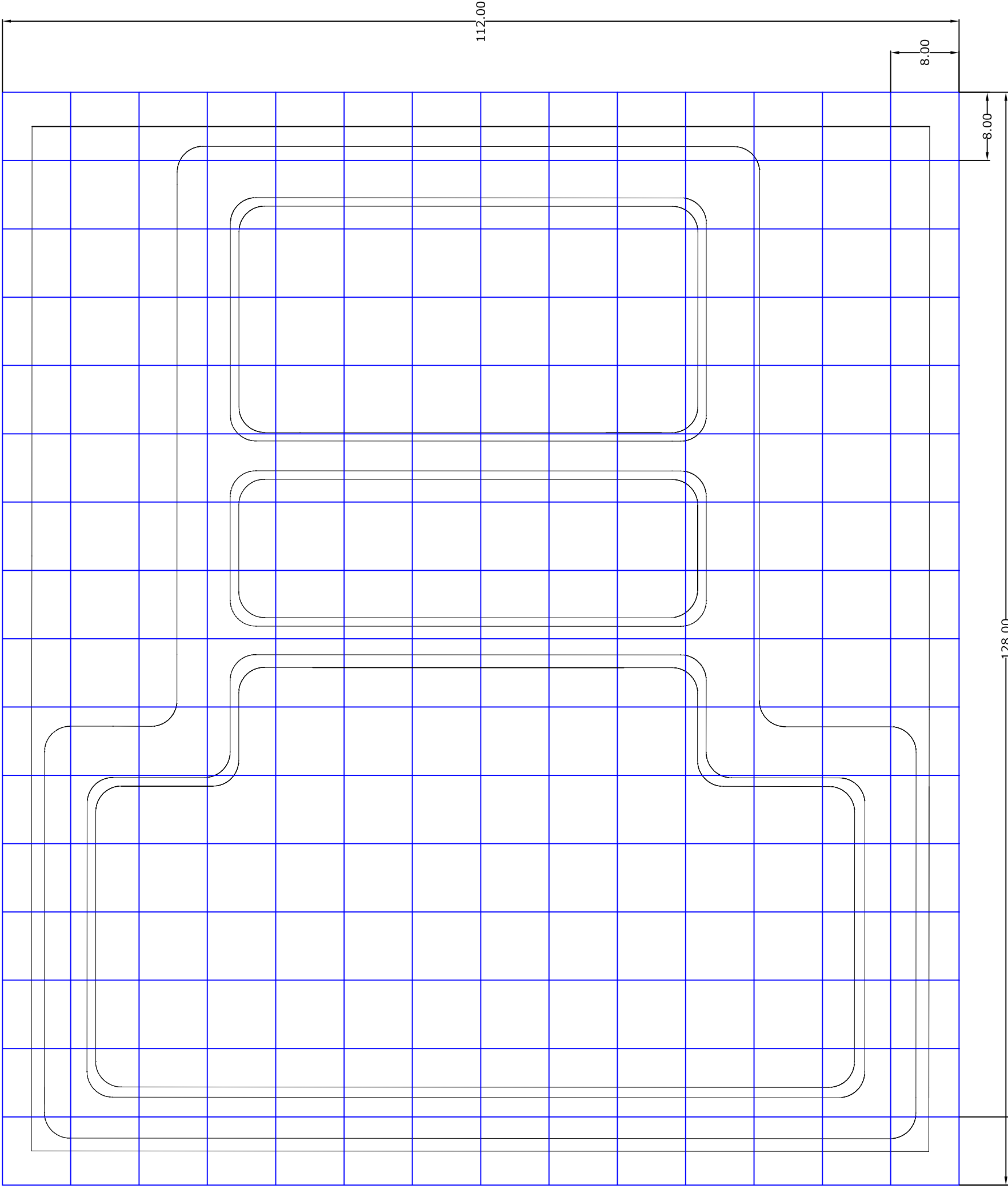
UNIVERSIDAD DE JAÉN

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE JAÉN

DISEÑO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA CON PARQUE DE 132kV y 66kV

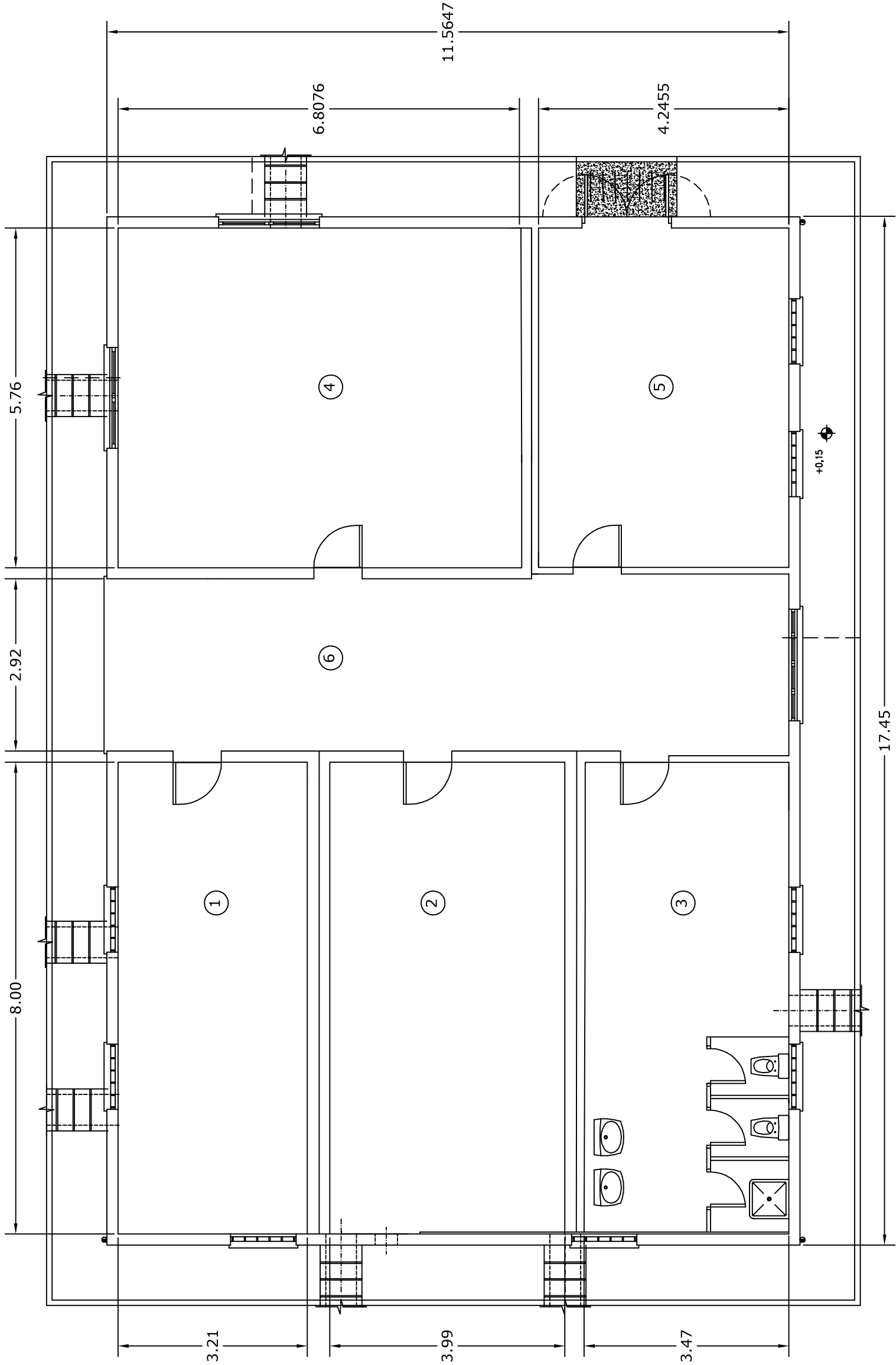
PLANOS





PROYECTO:	SUBESTACIÓN ELÉCTRICA REDUCTORA 132-66kV	TÍTULO:	MALLA DE TIERRAS
AUTOR:	VÍCTOR MORENO LÓPEZ	COTAS EN METROS	ESCALA: 1:75
		FECHA:	27/06/2017
		Nº	2

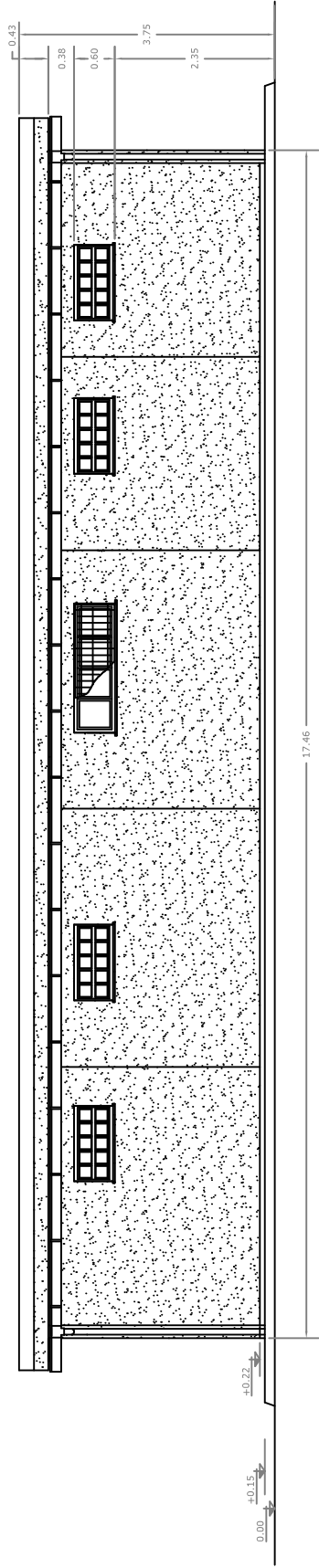
LEYENDA
ANILLO DE MALLA DE TIERRA



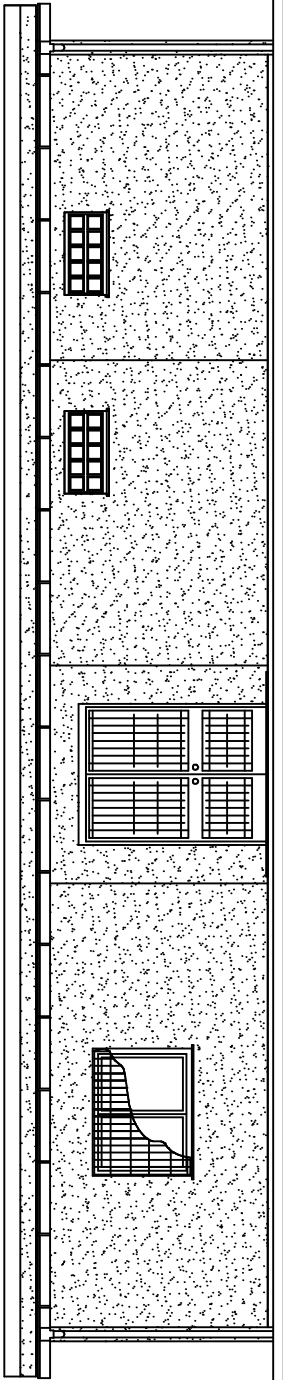
LEYENDA

- 1- SALA DE SERVICIOS AUXILIARES
- 2- SALA DE CONTROL
- 3- VESTUARIOS
- 4- SALA DE COMUNICACIONES
- 5- ALMACÉN
- 6- PASILLO

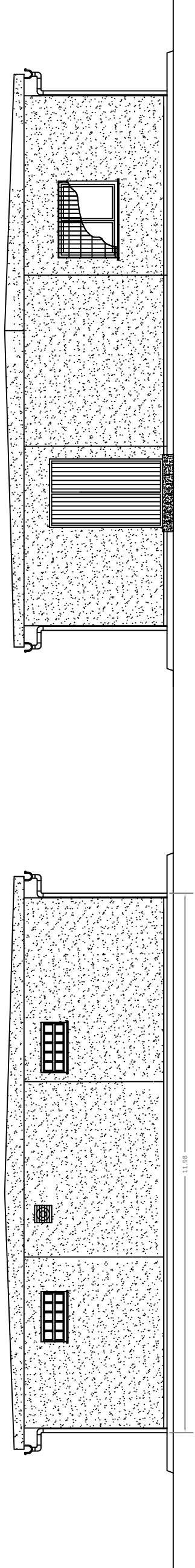
PROYECTO:	SUBESTACIÓN ELÉCTRICA REDUCTORA 132-66kV	TÍTULO:	PLANTA EDIFICIO CONTROL Y SERVICIOS
AUTOR:	VÍCTOR MORENO LÓPEZ	COTAS EN METROS	ESCALA: 1:75
		FECHA: 27/06/2017	Nº 4



ALZADO A

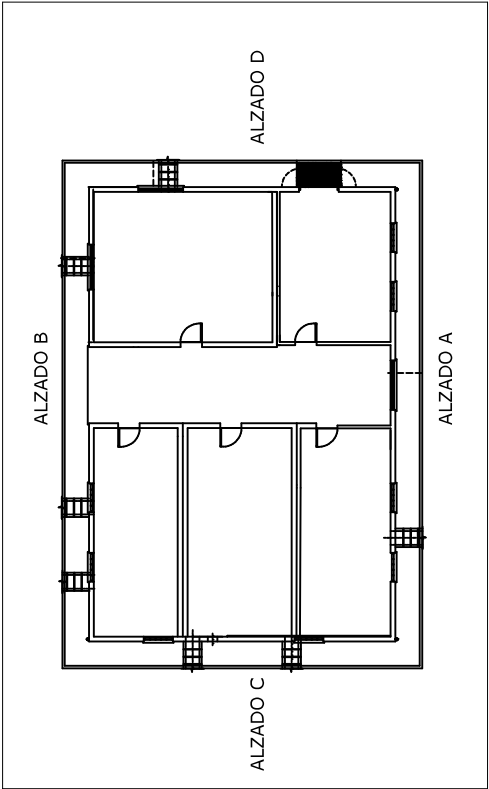


ALZADO B

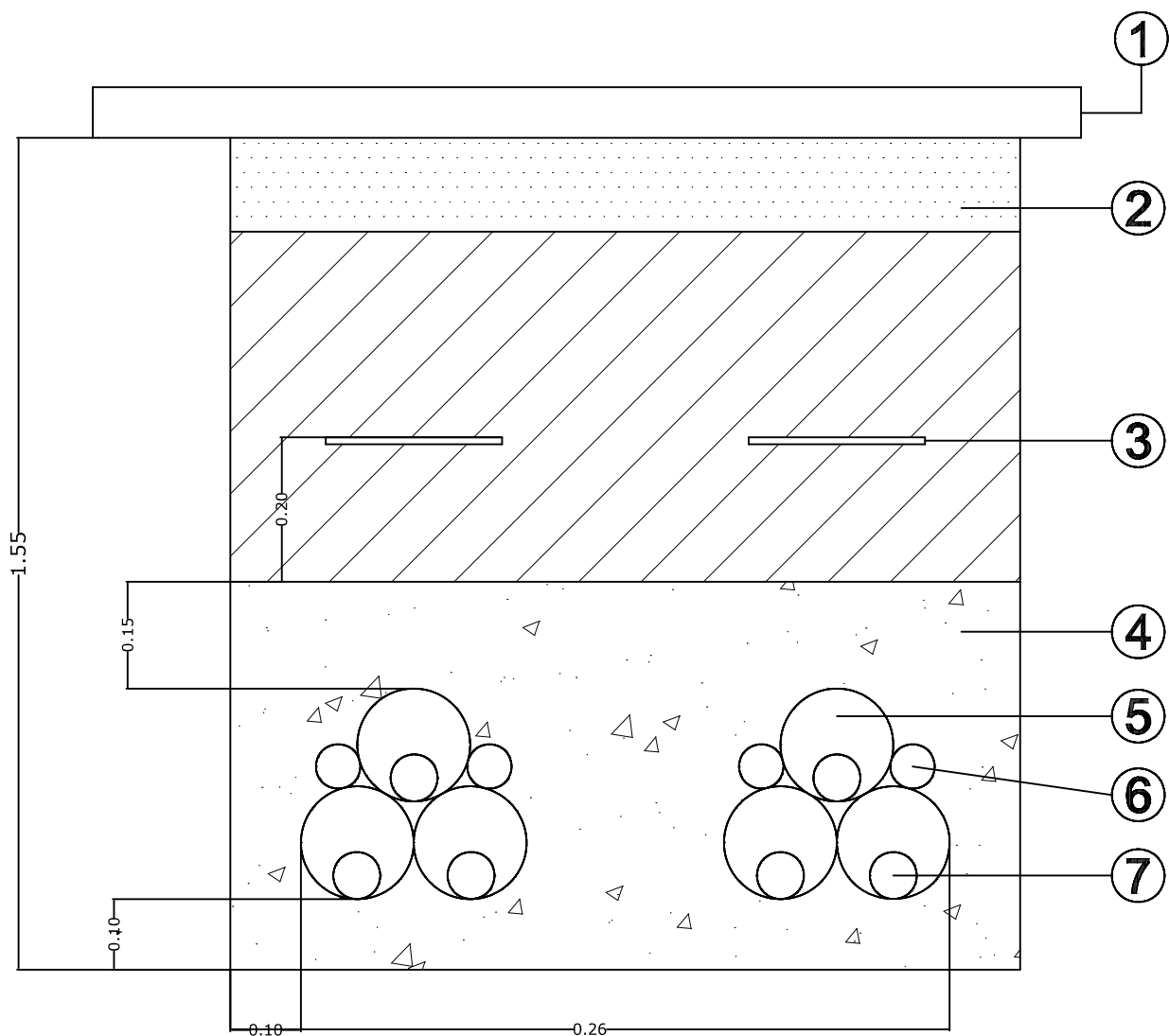


ALZADO C

ALZADO C



PROYECTO:	SUBESTACIÓN ELÉCTRICA REDUCTORA 132-66kV	TÍTULO:	ALZADOS EDIFICIO CONTROL Y SERVICIO
AUTOR:	VÍCTOR MORENO LÓPEZ	COTAS EN METROS	ESCALA: 1:500
		FECHA: 27/06/2017	Nº 5



LEYENDA

1. CIERRA ASFALTICO
2. HORMIGON
3. BANDA SEÑALIZADORA
4. TUBO POLIETILENO COARRUGADO DE DOBLE PARED DIAMETRO 160
5. TUBO POLIETITLEN ALTA DENSIDAD PREVISION FIBRA OPTICA
6. CABLE DE POTENCIA

CONDUCTOR	SILEC ENDESA	RHZ 1 630 MM
CIRCUITOS	2	
AISLAMIENTO	TUBOS 125	XLPE
→ CABLE DE TIERRA	OPGW 48	→

PROYECTO: SUBESTACIÓN ELÉCTRICA
REDUCTOR 132-66kV

TÍTULO: CANALIZACIÓN
SUBTERRANEA

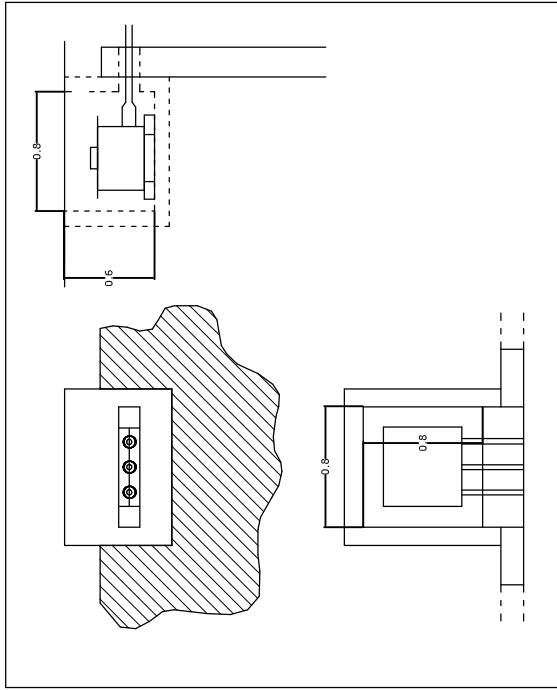
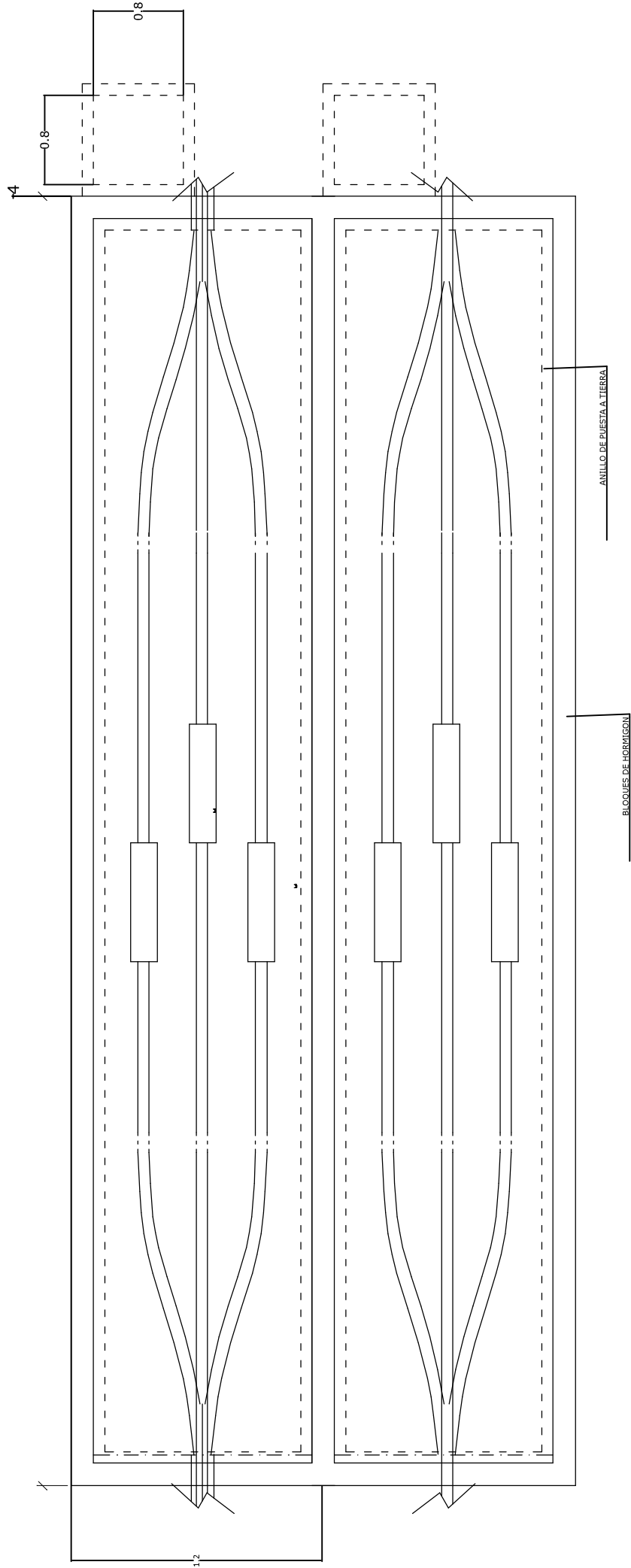
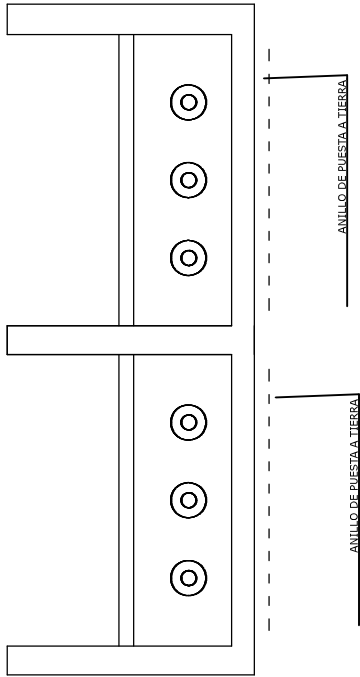
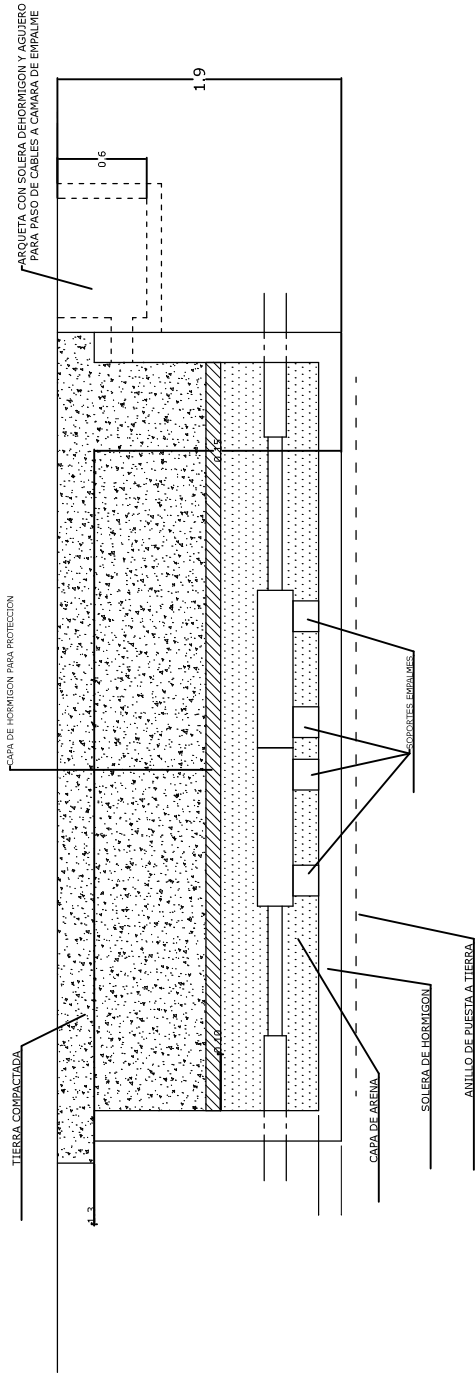
AUTOR: VÍCTOR MORENO LÓPEZ

COTAS EN
METROS

ESCALA:
S/E

FECHA:
27/06/2017

Nº **6**



PROYECTO: SUBESTACIÓN ELÉCTRICA
REDUCTOR 132-66kV

TÍTULO: CÁMARA EMPALMES

AUTOR: VÍCTOR MORENO LÓPEZ

COTAS EN
METROS

ESCALA:
S/E

FECHA:
27/06/2017

Nº
7

PLIEGO DE CONDICIONES

CONDICIONES GENERALES

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 ha 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. Campo de aplicación

Este Pliego de Condiciones se refiere a la construcción de subestaciones, redes aéreas o subterráneas de alta tensión hasta 132 kV.

Los Pliegos de Condiciones particulares podrán modificar las presentes prescripciones.

3. Disposiciones generales

El Contratista está obligado al cumplimiento de la Reglamentación del Trabajo correspondiente, la contratación del Seguro Obligatorio, Subsidio familiar y de vejez, Seguro de Enfermedad y todas aquellas reglamentaciones de carácter social vigentes o que en lo sucesivo se dicten. En particular, deberá cumplir lo dispuesto en la Norma UNE 24042 "Contratación de Obras. Condiciones Generales", siempre que no lo modifique el presente Pliego de Condiciones.

El Contratista deberá estar clasificado, según Orden del Ministerio de Hacienda, en el Grupo, Subgrupo y Categoría correspondientes al Proyecto y que se fijará en el Pliego de Condiciones Particulares, en caso de que proceda. Igualmente deberá ser Instalador, provisto del correspondiente documento de calificación empresarial.

3.1. Condiciones facultativas legales

Las obras del Proyecto, además de lo prescrito en el presente Pliego de Condiciones, se regirán por lo especificado en:

- a) Reglamentación General de Contratación según Decreto 3410/75, de 25 de noviembre.
- b) Pliego de Condiciones Generales para la Contratación de Obras Públicas aprobado por Decreto 3854/70, de 31 de diciembre.
- c) Artículo 1588 y siguientes del Código Civil, en los casos que sea procedente su aplicación al contrato de que se trate.
- d) Decreto de 12 de marzo de 1954 por el que se aprueba el Reglamento de Verificaciones eléctricas y Regularidad en el suministro de energía.

e) Real Decreto 3275/1982 de 12 de Noviembre, sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación, así como las Ordenes de 6 de julio de 1984, de 18 de octubre de 1984 y de 27 de noviembre de 1987, por las que se aprueban y actualizan las Instrucciones Técnicas Complementarias sobre dicho reglamento.

f) Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero, por el que aprueban el Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Líneas Eléctricas de Alta Tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias.

g) Real Decreto 263/2008, de 22 de febrero, por el que se establecen medidas de carácter técnico en líneas eléctricas de alta tensión, con objeto de proteger la avifauna.

h) Normas particulares y de normalización de la Cía. Suministradora de Energía Eléctrica.

i) Ley 31/1995, de 8 de noviembre, sobre Prevención de Riesgos laborales y RD 162/97 sobre Disposiciones mínimas en materia de Seguridad y Salud en las Obras de Construcción.

SEGURIDAD EN EL TRABAJO.

El Contratista está obligado a cumplir las condiciones que se indican en el apartado “i” del párrafo 3.1. de este Pliego de Condiciones y cuantas en esta materia fueran de pertinente aplicación.

Asimismo, deberá proveer cuanto fuese preciso para el mantenimiento de las máquinas, herramientas, materiales y útiles de trabajo en debidas condiciones de seguridad.

Mientras los operarios trabajen en circuitos o equipos en tensión o en su proximidad, usarán ropa sin accesorios metálicos y evitarán el uso innecesario de objetos de metal; los metros, reglas, mangos de aceiteras, útiles limpiadores, etc., que se utilicen no deben ser de material conductor. Se llevarán las herramientas o equipos en bolsas y se utilizará calzado aislante o al menos sin herrajes ni clavos en suelas.

El personal de la Contrata viene obligado a usar todos los dispositivos y medios de protección personal, herramientas y prendas de seguridad exigidos para eliminar o reducir los riesgos profesionales tales como casco, gafas, banqueta aislante, etc., pudiendo el Director de Obra suspender los trabajos, si estima que el personal de la Contrata está expuesto a peligros que son corregibles.

El Director de Obra podrá exigir del Contratista, ordenándolo por escrito, el cese en la obra de cualquier empleado u obrero que, por imprudencia temeraria, fuera capaz de producir accidentes que hicieran peligrar la integridad física del propio trabajador o de sus compañeros.

El Director de Obra podrá exigir del Contratista en cualquier momento, antes o después de la iniciación de los trabajos, que presente los documentos acreditativos de haber formalizado los regímenes de Seguridad Social de todo tipo (afiliación, accidente, enfermedad, etc.) en la forma legalmente establecida.

3.2.Seguridad pública

El Contratista deberá tomar todas las precauciones máximas en todas las operaciones y usos de equipos para proteger a las personas, animales y cosas de los peligros procedentes del trabajo, siendo de su cuenta las responsabilidades que por tales accidentes se ocasionen.

El Contratista mantendrá póliza de Seguros que proteja suficientemente a él y a sus empleados u obreros frente a las responsabilidades por daños, responsabilidad civil, etc., que en uno y otro pudieran incurrir para el Contratista o para terceros, como consecuencia de la ejecución de los trabajos.

4. Organización del trabajo

El Contratista ordenará los trabajos en la forma más eficaz para la perfecta ejecución de los mismos y las obras se realizarán siempre siguiendo las indicaciones del Director de Obra, al amparo de las condiciones siguientes:

4.1. Datos de la obra

Se entregará al Contratista una copia de los planos y pliegos de condiciones del Proyecto, así como cuantos planos o datos necesite para la completa ejecución de la Obra.

El Contratista podrá tomar nota o sacar copia a su costa de la Memoria, Presupuesto y Anexos del Proyecto, así como segundas copias de todos los documentos.

El Contratista se hace responsable de la buena conservación de los originales de donde obtenga las copias, los cuales serán devueltos al Director de Obra después de su utilización.

Por otra parte, en un plazo máximo de dos meses, después de la terminación de los trabajos, el Contratista deberá actualizar los diversos planos y documentos existentes, de acuerdo con las características de la obra terminada, entregando al Director de Obra dos expedientes completos relativos a los trabajos realmente ejecutados.

No se harán por el Contratista alteraciones, correcciones, omisiones, adiciones o variaciones sustanciales en los datos fijados en el Proyecto, salvo aprobación previa por escrito del Director de Obra.

4.2. Replanteo de la obra

El Director de Obra, una vez que el Contratista esté en posesión del Proyecto y antes de comenzar las obras, deberá hacer el replanteo de las mismas, con especial atención en los puntos singulares, entregando al Contratista las referencias y datos necesarios para fijar completamente la ubicación de los mismos.

Se levantará por duplicado Acta, en la que constarán, claramente, los datos entregados, firmado por el Director de Obra y por el representante del Contratista.

Los gastos de replanteo serán de cuenta del Contratista.

4.3. Mejoras y variaciones del proyecto

No se considerarán como mejoras ni variaciones del Proyecto más que aquellas que hayan sido ordenadas expresamente por escrito por el Director de Obra y convenido precio antes de proceder a su ejecución.

Las obras accesorias o delicadas, no incluidas en los precios de adjudicación, podrán ejecutarse con personal independiente del Contratista.

4.4.Recepción del material

El Director de Obra de acuerdo con el Contratista dará a su debido tiempo su aprobación sobre el material suministrado y confirmará que permite una instalación correcta.

La vigilancia y conservación del material suministrado será por cuenta del Contratista.

4.5.Organización

El Contratista actuará de patrono legal, aceptando todas las responsabilidades correspondientes y quedando obligado al pago de los salarios y cargas que legalmente están establecidas, y en general, a todo cuanto se legisle, decrete u ordene sobre el particular antes o durante la ejecución de la obra.

Dentro de lo estipulado en el Pliego de Condiciones, la organización de la Obra, así como la determinación de la procedencia de los materiales que se empleen, estará a cargo del Contratista a quien corresponderá la responsabilidad de la seguridad contra accidentes.

El Contratista deberá, sin embargo, informar al Director de Obra de todos los planes de organización técnica de la Obra, así como de la procedencia de los materiales y cumplimentar cuantas órdenes le de éste en relación con datos extremos.

En las obras por administración, el Contratista deberá dar cuenta diaria al Director de Obra de la admisión de personal, compra de materiales, adquisición o alquiler de elementos auxiliares y cuantos gastos haya de efectuar. Para los contratos de trabajo, compra de material o alquiler de elementos auxiliares, cuyos salarios, precios o cuotas sobrepasen en más de un 5% de los normales en el mercado, solicitará la aprobación previa del Director de Obra, quien deberá responder dentro de los ocho días siguientes a la petición, salvo casos de reconocida urgencia, en los que se dará cuenta posteriormente.

4.6.Facilidades para la inspección

El Contratista proporcionará al Director de Obra o Delegados y colaboradores, toda clase de facilidades para los replanteos, reconocimientos, mediciones y pruebas de los materiales, así como la mano de obra necesaria para los trabajos que tengan por objeto comprobar el cumplimiento de las condiciones establecidas, permitiendo el acceso a todas las partes de la obra e incluso a los talleres o fábricas donde se produzcan los materiales o se realicen trabajos para las obras.

4.7.Ensayos

Los ensayos, análisis y pruebas que deban realizarse para comprobar si los materiales reúnen las condiciones exigibles, se verificarán por la Dirección Técnica, o bien, si ésta lo estima oportuno, por el correspondiente Laboratorio Oficial.

Todos los gastos de pruebas y análisis serán de cuenta del Contratista.

4.8. Limpieza y seguridad en las obras

Es obligación del Contratista mantener limpias las obras y sus inmediaciones de escombros y materiales, y hacer desaparecer las instalaciones provisionales que no sean precisas, así como adoptar las medidas y ejecutar los trabajos necesarios para que las obras ofrezcan un buen aspecto a juicio de la Dirección técnica.

Se tomarán las medidas oportunas de tal modo que durante la ejecución de las obras se ofrezca seguridad absoluta, en evitación de accidentes que puedan ocurrir por deficiencia en esta clase de precauciones; durante la noche estarán los puntos de trabajo perfectamente alumbrados y cercados los que por su índole fueran peligrosos.

4.9. Medios auxiliares

No se abonarán en concepto de medios auxiliares más cantidades que las que figuren explícitamente consignadas en presupuesto, entendiéndose que en todos los demás casos el costo de dichos medios está incluido en los correspondientes precios del presupuesto.

4.10. Ejecución de las obras

Las obras se ejecutarán conforme al Proyecto y a las condiciones contenidas en este Pliego de Condiciones y en el Pliego Particular si lo hubiera y de acuerdo con las especificaciones señaladas en el de Condiciones Técnicas.

El Contratista, salvo aprobación por escrito del Director de Obra, no podrá hacer ninguna alteración o modificación de cualquier naturaleza tanto en la ejecución de la obra en relación con el Proyecto como en las Condiciones Técnicas especificadas, sin perjuicio de lo que en cada momento pueda ordenarse por el Director de Obra a tenor de lo dispuesto en el último párrafo del apartado 4.1.

El Contratista no podrá utilizar en los trabajos personal que no sea de su exclusiva cuenta y cargo, salvo lo indicado en el apartado 4.3.

Igualmente, será de su exclusiva cuenta y cargo aquel personal ajeno al propiamente manual y que sea necesario para el control administrativo del mismo.

El Contratista deberá tener al frente de los trabajos un técnico suficientemente especializado a juicio del Director de Obra.

4.11. Subcontratación

Salvo que el contrato disponga lo contrario o que de su naturaleza y condiciones se deduzca que la Obra ha de ser ejecutada directamente por el adjudicatario, podrá éste concertar con terceros la realización de determinadas unidades de obra.

La celebración de los subcontratos estará sometida al cumplimiento de los siguientes requisitos:

a) Que se dé conocimiento por escrito al Director de Obra del subcontrato a celebrar, con indicación de las partes de obra a realizar y sus condiciones económicas, a fin de que aquél lo autorice previamente.

b) Que las unidades de obra que el adjudicatario contrate con terceros no exceda del 50% del presupuesto total de la obra principal.

En cualquier caso el Contratista no quedará vinculado en absoluto ni reconocerá ninguna obligación contractual entre él y el subcontratista y cualquier subcontratación de obras no eximirá al Contratista de ninguna de sus obligaciones respecto al Contratante.

4.12. Plazo de ejecución

Los plazos de ejecución, total y parciales, indicados en el contrato, se empezarán a contar a partir de la fecha de replanteo.

El Contratista estará obligado a cumplir con los plazos que se señalen en el contrato para la ejecución de las obras y que serán improrrogables.

No obstante lo anteriormente indicado, los plazos podrán ser objeto de modificaciones cuando así resulte por cambios determinados por el Director de Obra debidos a exigencias de la realización de las obras y siempre que tales cambios influyan realmente en los plazos señalados en el contrato.

Si por cualquier causa, ajena por completo al Contratista, no fuera posible empezar los trabajos en la fecha prevista o tuvieran que ser suspendidos una vez empezados, se concederá por el Director de Obra, la prórroga estrictamente necesaria.

4.13. Recepción Provisional

Una vez terminadas las obras y a los quince días siguientes a la petición del Contratista se hará la recepción provisional de las mismas por el Contratante, requiriendo para ello la presencia del Director de Obra y del representante del Contratista, levantándose la correspondiente Acta, en la que se hará constar la conformidad con los trabajos realizados, si este es el caso. Dicho Acta será firmada por el Director de Obra y el representante del Contratista, dándose la obra por recibida si se ha ejecutado correctamente de acuerdo con las especificaciones dadas en el Pliego de Condiciones Técnicas y en el Proyecto correspondiente, comenzándose entonces a contar el plazo de garantía.

En el caso de no hallarse la Obra en estado de ser recibida, se hará constar así en el Acta y se darán al Contratista las instrucciones precisas y detalladas para remediar los defectos observados, fijándose un plazo de ejecución. Expirado dicho plazo, se hará un nuevo reconocimiento. Las obras de reparación serán por cuenta y a cargo del Contratista. Si el Contratista no cumpliera estas prescripciones podrá declararse rescindido el contrato con pérdida de la fianza.

La forma de recepción se indica en el Pliego de Condiciones Técnicas correspondiente.

El periodo de garantía será el señalado en el contrato y empezará a contar desde la fecha de aprobación del Acta de Recepción.

Hasta que tenga lugar la recepción definitiva, el Contratista es responsable de la conservación de la Obra, siendo de su cuenta y cargo las reparaciones por defectos de ejecución o mala calidad de los materiales.

Durante este periodo, el Contratista garantizará al Contratante contra toda reclamación de terceros, fundada en causa y por ocasión de la ejecución de la Obra.

Al terminar el plazo de garantía señalado en el contrato o en su defecto a los seis meses de la recepción provisional, se procederá a la recepción definitiva de las obras, con la concurrencia del Director de Obra y del representante del Contratista levantándose el Acta correspondiente, por duplicado (si las obras son conformes), que quedará firmada por el Director de Obra y el representante del Contratista y ratificada por el Contratante y el Contratista.

4.14. Pago de obras

El pago de obras realizadas se hará sobre Certificaciones parciales que se practicarán mensualmente. Dichas Certificaciones contendrán solamente las unidades de obra totalmente terminadas que se hubieran ejecutado en el plazo a que se refieran. La relación valorada que figure en las Certificaciones, se hará con arreglo a los precios establecidos, reducidos en un 10% y con la cubicación, planos y referencias necesarias para su comprobación.

Serán de cuenta del Contratista las operaciones necesarias para medir unidades ocultas o enterradas, si no se ha advertido al Director de Obra oportunamente para su medición, los gastos de replanteo, inspección y liquidación de las mismas, con arreglo a las disposiciones vigentes, y los gastos que se originen por inspección y vigilancia facultativa, cuando la Dirección Técnica estime preciso establecerla.

La comprobación, aceptación o reparos deberán quedar terminadas por ambas partes en un plazo máximo de quince días.

El Director de Obra expedirá las Certificaciones de las obras ejecutadas que tendrán carácter de documentos provisionales a buena cuenta, rectificables por la liquidación definitiva o por cualquiera de las Certificaciones siguientes, no suponiendo por otra parte, aprobación ni recepción de las obras ejecutadas y comprendidas en dichas Certificaciones.

Cuando a juicio del Director de Obra no haya peligro de que desaparezca o se deterioren los materiales acopiados y reconocidos como útiles, se abonarán con arreglo a los precios descompuestos de la adjudicación. Dicho material será indicado por el Director de Obra que lo reflejará en el Acta de recepción de Obra, señalando el plazo de entrega en los lugares previamente indicados. El Contratista será responsable de los daños que se produzcan en la carga, transporte y descarga de este material.

La restitución de las bobinas vacías se hará en el plazo de un mes, una vez que se haya instalado el cable que contenían. En caso de retraso en su restitución, deterioro o pérdida, el Contratista se hará también cargo de los gastos suplementarios que puedan resultar.

4.15. Resolución final

La concurrencia a cualquier Subasta, Concurso o Concurso-Subasta cuyo Proyecto incluya el presente Pliego de Condiciones Generales, presupone la plena aceptación de todas y cada una de sus cláusulas.

CONDICIONES TÉCNICAS PARA LA OBRA CIVIL

1. Resumen obra civil

La ejecución de la subestación requiere la realización de una serie de trabajos de obra civil que se detallan a continuación:

Movimiento de tierras incluyendo la adecuación del terreno, explanaciones y rellenos necesarios hasta dejar a cota la plataforma sobre la que se construirá la subestación.

Ejecución de viales de acceso y de viales interiores de la subestación

Urbanización del terreno incluida la capa de grava superficial

Construcción de un edificio para albergar los equipos de control, protección, comunicaciones y los servicios auxiliares de c.a. y c.c.

Sistema de drenajes, abastecimiento de agua y saneamiento de la instalación

Cimentaciones, bancadas para los transformadores y muro cortafuegos

Arquetas y canalizaciones para el paso de cables

Cierre perimetral, puerta de acceso y señalización

2. Obra

2.1.Preparación del terreno

Previo al trazado, se deberá preparar el terreno retirando toda la basura, material suelto y vegetación existente en el área donde se va a implantar la subestación de estudio. Incluyendo tanto el desbroce como la preparación del camino a la subestación.

El terreno de la subestación se adecuará mediante el movimiento de tierras para lograr una superficie al nivel de las vías generales de paso, y se deberá excavar a una profundidad de 0,6m para colocar la malla de la red de tierras.

Con el levantamiento topográfico se ubicará físicamente el perímetro del terreno de la subestación marcando los ejes principales del mismo, para comprobar que las medidas y retiros cumplan adecuadamente los planos

Al finalizar, la plataforma final se hará el estudio de la resistividad del terreno para corroborar la idoneidad de las cimentaciones diseñadas.

2.1.1. Apertura de hoyos

Los trabajos comprendidos en este epígrafe son los siguientes:

- **Excavación:** Se refiere a la excavación necesaria para los macizos de las fundaciones de los apoyos, en cualquier clase de terreno. Esta unidad de obra comprende la retirada de la tierra y relleno de la excavación resultante después del hormigonado, suministro de explosivos, agotamiento de aguas, entibado y cuantos elementos sean en cada caso necesarios para su ejecución.
- **Explanación:** Comprende la excavación a cielo abierto, con el fin de dar salida a las aguas y nivelar el terreno en el que se coloca el pórtico y otros elementos que tengan que estar enterrados y sujetos para a cimentación, comprendiendo el suministro de explosivos, herramientas y cuantos elementos sean necesarios para su ejecución.

Las dimensiones de las excavaciones se ajustarán lo más posible a las dadas en el Proyecto o en su defecto a las indicadas por la Dirección Técnica. Las paredes de los hoyos serán verticales.

Si por cualquier causa se originase un aumento en el volumen de la excavación, ésta será por cuenta del Contratista, certificándose solamente el volumen teórico. Cuando sea necesario variar las dimensiones de la excavación, se hará de acuerdo con la Dirección Técnica.

Cuando se efectúen trabajos de desplazamiento de tierras, la capa vegetal arable será separada de forma que pueda ser colocada después en su yacimiento primitivo, volviéndose a dar de esta forma su estado de suelo cultivable. La tierra sobrante de las excavaciones que no pueda ser utilizada en el relleno de los fosos, deberá quitarse allanando y limpiando el terreno que circunde el apoyo. Dicha tierra deberá ser transportada a un lugar donde al depositarla no ocasione perjuicio alguno.

Las excavaciones se realizarán con útiles apropiados según el tipo de terreno. En terrenos rocosos será imprescindible el uso de explosivos o martillo compresor, siendo por cuenta del Contratista la obtención de los permisos de utilización de explosivos. En terrenos con agua deberá procederse a su desecado, procurando hormigonar después lo más rápidamente posible para evitar el riesgo de desprendimiento en las paredes del hoyo, aumentando así las dimensiones del mismo.

2.2.Cimentaciones

Para todas las cimentaciones que necesitarán las torres que sujetarán las vigas de embarrados se acudirá a catálogos de fabricantes homologados, los cuales, junto con las pórticos, indicarán el tamaño de la cimentación con los cálculos mecánicos calculados en los Anexos de cálculos.

La armadura dispondrá de herrajes que estarán unidos a las cimentaciones que están en la superficie.

Con esto se cumplirá en todo momento la normativa vigente que se encuentra MIE-RLAT-ITC-07.

UNIVERSIDAD DE JAÉN

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE JAÉN

DISEÑO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA CON PARQUE DE 132kV y 66kV

El amasado del hormigón se hará con hormigonera o si no sobre chapas metálicas, procurando que la mezcla sea lo más homogénea posible. Tanto el cemento como los áridos serán medidos con elementos apropiados.

ARENA

Puede proceder de ríos, arroyos y canteras. Debe ser limpia y no contener impurezas orgánicas, arcillosas, carbón, escorias, yeso, mica o feldespatos. Se dará preferencia a la arena cuarzosa, la de origen calizo, siendo preferibles las arenas de superficie áspera o angulosa.

La determinación de la cantidad de arcilla se comprobará según el ensayo siguiente: De la muestra del árido mezclado se separará con el tamiz de 5 mm 100 cm³ de arena, los cuales se verterán en una probeta de vidrio graduado hasta 300 cm³. Una vez llena de agua hasta la marca de 150 cm³ se agitará fuertemente tapando la boca con la mano; hecho esto se dejará sedimentar durante una hora. En estas condiciones el volumen aparente de arcilla no superará el 8 %.

La proporción de materias orgánicas se determina mezclando 100 cm³ de arena con una solución de sosa al 3 % hasta completar 150 cm³. Después de 24 horas, el líquido deberá quedar sin coloración, o presentar como máximo un color amarillo pálido.

Los ensayos de las arenas se harán sobre mortero de la siguiente dosificación (en peso):

1 parte de cemento

3 partes de arena

Esta probeta de mortero conservada en agua durante siete días deberá resistir a la tracción en la romana de Michaelis un esfuerzo comprendido entre los 12 y 14 kg/cm². Toda arena que sin contener materias orgánicas no resista el esfuerzo de tracción anteriormente indicado, será desechada.

En obras de pequeña importancia, se puede emplear el procedimiento siguiente para determinar la calidad de la arena: Se toma un poco de arena y se aprieta con la mano, si es silíceo y limpia debe crujir. La mano ha de quedar, al tirar la arena, limpia de arcilla y barro.

GRAVA

Podrá proceder de canteras o de graveras de río, y deberá estar limpia de materias extrañas como limo o arcilla, no conteniendo más de un 3 % en volumen de cuerpos extraños inertes.

Se prohíbe el empleo de revoltón, o sea, piedra y arenas unidas sin dosificación, así como cascotes o materiales blandos. Deberá ser de tamaño comprendido entre 2 y 6 cm., no admitiéndose piedras ni bloques de mayor tamaño.

CEMENTO

UNIVERSIDAD DE JAÉN

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE JAÉN

DISEÑO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA CON PARQUE DE 132kV y 66kV

Se empleará cualquiera de los cementos Portland de fraguado lento existentes en el mercado, en envases de papel de 50 kg netos.

En el caso de terreno yesoso se empleará cemento puzolánico.

Prevía autorización de la Dirección Técnica podrán utilizarse cementos especiales, en aquellos casos que lo requieran.

AGUA

Son admisibles, sin necesidad de ensayos previos, todas las aguas que sean potables y aquellas que procedan de río o manantial, a condición de que su mineralización no sea excesiva.

Se prohíbe el empleo de aguas que procedan de ciénagas, o estén muy cargadas de sales carbonosas o selenitosas.

EJECUCIÓN DE LAS CIMENTACIONES

La ejecución de las cimentaciones se realizará de acuerdo con el Proyecto.

Los encofrados serán mojados antes de empezar el hormigonado. En tiempos de heladas deberán suspenderse los trabajos de hormigonado; no obstante, si la urgencia de la obra lo requiere, puede proseguirse el hormigonado, tomando las debidas precauciones, tales como cubrir el hormigón que está fraguando por medio de sacos, paja, etc. Cuando sea necesario interrumpir un trabajo de hormigonado, al reanudar la obra, se lavará la parte construida con agua, barriéndola con escobas metálicas y cubriendo después la superficie con un enlucido de cemento bastante fluido. Los macizos sobrepasarán el nivel del suelo en 10 cm, como mínimo, en terrenos normales, y 20 cm en terreno de cultivo. La parte superior de este macizo estará terminada en forma de punta de diamante, a base de mortero rico en cemento, con una pendiente de un 10 % como mínimo, como vierte-aguas. Se tendrá la precaución de dejar un conducto para poder colocar el cable de tierra de los apoyos. Este conducto deberá salir unos 30 cm bajo el nivel del suelo y, en la parte superior de la cimentación, junto a un angular o montante.

2.3. Tendido, tensado y engrapado

La manipulación de aisladores y de los herrajes auxiliares de los mismos se hará con el mayor cuidado.

Cuando se trate de cadenas de aisladores, se tomarán todas las precauciones para que éstos no sufran golpes, ni entre ellos ni contra superficies duras, y su manejo se hará de forma que no flexen.

En el caso de aisladores rígidos se fijará el soporte metálico, estando el aislador en posición vertical invertida.

No se comenzará el tendido de un cantón si todos los postes de éste no están recepcionados. De cualquier forma, las operaciones de tendido no serán emprendidas hasta que hayan pasado 15 días desde la terminación de la cimentación de los apoyos de ángulo y amarre, salvo indicación en contrario de la Dirección Técnica.

2.4. Canalizaciones de cable

Para el trazado de los cables de control o los correspondientes a los circuitos secundarios, se emplearán los canales prefabricados de hormigón con sus correspondientes tapas y demás accesorios que facilitan el tendido de los cables en su interior.

EL diseño de los canales en cuestión será de acuerdo a lo estandarizado por el Grupo ENDESA.

Para el trazado de cables de potencia se realizará una zanja, que albergue los cables hasta el edificio de celdas.

2.5. Drenajes y saneamiento

Con el fin de evitar la formación de charcos en la superficie externa del recinto de la subestación se proveerá de un equipo de drenaje que evite este tipo de eventos que de alguna forma pueden afectar de forma perjudicial al valor de la resistividad superficial del terreno.

Para el tratamiento de las aguas residuales procedentes del Edificio de control se construirá un sistema depurador. Dicho sistema estará formado por un separador de grasas, una arqueta de registro, una fosa séptica, una arqueta para toma de muestras y un pozo filtrante. Estos equipos deberán estar homologados por la autoridad competente y cumplir todos los requisitos exigidos.

El desagüe general estará protegido contra la entrada de animales por medio de una malla metálica. El nivel de salida se situará lo suficientemente alto para evitar su inundación o enterramiento y se protegerá el terreno circundante con un empedrado o similar para evitar la erosión.

2.6. Transporte y montaje de elementos

Los apoyos que forman parte de los pórticos no serán arrastrados ni golpeados. Se tendrá especial cuidado en su manipulación ya que un golpe puede torcer o romper cualquiera de los perfiles que lo componen, en cuyo caso deberán ser reparados antes de su izado o armado.

Los apoyos de hormigón se transportarán en góndolas por carretera hasta el Almacén de Obra y desde este punto con carros especiales o elementos apropiados hasta el pie del hoyo.

El Contratista tomará nota de los materiales recibidos dando cuenta al Director de Obra de las anomalías que se produzcan.

Cuando se transporten despiezados es conveniente que sus elementos estén numerados.

El montaje de cada uno de los elementos serán realizados por Instaladores altamente cualificados, para que no se produzcan fallos y accidentes.

2.7. Tendido, tensado y engrapado

La manipulación de aisladores y de los herrajes auxiliares de los mismos se hará con el mayor cuidado.

Cuando se trate de cadenas de aisladores, se tomarán todas las precauciones para que éstos no sufran golpes, ni entre ellos ni contra superficies duras, y su manejo se hará de forma que no flexen.

En el caso de aisladores rígidos se fijará el soporte metálico, estando el aislador en posición vertical invertida.

No se comenzará el tendido de un cantón si todos los postes de éste no están recepcionados. De cualquier forma, las operaciones de tendido no serán emprendidas hasta que hayan pasado 15 días desde la terminación de la cimentación de los apoyos de ángulo y amarre, salvo indicación en contrario de la Dirección Técnica.

2.8. Edificio de control

Este edificio, dispondrá de sala de mando y control, sala de comunicaciones, sala de servicios auxiliares, sala multiuso, almacén, archivo, aseos y vestuarios.

Albergará equipos de comunicaciones, unidad central y monitores del sistema digital, equipo s de batería, y cuadros de c.c. y c.a. Además dispondrá de los sistemas de seguridad y anti-intrusismos.

Se instalarán equipos de aire acondicionado solo frío para la climatización del edificio, sin necesidad de reconexión manual. Se incluirá un automatismos de control y alarma de los grupos refrigeradores.

2.9. Recepción de obra

Durante la obra o una vez finalizada la misma, el Director de Obra podrá verificar que los trabajos realizados están de acuerdo con las especificaciones de este Pliego de Condiciones. Esta verificación se realizará por cuenta del Contratista.

Una vez finalizadas las instalaciones, el Contratista deberá solicitar la oportuna recepción global de la obra.

En la recepción de la instalación se incluirá la medición de la conductividad de las tomas de tierra y las pruebas de aislamiento pertinentes.

El Director de Obra contestará por escrito al Contratista, comunicando su conformidad a la instalación o condicionando su recepción a la modificación de los detalles que estime susceptibles de mejora.

CALIDAD DE CIMENTACIONES.

UNIVERSIDAD DE JAÉN

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE JAÉN

DISEÑO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA CON PARQUE DE 132kV y 66kV

El Director de Obra podrá encargar la ejecución de probetas de hormigón de forma cilíndrica de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura; con objeto de someterlas a ensayos de compresión. El Contratista tomará a su cargo las obras ejecutadas con hormigón que hayan resultado de insuficiente calidad.

APARAMENTA COLOCADA

La colocación correcta de la aparamenta y todos los dispositivos estarán verificados por una inspección inicial que de el visto bueno en todos los aspectos que ello conlleva.

TOLERANCIAS DE EJECUCION.

- Desplazamiento de apoyos sobre su alineación.

Si D representa la distancia, expresada en metros, entre ejes de un apoyo y el de ángulo más próximo, la desviación en alineación de dicho apoyo, es decir la distancia entre el eje de dicho apoyo y la alineación real, debe ser inferior a $D/100 + 10$, expresada en centímetros.

- Desplazamiento de un apoyo sobre el perfil longitudinal de la línea en relación a su situación prevista.

No debe suponerse aumento en la altura del apoyo. Las distancias de los conductores respecto al terreno deben permanecer como mínimo iguales a las previstas en el Reglamento y no deben aparecer riesgos de ahorcamientos, ni esfuerzos longitudinales superiores a los previstos en alineación.

- Verticalidad de los apoyos.

En apoyos de alineación se admite una tolerancia del 0,2 % sobre la altura del apoyo. En los demás igual tolerancia sobre la posición definida en el apartado 2.5.

- Tolerancia de regulación.

Estos errores se refieren a los apreciados antes de presentarse la afluencia. Dicho fenómeno sólo afecta al primero de los errores, o sea, la flecha real de un conductor con relación a la teórica, por lo que deberá tenerse presente al comprobar las flechas al cabo de un cierto tiempo del tendido.

MEDICIONES Y PRESUPUESTOS

1. Precios unitarios

Unidad de obra					
CODIGO	UNIDAD	DEFINICIÓN			
1.1	Excavacion de la subestación				
					SUBTOTAL
8600,00	m³	Excavación	4,41 €	37926,00	
8600000	Kg	Transporte	0,09 €	785610,00	
5	%	Gastos indirectos	823.536,00 €	41176,80	
			TOTAL	864712,80	
1.2	Hormigonado de la subestación				
					SUBTOTAL
5000,00	m³	Hormigonado	218,12 €	1090583,55	
5000000	Kg	Transporte	0,09 €	456750,00	
5	%	Gastos indirectos	1.547.333,55 €	77366,68	
			TOTAL €	1624700,23	

1.3	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
1.4	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 €

1.5	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
1.6	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 €
1.7	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 €

1.8	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 €	
1.9	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	transformador de tensión	5.900,00 €	5.900,00 €	
1		soporte tranformador	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 €	
2.0	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 €	

2.1		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 €	
2.2		Montaje luminaria MASTER TL-D Super 80 58W/840 1SL/25			
	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	8,00 €	8,00 €	
3	Kg	Transporte	0,09 €	0,27 €	
5	%	Gastos indirectos	11,57 €	0,58 €	
			TOTAL	12,15 €	
2.3		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	2,08 €	2,08 €	
90	Kg	Transporte	0,09 €	8,22 €	
5	%	Gastos indirectos	17,80 €	0,89 €	
			TOTAL	18,69 €	

2.4	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 €	
2.5	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 €	
2.6	Montaje LA-110 Pórticos				
					SUBTOTAL
0,1	h	oficial electricista	14,00 €	1,40 €	
0,2	kg	Transporte	0,09 €	0,02 €	
0,1	h/vano	Tendido Línea	0,46 €	0,05 €	
0,5	h/apoyo	Grua	27,30 €	13,65 €	
1	m	LA-110	10,62 €	10,62 €	
15	nº	Aislador U120B	7,40 €	111,00 €	
5	%	Gastos indirectos	136,73 €	6,84 €	
		TOTAL		143,57 €	

2.4	Montaje Línea subterránea de 640mm ²				
					SUBTOTAL
0,091	h	oficial electricista	14,00 €		1,27 €
0,091	h	Ayudante			
0,2	kg	Transporte	0,09 €		0,02 €
0,1	h/vano	Tendido Línea	0,10 €		0,01 €
0,5	h/apoyo	Grua	27,30 €		13,65 €
1	m	LA-640	62,49 €		62,49 €
1	h/m ³	Excavación	4,41 €		4,41 €
0,12	h	Oficial construcción	10,00 €		1,20 €
5	%	Gastos indirectos	81,78 €		4,09 €
			TOTAL		83,05 €
2.4	Montaje Línea subterránea 25mm ²				
					SUBTOTAL
0,091	h	oficial electricista	14,00 €		1,27 €
0,091	h	Ayudante	8,00 €		0,73 €
0,2	kg	Transporte	0,09 €		0,02 €
0,1	h/vano	Tendido Línea	0,10 €		0,01 €
0,5	h/apoyo	Grua	27,30 €		13,65 €
1	m	LA-25	8,00 €		8,00 €
1	h/m ³	Excavación	4,41 €		4,41 €
0,12	h	Oficial construcción	10,00 €		1,20 €
5	%	Gastos indirectos	27,29 €		1,36 €
			TOTAL		29,29 €

2.4		Montaje Pórtico			
					SUBTOTAL
2,47			oficial electricista	14,00 €	34,58 €
2,47			Ayudante	8,00 €	19,76 €
0,1			Transporte	0,09 €	0,01 €
0,5			Excavación	4,41 €	2,21 €
1			Hormigonado	218,12 €	218,12 €
1,2			Grua	27,30 €	32,76 €
1			Pórtico	1.000,00 €	1.000,00 €
5		%	Gastos indirectos	1.272,85 €	63,64 €
				TOTAL	1.307,43 €
2.5		Transformador de 250kVA			
					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	5.900,00 €	5.900,00 €
1	nº		Transformador de de 250kVA	8.500,00 €	8.500,00 €
300	Kg		Transporte	0,09 €	27,41 €
5	%		Gastos indirectos	14.438,09 €	721,90 €
				TOTAL	15.445,31 €

2.6		Capa de grava aislante			
					SUBTOTAL
0,05	h	oficial electricista	14,00 €		0,70 €
0,05	h	Peón	8,00 €		0,40 €
1450	kg	Transporte	0,09 €		130,50 €
1	m^3	Grava	0,15 €		0,15 €
5	%	Gastos indirectos	22,24 €		1,11 €
TOTAL					132,86 €

2. Mediciones

Mediciones			
CODIGO	DENOMINACIÓN	CANTIDAD	UNIDAD
1.1	Excavacion de la subestación	1	Ud.
1.2	Hormigonado de la subestación	1	Ud.
1.3	Montaje electromecánico	1	Ud.
1.4	Montaje transformador	2	Ud.
1.5	Montaje red de tierras	2805	ml.
1.6	Montaje PASS M0	6	Ud.
1.7	Montaje PASS M00	8	Ud.
1.8	Montaje tranformador de tensión 132 kV	12	Ud.
1.9	Montaje tranformador de tensión 66kV	6	Ud.
2.0	Montaje Autoválvulas 132kV	18	Ud.
2.1	Montaje autoválvulas Inael	15	Ud.
2.2	Montaje luminaria MASTER TL-D Super 80 58W/840 1SL/25	70	Ud.
2.3	Montaje Led de alumbrado público ECORN E27	15	Ud.

2.4	Montaje toma de corriente	20	Ud.
2.5	Montaje edificio anexo	1	Ud.
2.6	Montaje línea subterránea 1 20kV	50	Ud.
2.7	Montaje línea subterránea 2 20kV	100	Ud.
2.8	Montaje línea subterránea 1 132kV	20	Ud.
2.9	Montaje línea subterránea 2 132kV	20	Ud.
3.0	Capa de grava	1350	Ud.

3. Presupuesto ejecución material

Presupuesto Ejecución Material

CODIGO	DENOMINACIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	Precio Unitario(€)	Subtotal (€)
1.1	Excavacion de la subestación	1	Ud.	864712,80	864.712,80 €
1.2	Hormigonado de la subestación	1	Ud.	1624700,23	1.624.700,23 €
1.3	Montaje electromecánico	1	Ud.	98673,12	98.673,12 €
1.4	Montaje transformador	2	Ud.	942721,55	1.885.443,11 €
1.5	Montaje red de tierras	3616	ml.	7,21	26.058,29 €
1.6	Montaje PASS M0	6	Ud.	215608,76	1.293.652,55 €
1.7	Montaje PASS M00	8	Ud.	173608,76	1.388.870,07 €
1.8	Montaje tranformador de tensión 132 kV	18	Ud.	9585,14	172.532,52 €
1.9	Montaje tranformador de tensión 66kV	6	Ud.	7647,58	45.885,45 €
2.0	Montaje Transformador de 250kVA	1	Ud.	15445,31	15.445,31 €
2.1	Montaje Autoválvulas ABB 132kV	16	Ud.	6347,39	101.558,27 €
2.2	Montaje autoválvulas Inael	21	Ud.	3158,02	66.318,35 €
2.3	Montaje luminaria MASTER TL-D Super 80 58W/840 1SL/25	70	Ud.	12,15	850,69 €
2.4	Led de alumbrado público ECORN E27	15	Ud.	18,69	280,37 €
2.5	Montaje toma de corriente	20	Ud.	7,68	153,68 €
2.6	Montaje edificio anexo	1	Ud.	4278,61	4.278,61 €

2.7	Montaje línea subterránea 1 20kV	50	Ud.	29,29	1.464,51 €
2.8	Montaje línea subterránea 2 20kV	100	Ud.	29,29	2.929,01 €
2.9	Montaje línea subterránea 1 132kV	20	Ud.	83,05	1.661,04 €
3.0	Montaje línea subterránea 2 132kV	20	Ud.	83,05	1.661,04 €
3.1	Montaje Línea LA110-Porticos	149,5	Ud.	143,57	21.463,91 €
3.2	Capa de grava	1350	Ud.	132,86	179.363,70 €
3.3	Pórticos	13	Ud.	1307,43	16.996,60 €
				TOTAL	7.814.953,26 €

4. Presupuesto de contrato

PRESUPUESTO EJECUCIÓN POR CONTRATA		
TOTAL PRESUPUESTO EJECUCION MATERIAL		7.814.953,26 €
ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD		19.260,36 €
GASTOS GENERALES	10,00%	783.421,36 €
BENEFICIO	7,00%	548.394,95 €
DESCUENTO	4,00%	313.368,54 €
OFERTA		8.852.661,39 €
IVA (16%)	23,00%	2.036.112,12 €
TOTAL		10.888.773,50 €

Jaén, 27 de Junio de 2017