



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA



ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES

Departamento de Ingeniería Eléctrica

Instalaciones de Alta Tensión

TRABAJO FIN DE GRADO

DISEÑO DE SUBESTACIÓN HÍBRIDA 66/20 Kv ANILLOS DE MEDIA TENSIÓN Y CENTROS DE TRANSFORMACIÓN EN POLÍGONO INDUSTRIAL “LAS QUEMADAS”

Grado en Ingeniería Eléctrica

Autor: José Antonio Hidalgo Rodríguez

Tutor: José Jesús López Vázquez

Málaga, septiembre de 2023



RESUMEN

La energía eléctrica que necesita la sociedad normalmente es producida lejos de los grandes puntos de consumo. Aunque hay corrientes de pensamiento en la ingeniería eléctrica que afirman que en el futuro producción y consumo serán mucho más cercanas y en sistemas más pequeños e independientes, hoy en día, y con la creciente demanda de energía, estamos muy lejos de ese ideal y para llevar la energía desde producción a consumo, sigue siendo imprescindible el transporte en Alta Tensión y, por ende, las subestaciones y centros de transformación para su distribución. Por todo ello, en esta propuesta de Trabajo Fin de Grado, se realiza el diseño de los sistemas necesarios para transformar la potencia transportada para hacerla llegar a los consumidores.

En una primera parte, se diseña una subestación secundaria híbrida de 66/20 kV de tensión nominal y con una potencia de 126 MVA, fruto de la realización de una previsión de carga previa, según normas actuales. El diseño de la subestación se basa casi por completo en las normas de la compañía suministradora Endesa, a la que supuestamente se habrían de ceder las instalaciones y, por tanto, este diseño está sujeto a sus prescripciones particulares, materializadas en los documentos SRZ001 y SYZH01 de la compañía.

En una segunda parte, se diseñan los anillos de Media Tensión, con siete centros de transformación de 2000 MVA en cada uno, que, del mismo modo que el resto de las instalaciones de alta tensión se cederían a la compañía y por tanto, se diseñan de acuerdo con la normativa estatal aplicable a las líneas subterráneas de Alta Tensión y con las prescripciones particulares de la compañía, expresadas en su proyecto tipo para líneas subterráneas de Media Tensión, DYZ1000.

Finalmente, se diseñan los Centros de Transformación que finalmente darían la salida a consumo en Baja Tensión, con la ayuda de software de la casa Ormazabal. Para añadir algo más profundidad al trabajo, aparte de los Centros de Transformación de compañía, se diseñan con el mismo software dos centros de abonado para 2000 y 4000 MVA respectivamente.



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA



DOCUMENTOS INCLUIDOS EN ESTE TFG

DOCUMENTO 1: MEMORIA

DOCUMENTO 2: CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

DOCUMENTO 3: PLIEGO DE CONDICIONES

DOCUMENTO 4: PLANOS

DOCUMENTO 5: ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD

DOCUMENTO 6: PRESUPUESTOS



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA

*Diseño de subestación secundaria híbrida, anillos de
media tensión y Centros de Transformación para el
polígono industrial "Las Quemadas", Córdoba*



Documento: Memoria.

DOCUMENTO 1

MEMORIA



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA

*Diseño de subestación secundaria híbrida, anillos de
media tensión y Centros de Transformación para el
polígono industrial "Las Quemadas", Córdoba*



Documento: Memoria.



ÍNDICE

1. GENERALIDADES.....	7
1.1. ANTECEDENTES.	7
1.2. OBJETO Y ALCANCE.	7
1.3. SITUACIÓN.....	8
1.4. NORMATIVA APLICABLE.	9
1.5. BIBLIOGRAFÍA.....	10
1.6. SOFTWARE.....	11
2. OBRA CIVIL E INSTALACIONES COMUNES.....	11
2.1. URBANIZACIÓN.....	11
2.2. CIMENTACIONES.....	12
2.3. CANALES DE CABLES.....	13
2.4. EDIFICIO.....	14
2.5. ALUMBRADO.	14
2.6. SISTEMAS DE SEGURIDAD INDUSTRIAL.....	15
3. ESTRUCTURAS METÁLICAS.	16
3.1. GENERALIDADES.....	16
3.2. PERFILES Y DIMENSIONES.	16
4. PARQUE 66 kV.....	17
4.1. TENSIONES NORMALIZADAS.	18
4.2. NIVEL DE AISLAMIENTO.....	18
4.3. PÓRTICO DE AMARRE.....	18
4.3.1. CADENAS DE AMARRE.....	19
4.3.2. AUTOVÁLVULAS.	19
4.3.3. TRANSFORMADORES DE TENSIÓN.....	20
4.3.4. AISLADORES SOPORTE.....	23
4.3.5. MÓDULOS HÍBRIDOS.....	24
4.3.6. EMBARRADOS.	26
4.3.7. CONEXIÓN DE APARAMENTA.	26
5. TRANSFORMACIÓN.	27
5.1. TRANSFORMADORES DE POTENCIA.....	27
5.2. PUESTA A TIERRA.....	28
6. PARQUE 20 Kv.	28
6.1. TENSIONES NORMALIZADAS.	29



6.2. NIVEL DE AISLAMIENTO.....	30
6.3. CABLES DE POTENCIA.....	31
6.4. PARARRAYOS MT.....	32
6.5. CELDAS BLINDADAS.....	33
6.6. TRANSFORMADORES DE SSAA.....	36
6.7. EDIFICIO.....	36
7. RED DE TIERRAS.....	37
7.1. RED DE TIERRA INFERIOR.....	37
7.2. RED DE TIERRA SUPERIOR.....	38
8. SERVICIOS AUXILIARES.....	39
8.1. SERVICIOS EN CORRIENTE ALTERNA.....	39
8.2. SERVICIOS EN CORRIENTE CONTINUA.....	39
9. SISTEMA DE PROTECCIÓN Y CONTROL.....	40
9.1. NIVEL DE INSTALACIÓN.....	40
9.1.1. UNIDAD DE CONTROL DE SUBESTACIÓN.....	40
9.1.2. TERMINAL DE OPERACIÓN LOCAL.....	41
9.1.3. TERMINAL DE TELEACCESO.....	41
9.2. NIVEL DE POSICIÓN.....	42
9.2.1. POSICIONES AT.....	42
9.2.3. POSICIONES MT.....	43
10. ANILLOS DE DISTRIBUCIÓN EN MEDIA TENSIÓN.....	45
10.1. NIVELES DE AISLAMIENTO.....	45
10.2. CABLE DE POTENCIA.....	45
10.3. TERMINACIONES Y EMPALMES.....	45
10.4. TRAZADO Y CANALIZACIONES.....	46
10.5. ARQUETAS.....	47
10.6. CRUZAMIENTOS, PROXIMIDADES Y PARALELISMOS.....	47
10.7. PUESTA A TIERRA.....	47
10.8. RECORRIDOS.....	48
11. CENTROS DE TRANSFORMACIÓN DE COMPAÑÍA.....	48
11.1 GENERALIDADES.....	48
11.2. EDIFICIO DE TRANSFORMACIÓN pfu.5/20.....	49
11.3. INSTALACIÓN ELÉCTRICA.....	51
11.3.1. CARACTERÍSTICAS DE LA RED DE ALIMENTACIÓN.....	51
11.3.2. CARACTERÍSTICAS DE LA APARAMENTA DE MEDIA TENSIÓN.....	51



ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Esquema estándar DB.....	17
Ilustración 2. Distancia entre cadenas en el pórtico	18
Ilustración 3. Pararrayos INAEL ZSP.	20
Ilustración 4. Transformador Artech UTE-72	22
Ilustración 5. Aislador Poinsa C4-325	23
Ilustración 6. Módulo Y1 PASS M00 72.5 kV. Fuente: Catálogo ABB.	25
Ilustración 7. Módulo SB PASS M00. Fuente: Catálogo ABB.....	25
Ilustración 8. Canal tipo A. Fuente: Gilva.com	31
Ilustración 9. Cable Hersatene. Fuente: catálogo Prysmian	31
Ilustración 10. Esquema de celdas MESA. Catálogo MESA.	35
Ilustración 11. Panel de mando de las de las celdas MT. Catálogo MESA.	35
Ilustración 12. Forma de la malla de tierra.	37
Ilustración 13. Protección con puntas Franklin.	38
Ilustración 14. Armario Argus. Fuente: Catálogo Reticur.....	40
Ilustración 15. Plataforma saTECH de Artech para control de subestaciones. Catálogo Artech. .	42
Ilustración 16. Schneider MiCOM P141. Catálogo Schneider.	44
Ilustración 17. Solid Bonding. Fuente: imseingenieria.blogspot.com	47

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Dimensiones de las cimentaciones.	13
Tabla 2. Dimensiones de las peanas.	13
Tabla 3. perfiles usados en las estructuras metálicas.....	16
Tabla 4. Características PASS M00 72.5 kV.	25
Tabla 5. Características de tubos de aluminio Ø120mm. Fuente: Alustock.	26
Tabla 6. Características del conductor LA-380.....	26
Tabla 7. Características de los transformadores de potencia. Fuente: Catálogo SIEMENS	27
Tabla 8. Características del módulo de puesta a tierra. Catálogo FACSA.	28
Tabla 9. Niveles de tensión del parque MT.....	29
Tabla 10. Niveles de aislamiento del parque MT.....	30
Tabla 11. Radios mínimos de curvatura del conductor. Catálogo Prysmian.....	32
Tabla 12. Características pararrayos ZSP. Fuente: INAEL.	32
Tabla 13. Longitudes de los tramos de los anillos MT	48



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA

*Diseño de subestación secundaria híbrida, anillos de
media tensión y Centros de Transformación para el
polígono industrial "Las Quemadas", Córdoba*



Documento: Memoria.



1. GENERALIDADES.

1.1. ANTECEDENTES.

Al final del itinerario formativo del Grado en Ingeniería Eléctrica se encuentran las asignaturas *Líneas y redes de transporte de energía eléctrica e Instalaciones eléctricas de alta tensión, entre otras*. Si bien el autor de este Trabajo Fin de Grado se ha encontrado con este tipo de instalaciones en su vida profesional, su dominio sobre estas materias aún es escaso. Es por ello que se acepta el invite del tutor, Dr. D. José Jesús López Vázquez, a realizar un proyecto de diseño que implique todos los conocimientos adquiridos en estas asignaturas, a fin de practicarlos y profundizar en el campo de la Alta Tensión. Para ello se recibe el encargo del diseño y cálculo de una subestación secundaria de tipo híbrido, los anillos de Media Tensión que esta habría de alimentar y los centros de transformación que finalmente permitirían el uso en baja tensión de la energía transportada. El diseño deberá ser llevado a cabo de acuerdo con las normas de Endesa Distribución de Energía (en adelante EDE) y las condiciones y datos de partida son:

- Subestación 66/20 kV que alimentará un polígono industrial, sobre el que se habrá de realizar una previsión de carga previa, para determinar la potencia de transformación mínima.
- Se diseñará para tres líneas de entrada de 66 kV.
- El parque de Alta Tensión (en adelante AT), de 66 kV de tensión nominal será de tipo exterior con aparamenta híbrida.
- El embarrado principal de AT será doble de conductor tubular de aluminio.
- El embarrado secundario o de conexión de aparamenta será de conductores flexibles de aluminio.
- Los transformadores serán trifásicos con una relación de transformación 66/20 kV. En el lado AT, cerrarán en estrella con neutro puesto rígidamente a tierra. El lado de MT se cerrará en estrella con neutro puesto a tierra a través de resistencia.
- El parque de Media Tensión (MT) será interior con celdas blindadas y con aislamiento en el embarrado colector de hexafluoruro de azufre (SF6).
- Se estima el factor de potencia para el conjunto del polígono en 0'85 inductivo.
- Además del número adecuado de centros de transformación de compañía, habrán de diseñarse como mínimo dos centros de transformación de cliente.

1.2. OBJETO Y ALCANCE.

El objeto del siguiente proyecto es el cálculo y diseño de las instalaciones de potencia de una subestación secundaria de tecnología híbrida 66/20 kV:

- Parque de 66 kV.
- Transformación 66/20 kV.
- Parque de 20 kV.

- Anillos de distribución en MT.
- Centros de transformación 20/0'4 kV.

Además, se definirán elementos propios de este tipo de instalaciones, como el sistema de protección y control, los elementos auxiliares y las cimentaciones de aparamenta.

No son objeto de este proyecto el diseño y descripción de la obra civil ni el de las instalaciones de baja tensión, evacuación de aguas residuales, suministro de AFCH y ACS, protección contra incendios ni cualquier otra fuera del ámbito de la legislación vigente y de las asignaturas en materia de Alta Tensión, que si debiesen de realizarse en un proyecto de ejecución.

1.3. SITUACIÓN.

La subestación eléctrica se encuentra ubicada en el Polígono Industrial "Las Quemadas" de Córdoba, ocupando parte de la parcela número 28 de la manzana 80689, con referencia catastral 8068928UG4986N, sita en el cruce de las calles "Impresor Acisclo Cortés Ribera" e "Imprenta de la Alborada", con las siguientes coordenadas:

GSM: 4°7'13.110" O, 37°9'05.472" N

UTM: 349373'14, 4196712'12

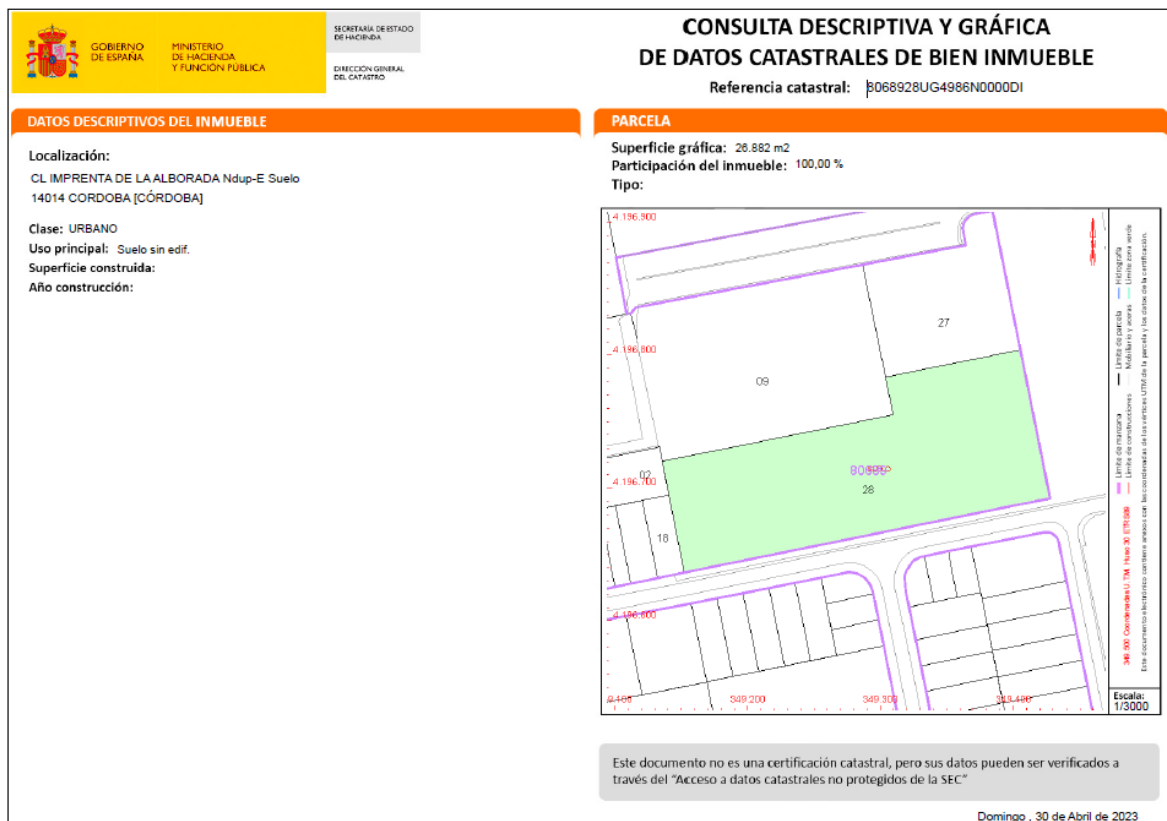


Figura 1. Parcela en el catastro.



1.4. NORMATIVA APLICABLE.

Para la redacción del siguiente proyecto y el diseño de la subestación se han observado las siguientes normas, reglamentos y recomendaciones:

- *Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23.*
- *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 instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09.*
- *INSTRUCCION de 14 de octubre de 2004, de la Dirección General de Industria, Energía y Minas, sobre previsión de cargas eléctricas y coeficientes de simultaneidad en áreas de uso residencial y áreas de uso industrial.*
- *Resolución de 23 de septiembre de 2019, de la Dirección General de Industria y de la Pequeña y Mediana Empresa, por la que se aprueban especificaciones particulares y proyectos tipo de Endesa Distribución Eléctrica, SLU.*
- *14 del Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión.*
- *Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.*
- *Normas particulares de Endesa: SRZ001, SYZH01, DYZ10000, FYZ10000, FYZ30000, NRZ001, NRZ102, LRZ001.*
- *Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, comercialización, suministro, y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.*
- *Normas UNE de aplicación.*
- *Real Decreto 1890/2008, de 14 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior y sus Instrucciones técnicas complementarias EA-01 a EA-07.*



1.5. BIBLIOGRAFÍA.

[1] Enríquez Harper, G. "Elementos de diseño de subestaciones eléctricas" 2ª Edición. Limusa, 2015.

[2] Simón Comín, P. "Cálculo y diseño de líneas eléctricas de alta tensión". 1ª Edición. Ibergarceta, 2011.

[3] Raull, J. "Diseño de subestaciones eléctricas". McGraw Hill, 1987.

[4] Montañés Bellosta L.C. "Selección óptima de pararrayos" Univ. de Zaragoza ,2010.

[5] Ramírez Castaño, J.S.; Cano Plata, E.A., "Sistemas de puesta a tierra: Diseñado con IEEE-80 y evaluado con MEF". 1ª Edición, Editorial Blanecolor Ltda, 2010.

[6] Moreno Clemente, J. "Cálculo de líneas eléctricas aéreas de Alta Tensión". 5ª Edición. Arte Impresores, 2004.

[7] Grainger, J.J., Stevenson, W.D., "Análisis de sistemas de potencia". 1º Edición. McGraw-Hill, 2001.

Otros recursos.

- *Apuntes/Temario de la asignatura "Instalaciones eléctricas de Alta Tensión", creados y proporcionados por el docente titular, Dr. D. José Jesús López Vázquez.*
- *Apuntes/Temario de la asignatura "Líneas y redes de transporte de energía eléctrica", creados y proporcionados por el docente titular, Dr. D. Antonio Ruíz González.*

Recursos web.

- <https://www.inael.com/>
- <https://poinsa.com/>
- <https://www.gegridsolutions.com/>
- <https://new.abb.com/es>
- <https://www.ormazabal.com/>
- <https://www.sedecatastro.gob.es/>
- <https://www.alu-stock.es/>
- <https://www.bronmetal.com/>
- <https://es.prysmiangroup.com/>
- <https://www.artech.com/es>
- <https://www.mesa.es/>
- <https://www.siemens.com/>
- <https://www.backerfacsa.es/>
- <https://www.se.com/>



1.6. SOFTWARE.

- Microsoft Office 364 (Excel, Word, PowerPoint).
- Mathworks Matlab.
- Ormazabal Amikit.
- Aspix.
- Anydesk Autocad 2023
- CYPE 2023

2. OBRA CIVIL E INSTALACIONES COMUNES.

La subestación se sitúa en la parcela con referencia catastral 8068928UG4986N con las siguientes coordenadas:

GSM: 4°7'13.110" O, 37°9'05.472" N

UTM: 349373'14, 4196712'12

Esta ubicación en el término municipal de Córdoba tiene las siguientes condiciones ambientales, que han de ser tenidas en cuenta en la decisión de actuaciones y diseño:

- Altura sobre el nivel del mar: 127 m
- Temperatura máxima media anual: 25.1°C
- Temperatura mínima media anual: 11.4°C
- Temperaturas absolutas: 46.9°C/-8.2°C
- Humedad relativa media anual: 60 %
- Velocidad máxima del viento: 120 km/h
- Contaminación ambiental: Alta (Polígono industrial)
- Línea de fua mínima: 31 mm/kV
- Días de tormenta anuales (AEMET): 9.5

El recinto ocupa una superficie rectangular de 2700 m², situada en el cruce de las calles "Impresor Acisclo Cortés Ribera" e "Imprenta de la Alborada", con laterales de 54 y 50 metros respectivamente sobre estas calles, en la forma que puede observarse en plano de Emplazamiento. Se ha previsto la entrada del tráfico rodado a través de vial accesible a tráfico rodado en C/ Imprenta de la Alborada.

2.1. URBANIZACIÓN.

El vial de entrada, con las dimensiones y forma que se pueden consultar en el documento Planos, será de firme rígido de no menos de 15 cm de hormigón HA-200 sobre zahorra compactada.

El cierre perimetral se realizará con una valla de no menos de 2'5 m de altura, con protección contra la corrosión a través de galvanizado y plastificado. Los postes serán circulares y serán encastrados en muro de hormigón armado.



Las estructuras metálicas que conformen el vallado perimetral serán puestas a tierra en tramos regulares.

El suelo del recinto interior, que no sea superficie correspondiente a zonas de vial, aceras del edificio y peanas de las cimentaciones, se cubrirá con una capa de 15 cm de grava de resistividad eléctrica no inferior a 3000 $\Omega \cdot m$

2.2. CIMENTACIONES.

El tipo de cimentaciones a utilizar dependen de un estudio geotécnico en campo que las compañías especifican en sus normas particulares. En el caso de Endesa, el documento que rige estas pruebas es la norma de referencia SFH001 "Procedimiento para la realización de estudios geotécnicos y de resistividad en subestaciones de AT". En ausencia de datos del terreno y sin posibilidad de realizar dicho estudio de campo, se han calculado las cimentaciones suponiendo unas cualidades del suelo basadas en la cercanía del río Guadalquivir, ya que este es uno de los límites al área del polígono.

Las cimentaciones de los elementos del parque serán de tipo superficial, a base de zapatas aisladas y realizadas en dos fases de hormigonado.

- 1ª fase: La zapata.
Hormigón en masa.
Resistencia característica: 20 (200 kg/cm²)
Consistencia: Blanda.
Tipo de ambiente: Según apartado 39 del EHE.
- 2ª fase: La peana.
Hormigón en masa.
Resistencia característica: 20 (200 kg/cm²)
Consistencia: Plástica.
Tipo de ambiente: Según apartado 39 del EHE.

Durante la segunda fase de hormigonado habrán de prepararse los tubos necesarios para cableados y tomas de tierra.

Las dimensiones de las cimentaciones para la aparamenta básica se han calculado dependiendo de la profundidad prevista de cada cimentación en combinación con la altura sobre rasante de la aparamenta a recibir, de forma que se han calculado por método Sulzberger aquellas en las que la altura era mayor a cinco veces la profundidad prevista de la cimentación, y por el método de vuelco clásico las más bajas.

Todas las cimentaciones calculadas son del tipo monobloque por lo que los límites del ángulo de vuelco corresponden un ángulo de tangente 0'01, con un coeficiente de seguridad 1'2 al estar la estabilidad basada en las reacciones horizontales del terreno.



El lugar de colocación de cada tipo de cimentación se indica en el plano correspondiente. las dimensiones y profundidad se indican en la siguiente tabla.

CIMENTACIÓN	APARATO	a (m)	b (m)	y (m)	Vol. (m ³)
C1	Pórticos	4.50	1.20	2.00	10.80
C2	Autoválvulas	1.20	1.20	1.10	1.58
C3	Trafo de tensión	1.20	1.20	1.20	1.73
C4	Aisladores	1.20	1.20	1.70	2.45
C5	Embarrados	2.50	1.00	1.00	2.50
C6	Módulos Y1	1.50	1.50	1.00	2.25
C7	P. Franklin	2.00	2.00	1.50	6.00

Tabla 1. Dimensiones de las cimentaciones.

CIMENTACIÓN	PERNOS	a (m)	b (m)	y (m)	Vol. (m ³)
C1	Pórticos	3.6	0.96	0.20	3.74
C2	Autoválvulas	0.80	0.80	0.20	0.13
C3	Trafo de tensión	0.80	0.80	0.20	0.13
C4	Aisladores	0.80	0.80	0.20	0.13
C5	Embarrados	0.80	0.80	0.20	0.13(x2)
C6	Módulos Y1	1.00	1.00	0.20	0.20
C7	P. Franklin	2.00	2.00	0.20	0.80

Tabla 2. Dimensiones de las peanas.

La bancada de los transformadores se diseñará como una viga elástica apoyada en el terreno y con una carga uniformemente repartida igual a la presión que ejerce sobre el terreno toda la fundación con una acción 1,25 veces el peso del transformador más el peso propio.

La bancada se diseñará además con el depósito de aceite necesario para poder recoger el aceite del transformador en caso de fugas. La capacidad requerida para tal fin corresponderá al volumen de dieléctrico del transformador, mayorado en previsión de entrada de agua de lluvia.

La cimentación del edificio se realizará por medio de losa de hormigón armado realizada in situ. Los forjados superiores se realizarán mediante jácenas prefabricadas y placas alveolares con sus correspondientes capas de compresión.

2.3. CANALES DE CABLES.

Con objeto de proteger el recorrido de los cables de control y potencia, se instalarán canales para cables prefabricados y zanjas enterradas, respectivamente. Los canales de cables de control serán prefabricados tipo "A" y tipo "A" reforzado.



2.4. EDIFICIO.

La sala de control, los transformadores de servicios auxiliares y el parque de MT se alojarán en un edificio de tipo prefabricado de módulos de hormigón armado con medidas exteriores 18 x 8 m

Habrán dos estancias:

- Sala de control y equipos: Tendrá unas dimensiones interiores de 8.2 x 7.6 m. habrá dos estancias para los transformadores de servicios auxiliares, cuyo acceso será desde el exterior, con sus correspondientes fosos de recogida de aceite y sus correspondientes protecciones contra contacto directo.
- Sala de cabinas MT: Con unas dimensiones de 9.3 x 7.6 m, sus muros serán de hormigón armado y el suelo donde se apoyen las cabinas será un forjado de chapa colaborante. Dispondrá de foso de cables accesible mediante dos escaleras de patas, una en cada extremo de las filas de cabinas.

El edificio estará dotado de sistemas de climatización por bomba de calor, detección y extinción de incendios y anti-intrusismo, conectados a central de alarmas.

2.5. ALUMBRADO.

Desde el cuadro de servicios auxiliares se alimentarán los circuitos de alumbrado exterior, interior y de emergencias.

El diseño de los sistemas de alumbrados se diseñará de acuerdo con el RD 4890/2008, *Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior y sus instrucciones técnicas complementarias EA-01 a EA-07*, y con la normativa aplicable referente a contaminación lumínica y protección del ambiente nocturno.

El alumbrado exterior se hará con lámparas de vapor de sodio de alta presión de 250 W a lo largo de la valla perimetral y en los accesos.

El alumbrado interior tendrá los niveles lumínicos reglamentarios y en los puntos donde se requiera se montará alumbrado localizado.

El alumbrado de emergencia del interior del edificio proporcionará un mínimo de 10 lux en régimen de emergencia y 1 lux en señalización, cuando la tensión de alimentación del circuito baje del 70% de la tensión nominal.



2.6. SISTEMAS DE SEGURIDAD INDUSTRIAL.

Anti-intrusismo.

El acceso a la subestación se realizará a través de puerta motorizada con sistema de control de acceso.

Se diseñará y montará un sistema anti-intrusismo cuya finalidad será la detección y discriminación de personas no autorizadas y transmisión a centro de control remoto. Este sistema dependerá de la ubicación de las instalaciones y del tipo de instalación a proteger. Incluirá los siguientes sistemas:

- Detección de intrusión perimetral en exteriores por barrera de infrarrojos, de microondas o detector volumétrico.
- Detección de intrusión en interiores por contacto magnético en puertas y detector volumétrico en estancias.
- Centralización de alarmas.
- Videovigilancia con cámaras domo, videograbación, y transmisión y recepción de video por fibra óptica.
- Armario rack de centralización.

Sistema contra incendios.

La instalación de protección contra incendios en subestaciones híbridas de exterior se proyectará según lo exigido por el ITC-RAT 14 en relación con la instalación de Alta Tensión ubicada en el exterior, y a lo exigido por el ITC-RAT 15 y al CTE-DB-SI en relación con el Edificio que alberga la instalación interior de Media Tensión.

En cuanto a seguridad pasiva, se tendrán en cuenta los siguientes aspectos:

- Se compartimentarán contra el fuego las distintas salas técnicas y sala de mandos en su totalidad mediante el uso de cerramiento con resistencia mínima al fuego de EI-120 y EI-90 para carpinterías.
- Se sectorizarán las celdas de MT y se tratarán los pasos de cables con pintura intumescente y el sellado de huecos.
- Sistema de ventilación en las salas técnicas y sala de mandos.

En cuanto a seguridad activa, se darán las siguientes condiciones:

- Se preverá la instalación de un sistema automático de detección de incendios en ambiente en la totalidad del edificio formado por detectores iónicos de humos conectados a una central automática de detección y alarma situada junto a la entrada al edificio.
- La instalación se completará con pilotos indicadores, sirenas de alarmas interiores y sirenas exteriores. Se dispondrán pulsadores de alarma en el edificio, a una distancia máxima de 50 m. no debiendo estar ningún punto a más de 25 m. de un pulsador.



- Se instalarán extintores cada 15 m. de recorrido desde los orígenes de evacuación. Los extintores serán de CO₂ de 3,5 kg en la sala de control y de 5 kg de capacidad en el parque exterior.

3. ESTRUCTURAS METÁLICAS.

3.1. GENERALIDADES.

Se han diseñado las estructuras metálicas para el montaje de la aparamenta y el amarre de los conductores aéreos teniendo en cuenta que, sin sobrepasar los 2600 kg/cm², estos soportes han de aguantar:

- Peso propio.
- Cargas estáticas.
- Cargas dinámicas.
- Acción de un viento no inferior a 120 km/h.

La suportación de la aparamenta y el pórtico de amarre de las líneas aéreas de entrada serán de acero S275JR (s/CTE-SE-A) exigiéndole la calidad soldable y llevarán una protección de superficie galvanizada ejecutada de acuerdo con la norma EN/ISO 1461, con un peso en zinc de 5 g. por dm² de superficie galvanizada.

3.2. PERFILES Y DIMENSIONES.

En este apartado se definen los perfiles principales y dimensiones que han de tener cada una de las estructuras del parque exterior. A estas partes habrá que añadir las correspondientes cartelas, escuadras, solapes y partes para su unión, así como las bases a las que se atornillarán los pernos en las peanas de las cimentaciones.

Para la forma y distancias de montaje se pueden consultar los planos de planta general y perfiles del documento Planos.

APARATO	PARTES	UNE	UD	LONGITUD (m)	PESO (kg/m)	PESO UD (KG)
Pórtico	Fuste	IPN 300	10	11,117	54,2	662,79554
	Viga	IPE 270	3	6	36,1	238,26
Autoválvula	Soporte	HEB 160	9	3,17	42,6	148,5462
T. de Tensión	Soporte	HEB 160	11	3,45	42,6	161,667
Aislador soporte	Soporte	HEB 160	9	4,15	42,6	194,469
Aislador soporte	Soporte	HEB 160	24	3,16	42,6	148,0776
Embarrados	Fuste	HEB 160	28	5,04	42,6	236,1744
	Viga	UPN 120	14	4,26	13,4	62,7924
Punta Franklin	Celosía	Varios	2	16,98	162,3	3031,4394

Tabla 3. perfiles usados en las estructuras metálicas

4. PARQUE 66 kV.

El parque de 66kV empieza con la entrada de tres líneas aéreas procedentes de sus correspondientes entronques en las calles Impresor Acisclo Cortés Ribera e Imprenta de la Alborada. Dependiendo del número de líneas de entrada, el número de unidades transformadoras, y de la fidelidad y seguridad necesaria en la subestación, las compañías imponen el esquema de embarrados para las instalaciones que promueven o les vayan a ser cedidas. Endesa, en su documento SRZ001, expone que las nuevas subestaciones secundarias habrán de diseñarse para tecnología híbrida en el parque de AT, ya sea este de 132 o 66 kV de tensión nominal.

Los esquemas con que han de diseñarse las subestaciones para EDE son:

- Estándar: Solución preferente cuando se vayan a instalar dos transformadores.
- Especial: Cuando a través de tres transformadores van a alimentarse zonas de alta densidad de población y carga considerable.
- Simplificado: Instalaciones en las que quede justificado el uso de un único transformador.

La potencia a entregar por la subestación objeto de este proyecto va a ser transformada a través de dos transformadores de 63 MVA, por lo que se ha diseñado la subestación en esquema estándar, con los siguientes matices:

- En los requisitos de diseño se impone la condición de nodal de la subestación.
- Hay tres líneas de entrada.
- Se desea un alto grado de fiabilidad.

Por todo lo expuesto anteriormente la subestación se realizará en *esquema estándar doble barra*.

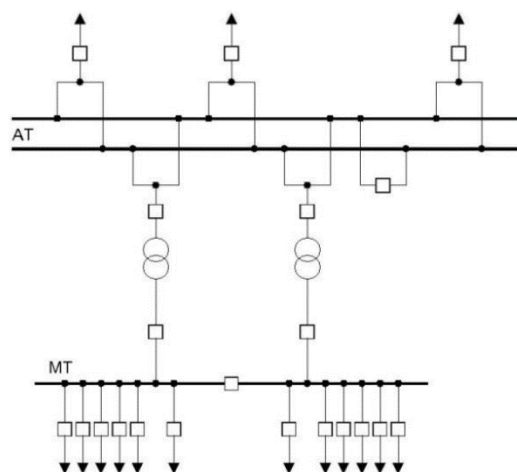


Ilustración 1. Esquema estándar DB

4.1. TENSIONES NORMALIZADAS.

De acuerdo con la instrucción ITC-RAT 04, los niveles de tensión normalizados para las instalaciones en el parque de 66 kV son:

- Tensión nominal de la red (U_n): 66 kV
- Tensión más elevada de la red (U_s): 72.5 kV
- Tensión más elevada para los materiales (U_m): 72.5 kV

4.2. NIVEL DE AISLAMIENTO.

Los equipos que se utilicen en el parque AT deberán cumplir las normas UNE-EN 60071-1 y UNE-EN 60071-2.

Siendo la tensión nominal del parque de AT de 66 kV, en cumplimiento de la instrucción ITC-LAT 12, se encuadra la subestación dentro del grupo B en cuanto a niveles de aislamiento se refiere. Por tanto, habrán de cumplirse las siguientes especificaciones:

- Tensión más elevada para el material (U_m): 72.5 kV
- Tensión soportada a frecuencia industrial: 140 kV
- Tensión soportada a impulsos tipo rayo: 325 kV
- Distancia mínima de aislamiento (fase-fase y fase-tierra): 630 mm

4.3. PÓRTICO DE AMARRE.

Las características de la estructura de los pórticos de amarre de las líneas aéreas fueron descritas en el apartado 3.2 de este documento. Su forma de montaje puede observarse en el documento Planos.

Las líneas quedarán sujetas en cadenas de amarre con una distancia de dos metros entre sí, y a un metro de las uniones entre fustes y vigas del pórtico.

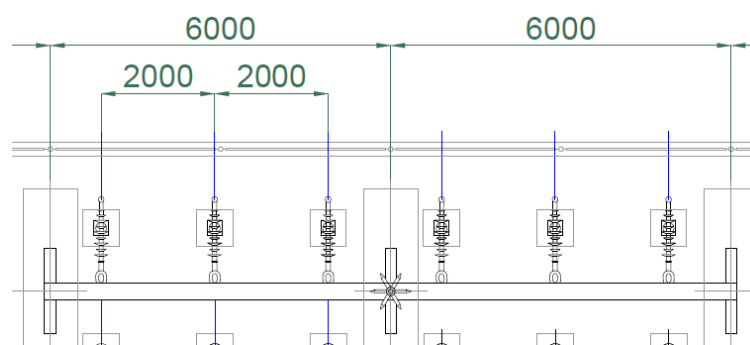
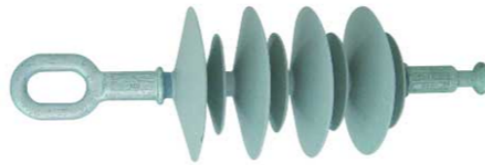


Ilustración 2. Distancia entre cadenas en el pórtico

4.3.1. CADENAS DE AMARRE.

Las cadenas de amarre escogidas son INAEL de referencia CS70-66PU, están diseñadas para nivel de contaminación IV según CEI 60815 y tienen las siguientes características:



Tipo* Type*	Tensión asignada/max. Rated voltage/max. Tension assigné /max.	Línea de fuga mínima Minimum creepage distance Ligne de fuite minimum	Línea de fuga protegida Protected creepage distance Ligne de fuite protégée	L mm	Carga mecánica especificada Specified mechanical load Charge mécanique spécifiée KN.	Torsión Torsion daN x m.	Tensiones soportadas Withstand voltages Tensions de tenue		Peso aprox. Aprox. Weight Poids approx. kg	Uds/Caja Units/Box Unites/Cartron ud.
							1,2/50 µs BIL KV.	50Hz bajo lluvia wet sous pluie KV.		
CS70**20P	20 - 24	903	405	224	70	6	125	50	1,3	12
CS70**30PI	30 - 36	1258	526	292,5			215	95	1,5	12
CS100**30PE	30 - 36	1258	526	292,5			170	70	1,5	12
CS70**45PU	45 - 52	1864	807	818			325	135	2,5	12
CS70**45PI	45 - 52	1804	756	418,5			300	120	1,9	3
CS70**45PE	45 - 52	1660	717	553			250	95	2,3	3
CS70**66PU	66 - 72	2474	1076	813			380	165	3	3
CS70**66PI	66 - 72	2624	1100	607,5			380	165	2,5	3
CS70**66PE	66 - 72	2351	985	544,5			325	140	2,3	3

Serán necesarias un total de nueve cadenas.

4.3.2. AUTOVÁLVULAS.

El primer elemento del parque de 66 kV propiamente dicho serán las autoválvulas, situadas bajo las cadenas de amarre y unidas a la grapa de estas por 6.70 metros del conductor LA-280 de la línea.

Las autoválvulas o pararrayos se utilizan para proteger al resto de la instalación en caso de sobretensión, dando paso a tierra para la corriente de descarga. Las sobretensiones más frecuentes en las líneas son provocadas por:

- Defecto a tierra en una de las fases.
- Pérdida de carga.

Estarán constituidos de:

- Resistencia no lineal de óxido de cinc sin explosores.
- Contador de descargas.

Aparte de en la entrada de las líneas, también se montarán estos pararrayos en la cercanía de las bornas AT de los transformadores de potencia.

No se montarán pararrayos en el neutro de AT al estar este conectado rígidamente a tierra.

Las características asignadas de los pararrayos tomarán como referencia lo indicado en la norma EDE GSCH005.

Las autoválvulas seleccionadas para esta subestación son las ZSP de INAEL.

Tensión Asignada (kV eficaces)	Tensión Continua U_c^* (kV eficaces)	STT ⁽¹⁾		Equivalente al frente de onda ⁽²⁾ (kV cresta)	Máxima sobretensión de maniobra ⁽³⁾ (kV cresta)	Tensión residual máxima (kV cresta) Usando una onda de corriente 8/20 μ seg					
		1 s (kV eficaces)	10 s (kV eficaces)			1.5 kA	3 kA	5 kA	10 kA	20 kA	40 kA
24	19.5	28.5	27.1	62.0	47.4	50.8	53.0	54.5	58.0	62.3	68.2
27	22.0	32.1	30.6	70.1	53.6	57.5	59.9	61.6	65.6	70.4	77.1
30	24.4	35.6	33.9	78.2	59.7	64.1	66.9	68.7	73.2	78.6	86.0
36	29.0	42.3	40.3	93.5	71.4	76.6	79.9	82.2	87.5	93.9	103.0
39	31.5	46.0	43.8	102	77.6	83.3	86.8	89.3	95.0	102.0	112.0
45	36.5	53.3	50.7	116	88.6	95.1	99.1	102.0	108.0	116.0	127.0
48	39.0	56.9	54.2	124	94.8	102.0	106.0	109.0	116.0	125.0	136.0
54	42.0	61.3	58.4	134	102	110.0	114.0	118.0	125.0	135.0	147.0
60	48.0	70.1	66.7	151	116	124.0	129.0	133.0	142.0	152.0	166.0
66	54.0	78.8	75.1	167	128	137.0	143.0	147.0	156.0	168.0	183.0
72	57.0	83.2	79.2	178	136	146.0	152.0	157.0	167.0	179.0	196.0

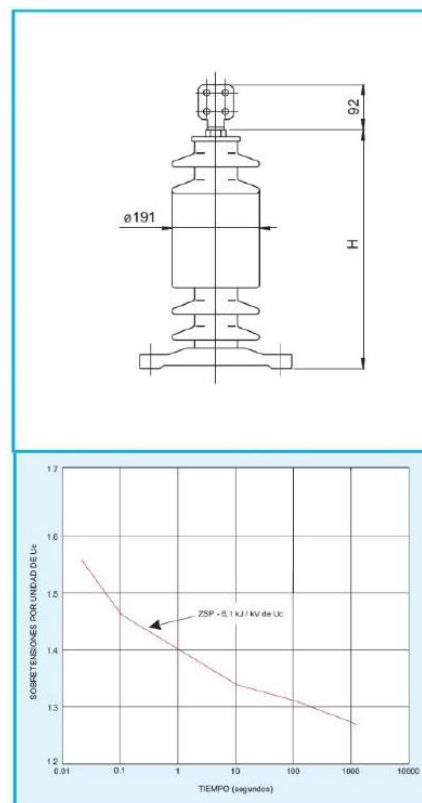


Ilustración 3. Pararrayos INAEL ZSP.

4.3.3. TRANSFORMADORES DE TENSIÓN.

La instalación de transformadores de tensión es necesaria para reducir esta a los valores soportables y normalizados en los aparatos de medida y control y para la seguridad del personal que trabaje en las inmediaciones de los armarios de control.



Los transformadores de tensión del parque de 66 kV deberán cumplir con las especificaciones marcadas por el documento SRZ001 de Endesa, así como las del proyecto tipo de subestaciones híbridas, SYZH01.

- Los transformadores de tensión de medida serán monofásicos, con un extremo del primario conectado a tierra.
- El secundario dispondrá de dos o tres arrollamientos dependiendo de las necesidades de medida y protección.
- La potencia de cada devanada será superior, con un cierto margen, que la suma de los consumos de los aparatos de medida o protección que alimente.
- La carga en el circuito secundario de los transformadores de medida estará entre el 25% y 100% de su potencia de precisión.
- La selección de los transformadores de tensión inductivos se hará tomando como referencia la norma SNE018.

Características asignadas de los transformadores de tensión inductivos de línea/barras:

- Tensión nominal de la red: 66 kV
- Tensión más elevada para el material: 72.5 kV
- Relación de transformación: 66:√3/0,11:√3-0,11:√3-0,11:√3 kV
- Potencias y clases de precisión:
 - 1º Arrollamiento: 25 VA, clase 0,2 Indistintamente
 - 2º Arrollamiento: 25 VA, clase 0,5-3P Indistintamente
 - 3º Arrollamiento: 25 VA, clase 0,5-3P Indistintamente
- Factor de tensión: 1,2 continuo – 1,5 durante 30 seg
- Tensión soportada a frecuencia industrial: 140 kV
- Tensión impulsos tipo rayo: 325 kV

Con estas especificaciones se eligen los transformadores de tensión Artech, modelo UTE-72.

Modelo	Tensión máxima de servicio (kV)	Tensiones de ensayo			Potencia térmica (VA)	Línea de fuga estándar (mm)	Dimensiones		Peso (kg)
		Frecuencia industrial (kV)	Impulso (kVp)	Maniobra (kVp)			A x B (mm)	H (mm)	
UTB-52	52	95	250	-	1.500	1.300	300x300	1.335	95
UTD-52	52	95	250	-	2.000	1.300	330x300	1.395	150
UTB-72	72,5	140	325	-	1.500	1.825	300x300	1.335	108
UTD-72	72,5	140	325	-	2.000	1.825	330x300	1.395	150
UTE-72	72,5	140	325	-	2.500	1.825	400x430	1.645	285
UTD-100	100	185	450	-	2.000	2.500	330x300	1.690	165
UTD-123	123	230	550	-	3.000	3.075	350x475	2.120	292

- | | |
|---|--|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Indicador de nivel de aceite 2. Terminal primario 3. Compensador de volumen de aceite 4. Borna condensadora 5. Aislamiento papel-aceite 6. Arrollamiento de compensación 7. Arrollamientos primarios | <ol style="list-style-type: none"> 8. Arrollamientos secundarios 9. Núcleo 10. Aislamiento (porcelana o silicona) 11. Toma medida tangente delta 12. Caja terminales secundarios 13. Toma de muestras de aceite 14. Terminal de puesta a tierra |
|---|--|

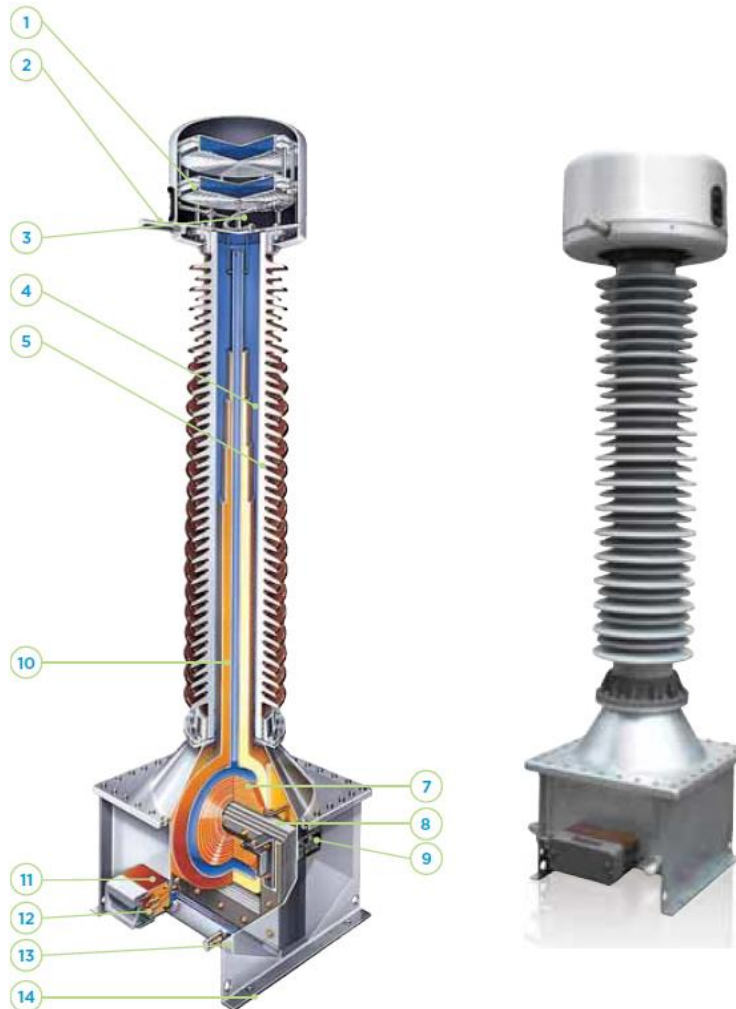


Ilustración 4. Transformador Arteche UTE-72

Se montarán once de estos transformadores:

- 9 en las entradas de línea, bajo el pórtico. Recibirán a su entrada el nudo flojo de conductor LA-280 proveniente de la cadena de amarre. Su salida, en conductor LA-380, se conectará a la entrada de los módulos Y1, apoyándose antes en un aislador soporte.
- 2 en los embarrados.

Las distancias y punto de colocación de cada uno de los soportes pueden consultarse en los planos 4/16, 5/16 y 7/16 (Planta general, cimentaciones y perfil posición de línea respectivamente).

4.3.4. AISLADORES SOPORTE.

Para mantener unas distancias adecuadas entre conductores, y entre estos y tierra y dar soporte a los embarrados principales y a los de conexión de aparata, se montarán aisladores de montaje vertical en soportes al efecto y en las estructuras de los embarrados principales.

Los aisladores soporte que se monten en la subestación deberán cumplir con los siguientes parámetros:

- Línea de fuga ≥ 2256 mm
- Carga de rotura a flexión ≥ 1277 daN
- Distancia del conductor a tierra ≥ 63 cm

Se seleccionan los aisladores de POINSA, modelo C4-325.

DESIGNACION / REFERENCE		C4-325
Línea de fuga mínima según nivel de polución CEI 60815 (mm.) <i>Minimum creepage distance according to pollution level IEC 60815 (mm.)</i>	I	1160
	II	1450
	III	1812,5
	IV	2247,5
DATOS ELECTRICOS / ELECTRICAL VALUES		
Tensión nominal / máxima <i>Nominal voltage / maximum voltage</i>	- kV	66/72,5
Tensión soportada al choque <i>Lightning impulse withstand voltage</i>	- kV	325
Tensión soportada bajo lluvia a 50 Hz <i>Power frequency withstand voltage, wet 50Hz</i>	- kV	140
DATOS MECANICOS / MECHANICAL VALUES		
Mínima carga de rotura a Flexión <i>Minimum bending failing load</i>	- N	4000
Mínima carga de rotura a la Torsión <i>Minimum bending failing load</i>	- N	2000



Ilustración 5. Aislador Poinsa C4-325

Serán necesarios un total de 75 aisladores:

- 33 sobre soporte de aislador.
- 42 en estructura de embarrados principales, a razón de uno cada seis metros de barra, quedando las barras a una distancia de 78 cm de las viguetas de la estructura.

Las distancias y punto de colocación de cada uno de los soportes pueden consultarse en los planos 4/16, 5/16 y 7/16 (Planta general, cimentaciones y perfil posición de línea respectivamente).



4.3.5. MÓDULOS HÍBRIDOS.

Los módulos híbridos son dispositivos que incorporan interruptores automáticos, seccionadores de línea, seccionador de puesta a tierra y transformadores de intensidad dentro de un mismo aparato con aislamiento de hexafluoruro de azufre, reduciendo el espacio necesario para cumplir con las funciones de esta aparamenta, facilitando el montaje, y mejorando los pasillos de inspección y mantenimiento.

Serán necesarios dos tipos de módulos híbridos: Y1 y Single Bay.

Módulos Y1.

Los llamados Y1 tienen una entrada y dos salidas y son los usados para conectar las líneas de entrada a los dos embarrados y estos a los transformadores, de forma que los que se usan en posición de línea usan la entrada única para la línea y las dos salidas se conectan una a cada embarrado, mientras que en posición de transformador se invierten las funciones de entrada y salida, para conectar ambos embarrados con dos entradas y una única salida hacia el transformador.

El módulo híbrido Y1 están constituidos por la aparamenta siguiente, de acuerdo con la norma GSH002 y según la posición en la que se instala:

- 1 interruptor automático con accionamiento eléctrico tripolar.
- 1 seccionador con mando tripolar motorizado.
- 2 seccionadores de barra con mando tripolar motorizado.
- 1 seccionador de puesta a tierra con mando tripolar motorizado.
- 3 transformadores de intensidad toroidales.
- 3 detectores de presencia de tensión (en el caso de módulos en posiciones de transformador).
- 9 aisladores pasatapas de gas SF6/aire para la conexión a los conductores.

Módulo Single Bay.

El módulo Single Bay tiene una entrada y una salida y se usa para conectar los dos embarrados, pudiendo hacer funciones de sustitución de interruptores averiados dependiendo de la configuración de apertura/cierre de los demás seccionadores en función de las necesidades de reparto de carga y equilibrado de la subestación.

El módulo híbrido Single Bay estará constituido por la aparamenta siguiente, tomando como referencia la norma GSCH002:

- 1 interruptor automático con accionamiento eléctrico tripolar.
- 2 seccionadores con mando tripolar motorizado.
- 1 seccionador de puesta a tierra con mando tripolar motorizado (se dispondrá de un segundo seccionador a tierra en los módulos utilizados como acople).
- 3 transformadores de intensidad toroidales.
- 3 transformadores de tensión (sólo en el caso de utilizarse en posiciones de línea subterránea).

- 3 detectores de presencia de tensión (en el caso de módulos en posiciones de transformador).
- Aisladores pasatapas de gas SF6/aire para la conexión a los conductores.

Se montarán 3 módulos Y1 en posición de línea, 2 en posición de transformador y 1 único módulo Single Bay en las posiciones definidas en el documento Planos.

Los módulos híbridos seleccionados son los PASS M00 de ABB:

Technical ratings – PASS		M00
Rated voltage	kV	72.5
Rated short-duration power-frequency withstand voltage	kV	140
Rated lightning impulse withstand voltage	kV	350
Rated switching impulse withstand voltage		-
Rated frequency	Hz	50/60
Rated continuous current	A	2000/3150
Rated short-time withstand current	kA	31.5/40
Rated peak withstand current	kA	80/104
Rated duration of short circuit	s	3
Circuit-breaker operation		SPO/TPO

Tabla 4. Características PASS M00 72.5 kV.



Ilustración 6. Módulo Y1 PASS M00 72.5 kV. Fuente: Catálogo ABB.



Ilustración 7. Módulo SB PASS M00. Fuente: Catálogo ABB.

4.3.6. EMBARRADOS.

El doble embarrado tiene la función de ser el nodo donde llega toda la energía de entrada y desde el que sale a transformadores o líneas según la configuración de la subestación. Esta función implica que han de soportar toda la potencia que pueda demandar la subestación. Como en esta subestación se tiene un embarrado doble, la capacidad de cada uno de los embarrados puede reducirse a toda la potencia menos la de la línea de menor aporte.

Los embarrados estarán formados por barras de aleación de aluminio dimensionados según la norma CEI 865/1993 y con las siguientes características:

- Diámetro exterior/interior: 120/106 mm
- Intensidad admisible: 2985 A
- Límite de fluencia mínimo: 1600 Kg/cm²
- Límite de fluencia máximo: 2400 Kg/cm²

Las barras se suministran en tramos de 6 metros, por lo que no es necesario mecanizado en campo y con las grapas-puente sobre los aisladores soporte no son necesarios trabajos de soldadura.

Se montarán 42 metros de barra repartidos entre las tres fases de cada uno de los dos embarrados, con la altura y separación que se señalan en las cotas del documento Planos.



Øext x Øint (mm)	e (mm)	Peso (kg/m)	I _{xc} = I _{yc} (cm ⁴)	W _x = W _y (cm ³)	6060 6063*	6082
120 x 100	10,00	9,797	527,002	87,834	○	-
120 x 104	8,00	7,980	443,623	73,937	○	-
120 x 106	7,00	7,045	398,159	66,360	○	-
120 x 110	5,00	5,121	299,188	49,865	○	-
120 x 112	4,00	4,133	245,477	40,913	◎	-
120 x 114	3,00	3,126	188,810	31,468	○	-
125 x 115	5,00	5,344	339,881	54,381	○	-

Tabla 5. Características de tubos de aluminio Ø120mm. Fuente: Alustock.

4.3.7. CONEXIÓN DE APARAMENTA.

Para las conexiones y puentes entre los distintos elementos del parque AT se utilizará conductor 337-AL1/44-ST1A (antes denominado LA-380) de aleación de aluminio con alma de acero, con características según UNE 50182:2001.

Código	Código antiguo	Sección			Diámetro		Masa por unidad de longitud kg / km	Resistencia a la tracción asignada kN	Resistencia en c.c. Ω / km
		Al	Acero	Total	Alma	Conductor			
		mm ²	mm ²	mm ²	mm	mm			
337-AL1/44-ST1A	LA 380 GULL	337,3	43,7	381	8,46	25,4	1 274,6	107,18	0,0857

Tabla 6. Características del conductor LA-380.



5. TRANSFORMACIÓN.

En este apartado se muestran los distintos elementos que harán posible la transformación de la tensión desde 66 kV (AT) a 20 kV (MT): Transformadores, puesta a tierra del neutro y pararrayos MT.

5.1. TRANSFORMADORES DE POTENCIA.

En la elección de los transformadores se han tomado como referencia los criterios definidos en la norma EDE GST002.

Se montarán dos transformadores intemperie 66/20 kV de 63 MVA de potencia nominal en condiciones de circulación natural de aceite y aire (ONAN), que podría ser elevada a 100 MVA si se usa circulación forzada del aire de refrigeración.

El valor de la impedancia de cada transformador ha sido seleccionado de entre los normalizados de manera que cumpla que el máximo valor de cortocircuito en el lado de MT sea 16 kA.

En la salida de MT se instalará un pararrayos por cada fase directamente sobre el transformador (pararrayos Pfisterer).

Se montarán transformadores SIEMENS con cambiador de tomas $\pm 16\%$ y 9 pasos.

El neutro del primario se conectará rígidamente a tierra.

El neutro del secundario se conectará a tierra a través de resistencia de 42.7 Ω

Las dimensiones y pesos a tener en cuenta en el transporte y montaje se muestran en la siguiente tabla:

Rated power at ONAN [MVA]	ONAF [MVA]	No-load loss [kW]	Load loss at ONAN [kW]	ONAF [kW]	Impedance voltage of ONAN [%]	ONAF [%]
63	100	49	113	285	10.5	16.7

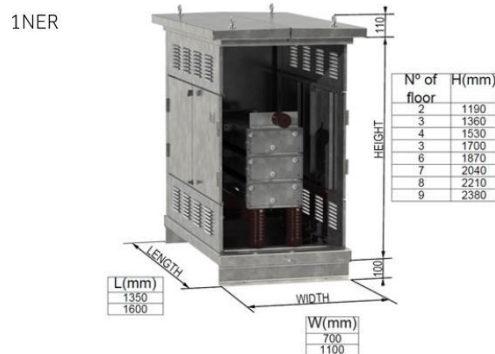
Rated power at ONAN [MVA]	ONAF [MVA]	Dimensions L x W x H [mm]	Total weight [kg]	Oil weight [kg]	Shipping dimensions L _s x W _s x H _s [mm]	Shipping weight incl. oil [kg]
63	100	7800 3250 6100	118000	25500	6800 2450 4000	109000

Tabla 7. Características de los transformadores de potencia. Fuente: Catálogo SIEMENS

5.2. PUESTA A TIERRA.

Para limitar la corriente de defecto a tierra, el lado de media tensión tendrá el neutro puesto a tierra a través de una resistencia de $42'3 \Omega$, limitando la corriente a 300 A. El neutro del lado de AT estará rígidamente a tierra.

Se eligen los módulos de resistencia a tierra de la marca Facsa con la referencia 1NERC-HV-2-700-1350-24-CG-42R



GENERAL DATA			
Dimension reference	1NER	2NER	3NER
Insulation voltage level (kV)	6 / 12 / 17.5 / 24 / 36		
Length (mm)	1350 / 1600		
Width (mm)	700 / 1100	1400 / 1900	2850
Height (mm) / No. Floors	1190 / 1360 / 1530 / 1700 / 1870 / 2040 / 2210 / 2380		
Standars reference	IEEE 32-1972.		
	EDF HN 64-S-50		
	IEC 60071-1		
	IEC 60529		
Cooling method.	Self cooling		
De-rating at altitude	According IEE Std 32		
Resistor tolerance	$\pm 10 \%$ as standard, other on request		
Resistor active part materials	AISI-304 / AISI-310 / Cr-Al / AISI-430		
Enclasure materials	Galvanized steel as standard, other on request		
Connections	Cable, bushings		
IP class	standard IP23, on request up to IP55		

Tabla 8. Características del módulo de puesta a tierra. Catálogo FACSA.

6. PARQUE 20 Kv.

El parque de media tensión consiste en el conjunto de aparamenta que recibe la potencia desde el secundario de los transformadores y a través y la saca a distribución a través de las celdas de línea. En conjunto con estas se encuentran celdas de servicios auxiliares para la subestación, de medida y de compensación de energía reactiva.

Las celdas de media tensión son todas de tipo blindado con aislamiento de SF6 y se encuentran alojadas en el edificio de control.



Se describen en este apartado los elementos que formarán parte del parque MT: Los cables aislados de potencia, las celdas de MT y las baterías de condensadores para compensar la energía reactiva que se montarán fuera del edificio de control.

6.1. TENSIONES NORMALIZADAS.

La ITC-RAT 04, en su apartado número 1, establece la categoría de las instalaciones de acuerdo con su tensión nominal de la siguiente forma:

- Categoría especial: Las instalaciones de tensión nominal igual o superior a 220 kV y las de tensión inferior que formen parte de la Red de Transporte de acuerdo con lo establecido en la Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico.
- Primera categoría: Las de tensión nominal inferior a 220 kV y superior a 66 kV.
- Segunda categoría: Las de tensión nominal igual o inferior a 66 kV y superior a 30 kV.
- Tercera categoría: Las de tensión nominal igual o inferior a 30 kV y superior a 1 kV.

Las instalaciones quedarán encuadradas de acuerdo con el mayor nivel de tensión de todas las que se encuentren en su parque, por lo que en las estimaciones para el cálculo se tendrá en cuenta que estamos trabajando sobre una instalación de segunda categoría.

La citada instrucción establece que las tensiones más elevadas de los materiales serán iguales o superiores a las indicadas en su Tabla 1.

TENSIÓN NOMINAL DE LA RED (U_n) kV	TENSIÓN MÁS ELEVADA DE LA RED (U_s) kV	TENSIÓN MÁS ELEVADA DEL MATERIAL (U_m) kV
3	3,6	3,6
6	7,2	7,2
10	12	12
15	17,5	17,5
20	24	24
25	30	36
30	36	36
45	52	52
66	72,5	72,5
110	123	123
132	145	145
220	245	245
400	420	420

Tabla 9. Niveles de tensión del parque MT.

Dado que el parque de MT tiene una tensión nominal de 20 kV queda establecida la tensión más elevada para el material y la red en 24 kV.



6.2. NIVEL DE AISLAMIENTO.

La instrucción técnica ITC-RAT 12 del Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión impone que el aislamiento de los equipos que se empleen en las instalaciones de A.T. a las que hace referencia, deberá adaptarse a los valores normalizados indicados en las normas UNE-EN 60071-1 y UNE-EN 60071-2 y establece tres grupos de niveles de aislamiento según la tensión más elevada para el material. Dichos grupos se establecen como:

- a) Grupo A. Tensión más elevada del material mayor de 1 kV y menor o igual de 36 kV.
- b) Grupo B. Tensión más elevada del material mayor de 36 kV y menor o igual de 245 kV.
- c) Grupo C. Tensión más elevada del material mayor de 245 kV.

El parque de 20 kV quedará encuadrado por tanto dentro del grupo A, para el que la citada instrucción, en su apartado 1.1 indica los niveles de aislamiento nominales asociados con los valores normalizados de la tensión más elevada, así como las distancias mínimas de aislamiento en aire, entre fases y entre cualquier fase y tierra, a través de su tabla 1:

TENSIÓN MÁS ELEVADA PARA EL MATERIAL (Um) (kV eficaces)	TENSIÓN SOPORTADA NOMINAL A FRECUENCIA INDUSTRIAL (kV eficaces)	TENSIÓN SOPORTADA NOMINAL A LOS IMPULSOS TIPO RAYO (kV cresta)		Distancia mínima de aislamiento en aire fase a tierra y entre fases (mm)			
		Lista 1	Lista 2	Lista 1		Lista 2	
				instalación en interior	instalación en exterior	instalación en interior	instalación en exterior
3,6	10	20		60	120		
			40			60	120
7,2	20	40		60	120		
			60			90	120
12	28	60		90	150		
			75			120	150
17,5	38	75		120	160		
			95			160	160
24	50	95		160	160		
			125			220	220
			145			270	270
36	70	145		270	270		
			170			320	320

Tabla 10. Niveles de aislamiento del parque MT.

Con esto, se adoptan los siguientes valores:

- Tensión soportada a frecuencia industrial: 50 kV
- Tensión soportada a impulsos tipo rayo: 95/125 kV
- Distancias mínimas en aire: 160/220 mm (Exterior)



6.3. CABLES DE POTENCIA.

La Guía del documento SRZ001, en su apartado 7.3.1.1 establece la sección de los conductores aislados del parque de MT y su forma de montaje.

La configuración elegida para los cables de potencia es dos ternas de 630 mm² Cu con montaje en canal tipo A, siendo preceptiva la aplicación de los correspondientes coeficientes de corrección para ternas instaladas al aire con circulación de aire restringida, indicados por la ITC-LAT 06 del Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión.



Ilustración 8. Canal tipo A. Fuente: Gilva.com

Se seleccionan los cables del catálogo de la marca Prysmian modelo Hersatene.

HERSATENE **HERSATENE**
Cu o AL/XLPE/CTS/PVC
3,6/6 [7,2] kV - 6/10 [12] kV - 8,7/15 [17,5] kV - 12/20 [24] kV - 18/30 [36] kV

NORMAS:
CONSTRUCCIÓN
NF C 33-220
CEI 60 502-2

REACCIÓN AL FUEGO
IEC 60332-1-2

Opcionalmente:

CONSTRUCCIÓN:

- 1. CONDUCTOR**
Cobre o aluminio, clase 2 según IEC 60228.
- 2. PANTALLA SOBRE CONDUCTOR**
Semiconductor extruido.
- 3. AISLAMIENTO**
Polietileno reticulado, tipo XLPE.
- 4. PANTALLA SOBRE AISLAMIENTO**
Semiconductor extruido.
- 5. PANTALLA METÁLICA**
Cinta(s) de cobre colocadas helicoidalmente.
- 6. CUBIERTA EXTERNA**
Cloruro de polivinilo (PVC).

Opcionalmente:
Haz con fiador para aplicaciones aéreas.
Armadura para aplicaciones subterráneas.

Ilustración 9. Cable Hersatene. Fuente: catálogo Prysmian



Para la instalación del cable en canales y cabinas habrán de tenerse en cuenta los radios mínimos de curvatura y la tracción máxima que se puede aplicar durante la manipulación, expresados en las tablas que proporciona el fabricante. Estos radios serán tenidos en cuenta en el tendido en canales tipo A y en las subidas a cabina.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS: COBRE 12/20 (24) kV

Sección (mm ²)	Diámetro sobre aislamiento (mm)	Diámetro exterior (mm)	Peso (kg/km)	Radio mínimo de curvatura después de la instalación (mm)	Radio mínimo de curvatura durante la instalación (mm)	Fuerza de tracción máxima (daN)
630	44,80	53,5	7,500	695,5	1.070	3.150

Tabla 11. Radios mínimos de curvatura del conductor. Catálogo Prysmian.

6.4. PARARRAYOS MT.

En la selección de los pararrayos a instalar en el secundario de transformador se han tenido en cuenta los siguientes valores, cuya obtención se puede consultar en el documento Cálculos justificativos.

- Tensión nominal (TOVc 10s): 21.2 kV
- Tensión de funcionamiento continuo: 14.5 kV
- Corriente nominal: 10 kA (Clase 2)
- Línea de fuga mínima: 744 mm

La instalación de los pararrayos MT se realizará directamente en las salidas de Media Tensión del transformador mediante conexión plug-in tipo Pfisterer.

Con estas condiciones se procede a la selección de las autoválvulas modelo ZSP de la marca INAEL.

Tensión Asignada (kV eficaces)	Tensión Continua Uc* (kV eficaces)	STT ⁽¹⁾		Equivalente al frente de onda ** (kV cresta)	Máxima sobretensión de maniobra *** (kV cresta)	Tensión residual máxima (kV cresta) Usando una onda de corriente 8/20 µseg					
		1 s (kV eficaces)	10 s (kV eficaces)			1.5 kA	3 kA	5 kA	10 kA	20 kA	40 kA
15	12.7	18.5	17.7	40.4	30.9	33.2	34.6	35.6	37.8	40.6	44.5
18	15.3	22.3	21.3	48.5	37.1	39.8	41.5	42.7	45.4	48.8	53.3
21	17.0	24.8	23.6	53.9	41.2	44.2	46.1	47.4	50.5	54.2	59.3
24	19.5	28.5	27.1	62.0	47.4	50.8	53.0	54.5	58.0	62.3	68.2
27	22.0	32.1	30.6	70.1	53.6	57.5	59.9	61.6	65.6	70.4	77.1
30	24.4	35.6	33.9	78.2	59.7	64.1	66.9	68.7	73.2	78.6	86.0
36	29.0	42.3	40.3	93.5	71.4	76.6	79.9	82.2	87.5	93.9	103.0

Tabla 12. Características pararrayos ZSP. Fuente: INAEL.



6.5. CELDAS BLINDADAS.

El parque de media tensión estará formado por celdas blindadas con simple barra y aislamiento de hexafluoruro de azufre, según la norma de Endesa SND014.

El embarrado de MT de la subestación, en todos sus tramos, es capaz de soportar la potencia nominal del transformador conectado a la misma.

Las barras tienen una tensión asignada de 24 kV, intensidad asignada de 2000 A e intensidad de cortocircuito asignada de 31.5 kA.

El parque de MT queda compuesto por las siguientes celdas, formando dos filas enfrentadas:

- 12 posiciones de línea.
- 2 posiciones de transformador.
- 2 posiciones de baterías de condensadores (BBCC).
- 2 posiciones de servicios auxiliares (SSAA).
- 1 posición de unión longitudinal compuesta por dos celdas (una por cada tramo de barras).
- 2 posiciones de medida.

Cada una de las celdas, estará formada por los siguientes componentes:

Celdas de línea.

- 1 Interruptor tripolar automático.
- 1 Seccionador tripolar de tres posiciones: conexión/desconexión a barra y puesta a tierra.
- 3 Transformadores de intensidad de fase toroidales con un secundario para protección.
- 1 Transformador de intensidad homopolar toroidal de relación apropiada para la protección de neutro sensible.
- 3 Detectores monofásicos de presencia de tensión con indicadores luminosos de estado sólido.

Celda de transformador.

- 1 Interruptor tripolar automático.
- 1 Seccionador tripolar de tres posiciones: conexión/desconexión a barra y puesta a tierra.
- 3 Transformadores de tensión, con un secundario de medida y protección y otro de protección.
- 3 Transformadores de intensidad de fase toroidales con tres secundarios: uno para medida y dos para protección.
- 3 Detectores monofásicos de presencia de tensión con indicadores luminosos estado sólido.

Celda de batería de condensadores.

- 1 Interruptor tripolar automático.
- 1 Seccionador tripolar de tres posiciones: conexión/desconexión a barra y puesta a tierra.
- 3 Transformadores de intensidad de fase toroidales para protección.
- 3 Detectores monofásicos de presencia de tensión con indicadores luminosos de estado sólido.



sólido.

Celda para transformador MT/BT de servicios auxiliares.

- 1 Interruptor seccionador de apertura en carga por fusión fusibles, y cierre manual.
- 3 Fusibles de MT.
- 3 Transformadores de tensión, con un secundario de medida y protección y otro de protección.
- 3 Detectores monofásicos de presencia de tensión con indicadores luminosos de estado sólido.

Acoplamiento longitudinal.

Celda física 1:

- 1 Seccionador tripolar de tres posiciones: conexión/desconexión a barra y puesta a tierra.
- 1 Interruptor tripolar automático.

Celda física 2:

- 1 Seccionador tripolar de tres posiciones: conexión/desconexión a barra y puesta a tierra.
- 3 Transformadores de tensión, con un secundario de medida y protección y otro de protección.

Celdas de medida.

- 3 transformadores de tensión, con un secundario de medida y otro de protección.

Una vez obtenidas las corrientes nominales de embarrado y líneas de salida, se procede a la elección del modelo de las celdas. La casa MESA con su modelo CBGS-0 ofrece configuraciones plenamente coincidentes con los estándares exigidos por EDE.

Tensión nominal		(kV)	24	36	27	38
Nivel de aislamiento	A frecuencia industrial, 50Hz	(kV rms)	50	70	60	80
	A onda de choque tipo rayo	(kV cresta)	125	170	125	170
Intensidad nominal	Embarrado	(A)	1250 / 1600 / 2000		1200 / 2000	
	Derivaciones	(A)	630 / 1250 / 1600 / 2000		600 / 1200 / 2000	
Intensidad nominal de corte		(kA)			25 / 31.5	
Capacidad de cierre en cortocircuito		(kA cresta)			65 / 82	
Intensidad nominal de corta duración		(kA-3 s)			Max 25 / 31.5	
Resistencia frente a arcos internos (opcional)	(AFL o AFLR)	(kA-1 s)			31.5	
Presión nominal relativa de gas SF6 a 20°C		(bar)			0.30	
Grado de protección	Compartimento de AT				IP65	
	Compartimento de BT				IP3X - IP41	

Estas celdas se entregan listas para su conexión, sin necesidad de manipulación de gases aislante durante funcionamiento normal y sin necesidad de mantenimiento en las partes de media tensión durante su vida útil, estimada en treinta años.

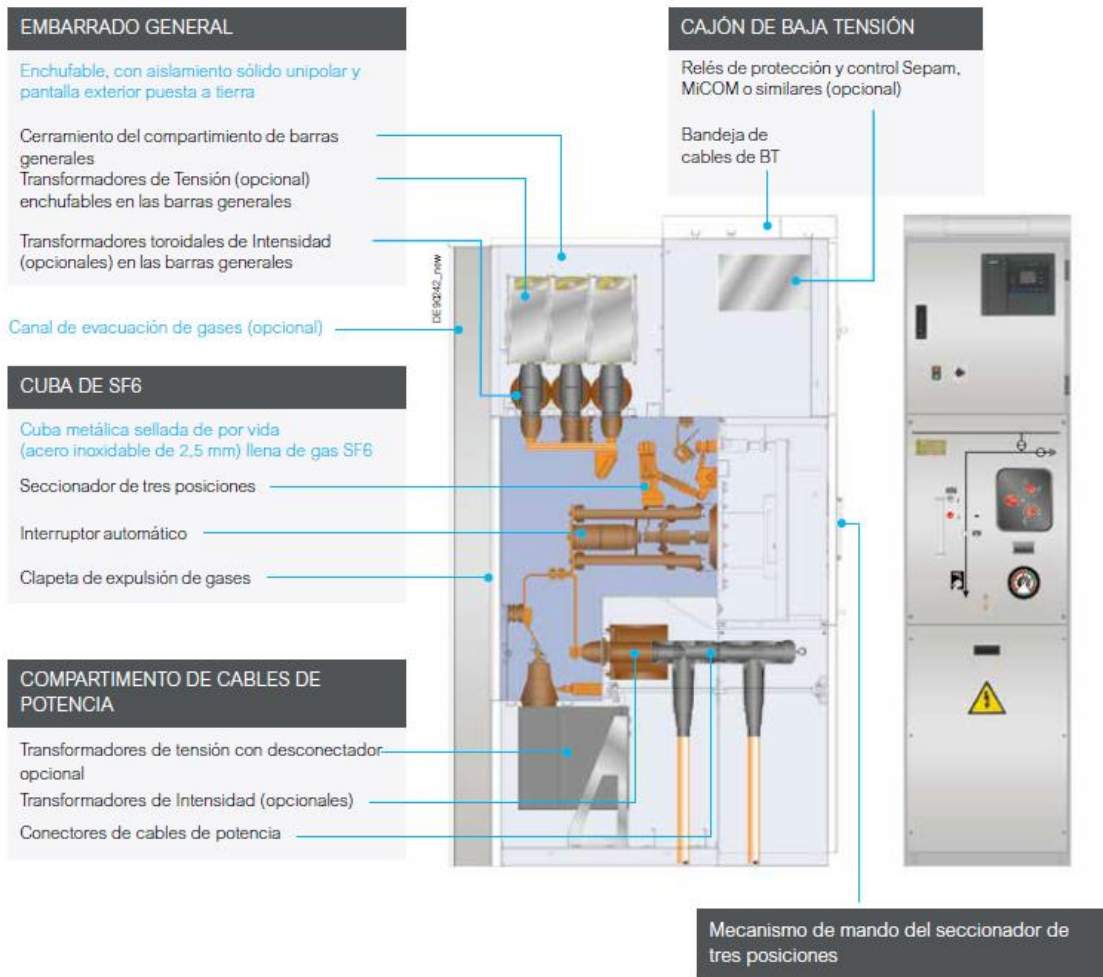


Ilustración 10. Esquema de celdas MESA. Catálogo MESA.

Vista frontal panel de mecanismos

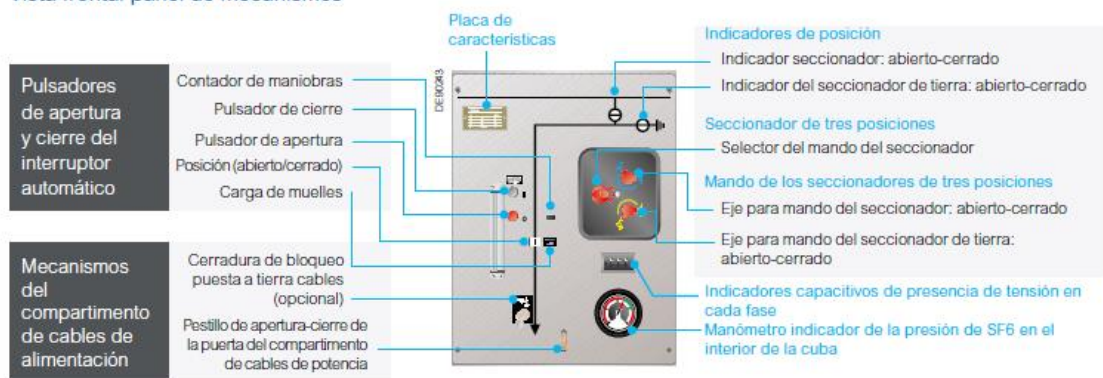


Ilustración 11. Panel de mando de las de las celdas MT. Catálogo MESA.

6.6. TRANSFORMADORES DE SSAA.

Se eligen dos transformadores TUMETIC 20/0'4 kV de SIEMENS, cuyas características y dimensiones se muestran en la siguiente tabla.

Rated power	Max. rated volt. HV side	Impe-dance voltage	Type		Combi-nation of losses acc. CENELEC	No-load losses	Load losses	Sound press. level 1 m tolerance + 3 dB	Sound power level	Total weight		Dimensions						Dist. between wheel centers
			TUNORMA	TUMETIC						TUNORMA	TUMETIC	Length A1	Width B1	Height H1	E			
S_n [kVA]	U_m [kV]	U_2 [%]	4JB...	4HB...		P_0 [W]	P_L 75* [W]	L_{PA} [dB]	L_{WA} [dB]	[kg]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]		
250	12	4	..5444-3LA	B-A'		650	4200	50	65	830	820	1300	1300	810	810	1450	1285	520
		4	..5444-3RA	A-C'		425	3250	40	55	940	920	1260	1260	670	820	1480	1415	520
		4	..5444-3TA	C-C'		425	2750	40	55	1050	1070	1220	1220	690	700	1530	1310	520
	24	4	..5467-3LA	B-A'		650	4200	49	65	920	900	1340	1340	800	760	1620	1450	520
		4	..5467-3RA	A-C'		425	3250	39	55	1010	1010	1140	1190	760	680	1675	1510	520
		4	..5467-3TA	C-C'		425	2750	40	55	1120	1140	1220	1340	715	710	1640	1475	520
	36	6	..5480-3CA	E-E'		650	4250	x	62	1100	x	1350	x	800	x	1680	x	520

6.7. EDIFICIO.

Las dimensiones y configuración del edificio que alberga el parque de MT son especificados en los apartados 7.2 y 8.3 de los documentos SYZH01 y SRZ001 de Endesa respectivamente. Tendrá dos salas contiguas, por un lado, la sala de MT cuya función principal es alojar las cabinas de media tensión, y la sala de mando y control.

La sala de mando y control tendrá unas dimensiones interiores de 8'2 x 7'6 m. En esta parte y anexa a la sala de MT se harán dos salas para ubicar los transformadores de SSAA, con sus correspondientes huecos para recogida de aceite.

La sala de MT tendrá unas dimensiones interiores de 9'3 x 7'6 m.

Las dimensiones exteriores del edificio serán 18 x 8 m.

Más detalles sobre el edificio se pueden obtener en el documento Memoria y en los correspondientes planos.

7. RED DE TIERRAS.

Se han diseñado, para la protección de personas e instalaciones, una red de tierras inferiores y apantallamiento superior contra el rayo, que cumplirá las siguientes funciones:

- Proteger al personal y a los equipos contra valores de potencial peligrosos.
- Proporcionar un camino a tierra para aquellas a las intensidades originadas por descargas atmosféricas, por acumulación de descargas estáticas o por defectos eléctrico.
- Referenciar el potencial del circuito respecto a tierra.
- Facilitar a los elementos de protección el despeje de falta a tierra.

7.1. RED DE TIERRA INFERIOR.

El sistema de puesta a tierra que se adopta es el de un electrodo de puesta a tierra en forma de conductores de cobre enterrados, dispuestos en forma de malla y unidos mediante soldadura exotérmica.

La red general de tierras estará constituida por conductor de cobre desnudo enterrado a una profundidad de 0.8 metros. La zanja por la que discurra el cable de tierra estará rellena con tierra vegetal procedente de la excavación o aportada para el relleno.

Las puestas a tierra de las estructuras metálicas, de la aparamenta y de los armados de las cimentaciones de los edificios se realizarán mediante conexiones del mismo material que la red de tierras.

El electrodo de puesta a tierra será una malla enterrada de cable de cobre de 95 mm². Los conductores en el terreno se tenderán formando una retícula de 4 x 4 metros, además en las retículas más al exterior se añadirá un conductor a dos metros del conductor más al exterior.

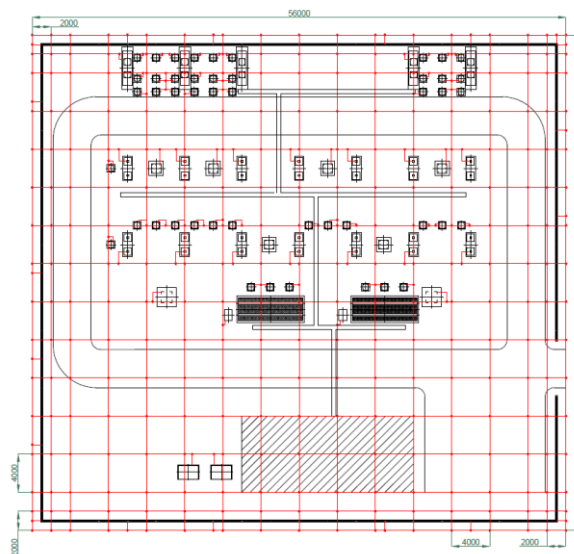


Ilustración 12. Forma de la malla de tierra.

Las líneas de tierra serán conductores de cobre desnudo de 95 mm² o pletina de cobre de 25x3 que conectarán los elementos que han de ponerse a tierra:

- Chasis y bastidores de los aparatos de maniobra.
- Envoltentes metálicas de armarios y módulos.
- Vallado perimetral y puerta cancela corredera.
- Soportes de conductores y aisladores.
- Armaduras de edificios.
- Tuberías y conducciones metálicas.

7.2. RED DE TIERRA SUPERIOR.

Como protección contra descargas atmosféricas directas sobre la subestación se utilizará un sistema de apantallamiento con cuatro puntas Franklin, que, instaladas en los lugares que se indican en los planos y con un radio de protección de 29 metros desde la punta del aparato, darán cobertura suficiente a las instalaciones dentro del vallado perimetral.

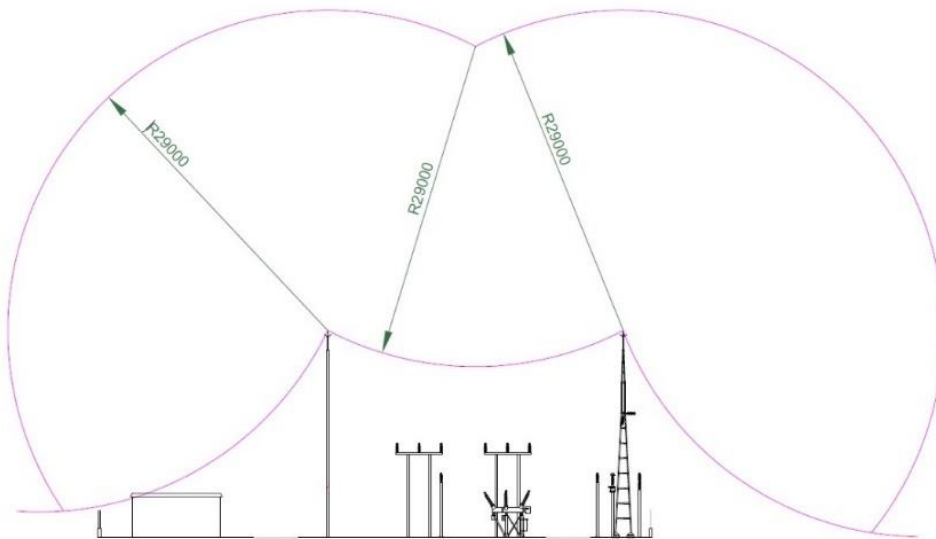


Ilustración 13. Protección con puntas Franklin.



8. SERVICIOS AUXILIARES.

Para el completo funcionamiento de la subestación, aparte de las instalaciones de potencia objeto de este proyecto, han de diseñarse instalaciones de servicios auxiliares, incluyendo eléctricas en baja tensión, comunicaciones, evacuación de aguas, etc.

8.1. SERVICIOS EN CORRIENTE ALTERNA.

Estos servicios incluyen:

- Alumbrado externo e interno.
- Tomas de fuerza.
- Climatización.
- Ventilación de los transformadores.
- Unidad de subestación y telecontrol.
- Rectificadores del sistema 125 Vcc.
- Calefacción de la aparamenta.
- Ventilación y bombas.
- Sistemas de extinción y contraincendios.

8.2. SERVICIOS EN CONRRIENTE CONTINUA.

Los servicios que habrán de ser alimentados a 125 o 48 Vcc. lo harán desde dos sistemas de rectificador-baterías independientes, cuyo reparto de cargas será:

Batería 1.

- Circuitos de control y del 1er sistema de protección.
- Circuitos del 3er sistema de protección (equipo multifunción de barras).
- Circuitos de control auxiliares.
- U.C.S. y sistema de telecontrol.
- Sistema de medida para facturación.

Batería 2.

- Circuitos del 2º sistema de protección.
- Circuitos del 4º sistema de protección (protecciones propias de transformador).
- Circuitos de energía para los motores de los accionamientos eléctricos de la aparamenta.

Para llevar a cabo la alimentación de estos de estos sistemas cada uno de los módulos tendrá una capacidad de 100 Ah. Deberán tener además capacidad de conversión de 125 Vcc a 48 Vcc para la alimentación de los sistemas de telecomunicaciones, siendo también este sistema redundante de forma que en caso de incidencia uno solo de los módulos pudiese encargarse de la alimentación de todos los SSAA de corriente continua.

Teniendo en cuenta todos estos valores y las posibilidades en cuanto a sistemas accesorios para control y comunicaciones en los mismos módulos rectificadores/cargadores de baterías, se eligen los módulos de Recticur, con rectificador modelo Argos, convertidor 125/48 Vcc y baterías Ni-Cd.



Ilustración 14. Armario Argos. Fuente: Catálogo Recticur.

9. SISTEMA DE PROTECCIÓN Y CONTROL.

Los equipos de protección y control se diferencian en dos niveles:

- Nivel de instalación: Se incluyen en este nivel una Unidad de Control de Subestaciones (UCS), el Terminal de Operación Local y el Terminal de Teleacceso, que cubren las necesidades de control centralizado y telecomunicaciones.
- Nivel de posición: Los equipos de este nivel, Unidades de Control de Posición (UCP), cubren las funciones de control, protección y medida en cada una de las posiciones de la subestación.

9.1. NIVEL DE INSTALACIÓN.

9.1.1. UNIDAD DE CONTROL DE SUBESTACIÓN.

La Unidad de Control de Subestación (UCS) cumple las siguientes funciones:

- Comunicación con las Unidades de Control de Posición (UCP).
- Configuración local y remota de la Base de Datos del SICP.
- Salvaguarda del Registro Histórico de señales y mandos de la instalación, para su consulta local o remota.



- Implementación de los Tratamientos de Campo y Tratamientos de Telecontrol.
- Comunicación con el Terminal de Operación Local.
- Comunicación con el Centro de Control (On-line y Backup) en protocolo IEC 60870-5 101/104 balanceado perfil Endesa.
- Comunicación con los sistemas de análisis de incidencias y monitorización.
- Sincronización horaria desde la Red de Comunicaciones y desde equipos locales (GPS).
- Sincronización horaria de todas las UCPs y del Terminal de Operación Local.

El equipo seleccionado es la SCU de la gama saTECH de Artech.

9.1.2. TERMINAL DE OPERACIÓN LOCAL.

Las funciones que ha de realizar el terminal de operación local son:

- Comunicación con el equipo UCS.
- Supervisión de la instalación: topología, alarmas, medidas a través de los diagramas mímicos dinámicos de la subestación.
- Mando local de los dispositivos de maniobra motorizados y del estado de los automatismos.
- Supervisión del sistema integrado: alarmas internas, estado de las comunicaciones con las UCPs, etc. a través de los diagramas mímicos.
- Presentación de alarmas presentes y funciones de reconocimiento de estas.
- Salvaguarda del Registro Histórico de señales recibido de la UCS en HD dedicado a registros.
- Generación del Registro Histórico de medidas y salvaguarda en HD dedicado a registros.

Todas estas funciones son realizadas por el BCU de la gama saTECH de Artech.

9.1.3. TERMINAL DE TELEACCESO.

Se necesita un gateway que haga de puente entre el sistema central de análisis de incidentes y telemantenimiento y las UCPs que están en los armarios de posición. Este equipo habrá de incorporar las aplicaciones y protocolos que permitan acceder y/o descargar desde el exterior, a través de la red de comunicaciones de EDE, oscilos, eventos, alarmas y ajustes de las protecciones de forma inmediata.

La unidad SCU seleccionada como UCS tiene incorporadas estas funciones.

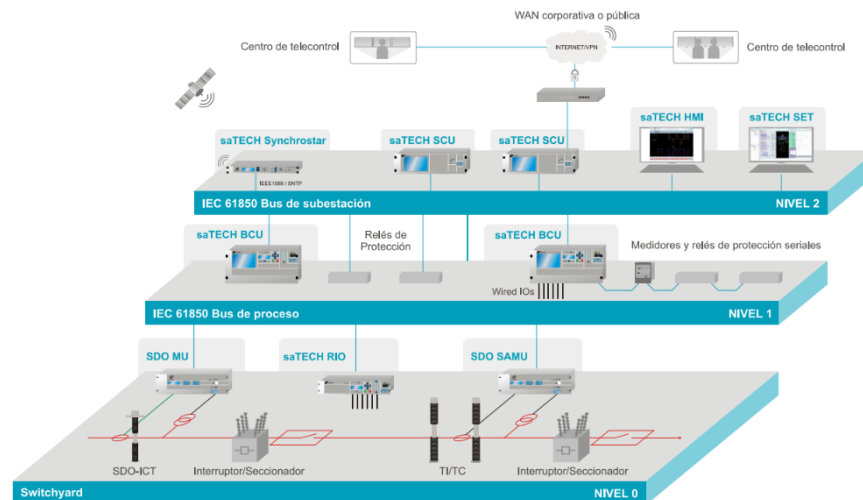


Ilustración 15. Plataforma saTECH de Arteche para control de subestaciones. Catálogo Arteche.

9.2. NIVEL DE POSICIÓN.

En este apartado se indican los equipos que realizarán, de forma local, las operaciones de mando, control, medida y protección en cada una de las posiciones de la subestación. Estas Unidades de Control de Posición, incluyen el tipo de relé de protección necesario en cada tipo de posición, pudiendo ser exclusivas de mando, control o protección, o bien estar integradas en una sola unidad, como equipo multifunción, y tendrán las siguientes capacidades:

- Comunicación con el equipo UCS. El número de puertos de comunicaciones que debe disponer, así como el tipo de medios físicos a emplear dependerán del tipo de UCP.
- Protocolo DNP3.0 o IEC60870-5-103 para comunicaciones entre UCP de protección y UCS.
- El protocolo empleado para las comunicaciones de teleacceso será IEC61850.
- Datado de eventos y alarmas con fecha y hora.
- Gestión de alarmas internas de la propia UCP.
- Estos equipos se montarán en los armarios de cada posición.
- Respecto a las características eléctricas, funcionales y cantidad tanto para las entradas y salidas digitales como de medida, así como las características constructivas, ambientales y de compatibilidad electromagnéticas, se tomará como referencia la norma indicada de EDE SNC006.

Las UCP seleccionadas son las saTECH BTU de Arteche.

9.2.1. POSICIONES AT.

La subestación se divide en tres tipos de posiciones y sus distintas partes:

- Posiciones AT: Circuitos y barras.
- Transformación: Transformadores.



- Posiciones MT: Circuitos, medida, acoplamiento, servicios auxiliares y batería de condensadores.

A continuación, se hace un resumen de los distintos relés que se usarán para cada posición. Su selección y el detalle de funciones que cumplen se pueden consultar en la justificación de la elección realizada en el documento Cálculos justificativos.

Líneas AT.

Para la protección de las líneas, habiendo de ser equipos de distinta marca se montarán los Multilin L90 de General Electric para protección primaria y los P3L30 de Schneider para las secundarias.

Embarrados y acoplamiento.

Las funciones de protección de los embarrados se dividen en dos grupos de funciones protectoras y se usarán, a ser posible, dos únicos relés multifunción.

Para la protección de barras se usará el MiCOM P746 de Schneider. Para la protección del interruptor se usará el MiCOM P841 de la misma marca.

Transformadores.

Las funciones protectoras se realizarán mediante dos relés multifunción, de diferente marca y modelo. Además de las funciones cubiertas por los relés multifunción, la UCP controla las señales de las protecciones propias de los transformadores, como son la temperatura, gases en el transformador, gases en el cambiador de tomas y circulación de aceite.

Para la protección primaria se elige el Multilin T60 de General Electric. para las protecciones secundarias el SEPAM S40 de Schneider.

9.2.3. POSICIONES MT.

Medida.

Para la protección de la medida se contará con dispositivos con la función código ANSI 59N, sobretensión homopolar a tiempo definido y con posibilidades de oscilografía.

Se elige el relé SEPAM serie 20 en configuración B21 de Schneider.

Acoplamiento.

Las funciones a incluir en la protección del acoplamiento de las barras de media tensión son la sobretensión homopolar a tiempo definido (59N), la vigilancia de circuitos de disparo (3) y oscilografía.



Se elige el relé SEPAM serie 20 en configuración B21 de Schneider.

Líneas MT.

Para estas funciones se elige el MiCOM P141 de Schneider.

Servicios auxiliares.

Para cubrir estas funciones se elige el MiCOM P141 de Schneider.



Ilustración 16. Schneider MiCOM P141. Catálogo Schneider.

Batería de condensadores.

Para estas funciones se elige el MiCOM P141 de Schneider.



10. ANILLOS DE DISTRIBUCIÓN EN MEDIA TENSIÓN.

Una vez descrita la subestación "Las Quemadas" se pasa en este capítulo a la descripción de los anillos de MT que distribuirán la potencia en ella transformada. Para el diseño y trazado de los anillos de distribución se toma como base el documento de EDE, DYZ10000 *Proyecto tipo de Líneas subterráneas de Media Tensión*.

10.1. NIVELES DE AISLAMIENTO.

La tensión nominal de las líneas de los anillos es de 20 kV, por lo tanto, se encuentran dentro de la tercera categoría lo que implica unos niveles de tensiones y aislamiento:

- Tensión nominal: 20 kV
- Tensión nominal de cables y accesorios: 12/20 kV
- Tensión más elevada: 24 kV
- Tensión máxima soportada a frecuencia industrial: 50 kV
- Tensión soportada tipo rayo: 125 kV

10.2. CABLE DE POTENCIA.

Los cables a utilizar en las redes subterráneas de media tensión objeto del presente proyecto tipo serán cables subterráneos unipolares de aluminio, con aislamiento seco termoestable (polietileno reticulado XLPE), con pantalla semiconductor sobre conductor y sobre aislamiento y con pantalla metálica de aluminio.

La sección en todos los anillos estará compuesta por una terna de cables unipolares de 630 mm² Al. Las secciones recomendadas por Endesa llegan a un máximo de 400 mm² y sólo se permiten secciones superiores en casos debidamente justificados. Hay unas exigencias en cuanto a configuración de subestaciones. Esto, junto con las condiciones climatológicas de Córdoba y la acumulación de circuitos en los tramos más cercanos a la salida de la subestación hacen recomendable el uso de la sección elegida.

10.3. TERMINACIONES Y EMPALMES.

Todas las terminaciones en los centros de transformación y en la subestación serán de conectores separables, al no haber en ningún punto conexiones al aire y encontrarse siempre en celdas con aislamiento en SF₆.

Los empalmes generalmente serán contráctiles en frío. En caso de no poder utilizarse en algún punto habrá de llegarse a una solución en acuerdo con Endesa.



10.4. TRAZADO Y CANALIZACIONES.

Las canalizaciones, salvo casos de fuerza mayor, se ejecutarán por terrenos de dominio público, bajo las aceras o calzadas, preferentemente bajo las primeras y se evitarán ángulos pronunciados. El trazado será lo más rectilíneo posible, paralelo en toda su longitud a bordillos o fachadas de los edificios principales.

Solamente en casos excepcionales se realizará la instalación en zonas de propiedad privada y será con servidumbre garantizada. Esto implica que, además de las condiciones de carácter general, se gestionarán y obtendrán, en cada caso, las condiciones especiales, técnicas y jurídicas, que garanticen el acceso permanente a las instalaciones para su explotación y mantenimiento, así como para atender el suministro de futuros clientes.

Al marcar el trazado de las zanjas, se tendrán en cuenta los radios de curvatura mínimos, fijados por los fabricantes.

En la etapa de proyecto, se deberá consultar con las empresas de servicio público y con los posibles propietarios de servicios para conocer la posición de sus instalaciones en la zona afectada. Una vez conocida, antes de proceder a la apertura de las zanjas, se abrirán catas de reconocimiento para confirmar o rectificar el trazado previsto en el proyecto.

Las líneas se enterrarán bajo tubo de 200 mm de diámetro exterior, a una profundidad mínima de 70 cm en aceras y tierra y 90 cm en calzadas, medidos desde la parte superior del tubo al pavimento. Poseerán una resistencia suficiente a las solicitaciones a las que se han de someter durante su instalación tomando como referencia la norma informativa CNL002 Tubos Polietileno (Libres de halógenos) para canalizaciones subterráneas.

El diámetro interior del tubo no será inferior a 1,5 veces el diámetro aparente del haz de conductores.

Cuando existan impedimentos que no permitan conseguir las anteriores profundidades, éstas podrán reducirse si se añaden protecciones mecánicas suficientes, tal y como se especifica en la ITC-LAT-06.

Se deberá prever siempre, al menos, un tubo de reserva en cada zanja. Este tubo quedará a disposición de las necesidades de distribución hasta su agotamiento.

Deberán disponerse las arquetas suficientes que faciliten la realización de los trabajos de tendido pudiendo ser arquetas ciegas o con tapas practicables. También podrán realizarse catas abiertas para facilitar los trabajos de tendido.

Las canalizaciones podrán llevar tetratubos de control ubicados encima de los tubos eléctricos. Esta canalización, tendrá continuidad en todo su recorrido, al objeto de facilitar el tendido de los cables de control, incluido en las arquetas y calas de tiro si las hubiera. Las derivaciones de cable de fibra óptica se realizarán en arquetas independientes a las de la red eléctrica.

10.5. ARQUETAS.

Las arquetas prefabricadas tomarán como referencia la norma informativa NNH001 Arquetas Prefabricadas para Canalizaciones Subterráneas. El montaje de las arquetas de material plástico se realizará tomando como referencia el documento informativo NMH00100 Guía de Montaje e Instalación de Arquetas Prefabricadas de Poliéster, Polietileno o Polipropileno para Canalizaciones Subterráneas.

Se pueden construir de ladrillo, sin fondo para favorecer la filtración de agua, siendo sus dimensiones las indicadas en los planos.

En la arqueta, los tubos quedarán como mínimo a 25 cm por encima del fondo para permitir la colocación de rodillos en las operaciones de tendido. Una vez tendido el cable, los tubos se sellarán con material expansible, yeso o mortero ignífugo de forma que el cable quede situado en la parte superior del tubo. La situación de los tubos en la arqueta será la que permita el máximo radio de curvatura.

Las arquetas ciegas se rellenarán con arena. Por encima de la capa de arena se rellenará con tierra cribada compactada hasta la altura que se precise en función del acabado superficial que le corresponda.

10.6. CRUZAMIENTOS, PROXIMIDADES Y PARALELISMOS.

Las condiciones y distancias a aplicar en caso de cercanía con otros servicios y con las vías urbanas quedan recogidas en el apartado 5 de la ITC-LAT 06 del MIE RAT - *Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión.*

10.7. PUESTA A TIERRA.

Se realizará una puesta a tierra en cada extremo de los cables uniendo las pantallas rígidamente a tierra (Solid Bonding)

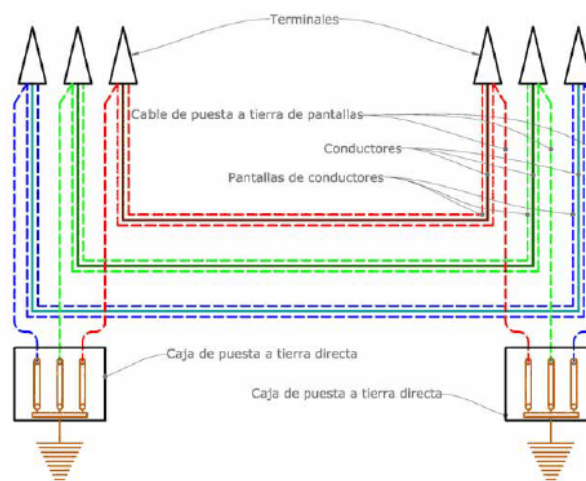


Ilustración 17. Solid Bonding. Fuente: imseingenieria.blogspot.com



10.8. RECORRIDOS.

La propuesta inicial de recorrido de cada uno de los anillos y la posición de los centros de transformación puede verse en detalle en el plano correspondiente del documento planos.

La longitud de cada uno de los tramos de los anillos se da en la siguiente tabla:

LONGITUD DE TRAMOS (m)								
ANILLO	SE - CT 1	CT 1 - CT 2	CT 2 - CT 3	CT 3 - CT 4	CT 4 - CT 5	CT 5 - CT 6	CT 6 - CT 7	CT 7 - SE
1	239	609	273	542	173	214	184	633
2	100	432	253	249	12	172	259	259
3	130	472	538	304	493	326	259	595
4	747	412	505	594	379	315	300	1183
5	1067	277	234	377	184	634	818	1314
6	1325	221	389	769	372	670	1581	0

Tabla 13. Longitudes de los tramos de los anillos MT

Debido a los coeficientes de corrección para la intensidad admisible han aumentado la sección hasta los 630 mm² Al, no se dará una caída de tensión mayor al 1% en ninguno de los anillos en el caso más desfavorable. En condiciones normales la caída de tensión hasta el punto de mínima tensión es despreciable (Inferior al 0'5%).

De forma general se instalará una arqueta cada cuarenta (40) metros de recorrido y en los cambios de dirección, pudiéndose ampliar esta distancia en tramos de fácil tendido, donde se pueden hacer catas abiertas.

11. CENTROS DE TRANSFORMACIÓN DE COMPAÑÍA.

Se describen en este apartado las características generales comunes a todos los centros de compañía, teniendo en cuenta su elevado número y que su única diferencia son las coordenadas de ubicación.

11.1 GENERALIDADES.

Características de los transformadores:

- Potencia Unitaria de cada Transformador: 1.000 kA
- Refrigeración: Aceite
- Volumen de dieléctrico: 550 litros.
- Potencia total del CT: 2.000 kVA
- Volumen total de dieléctrico: 1.100 litros.



El centro de transformación completamente terminado tiene un presupuesto total de:

- Presupuesto total: 107.779,12 €

Los Centros de Transformación tipo compañía, objeto de este proyecto tienen la misión de suministrar energía, sin necesidad de medición de la misma.

La energía será suministrada por e-distribución Andalucía a la tensión trifásica de 20 kV y frecuencia de 50 Hz, realizándose la acometida por medio de cables subterráneos.

Los tipos generales de equipos de Media Tensión empleados en este proyecto son:

- cgmcosmos: Equipo compacto de 3 funciones, con aislamiento y corte en gas, opcionalmente extensibles "in situ" a derecha e izquierda, sin necesidad de reponer gas.
- cgmcosmos: Celdas modulares de aislamiento y corte en gas, extensibles "in situ" a derecha e izquierda, sin necesidad de reponer gas.

11.2. EDIFICIO DE TRANSFORMACIÓN pfu.5/20.

Los edificios pfu para Centros de Transformación, de superficie y maniobra interior (tipo caseta), constan de una envolvente de hormigón, de estructura monobloque, en cuyo interior se incorporan todos los componentes eléctricos, desde la apartamenta de MT, hasta los cuadros de BT, incluyendo los transformadores, dispositivos de control e interconexiones entre los diversos elementos.

Estos edificios son realizados íntegramente en fábrica, garantizando con ello una calidad uniforme y reduciendo considerablemente los trabajos de obra civil y montaje en el punto de instalación. Además, su cuidado diseño permite su instalación tanto en zonas de carácter industrial como en entornos urbanos.

Envolvente.

La envolvente es de hormigón armado vibrado. Se compone de dos partes: una que aglutina el fondo y las paredes, que incorpora las puertas y rejillas de ventilación natural, y otra que constituye el techo.

Las piezas construidas en hormigón ofrecen una resistencia característica de 300 kg/cm². Además, disponen de una armadura metálica, que permite la interconexión entre sí y al colector de tierras. Esta unión se realiza mediante latiguillos de cobre, dando lugar a una superficie equipotencial que envuelve completamente al centro. Las puertas y rejillas están aisladas eléctricamente, presentando una resistencia de 10 kOhm respecto de la tierra de la envolvente.

Las cubiertas están formadas por piezas de hormigón con inserciones en la parte superior para su manipulación.

En la parte inferior de las paredes frontal y posterior se sitúan los orificios de paso para los cables de MT y BT. Estos orificios están semiperforados, realizándose en obra la apertura de los que sean



necesarios para cada aplicación. De igual forma, dispone de unos orificios semiperforados practicables para las salidas a las tierras exteriores.

El espacio para el transformador, diseñado para alojar el volumen de líquido refrigerante de un eventual derrame, dispone de dos perfiles en forma de "U", que se pueden deslizar en función de la distancia entre las ruedas del transformador.

Placa piso.

Sobre la placa base y a una altura de unos 400 mm se sitúa la placa piso, que se sustenta en una serie de apoyos sobre la placa base y en el interior de las paredes, permitiendo el paso de cables de MT y BT a los que se accede a través de unas troneras cubiertas con losetas.

Accesos.

En la pared frontal se sitúan las puertas de acceso de peatones, las puertas del transformador (ambas con apertura de 180º) y las rejillas de ventilación. Todos estos materiales están fabricados en chapa de acero.

Las puertas de acceso disponen de un sistema de cierre con objeto de garantizar la seguridad de funcionamiento para evitar aperturas intempestivas de las mismas del Centro de Transformación. Para ello se utiliza una cerradura de diseño ORMAZABAL que anclan las puertas en dos puntos, uno en la parte superior y otro en la parte inferior.

Ventilación.

Las rejillas de ventilación natural están formadas por lamias en forma de "V" invertida, diseñadas para formar un laberinto que evita la entrada de agua de lluvia en el Centro de Transformación y se complementa cada rejilla interiormente con una malla mosquitera.

Cimentación.

Para la ubicación de los edificios PFU para Centros de Transformación es necesaria una excavación, cuyas dimensiones variarán en función de la solución adoptada para la red de tierras, sobre cuyo fondo se extiende una capa de arena compactada y nivelada de 100 mm de espesor.

Dimensiones exteriores.

- Longitud: 6080 mm
- Fondo: 2380 mm
- Altura: 3045 mm
- Altura vista: 2585 mm
- Peso: 17460 kg



Dimensiones interiores.

- Longitud: 5900 mm
- Fondo: 2200 mm
- Altura: 2355 mm

Dimensiones de la excavación.

- Longitud: 6880 mm
- Fondo: 3180 mm
- Profundidad: 560 mm

Nota: Estas dimensiones son aproximadas en función de la solución adoptada para el anillo de tierras.

11.3. INSTALACIÓN ELÉCTRICA.

11.3.1. CARACTERÍSTICAS DE LA RED DE ALIMENTACIÓN.

La red de la cual se alimenta el Centro de Transformación es del tipo subterráneo, con una tensión de 20 kV, nivel de aislamiento según la MIE-RAT 12, y una frecuencia de 50 Hz.

La potencia de cortocircuito en el punto de acometida, según los datos suministrados por la compañía eléctrica, es de 500 MVA, lo que equivale a una corriente de cortocircuito de 14,434 kA eficaces.

11.3.2. CARACTERÍSTICAS DE LA APARAMENTA DE MEDIA TENSIÓN.

11.3.2.1. CELDAS CGSCOSMOS.

Sistema de celdas de Media Tensión modulares bajo envolvente metálica de aislamiento integral en gas SF6 de acuerdo con la normativa UNE-EN 62271-200 para instalación interior, clase -5 °C según IEC 62271-1, hasta una altitud de 2000 m sobre el nivel del mar sin mantenimiento con las siguientes características generales estándar:

Construcción.

Cuba de acero inoxidable de sistema de presión sellado, según IEC 62271-1, conteniendo los elementos del circuito principal sin necesidad de reposición de gas durante 30 años.

3 Divisores capacitivos de 24 kV.

Bridas de sujeción de cables de Media Tensión diseñadas para sujeción de cables unipolares de hasta 630 mm² y para soportar los esfuerzos electrodinámicos en caso de cortocircuito.



Alta resistencia a la corrosión, soportando 150 h de niebla salina en el mecanismo de maniobra según norma ISO 7253.

Seguridad.

Enclavamientos propios que no permiten acceder al compartimento de cables hasta haber conectado la puesta de tierra, ni maniobrar el equipo con la tapa del compartimento de cables retirada. Del mismo modo, el interruptor y el seccionador de puesta a tierra no pueden estar conectados simultáneamente.

Enclavamientos por candado independientes para los ejes de maniobra del interruptor y de seccionador de puesta a tierra, no pudiéndose retirar la tapa del compartimento de mecanismo de maniobras con los candados colocados.

Posibilidad de instalación de enclavamientos por cerradura independientes en los ejes de interruptor y de seccionador de puesta a tierra.

Inundabilidad: equipo preparado para mantener servicio en el bucle de Media Tensión en caso de una eventual inundación de la instalación soportando ensayo de 3 m de columna de agua durante 24 h.

Grados de Protección.

- Celda / Mecanismos de Maniobra: IP 2XD según EN 60529
- Cuba: IP X7 según EN 60529
- Protección a impactos en:
 - cubiertas metálicas: IK 08 según EN 5010
 - cuba: IK 09 según EN 5010

Características eléctricas.

Las características generales de las celdas cgmcosmos son las siguientes:

- Tensión nominal: 24 kV
- Nivel de aislamiento:
Frecuencia industrial (1 min)
 - a tierra y entre fases 50 kV
 - a la distancia de seccionamiento 60 kV
- Impulso tipo rayo
 - a tierra y entre fases 125 kV
 - a la distancia de seccionamiento 145 kV



11.3.2.2. CELDAS E/S1,E/S2,PT1: CGM COSMOS-2LP

Celda compacta con envolvente metálica, fabricada por ORMAZABAL, formada por varias posiciones con las siguientes características:

La celda cgmcosmos-2lp está constituida por tres funciones: dos de línea o interruptor en carga y una de protección con fusibles, que comparten la cuba de gas y el embarrado.

Las posiciones de línea incorporan en su interior una derivación con un interruptor-seccionador rotativo, con capacidad de corte y aislamiento, y posición de puesta a tierra de los cables de acometida inferior-frontal mediante bornas enchufables. Presenta también captadores capacitivos para la detección de tensión en los cables de acometida y un sistema de alarma sonora de puesta a tierra, que suena cuando habiendo tensión en la línea se introduce la palanca en el eje del seccionador de puesta a tierra. Al introducir la palanca en esta posición, un sonido indica que puede realizarse un cortocircuito o un cero en la red si se efectúa la maniobra.

La posición de protección con fusibles incorpora en su interior un embarrado superior de cobre, y una derivación con un interruptor-seccionador igual al antes descrito, y en serie con él, un conjunto de fusibles fríos, combinados con ese interruptor. Presenta también captadores capacitivos para la detección de tensión en los cables de acometida y puede llevar un sistema de alarma sonora de puesta a tierra, que suena cuando habiendo tensión en la línea se introduce la palanca en el eje del seccionador de puesta a tierra. Al introducir la palanca en esta posición, un sonido indica que puede realizarse un cortocircuito o un cero en la red si se efectúa la maniobra.

Características eléctricas.

- Tensión asignada: 24 kV
- Intensidad asignada en el embarrado: 630 A
- Intensidad asignada en las entradas/salidas: 630 A
- Intensidad asignada en la derivación: 200 A
- Intensidad de corta duración (1 s), eficaz: 16 kA
- Intensidad de corta duración (1 s), cresta: 40 kA
- Nivel de aislamiento
Frecuencia industrial (1 min)
a tierra y entre fases: 50 kV
- Impulso tipo rayo
a tierra y entre fases (cresta): 125 kV
- Capacidad de cierre (cresta): 40 kA
- Capacidad de corte
Corriente principalmente activa: 630 A
- Clasificación IAC: AFL

Características físicas.

- Ancho: 1190 mm
- Fondo: 735 mm



- Alto: 1300 mm
- Peso: 290 kg

11.3.2.3. CELDA PROTECCIÓN TRANSFORMADOR 2: CGMCOSMOS-P

La celda cgmcosmos-p de protección con fusibles, está constituida por un módulo metálico con aislamiento y corte en gas, que incorpora en su interior un embarrado superior de cobre, y una derivación con un interruptor-seccionador rotativo, con capacidad de corte y aislamiento, y posición de puesta a tierra de los cables de acometida inferior-frontal mediante bornas enchufables, y en serie con él, un conjunto de fusibles fríos, combinados o asociados a ese interruptor. Presenta también captadores capacitivos para la detección de tensión en los cables de acometida y puede llevar una de alarma sonora de prevención de puesta a tierra ekors.as, que suena cuando habiendo tensión en la línea se introduce la palanca en el eje del seccionador de puesta a tierra. Al introducir la palanca en esta posición, un sonido indica que puede realizarse un cortocircuito o un cero en la red si se efectúa la maniobra.

Características eléctricas.

- Tensión asignada: 24 kV
- Intensidad asignada en el embarrado: 630 A
- Intensidad asignada en la derivación: 200 A
- Intensidad fusibles: 3x50 A
- Intensidad de corta duración (1 s), eficaz: 16 kA
- Intensidad de corta duración (1 s), cresta: 40 kA
- Nivel de aislamiento
Frecuencia industrial (1 min)
a tierra y entre fases: 50 kV
- Impulso tipo rayo
a tierra y entre fases (cresta): 125 kV
- Capacidad de cierre (cresta): 40 kA
- Capacidad de corte
Corriente principalmente activa: 630 A
- Clasificación IAC: AFL

Características físicas.

- Ancho: 470 mm
- Fondo: 735 mm
- Alto: 1300 mm
- Peso: 140 kg



11.3.2.4. TRANSFORMADORES.

Transformador trifásico reductor de tensión, construido según las normas citadas anteriormente, de marca ORMAZABAL, con neutro accesible en el secundario, de potencia 1000 kVA y refrigeración natural aceite, de tensión primaria 20 kV y tensión secundaria 420 V en vacío (B2).

Otras características constructivas.

- Regulación en el primario: +/- 2,5%, +/- 5%, + 10%
- Tensión de cortocircuito (Ecc): 6%
- Grupo de conexión: Dyn11
- Protección incorporada al transformador: Termómetro

11.3.2.5. CUADROS DE BAJA TENSIÓN.

El Cuadro de Baja Tensión (CBT), addibo.urban de ORMAZABAL, es un cuadro de distribución avanzado en baja tensión cuya función es recibir el circuito principal de BT procedente del transformador MT/BT y distribuirlo en un número determinado en circuitos individuales.

Este modelo de cuadro cuenta con embarrado aislado, seccionamiento y conexión para grupo electrógeno, además de estar preparado para la medida de los parámetros eléctricos, tanto en la salida del transformador como en las salidas y fases del CBT, permitiendo la supervisión y control de BT. Esto, ayuda a tener una visión clara del estado de la red de BT que permita la gestión de activos:

- Detección y predicción de problemas de forma rápida.
- Control de flujo de la energía, curva de carga y tensión.
- Mejora de la eficiencia de la red de baja.

Zona de acometida, medida y de equipos auxiliares.

La acometida está compuesta por 4 barras verticales que tendrán como misión la conexión eléctrica entre los cables procedentes del transformador. Estas alimentan el seccionador de cabecera de cuatro polos (3P-N) y una intensidad asignada de 1600 A. El cuadro capta la medida de las tres intensidades de las fases de cabecera además de la de fuga.

La distribución se realiza mediante 4 barras horizontales o repartidoras, que tienen como misión el paso de la energía procedente de acometida para ser distribuida entre las diferentes salidas.

La unidad de acometida presenta un punto donde medir intensidades de corriente, aguas debajo de la función de seccionamiento.



Zona de salidas.

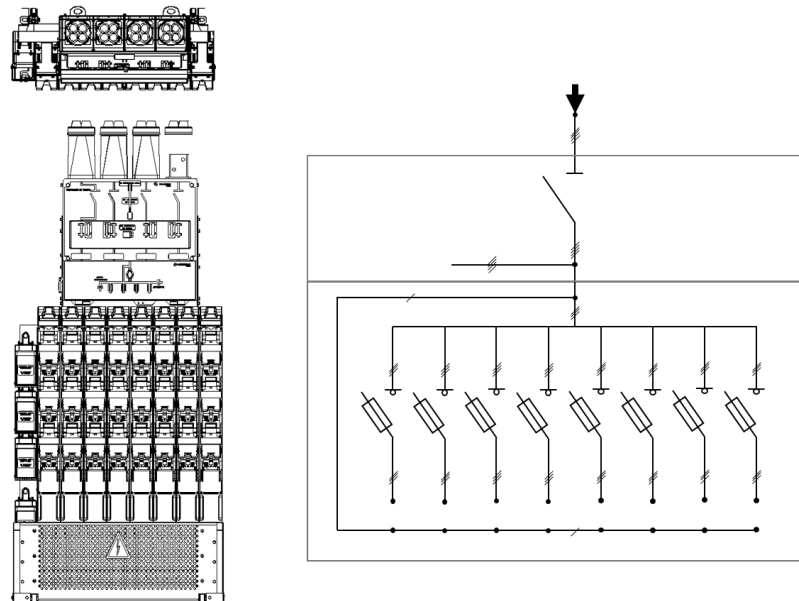
Está formada por un compartimento que aloja exclusivamente el embarrado y los elementos de protección de cada circuito de salida. Esta protección se encomienda a fusibles de la intensidad máxima más adelante citada, dispuestos en bases trifásicas pero maniobradas fase-fase, pudiéndose realizar las maniobras de apertura y cierre en carga.

El cuadro está preparado para incorporar los conjuntos de captación para la supervisión avanzada de cada una de las líneas de salida del cuadro de baja tensión.

Características eléctricas.

- Tensión asignada en los embarrados: 440 V
- Intensidad asignada en los embarrados: 1600 A
- Nivel de aislamiento:
 - Frecuencia industrial (1 min) a tierra: 10 kV
 - y entre fases: 2,5 kV
- Impulso tipo rayo a tierra y entre fases: 20 kV

Esquema.





11.3.2.6. UNIDADES DE PROTECCIÓN Y CONTROL.

Unidad de Control: RGDAT.

Equipo detector de paso de falta, instalado en celdas GSM001, con las siguientes características:

- Funciones de protección:
 - Sobreintensidad de fase
 - Sobreintensidad direccional de tierra
 - Presencia de tensión
- 2 Transformadores de intensidad de fase
- 1 Transformador de intensidad homopolar
- 1 Manguera de interconexión con la UP

Unidad de Telecontrol: CM-UP.

Armario sobrecelda tipo CM-UP (Ceiling-mounted indoor cabinet container) según norma GTRS001, conteniendo en su interior, debidamente montados y conexionados, los siguientes aparatos y materiales:

Cargador-batería con las siguientes características técnicas:

- Tensión de alimentación: 230Vca monofásica
- Frecuencia: 50 Hz
- Tensión nominal de salida: 24Vcc
- Intensidad de salida: 5 A
- Capacidad nominal: 25 Ah
- Batería de Pb vida mínima de 10 años

Unidad Remota de Telemando; RTU tipo UE8 para el control de las celdas y conexión con el Puesto de control.

Cajón de comunicaciones con bandeja extraíble, para la instalación de los elementos de comunicaciones

Las celdas incorporarán los siguientes equipos:

Celdas de línea(norma GSM001):

- Soporte para detector de paso de falta RGDAT
- Enchufe para conexión del RGDAT, compatible con indicador de presencia de voltaje ekor.ivds
- Control de circuito auxiliar, con botones de apertura y cierre.
-

Posición de fusibles norma GSM001:

- Cable de conexión con la UP, para la señalización de Cerrado.



11.3.2.7. PUESTA A TIERRA.

Tierra de protección.

Todas las partes metálicas no unidas a los circuitos principales de todos los aparatos y equipos instalados en el Centro de Transformación se unen a la tierra de protección: envolventes de las celdas y cuadros de BT, rejillas de protección, carcasa de los transformadores, etc. , así como la armadura del edificio (si éste es prefabricado). No se unirán, por contra, las rejillas y puertas metálicas del centro, si son accesibles desde el exterior.

Tierra de servicio.

Con objeto de evitar tensiones peligrosas en BT, debido a faltas en la red de MT, el neutro del sistema de BT se conecta a una toma de tierra independiente del sistema de MT, de tal forma que no exista influencia en la red general de tierra, para lo cual se emplea un cable de cobre aislado.

13.3.2.8. MEDIDAS DE SEGURIDAD.

1- No será posible acceder a las zonas normalmente en tensión, si éstas no han sido puestas a tierra. Por ello, el sistema de enclavamientos interno de las celdas debe afectar al mando del aparato principal, del seccionador de puesta a tierra y a las tapas de acceso a los cables.

2- Las celdas de entrada y salida serán con aislamiento integral y corte en gas, y las conexiones entre sus embarrados deberán ser apantalladas, consiguiendo con ello la insensibilidad a los agentes externos, y evitando de esta forma la pérdida del suministro en los Centros de Transformación interconectados con éste, incluso en el eventual caso de inundación del Centro de Transformación.

3- Las bornas de conexión de cables y fusibles serán fácilmente accesibles a los operarios de forma que, en las operaciones de mantenimiento, la posición de trabajo normal no carezca de visibilidad sobre estas zonas.

4- Los mandos de la aparatación estarán situados frente al operario en el momento de realizar la operación, y el diseño de la aparatación protegerá al operario de la salida de gases en caso de un eventual arco interno.

13.3.2.9. LIMITACIÓN DE CAMPOS MAGNÉTICOS.

De acuerdo con el apartado 4.7 de la ITC-RAT 14 del RD 337/2014, se debe comprobar que no se supera el valor establecido en el Real Decreto 1066/2001, de 28 de septiembre.

Mediante ensayo tipo se comprueba que los centros de transformación de Ormazabal especificados en este proyecto no superan los siguientes valores del campo magnético a 200 mm del exterior del centro de transformación, según el Real Decreto 1066/2001:

- Inferior a 100 μ T para el público en general



- Inferior a 500 μ T para los trabajadores (medido a 200 mm de la zona de operación)

Dicho ensayo tipo se realiza de acuerdo con el Technical Report IEC/TR 62271-208, indicado en la norma de obligado cumplimiento UNE-EN 62271-202 como método válido de ensayo para la evaluación de campos electromagnéticos en centros de transformación prefabricados de alta/baja tensión.

En el caso específico en el que los centros de transformación se encuentren ubicados en edificios habitables o anexos a los mismos, se observarán las siguientes condiciones de diseño:

- Las entradas y salidas al centro de transformación de la red de alta tensión se efectuarán por el suelo y adoptarán una disposición en triángulo y formando ternas.
- La red de baja tensión se diseñará igualmente con el criterio anterior.
- Se procurará que las interconexiones sean lo más cortas posibles y se diseñarán evitando paredes y techos colindantes con viviendas.
- No se ubicarán cuadros de baja tensión sobre paredes medianeras con locales habitables y se procurará que el lado de conexión de baja tensión del transformador quede lo más alejado de estos locales.

El estudiante:

Jose Antonio Hidalgo Rodríguez.



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA

Diseño de subestación secundaria híbrida, anillos de media tensión y Centros de Transformación para el polígono industrial "Las Quemadas", Córdoba



Documento: Cálculos

DOCUMENTO 2

CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA

Diseño de subestación secundaria híbrida, anillos de media tensión y Centros de Transformación para el polígono industrial "Las Quemadas", Córdoba



Documento: Cálculos



ÍNDICE

1. PREVISIÓN DE CARGAS.....	7
1.1. PREVISIÓN DE CARGA POR PARCELAS INDUSTRIALES.....	7
1.2. PREVISIÓN DE CARGA POR ALUMBRADO Y SERVICIOS PÚBLICOS.....	25
1.3. POTENCIA DE TRANSFORMADORES Y ESQUEMA.....	28
2. PARQUE DE 66 KV.....	29
2.1. TENSIONES NORMALIZADAS Y NIVEL DE AISLAMIENTO.....	29
2.1.1. TENSIONES NORMALIZADAS.....	29
2.1.2. NIVEL DE AISLAMIENTO.....	30
2.2. DISTANCIAS REGLAMENTARIAS.....	31
2.2.1. DISTANCIAS MÍNIMAS ENTRE FASES Y ENTRE FASE Y TIERRA.....	31
2.2.2. DISTANCIAS MÍNIMAS EN PASILLOS DE SERVICIO.....	32
2.2.3. ZONAS DE PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS EN EL INTERIOR DEL RECINTO.....	34
2.2.4. ZONAS DE PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS DESDE EL EXTERIOR DEL RECINTO.....	34
2.3. EMBARRADO PRINCIPAL.....	35
2.3.1. CÁLCULOS ELÉCTRICOS.....	36
2.3.2. CÁLCULOS MECÁNICOS.....	41
2.4. CONEXIÓN DE APARAMENTA.....	45
2.4.1. CÁLCULOS ELÉCTRICOS.....	45
2.5. APARAMENTA.....	48
2.5.1. PARARRAYOS.....	49
2.5.2. AISLADORES.....	53
2.5.3. TRANSFORMADORES DE TENSIÓN.....	55
2.5.4. MÓDULOS HÍBRIDOS.....	56
3. PARQUE DE 20 KV.....	58
3.1. TENSIONES Y NIVEL DE AISLAMIENTO.....	58
3.1.1. TENSIONES NORMALIZADAS.....	58
3.1.2. NIVEL DE AISLAMIENTO.....	59
3.2. CABLES DE POTENCIA.....	60
3.2.1. CÁLCULO POR INTENSIDAD NOMINAL.....	60
3.2.2. CÁLCULO POR CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO.....	62
3.3. PARARRAYOS.....	63
3.3.1. TENSIÓN NOMINAL.....	63
3.3.2. TENSIÓN DE FUNCIONAMIENTO CONTINUO.....	64
3.3.3. CORRIENTE NOMINAL.....	64



3.3.4. LÍNEA DE FUGA.....	65
3.3.5. MARGEN DE PROTECCIÓN A IMPULSOS TIPO RAYO.....	65
3.3.6. MARGEN DE PROTECCIÓN A IMPULSOS TIPO MANIOBRA.....	65
3.3.7. SELECCIÓN DEL PARARRAYOS.....	66
3.4. CELDAS BLINDADAS.....	67
3.4.1. COMPOSICIÓN DE LAS CELDAS.....	67
3.4.2. INTENSIDADES NOMINALES.....	68
3.5. TRANSFORMADORES DE SSAA.....	69
3.6. DIMENSIONES DEL EDIFICIO.....	70
4. TRANSFORMACIÓN.....	71
4.1. TRANSFORMADORES.....	71
4.2. PUESTA A TIERRA DE LOS NEUTROS.....	72
4.3. BATERÍAS DE CONDENSADORES.....	73
5. SISTEMA DE PUESTA A TIERRA.....	74
5.1. RED DE TIERRA INFERIOR.....	74
5.1.1. CONSIDERACIONES REGLAMENTARIAS.....	74
5.1.2. TENSIONES DE PASO Y CONTACTO APLICABLES.....	74
5.1.3. SECCIÓN DEL CONDUCTOR DE LA MALLA.....	75
5.1.4. RESISTENCIA DE LA MALLA DE TIERRA.....	76
5.1.5. TENSIÓN DE CONTACTO MÁXIMA.....	77
5.1.6. TENSIÓN DE PASO MÁXIMA.....	79
5.1.7. CONCLUSIÓN.....	80
5.2. RED DE TIERRA SUPERIOR.....	81
6. CIMENTACIONES Y ESTRUCTURAS.....	82
6.1. PÓRTICO NORTE.....	82
6.1.1. TRACCIÓN MÁXIMA DE LOS CONDUCTORES.....	82
6.1.2. ESFUERZOS POR VIENTO TRANSVERSAL.....	84
6.1.3. CARGAS VERTICALES.....	85
6.1.4. ESTABILIDAD.....	86
6.2. AUTOVÁLVULAS, TRANSFORMADORES DE TENSIÓN Y AISLADORES.....	88
6.2.1. CARGAS VERTICALES.....	89
6.2.2. ESFUERZOS HORIZONTALES.....	89
6.2.3. ESTABILIDAD.....	90
6.3. EMBARRADO PRINCIPAL.....	91
6.3.1. CARGAS VERTICALES.....	91
6.3.2. ESFUERZOS HORIZONTALES.....	92



6.3.3. ESTABILIDAD.	93
6.4. MÓDULOS HÍBRIDOS.	94
6.4.1. CARGAS VERTICALES.....	94
6.4.2. ESFUERZOS HORIZONTALES.....	95
6.4.3. ESTABILIDAD.	95
6.5. PUNTAS FRANKLIN.....	96
6.6. RESUMEN CIMENTACIONES DE APARAMENTA.	97
6.6.1. CUADRO DE DIMENSIONES.	97
6.6.2. SEGURIDAD AL DESLIZAMIENTO.....	98
7. SERVICIOS AUXILIARES.	99
7.1. SERVICIOS AUXILIARES EN CORRIENTE ALTERNA.	100
7.2. SERVICIOS AUXILIARES EN CORRIENTE CONTINUA.	101
8. SISTEMAS DE PROTECCIÓN Y CONTROL.	102
8.1. NIVEL DE INSTALACIÓN.	102
8.1.1. UNIDAD DE CONTROL DE SUBESTACIÓN.....	102
8.1.2. TERMINAL DE OPERACIÓN LOCAL.....	103
8.1.3. TERMINAL DE TELEACCESO.	103
8.2. NIVEL DE POSICIÓN.	104
8.2.1. POSICIONES AT.....	105
8.2.2. TRANSFORMADORES.....	106
8.2.3. POSICIONES MT.	107
9. ANILLOS DE DISTRIBUCIÓN.....	110
9.1. CONFIGURACIÓN GENERAL.....	110
9.2. SECCIÓN DE CONDUCTORES.	110
9.3. DISEÑO DE LOS ANILLOS.....	113
9.4. CALCULOS JUSTIFICATIVOS.....	113
9.4.1. CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO.	114
9.4.2. PÉRDIDAS DE POTENCIA.....	114
9.4.3. CAÍDA DE TENSIÓN.....	116
10. CENTROS DE TRANSFORMACIÓN.	117
10.1. CT DE COMPAÑÍA.	117
10.1.1. INTENSIDAD DE MEDIA TENSIÓN.	117
10.1.2. INTENSIDAD DE BAJA TENSIÓN.	117
10.1.3. CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO.....	118
10.1.4. DIMENSIONADO DEL EMBARRADO.....	119
10.1.5. DIMENSIONADO DE LOS PUENTES DE MT.....	119



10.1.6. DIMENSIONADO DE LA VENTILACIÓN DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.	119
10.1.7. DIMENSIONADO DEL POZO APAGAFUEGOS.....	120
10.1.8. CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA.	120
10.2. CT DE CLIENTE. ALCOHOLES DEL SUR.....	128
10.2.1. INTENSIDAD DE MEDIA TENSIÓN.	128
10.2.2. INTENSIDAD DE BAJA TENSIÓN.	128
10.2.3. CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO.....	129
10.2.4. DIMENSIONADO DEL EMBARRADO.....	130
10.2.5. DIMENSIONADO DE LOS PUENTES DE MT.....	130
10.2.6. DIMENSIONADO DE LA VENTILACIÓN DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.	130
10.2.7. DIMENSIONADO DEL POZO APAGAFUEGOS.....	131
10.2.8. CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA.	131
10.3. CT DE CLIENTE. CERVEZAS ALHAMBRA.	139
10.3.1. INTENSIDAD DE MEDIA TENSIÓN.	139
10.3.2. INTENSIDAD DE BAJA TENSIÓN.	139
10.1.3. CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO.....	140
10.3.4. DIMENSIONADO DEL EMBARRADO.....	141
10.3.5. DIMENSIONADO DE LOS PUENTES DE MT.....	141
10.3.6. DIMENSIONADO DE LA VENTILACIÓN DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.	141
10.1.7. DIMENSIONADO DEL POZO APAGAFUEGOS.....	142
10.1.8. CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA.	142



1. PREVISIÓN DE CARGAS.

1.1. PREVISIÓN DE CARGA POR PARCELAS INDUSTRIALES.

La Instrucción de 14 de octubre de 2004, de la Dirección General de Industria, Energía y Minas, sobre previsión de cargas eléctricas y coeficientes de simultaneidad en áreas de uso residencial y áreas de uso industrial, en su apartado 2.1., establece como método de estimación de la demanda, la aplicación del siguiente baremo en función de la superficie de cada parcela, siempre que no se conozca con exactitud la potencia que se contratará.

Superficie de parcela (m ²)	Potencia mínima (kW)
$S \leq 300$	15
$300 < S \leq 1000$	$15 + 0.05 \cdot (S - 300)$
$S > 1000$	$0.05 \cdot S$

Con ello se procede a la medida de las parcelas de cada manzana sobre información de la Sede del Catastro (<https://www.sedecatastro.gob.es/>) y al cálculo de la potencia mínima para cada una de ellas.



Figura 1.1. Polígono industrial "Las Quemadas". Fuente: Elaboración propia desde www.sedecatastro.gob.es



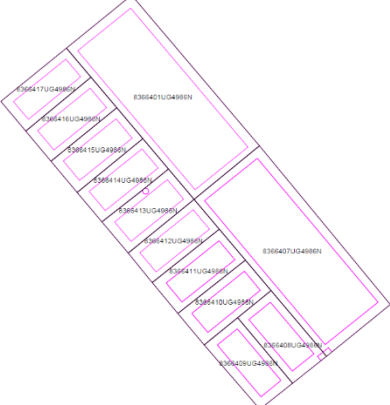
MANZANA	PARCELA	SUPERFICIE (m ²)	POTENCIA (kW)
88710	16	27083	1354,15
	02	13002	650,1
	03	13106	655,3
	04	6128	306,4
	05	6106	305,3
	06	12717	635,85
	07	3477	173,85
	19	1523	76,15
	18	551	27,55
	17	551	27,55
	08	551	27,55
	09	5506	275,3
	10	18675	933,75
	11	18792	939,6
	12	15964	798,2
	13	8026	401,3
	14	7041	352,05
	15	13728	686,4
TOTAL	172527	8626,35	

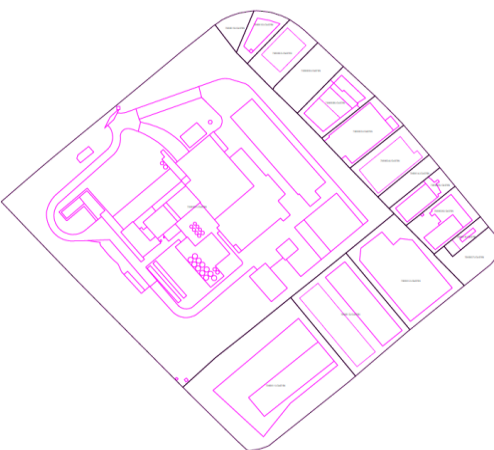
MANZANA	PARCELA	SUPERFICIE (m ²)	POTENCIA (kW)
83686	1	26448	1322,4
	2	17772	888,6
	3	2682	134,1
	31	2353	117,65
	32	1839	91,95
	33	1146	57,3
	34	869	43,45
	35	2551	127,55
	53	1270	63,5
	25	17129	856,45
	24	14123	706,15
	51	4072	203,6
	23	8616	430,8
	22	40	15
	15	263	15
	16	263	15
	17	263	15
	18	263	15
	19	263	15
	20	263	15



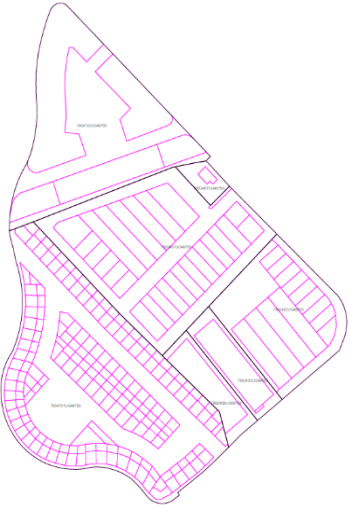
	21	263	15
	8	263	15
	9	263	15
	10	263	15
	11	263	15
	12	263	15
	13	263	15
	14	263	15
	5	263	15
	6	263	15
	7	263	15
	27	263	15
	28	263	15
	29	263	15
	30	263	15
	4	2790	139,5
	36	486	24,3
	37	486	24,3
	38	486	24,3
	39	486	24,3
	40	692	34,6
	41	692	34,6
	42	692	34,6
	43	692	34,6
	50	2792	139,6
	49	1012	50,6
	47	1930	96,5
	46	2882	144,1
	TOTAL	122551	6179,4

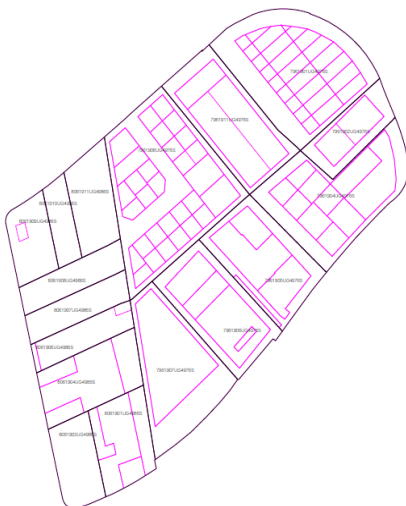


MANZANA	PARCELA	SUPERFICIE (m ²)	POTENCIA (kW)
83664 	1	2668	133,4
	7	2745	137,25
	8	588	29,4
	9	588	29,4
	10	542	27,1
	11	542	27,1
	12	542	27,1
	13	542	27,1
	14	542	27,1
	15	542	27,1
	16	542	27,1
	17	542	27,1
	TOTAL	10925	546,25

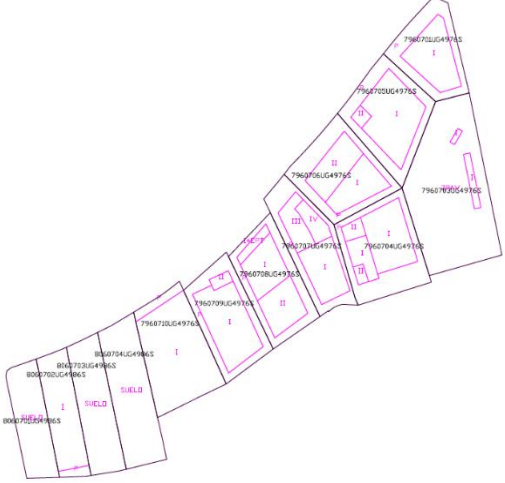
MANZANA	PARCELA	SUPERFICIE (m ²)	POTENCIA (kW)
79666 	1	102748	5137,4
	15	1111	55,55
	10	1698	84,9
	2	3262	163,1
	9	3246	162,3
	8	3725	186,25
	3	4010	200,5
	4	3834	191,7
	14	1542	77,1
	5	2241	112,05
	6	3473	173,65
	16	892	44,6
	7	2534	126,7
	12	9544	477,2
	13	10405	520,25
	11	19641	982,05
TOTAL	173906	8695,3	




MANZANA	PARCELA	SUPERFICIE (m ²)	POTENCIA (kW)
78624 y 79647	79647 01	19400	970
	79647 02	12223	611,15
	78624 01	12733	636,65
	78624 07	639	31,95
	78624 02	7037	351,85
	78624 05	2060	103
	78624 06	1890	94,5
	TOTAL	55982	2799,1


MANZANA	PARCELA	SUPERFICIE (m ²)	POTENCIA (kW)
79619 y 80619	79619 01	4926	246,3
	79619 02	1416	70,8
	79619 04	4017	200,85
	79619 05	2896	144,8
	79619 06	2887	144,35
	79619 07	3483	174,15
	79619 08	5892	294,6
	79619 11	3145	157,25
	80619 09	1171	58,55
	80619 10	725	36,25
	80619 11	1466	73,3
	80619 08	1148	57,4
	80619 07	1148	57,4
	80619 06	1034	51,7
	80619 04	2119	105,95
	80619 03	1764	88,2
	80619 01	1288	64,4
	TOTAL	40525	2026,25




MANZANA	PARCELA	SUPERFICIE (m ²)	POTENCIA (kW)
80607 y 79697 	80607 01	772	38,6
	80607 02	810	40,5
	80607 03	963	48,15
	80607 04	1223	61,15
	79697 10	1441	72,05
	79697 09	1205	60,25
	79697 08	1254	62,7
	79697 07	1228	61,4
	79697 06	1333	66,65
	79697 05	1374	68,7
	79697 04	1443	72,15
	79697 03	2372	118,6
	79697 01	1030	51,5
	TOTAL	16448	822,4

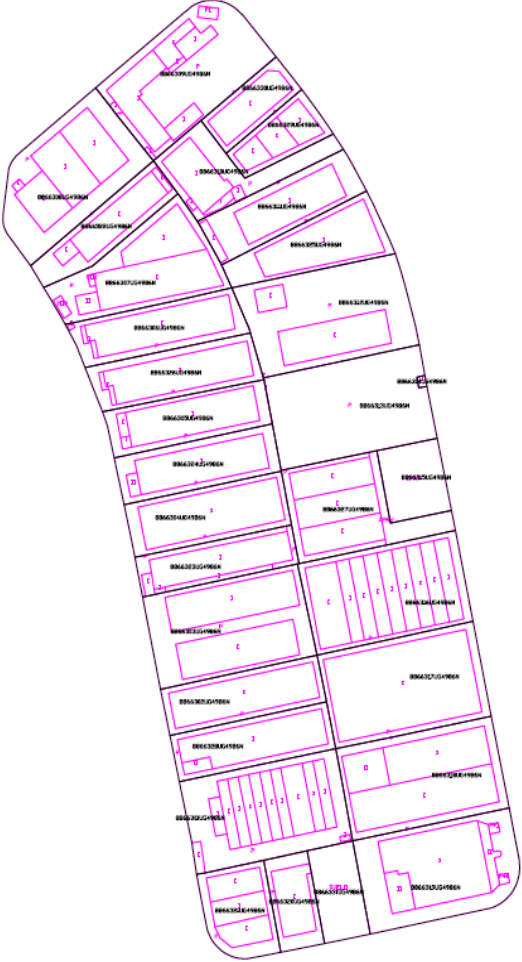
MANZANA	PARCELA	SUPERFICIE (m ²)	POTENCIA (kW)
82623 	08	7273	363,65
	09	7097	354,85
	10	3689	184,45
	11	7308	365,4
	18	6866	343,3
	23	37969	1898,45
	05	4437	221,85
	04	2949	147,45
	03	1220	61
	20	1322	66,1
	02	972	48,6
	01	1321	66,05
	17	3893	194,65
	15	3423	171,15
	TOTAL	89739	4486,95




MANZANA	PARCELA	SUPERFICIE (m ²)	POTENCIA (kW)
85640 	08	6093	304,65
	19	4879	243,95
	17	1183	59,15
	16	1316	65,8
	07	2894	144,7
	06	5298	264,9
	05	9177	458,85
	22	1444	72,2
	09	4163	208,15
	20	4012	200,6
	10	7688	384,4
	11	7657	382,85
	04	7664	383,2
	18	3799	189,95
	12	3886	194,3
	03	7613	380,65
	13	4285	214,25
	21	3288	164,4
	02	7643	382,15
	01	14557	727,85
TOTAL	108539	5426,95	

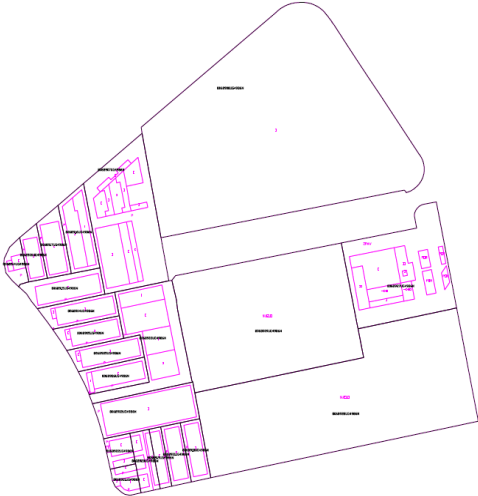
MANZANA	PARCELA	SUPERFICIE (m ²)	POTENCIA (kW)
89632 	01	1662	83,1
	02	1429	71,45
	03	1453	72,65
	04	1439	71,95
	05	722	36,1
	06	730	36,5
	07	1771	88,55
	08	1760	88
	09	1443	72,15
	10	1427	71,35
	11	1451	72,55
	12	1454	72,7
	13	1331	66,55
	14	24	15
	TOTAL	18096	918,6




MANZANA	PARCELA	SUPERFICIE (m ²)	POTENCIA (kW)
	09	4270	213,5
	08	4010	200,5
	30	1163	58,15
	29	1210	60,5
	10	2027	101,35
	22	1817	90,85
	11	2295	114,75
	07	3389	169,45
	25	2208	110,4
	06	2322	116,1
	12	4535	226,75
	26	2310	115,5
	05	2192	109,6
	13	4332	216,6
	14	25	1,25
	24	2267	113,35
	04	2517	125,85
	23	1850	92,5
	27	3082	154,1
	15	1336	66,8
	16	4378	218,9
	03	4344	217,2
	02	2205	110,25
	28	2198	109,9
	17	4443	222,15
	01	4376	218,8
	18	4374	218,7
	19	4286	214,3
	31	1278	63,9
	20	1217	60,85
	21	1741	87,05
TOTAL	83997	4199,85	




MANZANA	PARCELA	SUPERFICIE (m ²)	POTENCIA (kW)
89632 	01	1336	66,8
	02	1263	63,15
	03	1658	82,9
	04	1678	83,9
	05	1742	87,1
	06	1527	76,35
	07	1543	77,15
	08	1126	56,3
	09	1635	81,75
	10	1639	81,95
	11	455	22,75
	12	615	30,75
	TOTAL	16217	810,85

MANZANA	PARCELA	SUPERFICIE (m ²)	POTENCIA (kW)
80689 	07	8761	438,05
	16	2247	112,35
	17	1520	76
	06	970	48,5
	14	736	36,8
	15	2086	104,3
	04	1743	87,15
	05	1487	74,35
	25	1627	81,35
	26	1640	82
	03	5844	292,2
	02	3728	186,4
	22	829	41,45
	21	693	34,65
	20	1210	60,5
	19	727	36,35
	01	1214	60,7
	18	1206	60,3
	09	20396	1019,8
	27	9258	462,9
28	26610	1330,5	
TOTAL	94532	4726,6	



MANZANA	PARCELA	SUPERFICIE (m ²)	POTENCIA (kW)
 <p>91651</p>	25	634	31,7
	24	699	34,95
	23	702	35,1
	21	1186	59,3
	20	1186	59,3
	19	1186	59,3
	13	1186	59,3
	29	2961	148,05
	12	2963	148,15
	10	2956	147,8
	09	2956	147,8
	08	2213	110,65
	07	2213	110,65
	06	2213	110,65
	05	2213	110,65
	04	2977	148,85
	03	2977	148,85
	02	2977	148,85
	01	5873	293,65
	14	8109	405,45
15	8109	405,45	
16	8109	405,45	
17	8109	405,45	
18	8098	404,9	
TOTAL	82805	4140,25	


MANZANA	PARCELA	SUPERFICIE (m ²)	POTENCIA (kW)
 <p>80689 - Este</p>	10	8077	403,85
	11	3006	150,3
	23	2962	148,1
	24	3094	154,7
	12	2987	149,35
	13	6263	313,15
	TOTAL	26389	1319,45

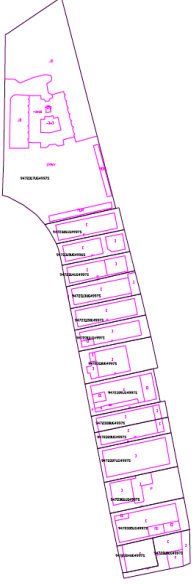


MANZANA	PARCELA	SUPERFICIE (m ²)	POTENCIA (kW)
	01	634	31,7
	02	634	31,7
	03	565	28,25
	04	1363	68,15
	05	1100	55
	06	1100	55
	07	1100	55
	08	1100	55
	09	1100	55
	10	1100	55
	11	1100	55
	12	1100	55
	13	1100	55
	14	1100	55
	15	1100	55
	17	1100	55
	18	1100	55
	16	3038	151,9
	19	4100	205
	22	1251	62,55
	23	1251	62,55
	25	2335	116,75
	28	4051	202,55
	29	3836	191,8
	32	1294	64,7
	33	1294	64,7
	34	1294	64,7
	35	1294	64,7
	36	2530	126,5
	TOTAL	45064	2253,2

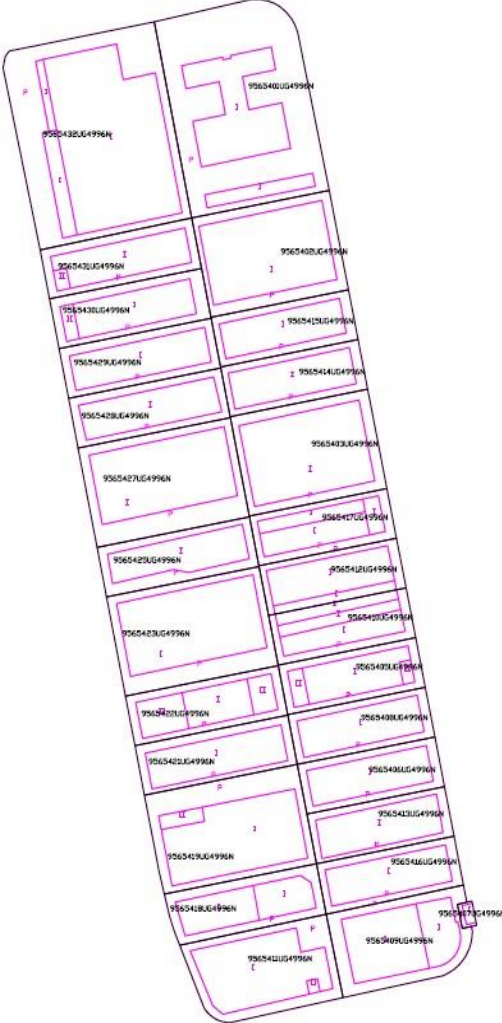
MANZANA	PARCELA	SUPERFICIE (m ²)	POTENCIA (kW)
	01	2084	104,2
	02	2725	136,25
	04	1667	83,35
	TOTAL	6476	323,8

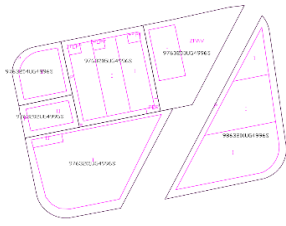


MANZANA	PARCELA	SUPERFICIE (m ²)	POTENCIA (kW)
	03	1591	79,55
	04	1001	50,05
	05	1157	57,85
	06	1289	64,45
	07	1479	73,95
	08	1362	68,1
	09	1407	70,35
	10	1461	73,05
	11	1445	72,25
	12	1460	73
	13	1400	70
	14	1415	70,75
	TOTAL	16467	823,35

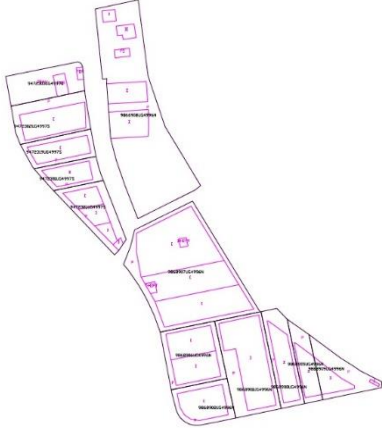
MANZANA	PARCELA	SUPERFICIE (m ²)	POTENCIA (kW)
	17	14700	735
	16	1350	67,5
	15	1313	65,65
	14	1218	60,9
	13	1400	70
	12	1363	68,15
	11	1384	69,2
	10	2040	102
	09	2007	100,35
	08	1066	53,3
	20	1033	51,65
	07	2207	110,35
	06	2025	101,25
	05	2107	105,35
	04	867	43,35
	18	1169	58,45
	TOTAL	37249	1862,45




MANZANA	PARCELA	SUPERFICIE (m ²)	POTENCIA (kW)
 <p>95654</p>	32	5131	256,55
	01	4490	224,5
	31	1280	64
	30	1280	64
	29	1280	64
	28	1280	64
	27	2575	128,75
	25	1280	64
	23	2560	128
	22	1280	64
	21	1280	64
	19	2560	128
	18	1290	64,5
	11	1984	99,2
	07	60	15
	09	1843	92,15
	16	1160	58
	13	1160	58
	06	1160	58
	08	1160	58
	05	1160	58
	10	1160	58
	12	1160	58
	17	1160	58
	03	2320	116
	14	1160	58
	15	1160	58
02	2320	116	
TOTAL	47693	2396,65	


MANZANA	PARCELA	SUPERFICIE (m ²)	POTENCIA (kW)
 <p>97632 y 98632</p>	97632 01	3430	171,5
	97632 02	624	31,2
	97632 03	2056	102,8
	97632 04	967	48,35
	97632 05	2512	125,6
	98632 01	3595	179,75
	TOTAL	13184	659,2

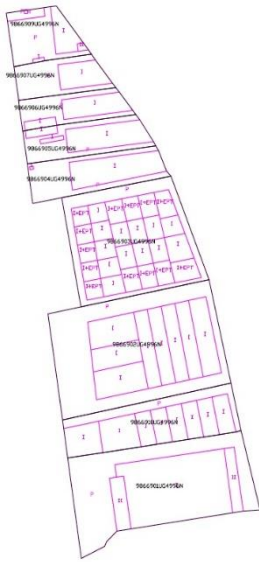


MANZANA	PARCELA	SUPERFICIE (m ²)	POTENCIA (kW)
	98689, 94723 y 98669-08		
	98689 01	2791	139,55
	98689 02	1292	64,6
	98689 05	818	40,9
	98689 06	1965	98,25
	98689 07	6165	308,25
	98689 08	1411	70,55
	98689 09	1257	62,85
	98669 08	6440	322
	94723 03	1371	68,55
	94723 02	1713	85,65
	94723 19	1105	55,25
	94723 01	844	42,2
	94723 21	1450	72,5
	TOTAL	28622	1431,1

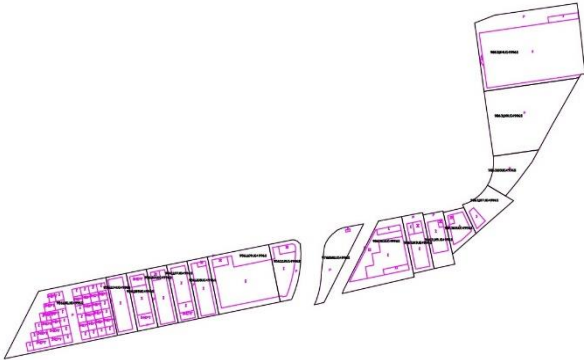
MANZANA	PARCELA	SUPERFICIE (m ²)	POTENCIA (kW)
	95628		
	01	2412	120,6
	02	1065	53,25
	03	1065	53,25
	04	1065	53,25
	05	1065	53,25
	06	1065	53,25
	07	1835	91,75
	17	2612	130,6
	10	3241	162,05
	13	2243	112,15
	15	1050	52,5
	16	1650	82,5
	TOTAL	20368	1018,4

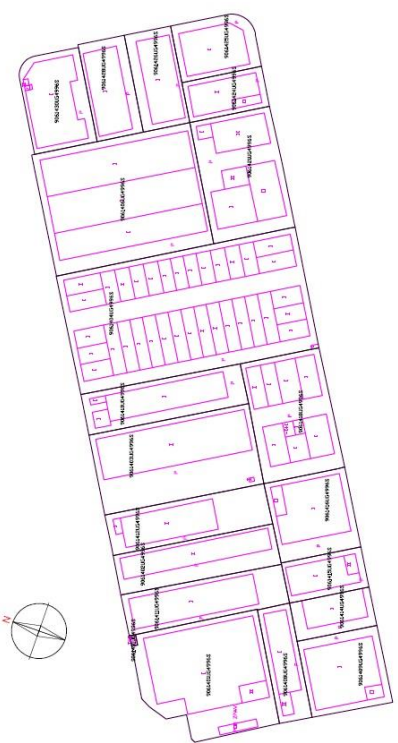


MANZANA	PARCELA	SUPERFICIE (m ²)	POTENCIA (kW)
97663 	13	692	47,95
	14	717	49,2
	15	717	49,2
	16	717	49,2
	19	580	42,35
	20	580	42,35
	21	1842	92,1
	06	1843	92,15
	05	4834	241,7
	08	7540	377
	03	9596	479,8
	09	5237	261,85
	10	4940	247
	02	4802	240,1
	11	4788	239,4
	17	2650	132,5
	18	2483	124,15
	01	4772	238,6
	12	4401	220,05
TOTAL	63731	3266,65	

MANZANA	PARCELA	SUPERFICIE (m ²)	POTENCIA (kW)
98669 	09	1054	52,7
	07	966	48,3
	06	972	48,6
	05	1281	64,05
	04	1514	75,7
	03	4118	205,9
	02	5519	275,95
	10	2355	117,75
	01	4561	228,05
	TOTAL	22340	1117



MANZANA	PARCELA	SUPERFICIE (m ²)	POTENCIA (kW)
	95611, 98631 y 97626 01		
	98631 04	6970	348,5
	98631 09	4260	213
	98631 08	1129	56,45
	98631 07	1057	52,85
	98631 06	805	40,25
	98631 05	1036	51,8
	98631 03	1123	56,15
	98631 01	2783	139,15
	95611 12	1300	0
	95611 09	3344	167,2
	95611 08	1128	56,4
	95611 07	1128	56,4
	95611 06	1128	56,4
	95611 05	1128	56,4
	95611 04	1128	56,4
	95611 01	5017	250,85
	TOTAL	34464	1658,2

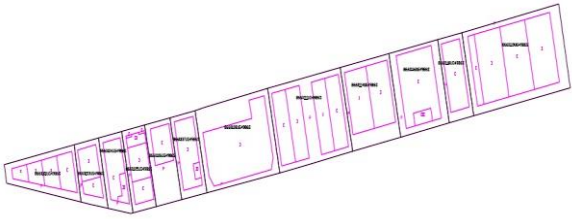
MANZANA	PARCELA	SUPERFICIE (m ²)	POTENCIA (kW)
	90614		
	01	5207	260,35
	08	1445	72,25
	09	2382	119,1
	14	1197	59,85
	15	1245	62,25
	11	2490	124,5
	02	2490	124,5
	12	2490	124,5
	16	2500	125
	03	4967	248,35
	18	3737	186,85
	10	2516	125,8
	04	11143	557,15
	06	7518	375,9
	21	3790	189,5
	24	1242	62,1
	25	1710	85,5
	26	1742	87,1
	28	1762	88,1
30	2259	112,95	
TOTAL	63832	3191,6	
MANZANA	PARCELA	SUPERFICIE (m²)	POTENCIA (kW)



91611			
	01	2622	131,1
	02	1482	74,1
	03	1482	74,1
	04	9095	454,75
	10	1602	80,1
	11	6132	306,6
	15	1553	77,65
	16	1553	77,65
	TOTAL	25521	1276,05

MANZANA	PARCELA	SUPERFICIE (m²)	POTENCIA (kW)
85611	10	11717	585,85
	09	11231	561,55
	08	7371	368,55
	37	3733	186,65
	07	11227	561,35
	06	7413	370,65
	30	3689	184,45
	05	2840	142
	27	3755	187,75
	11	2979	148,95
	04	7476	373,8
	26	1235	61,75
	24	2500	125
	03	7534	376,7
	21	3635	181,75
	02	7392	369,6
	20	1069	53,45
	19	1001	50,05
	18	913	45,65
	17	859	42,95
	16	1688	84,4
15	1163	58,15	
14	1146	57,3	
01	2236	111,8	
TOTAL	105802	5290,1	



MANZANA	PARCELA	SUPERFICIE (m ²)	POTENCIA (kW)	
	86601	19	5938	296,9
	18	1500	75	
	16	2992	149,6	
	14	2970	148,5	
	11	4520	226	
	08	4453	222,65	
	07	1497	74,85	
	06	1519	75,95	
	05	1390	69,5	
	04	1295	64,75	
	03	1170	58,5	
	01	1939	96,95	
	TOTAL	31183	1559,15	

Una vez medidas todas las parcelas y calculadas sus potencias mínimas se procede al cálculo del total de potencia para el conjunto del polígono.

SUMA DE POTENCIAS POR MANZANAS			
MANZANA	POTENCIA (kW)	MANZANA	POTENCIA (kW)
88710	8626,35	93631	323,8
83686	6179,4	80689 - Este	1319,45
83664	546,25	92727	823,35
79666	8695,3	94723	1862,45
78624 y 79647	2799,1	98689, 94723 y 98669-08	1431,1
79619 y 80619	2026,25	95654	2396,65
80607 y 79697	822,4	95628	1018,4
82623	4486,95	97632 y 98632	659,2
85640	5426,95	97663	3266,65
89632	918,6	98669	1117
88663	4199,85	95611, 98631 y 97626 01	1658,2
89632	810,85	90614	3191,6
80689	4726,6	91611	1276,05
91651	4140,25	85611	5290,1
93659	2253,2	86601	1559,15
SUBTOTAL 1:	56658,3	SUBTOTAL 2:	27193,15
TOTAL PARCELAS:		83851,45 kW	



1.2. PREVISIÓN DE CARGA POR ALUMBRADO Y SERVICIOS PÚBLICOS.

Para una estimación aproximada de la potencia necesaria para alumbrado público y teniendo cuenta que dichas instalaciones quedan fuera del objeto de este proyecto, se tienen en cuenta las indicaciones del *Real Decreto 1890/2008, de 14 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior y sus Instrucciones técnicas complementarias EA-01 a EA-07*. En este, la instrucción técnica ITC-EA 01 en su apartado 3 establece los valores de eficiencia energética de referencia en función de la iluminancia proyectada a través de su tabla 3.

Alumbrado vial funcional		Alumbrado vial ambiental y otras instalaciones de alumbrado	
Iluminancia media en servicio proyectada E_m (lux)	Eficiencia energética de referencia ϵ_R $\left(\frac{m^2 \cdot lux}{W}\right)$	Iluminancia media en servicio proyectada E_m (lux)	Eficiencia energética de referencia ϵ_R $\left(\frac{m^2 \cdot lux}{W}\right)$
≥ 30	32	--	--
25	29	--	--
20	26	≥ 20	13
15	23	15	11
10	18	10	9
$\leq 7,5$	14	7,5	7
--	--	≤ 5	5

Nota - Para valores de iluminancia media proyectada comprendidos entre los valores indicados en la tabla, la eficiencia energética de referencia se obtendrán por interpolación lineal

Tabla 1.1. ITC-EA 01 Tabla 3: Valores de eficiencia energética de referencia.

Por otra parte, la instrucción ITC-EA 02 indica como clasificar las vías a iluminar y en función de esta clasificación, la clase de alumbrado del que habrán de disponer. Por la configuración y uso de los viales se les coloca dentro del grupo B.

Clasificación	Tipo de vía	Velocidad del tráfico rodado (km/h)
A	de alta velocidad	$v > 60$
B	de moderada velocidad	$30 < v \leq 60$
C	carriles bici	--
D	de baja velocidad	$5 < v \leq 30$
E	vías peatonales	$v \leq 5$

Tabla 1.2. ITC-EA 02 Tabla 1: Clasificación de las vías.

Dentro del grupo B, la zona del polígono industrial de Las Quemadas, con vías secundarias de conexión a urbanas de tráfico importante y secundarias locales, queda en situación de proyecto B1, asignándosele una clase de alumbrado ME2.



Situaciones de proyecto	Tipos de vías	Clase de Alumbrado ⁽¹⁾
B1	<ul style="list-style-type: none"> Vías urbanas secundarias de conexión a urbanas de tráfico importante. Vías distribuidoras locales y accesos a zonas residenciales y fincas. 	ME2 / ME3c ME4b/ME5/ME6
	Intensidad de tráfico IMD ≥ 7.000 IMD < 7.000	
B2	<ul style="list-style-type: none"> Carreteras locales en áreas rurales. 	ME2 / ME3b ME4b / ME5
	Intensidad de tráfico y complejidad del trazado de la carretera. IMD ≥ 7.000 IMD < 7.000	

⁽¹⁾ Para todas las situaciones de proyecto B1 y B2, 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.

Tabla 1.3. ITC_EA 02 Tabla 3: Clases de alumbrado para vías tipo B.

Clase de Alumbrado	Luminancia de la superficie de la calzada en condiciones secas			Deslumbramiento Perturbador	Iluminación de alrededores
	Luminancia ⁽⁴⁾ Media L_m (cd/m ²) ⁽¹⁾	Uniformidad Global U_o [mínima]	Uniformidad Longitudinal U_L [mínima]	Incremento Umbral TI (%) ⁽²⁾ [máximo]	Relación Entorno SR ⁽³⁾ [mínima]
ME1	2,00	0,40	0,70	10	0,50
ME2	1,50	0,40	0,70	10	0,50
ME3a	1,00	0,40	0,70	15	0,50
ME3b	1,00	0,40	0,60	15	0,50
ME3c	1,00	0,40	0,50	15	0,50
ME4a	0,75	0,40	0,60	15	0,50
ME4b	0,75	0,40	0,50	15	0,50
ME5	0,50	0,35	0,40	15	0,50
ME6	0,30	0,35	0,40	15	Sin requisitos

⁽¹⁾ Los niveles de la tabla son valores mínimos en servicio con mantenimiento de la instalación de alumbrado, a excepción de (TI), que son valores máximos iniciales. A fin de mantener dichos niveles de servicio, debe considerarse un factor de mantenimiento (f_m) elevado que dependerá de la lámpara adoptada, del tipo de luminaria, grado de contaminación del aire y modalidad de mantenimiento preventivo.

⁽²⁾ Cuando se utilicen fuentes de luz de baja luminancia (lámparas fluorescentes y de vapor de sodio a baja presión), puede permitirse un aumento de 5% del incremento umbral (TI).

⁽³⁾ La relación entorno SR debe aplicarse en aquellas vías de tráfico rodado donde no existan otras áreas contiguas a la calzada que tengan sus propios requisitos. La anchura de las bandas adyacentes para la relación entorno SR será igual como mínimo a la de un carril de tráfico, recomendándose a ser posible 5 m de anchura.

⁽⁴⁾ Los valores de luminancia dados pueden convertirse en valores de iluminación, multiplicando los primeros por el coeficiente R (según C.I.E.) del pavimento utilizado, tomando un valor de 15 cuando éste no se conozca.

Tabla 1.4. ITC_EA 02 Tabla 6: Series ME de clase de alumbrado para viales secos tipos A y B.

La tabla 6 de la ITC_EA 02 asigna una luminancia a la clase de alumbrado ME2 de 1.5 cd/m² que se podrán convertir a iluminación a través del coeficiente de reflexión del pavimento utilizado, con un valor por defecto de 15 en caso de desconocer el exacto. Se realiza esta operación para obtener la iluminación, para después, junto con los valores de eficiencia energética impuesto y la superficie de vial a iluminar, obtener los valores de potencia estimada de luminarias.

$$\text{Iluminancia en ME2: } 1.5 \frac{cd}{m^2} \cdot 15 = 22.5 \text{ lux}$$



Aplicando una eficiencia de $26 \frac{m^2 \cdot lux}{W}$

$$W = \frac{159911 m^2 \cdot 22.5 lux}{26} = 138380 W = 138.38 kW$$

POTENCIA POR ALUMBRADO PÚBLICO DE CALLES				
CALLE	LONG (m)	ANCHO (m)	SUP (m2)	POTENCIA (kW)
Juan Bautista Escudero	2701	8	21608	18,70
Simón Carpintero	1700	18	30600	26,48
Simón Carpintero (Ramal Este)	256	9	2304	1,99
Rafael Arroyo	770	8	6160	5,33
Imprenta de la Alborada	3283	10	32830	28,41
Diego Galván	530	10	5300	4,59
Gabriel Ramos Bejarano	1758	10	17580	15,21
José de Gálvez y Aranda	642	10	6420	5,56
Fausto García Tena	1162	10	11620	10,06
Gonzalo Antonio Serrano	480	10	4800	4,15
Fausto G. - José de Gálvez	160	8	1280	1,11
G.A. Serrano - Fausto G.	95	10	950	0,82
Esteban de Cabrera (Norte)	420	20	8400	7,27
Esteban de Cabrera (Sur)	351	9	3159	2,73
Andrés Barrera	690	10	6900	5,97
TOTALES			159911	138,38

Tabla 1.5. Potencia de alumbrado por calles.

Estimando unas pérdidas del 10% y un factor de potencia de 0'85 en la red de alumbrado, se estima la potencia para alumbrado y señalización de viales públicos se obtiene una potencia aproximada de 152.2 kW.

1.3. POTENCIA DE TRANSFORMADORES Y ESQUEMA.

A la potencia estimada en las parcelas se le aplica el preceptivo coeficiente de simultaneidad de 0'85 según la *Instrucción de 14 de octubre de 2004, de la Dirección General de Industria, Energía y Minas, sobre previsión de cargas eléctricas y coeficientes de simultaneidad en áreas de uso residencial y áreas de uso industrial* en su apartado 1.5. Esta potencia, sumada a la de servicios públicos, arroja un total para la subestación de:

$$83851.45 \cdot 0.85 + 152.2 = 71403.1 \text{ kW}$$

Considerando un factor de potencia para el conjunto del polígono de 0'85 visto desde los transformadores, se obtiene una potencia nominal mínima de la subestación de:

$$S_{nSE} = \frac{P_{nSE}}{\cos \varphi} = \frac{71403.1}{0.85} = 84003.65 \text{ kVA} = 84 \text{ MVA}$$

El documento SRZ001 en su apartado 7.2.1 indica las potencias nominales normalizadas que habrán de tener los transformadores de las subestaciones de Endesa o las que vayan a ser cedidas. Estos deberán tener potencias nominales de 16, 25, 40 o 63 MVA. Con la potencia mínima obtenida en este apartado, se opta por diseñar una subestación con dos transformadores de 63 MVA, de forma que ante un aumento futuro de la demanda de potencia queda un margen de 42 MVA antes de la necesidad de montaje de un tercer transformador. Esto junto con la alimentación con tres líneas de 66kV prevista en anteproyecto y considerada una subestación nodal, de acuerdo con el apartado 5.2 del SRZ001, la instalación se diseñará siguiendo el esquema estándar con embarrado doble.

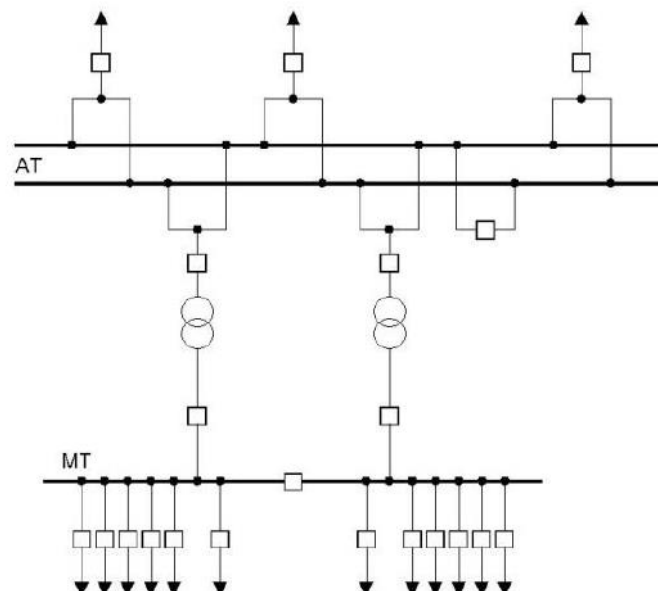


Figura 1.1. Esquema estándar DB. SRZ001 apdo. 5.2



2. PARQUE DE 66 KV.

2.1. TENSIONES NORMALIZADAS Y NIVEL DE AISLAMIENTO.

2.1.1. TENSIONES NORMALIZADAS.

La ITC-RAT 04, en su apartado número 1, establece la categoría de las instalaciones de acuerdo con su tensión nominal de la siguiente forma:

- Categoría especial: Las instalaciones de tensión nominal igual o superior a 220 kV y las de tensión inferior que formen parte de la Red de Transporte de acuerdo con lo establecido en la Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico.
- Primera categoría: Las de tensión nominal inferior a 220 kV y superior a 66 kV.
- Segunda categoría: Las de tensión nominal igual o inferior a 66 kV y superior a 30 kV.
- Tercera categoría: Las de tensión nominal igual o inferior a 30 kV y superior a 1 kV.

Las instalaciones quedarán encuadradas de acuerdo con el mayor nivel de tensión de todas las que se encuentren en su parque, por lo que en las estimaciones para el cálculo se tendrá en cuenta que estamos trabajando sobre una instalación de segunda categoría.

La citada instrucción establece que las tensiones más elevadas de los materiales serán iguales o superiores a las indicadas en su Tabla 1.

TENSIÓN NOMINAL DE LA RED (U_n) kV	TENSIÓN MÁS ELEVADA DE LA RED (U_s) kV	TENSIÓN MÁS ELEVADA DEL MATERIAL (U_m) kV
3	3,6	3,6
6	7,2	7,2
10	12	12
15	17,5	17,5
20	24	24
25	30	36
30	36	36
45	52	52
66	72,5	72,5
110	123	123
132	145	145
220	245	245
400	420	420

Tabla 2.1. ITC-RAT 04 Tabla 1. Tensiones normalizadas

Dado que el parque de MT tiene una tensión nominal de 66 kV queda establecida la tensión más elevada para el material y la red en 72.5 kV.



2.1.2. NIVEL DE AISLAMIENTO.

La instrucción técnica ITC-RAT 12 del Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión impone que el aislamiento de los equipos que se empleen en las instalaciones de A.T. a las que hace referencia, deberá adaptarse a los valores normalizados indicados en las normas UNE-EN 60071-1 y UNE-EN 60071-2 y establece tres grupos de niveles de aislamiento según la tensión más elevada para el material. Dichos grupos se establecen como:

- a) Grupo A. Tensión más elevada del material mayor de 1 kV y menor o igual de 36 kV.
- b) Grupo B. Tensión más elevada del material mayor de 36 kV y menor o igual de 245 kV.
- c) Grupo C. Tensión más elevada del material mayor de 245 kV.

El parque de 66 kV quedará encuadrado por tanto dentro del grupo B, para el que la citada instrucción, en su apartado 1.2 indica los niveles de aislamiento nominales asociados con los valores normalizados de la tensión más elevada, así como las distancias mínimas de aislamiento en aire, entre fases y entre cualquier fase y tierra, a través de su tabla 2:

TENSIÓN MÁS ELEVADA PARA EL MATERIAL (Um) (kV eficaces)	TENSIÓN SOPORTADA NOMINAL A FRECUENCIA INDUSTRIAL (kV eficaces)	TENSIÓN SOPORTADA NOMINAL A LOS IMPULSOS TIPO RAYO (kV de cresta)	Distancia mínima de aislamiento en aire fase a tierra y entre fases (mm)
52	95	250	480
72,5	140	325	630
123	185 230	450 550	900 1100
145	185 230 275	450 550 650	900 1100 1300
170	230 275 325	550 650 750	1100 1300 1500
245	325 360 395 460	750 850 950 1050	1500 1700 1900 2100

Tabla 2.2. ITC-RAT 12 Tabla 2. Niveles de aislamiento para grupo B.

Con esto, se adoptan los siguientes valores de distancias en aire entre fases y de fase a tierra y tensiones soportadas máxima a frecuencia industrial y a impulsos tipo rayo:

- Tensión soportada a frecuencia industrial: 140 kV
- Tensión soportada a impulsos tipo rayo: 325 kV
- Distancias mínimas en aire: 630 mm (Exterior)



2.2. DISTANCIAS REGLAMENTARIAS.

2.2.1. DISTANCIAS MÍNIMAS ENTRE FASES Y ENTRE FASE Y TIERRA.

La instrucción técnica complementaria ITC-RAT 12, en su apartado 1.2 establece que la distancia mínima entre elementos en tensión y entre cualquier elemento en tensión y otro puesto a tierra, será el indicado en su tabla 2, correspondiendo una distancia de 630 mm en aire a una instalación de 66 kV nominales. Más adelante, en el apartado 3.3 se indica que esta distancia mínima no tiene en cuenta otras consideraciones, como tolerancias de construcción. Por otro lado, en el apdo. 3.3.1 indica que las distancias de seccionamiento, de hacerse con materiales sin ensayar, se incrementará un 25 % respecto a las indicadas en la tabla 2. Con esto se llega a las siguientes conclusiones en cuanto a distancia a los elementos en tensión, de acuerdo con el MIE-RAT:

- Distancia entre elementos en tensión y entre estos y tierra: 630 mm
- Distancia de seccionamiento con seccionadores no ensayados: 788 mm

Por su parte la ITC-LAT 07 del Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión, en su apartado 5, establece que la distancia entre fase y tierra para líneas aéreas de conductores flexibles será de 700 mm, mientras que la distancia entre fases será de 800 mm, como mínimo antes de las distancias a añadir en los distintos casos.

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

Tabla 2.3. ITC_LAT 07 Tabla 15. Distancias de aislamiento eléctrico para evitar descargas.

Estas distancias no son de aplicación donde y cuando se hayan de realizar trabajos de mantenimiento con elementos en tensión. En ese caso se imponen las prescripciones del *Real Decreto 614/2001 de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.*



2.2.2. DISTANCIAS MÍNIMAS EN PASILLOS DE SERVICIO.

2.2.2.1. ANCHURA DE LOS PASILLOS.

Para la determinación de las distancias en pasillos de inspección y maniobra se siguen los preceptos del apartado número 4 de la ITC-RAT 15. En cuanto a las anchuras de pasillos de inspección y maniobra, se indica que estas distancias tendrán valores similares a las distancias en pasillos de instalaciones de interior, regidas por la ITC-LAT 14, que establece los valores de las anchuras mínimas en función de los elementos que rodeen cada zona y su uso:

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

2.2.2.2. ALTURA DE LOS ELEMENTOS EN TENSIÓN.

Los elementos en tensión no protegidos que se encuentran sobre los pasillos, deberán estar a una altura mínima "H" sobre el suelo, medida en centímetros, igual a:

$$H = 250 + d$$

Siendo:

H, altura mínima en cm.

d, distancia indicada por las tablas de la ITC-RAT 12, en cm.

Para una tensión nominal de 66 kV y máxima para el material de 72.5 kV, se usa la tabla 2, para aislamiento grupo B, resultando una distancia "d" de 63 cm. Esta misma será la que se use en los cálculos relativos a distancias de los siguientes apartados de este capítulo.

$$H = 250 + 63 = 313 \text{ cm}$$

En las zonas donde se prevea el paso de aparatos o máquinas deberá mantenerse una distancia mínima "T" entre los elementos en tensión y el punto más alto de aquellos no inferior a:

$$T = d + 10 = 73 \text{ cm}$$

2.2.2.3. DISTANCIAS LÍMITE DE ZONAS DE TRABAJO.

En el *Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico*, se establecen distancias que habrán de respetarse en el caso de trabajos en las cercanías de elementos en tensión y que se tendrán en cuenta a la hora del dimensionamiento de la subestación. Estas distancias se establecen en el anexo I del RD 614/2001 y se definen como:

- D_{PEL-1} , distancia hasta el límite exterior de la zona de peligro cuando exista riesgo de sobretensión por rayo (cm).
- D_{PEL-2} , distancia hasta el límite exterior de la zona de peligro cuando no exista el riesgo de sobretensión por rayo (cm).
- D_{PROX-1} , distancia hasta el límite exterior de la zona de proximidad cuando resulte posible delimitar con precisión la zona de trabajo y controlar que ésta no se sobrepasa durante la realización del mismo (cm).
- D_{PROX-2} , distancia hasta el límite exterior de la zona de proximidad cuando no resulte posible delimitar con precisión la zona de trabajo y controlar que ésta no se sobrepasa durante la realización del mismo (cm).

Para una tensión nominal de 66 kV, las distancias definidas toman los valores indicados en la siguiente tabla:

DISTANCIAS LÍMITE EN ZONAS DE TRABAJO			
D_{PEL-1}	D_{PEL-2}	D_{PROX-1}	D_{PROX-2}
120	85	170	300

Tabla 2.4. Distancias límite en zonas de trabajo. Fuente: RD 614/2001

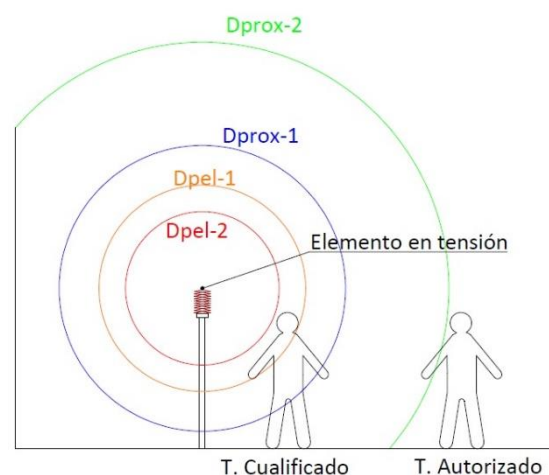


Figura 2.1. Distancias de trabajo en tensión.



2.2.3. ZONAS DE PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS EN EL INTERIOR DEL RECINTO.

Según la ITC-RAT 15, del MIE-RAT y su apartado 4.2.1, los sistemas de protección que deban establecerse guardarán unas distancias mínimas medidas en horizontal a los elementos en tensión que se respetarán en toda zona comprendida entre el suelo y una altura de 200 cm que, según el sistema de protección elegido y expresadas en centímetros, serán:

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

$$B = d + 3 = 66 \text{ cm}$$

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

$$C = d + 10 = 73 \text{ cm}$$

- De los elementos en tensión a cierres de cualquier tipo con una altura que en ningún caso podrá ser inferior a 100 cm:

$$E = d + 30, \text{ con un mínimo } 125 \text{ cm}$$

$$E = 63 + 30 = 93 \rightarrow 125 \text{ cm}$$

2.2.4. ZONAS DE PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS DESDE EL EXTERIOR DEL RECINTO.

Para evitar contactos accidentales desde la parte exterior de los cercados y paramentos que delimitan el recinto de las instalaciones se calculan distancias de acuerdo con el apartado 4.3 de la ITC-RAT 15 del Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión. Las distancias que mantener entre elementos en tensión y elementos de cierre del perímetro serán:

- De los elementos en tensión al cierre cuando éste es una pared maciza de altura inferior a 313 cm (250 + d):

$$F = d + 100 = 163 \text{ cm}$$

- De los elementos en tensión al cierre cuando éste es una pared maciza de altura mayor o igual a 313 cm (250 + d):

$$B = d + 3 = 66 \text{ cm}$$

- De los elementos en tensión al cierre cuando éste es un enrejado de cualquier altura mayor o igual a 220 cm:

$$G = d + 150 = 213 \text{ cm}$$

La cuadrícula de los enrejados no será mayor que 50 x 50 mm. Esquemas y otras restricciones fuera de la necesidad de cálculo justificativo son indicadas en el documento Memoria.



2.3. EMBARRADO PRINCIPAL.

La compañía EDE a través del apartado 7.1 de su documento SRZ001 y de su documento "SYZH01: Proyecto tipo subestaciones en parque exterior con apartamento híbrida", indica que los embarrados de 66 kV en las subestaciones de su propiedad o que le hayan de ser cedidas, estarán constituidos por tubos de aleación de aluminio o por cables flexibles de aluminio-acero, cuyas características básicas se indican a continuación.

El embarrado principal se realizará en tubo hueco de aluminio:

Tubo Al Ø120/106 mm	
Diámetro exterior	120 mm
Diámetro interior	106 mm
Sección	2.485 mm ²
Intensidad permanente admisible	2985 A

Tabla 2.5. Características del tubo hueco Ø120/106 Al.

Fuente: Documento SYZH01

Las conexiones entre equipos podrán ser, bien con cable LA-380, bien con cable LA-280:

Conductor LA-280	
Diámetro aparente	21.8 mm
Número de hilos	26 Aluminio / 7 Acero
Sección	281.1 mm ²
Intensidad permanente admisible	581.2 A

Tabla 2.6. Características del conductor LA-280

Fuente: Documento SYZH01

337-AL1/44-ST1A (LA 380)	
Diámetro aparente	25.38 mm
Número de hilos	54 Aluminio / 7 Acero
Sección	381 mm ²
Intensidad permanente admisible	719.6 A

Tabla 2.7. Características del conductor LA-380

Fuente: Documento SYZH01

Teniendo en cuenta estos requisitos se realizarán las comprobaciones sobre capacidad eléctrica y cálculos mecánicos.



2.3.1. CÁLCULOS ELÉCTRICOS.

2.3.1.1. CORRIENTE NOMINAL.

De acuerdo con el apartado 7.1 del documento SRZ001, cada uno de los embarrados deberá ser capaz de soportar la suma de la capacidad de todas las líneas menos la capacidad de la línea de menor sección.

Si se calcula la intensidad nominal para la máxima potencia de los transformadores juntos:

$$I_T = \frac{S_T}{\sqrt{3} \cdot U_n}$$

Siendo:

I_T , Intensidad nominal total para el conjunto de los transformadores en amperios.

S_T , Potencia total de los transformadores en voltamperios.

U_n , Tensión nominal del sistema en voltios.

$$I_T = \frac{126 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 66 \cdot 10^3} = 1102.2A$$

El resultado de intensidad nominal, aún sin descontar ninguna línea de entrada, es muy inferior a los 2.985 A de capacidad en corriente permanente del tubo Al Ø120/106, por lo que la sección a instalar queda sobredimensionada. A continuación, se comprueba cuanta potencia podría soportar dicha sección:

$$S_{Al\ 120/106} = \sqrt{3} \cdot U_n \cdot I_{m\acute{a}x}$$

Siendo:

$S_{Al\ 120/106}$, potencia máxima para el tubo Al Ø120/106 mm, en voltamperios.

U_n , tensión nominal, en voltios.

$I_{m\acute{a}x}$, corriente máxima en el tubo Al Ø120/106 mm, en amperios.

$$S_{Al\ 120/106} = \sqrt{3} \cdot 66000 \cdot 2985 = 341.23\ MVA$$

La potencia máxima para la sección a montar es muy superior a la nominal de la subestación por lo que queda sobredimensionada incluso para una posible ampliación futura a tres transformadores de 63 MVA.



2.3.1.2. CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO.

El valor de la corriente de cortocircuito a efectos de diseño viene impuesto por la compañía Endesa a través del apartado 4.3 del documento SRZ001 y su Guía. Para embarrados con tensión nominal de 66 kV esta será de 31.5 kA. Además, en el mismo apartado se establece un tiempo de un segundo de duración del defecto en todos los casos y una corriente de cresta de 80 kA.

Tensión Nominal U_n (kV)	Niveles aislamiento $U_m/U_f/U_l$ (kV)	I_{ter} kA (1 seg) *	Valor cresta I_{cc} (kA)
220	245/460/1050	40/50/63	100/125/158
132	145/275/650	25/31,5/40	63/80/100
110	145/275/650	25/31,5/40	63/80/100
66	72,5/140/325	25/31,5	63/80
50	72,5/140/325	25/31,5	63/80
45	52/95/250	25/31,5	63/80
30	36/70/170	25/31,5	63/80
25	36/70/170	25/31,5	63/80
20	24/50/125	16**/25/31,5	40**/63/80
15	24/50/125	16**/25/31,5	40**/63/80
13,2	24/50/125	16**/25/31,5	40**/63/80
11	24/50/125	16**/25/31,5	40**/63/80
10	24/50/125	16**/25/31,5	40**/63/80

Tabla 2.8. Documento SRZ001, apdo. 4.3. Niveles de tensión normalizados por EDE.

U_n , Tensión nominal; U_m , Tensión más elevada para el material; U_f , Tensión soportada a frecuencia industrial (kV ef); U_l , Tensión soportada con onda de choque tipo rayo (kV cresta); I_{ter} , Intensidad térmica de cortocircuito; I_{cc} , Intensidad de cortocircuito.

2.3.1.3. SOLICITACIÓN TÉRMICA.

Se calcula la sección mínima para que el material del embarrado soporte deformaciones y otros efectos térmicos con la siguiente expresión:

$$S_{c2} = \sqrt{\frac{k \cdot I_{ccp}^2 \cdot (t + \Delta t)}{\Delta \theta}}$$

Siendo:

S_{c2} , sección mínima en mm^2

k , Cte. del material. Para el aluminio, $0.0135 \text{ } ^\circ\text{C} \cdot \text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{A}^{-2}$

I_{ccp} , intensidad de cortocircuito permanente, en amperios.

t , tiempo de duración del cortocircuito.

Δt , Incremento aplicable al tiempo de cortocircuito por relación entre corriente de cortocircuito y de cortocircuito subtransitoria, en segundos.

$\Delta \theta$, Incremento de temperatura desde t^a de servicio continuo hasta 200°C



Para la determinación del incremento al tiempo de cortocircuito se usa:

$$\Delta t = \left(\frac{K \cdot I''}{I_{ccp}} \right) \cdot T$$

Siendo:

K, factor dependiente de la relación R/X, típicamente 1.8.

I'', valor de la corriente de cresta subtransitoria, en A.

I_{ccp}, corriente de cortocircuito permanente, en A.

T, factor dependiente del número de fases, en segundos.

Para una corriente de cresta de 80 kA, una corriente de cortocircuito permanente de 31.5 kA, y un valor medio del factor de línea de 0.225:

$$\Delta t = \left(\frac{1.8 \cdot 80}{31.5} \right) \cdot 0.225 = 1.0286 \text{ s}$$

Obtenido el incremento de tiempo de corto equivalente, con un segundo de tiempo de cortocircuito y partiendo de una temperatura de servicio continuo de 40°C:

$$S_{c2} = \sqrt{\frac{0.0135 \cdot 31.5^2 \cdot (1+1.0286)}{(200-40)}} = 412 \text{ mm}^2$$

Esta sección mínima para efectos térmicos es muy inferior a los 2.485 mm² del tubo hueco de 120/106 mmØ impuesto por la compañía, por lo que se acepta en cuanto a efectos térmicos se refiere.

2.3.1.4. AISLADORES.

La selección de aisladores se realiza teniendo en cuenta la línea de fuga mínima reglamentaria. Se han de tener en cuenta las resistencias mecánicas a torsión y flexión de los aisladores elegidos ya que habrán de ser tenidas en cuenta en los cálculos mecánicos del embarrado, influyendo en las distancias de montaje, que se determinan en apartados posteriores.

El apartado 4.4. "Coordinación de aislamiento" del documento SRZ001, establece la línea de fuga mínima en los aislamientos entre los conductores y partes puestas a tierra en los siguientes valores, referidos a la tensión entre fases más elevada de la red:

- 25 mm/kV para todas las instalaciones a la intemperie.
- 31 mm/kV en zonas con contaminación industrial y/o salina.

La tensión más elevada de la red, obtenida en el apartado 2.1.1. de este documento de acuerdo con la ITC-RAT 04 es de 72.5 kV.

La subestación se ubica dentro de un polígono industrial por lo que, optando por el lado de la seguridad, la línea de fuga mínima será de 31 mm/kV.



Con estas consideraciones los aisladores y demás aparataje tendrán una línea de fuga total mínima de:

$$L_{f\text{mín}} = 31 \cdot 72.5 = 2247.5 \text{ mm}$$

2.3.1.5. EFECTO CORONA.

Cuando el potencial es suficientemente elevado como para romper la capacidad dieléctrica del aire, se producen descargas incompletas en las cercanías de los conductores, provocando pérdidas de potencia y degradación de los materiales aislantes, si estos son poliméricos compuestos, por tanto es preceptiva la comprobación de la posible producción de efecto corona en líneas con tensión nominal superior a 66 kV y en aquellas susceptibles de padecerlo con tensiones entre 30 y 66 kV de acuerdo con el apartado 4.3 de la ITC-LAT 07.

Se procede al cálculo de la tensión crítica para el inicio del efecto corona, que habrá de resultar mayor que la tensión más elevada de la red.

$$U_c = \frac{29.8}{\sqrt{2}} \cdot \sqrt{3} \cdot m_c \cdot \delta \cdot m_t \cdot r \cdot 2.302 \cdot \log \frac{DMG}{r}$$

Donde:

U_c , tensión crítica disruptiva del efecto corona en kV.

m_c , coeficiente de rugosidad del conductor, en tubo liso nuevo, 1.

m_t , factor de humedad de aire. 1 por aire seco.

r , radio del conductor en cm.

δ , densidad relativa del aire respecto de 25°C y 76 cm/Hg.

DMG, distancia media geométrica entre fases, en cm.

Para obtener el factor corrector por densidad del aire, se hace necesaria la determinación de la presión barométrica en el emplazamiento de la subestación. Se hace una estimación de la presión sabiendo que la altura del emplazamiento respecto al nivel del mar es $y = 127$ m.

$$\log p = \log 76 - \frac{y}{19342.36}$$

Siendo:

p , presión barométrica en cm/Hg.

y , altura sobre el nivel del mar en m.

$$\log p = \log 76 - \frac{127}{19342.36} \rightarrow p = 74.86 \text{ cm/Hg}$$

Estimada la presión atmosférica se procede a calcular la densidad relativa del aire.

$$\delta = \frac{3.921 \cdot p}{273 + \theta}$$

Siendo:

p , presión atmosférica en cm/Hg.

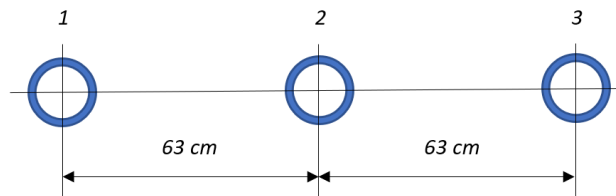
θ , temperatura ambiente en °C.



Según datos de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), la temperatura media del mes más caluroso en Córdoba es ligeramente inferior a 40°C, con ese valor, el factor por densidad del aire queda:

$$\delta = \frac{3.921 \cdot 74.86}{273 + 40} = 0.9378$$

La distancia media geométrica entre conductores es:



$$DMG = \sqrt[3]{D_{1-2} \cdot D_{2-3} \cdot D_{3-1}} = \sqrt[3]{63 \cdot 63 \cdot (2 \cdot 63)} = 79.37 \text{ cm}$$

Obtenidos todos los factores necesarios se calcula la tensión crítica:

$$U_c = \frac{29.8}{\sqrt{2}} \cdot \sqrt{3} \cdot 1 \cdot 0.9378 \cdot 1 \cdot 12 \cdot 2.302 \cdot \log \frac{79.37}{12} = 775.75 \text{ kV} \gg 72.5 \text{ kV}$$

Para la distancia mínima entre las barras no se producirá efecto corona al ser la tensión crítica muy superior a los 72'5 kV, y tampoco se producirá con distancias superiores a dicha distancia mínima.



2.3.2. CÁLCULOS MECÁNICOS.

Una vez establecida la sección del embarrado, corresponde comprobar los distintos esfuerzos mecánicos a fin de establecer distancias y resistencia de anclajes y aisladores.

2.3.2.1. ESFUERZO ELECTRODINÁMICO.

Al producirse un cortocircuito trifásico los conductores se verán sometidos a un esfuerzo lateral cuantificado mediante la ley de Laplace, que ajustada en unidades y en función de la corriente de cortocircuito queda en la forma:

$$F = \frac{4.08 \cdot K^2 \cdot I''^2}{d} \cdot 10^{-8} \text{ kg/cm}$$

Donde:

K, relación R/X desde el embarrado.

I'', corriente de cortocircuito, en A.

d, distancia entre barras, en cm.

En el apartado 2.1.2. del presente documento, con base en la Instrucción técnica complementaria ITC-RAT 12, la distancia mínima entre fases queda establecida en 63 cm. Tomando una relación R/X de 1.8 y un valor de corriente de cresta subtransitoria de 80 kA:

$$F = \frac{4.08 \cdot 1.8^2 \cdot 31500^2}{63} \cdot 10^{-8} = 2.08 \text{ kg/cm}$$

2.3.2.2. CARGAS POR PESO Y VIENTO.

Para la determinación del esfuerzo flector total sobre los conductores del embarrado hay que sumar al efecto electrodinámico provocado por un cortocircuito, las cargas permanentes por peso propio, viento y, en su caso, hielo.

Características del conductor

Los datos que aporta el fabricante Electrocome:

ALUMINIO 6063 T5	
Peso específico	2,7 gr/cm ³
Carga de rotura	220 N/mm ²
Límite elástico	170 N/mm ²
Módulo de elasticidad	69000 N/mm ²

Tabla 2.9. Características del Aluminio 6063. Fuente: www.electrocome.com



Peso propio

Para un tubo de aluminio hueco 120/106 mm \varnothing :

$$P = 2.7 \frac{gr}{cm^3} \cdot \pi \left(\left(\frac{12}{2} \right)^2 - \left(\frac{10.6}{2} \right)^2 \right) cm^2 \cdot 10^{-3} \frac{kg}{gr} = 0.06709 \frac{kg}{cm}$$

Peso viento

Para la determinación de la carga horizontal por viento sobre conductores se consideran los valores indicados en el apartado 3 de la ITC-LAT 07 del *Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión*:

- Velocidad del viento: 120 km/h
- Carga de viento en superficies cilíndricas:

$$q = 70 \cdot \left(\frac{\text{Velocidad del viento}}{120} \right)^2 daN/m^2$$

De acuerdo con los valores anteriores la fuerza horizontal por viento en cada tramo de conductor será:

$$F_v = 1,02 \cdot q \cdot d_e \cdot 10^{-5} kg/cm$$

Siendo:

q, carga de viento en daN/m²

d_e, diámetro externo del conductor en mm

$$F_v = 1,02 \cdot 70 \cdot 120 \cdot 10^{-5} = 0.0857 kg/cm$$

2.3.2.3. MOMENTO FLECTOR.

En los cálculos de resistencia mecánica de los embarrados, a los conductores tubulares rígidos se les considera como vigas empotradas en ambos extremos, tomando el momento flector la forma:

$$M = \frac{E_T \cdot l^2}{12}$$

Siendo:

E_T, esfuerzo sobre la barra, en kg/cm

L, longitud de la barra entre apoyos, en cm



Para obtener el esfuerzo flexor total sobre cada barra se calcula el módulo de la suma vectorial de los esfuerzos verticales (peso) y horizontales (viento y electrodinámico):

$$E_T = \sqrt{P^2 + (F + F_v)^2}$$

Siendo:

P , peso propio en kg/cm

F , esfuerzo electrodinámico en kg/cm

F_v , esfuerzo por viento en kg/cm

$$E_T = \sqrt{0.06709^2 + (2.08 + 0.0857)^2} = 2.17 \text{ kg/cm}$$

De acuerdo con las distancias reglamentarias, se estima una distancia entre apoyos de 600 cm.

$$M = \frac{2.17 \cdot 600^2}{12} = 65100 \text{ kg.cm}$$

Para poder aceptar los valores estimados hasta este punto se habrá de cumplir que la relación entre el momento flector y la carga de rotura sea inferior al momento resistente de cada barra:

$$\frac{\text{Momento flexor}}{\text{Límite elástico}} \leq \text{Momento resistente}$$

La compañía exige un material para el embarrado con límite de fluencia comprendido entre 1600 y 2400 kg/cm². La aleación de aluminio 6063 T5 tiene un límite elástico de 1733 kg/cm² y una carga de rotura de 2243 kg/cm², según el fabricante.

Se calcula el momento resistente del tubo hueco:

$$W = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{D_{ext}^4 - D_{int}^4}{D_{ext}} = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{12^4 - 10.6^4}{12} = 66.36 \text{ cm}^3$$

Se procede a la comparación de la relación M/K con el momento resistente:

$$\frac{M}{K} = \frac{65100}{1733} = 37.56 \ll 66.36 = W$$

Con este resultado se llega a las siguientes conclusiones a tener en cuenta en la determinación de las distancias de montaje finales:

- La sección del tubo 120/106 mmØ resulta sobredimensionada a efectos de resistencia mecánica.
- La distancia entre barras no necesita ser mayor que 63 cm.
- La distancia entre apoyos podría ser mayor que 6 m.



2.3.2.4. CARGA EN LOS AISLADORES.

El esfuerzo mecánico que habrán de soportar los aisladores de apoyo determinará la distancia entre estos y su selección según su disponibilidad. Teniendo en cuenta las conclusiones a las que se llega en apartados anteriores de este documento y dando continuidad al planteamiento, se calcula el esfuerzo a flexión en los aisladores de apoyo para una distancia de 5m.

$$E_{\text{Aislador}} = E_T \cdot L = 2.17 \frac{\text{kg}}{\text{cm}} \cdot 600 \text{ cm} = 1302 \text{ kg}$$

2.3.2.5. RESONANCIA.

Flecha máxima en el conductor

$$f = \frac{p \cdot L^4}{348 \cdot E \cdot I}$$

Siendo:

f, flecha del embarrado en cm.

p, peso por unidad de longitud de la barra en kg/cm.

L, distancia entre apoyos en cm.

E, módulo de elasticidad en kg/cm².

I, momento de inercia en cm⁴.

El momento de inercia de la corona circular será:

$$I = \frac{M}{2} \cdot (r_{\text{ext}}^2 - r_{\text{int}}^2) = \frac{2.7}{2} \cdot (12^2 + 10.6^2) = 346.1 \text{ cm}^4$$

Se convierte el módulo de elasticidad proporcionado por el fabricante a kg/cm:

$$E = 69000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 0.10197 \frac{\text{kg}}{\text{N}} \cdot 100 \frac{\text{mm}^2}{\text{cm}^2} = 703593 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Se calcula la flecha máxima en el vano:

$$f = \frac{0.06709 \cdot 500^4}{348 \cdot 703593 \cdot 346.1} = 4.95 \cdot 10^{-2} \text{ cm}$$



Número de oscilaciones

La frecuencia natural de oscilación de las barras habrá de ser menor o igual a 100 Hz, calculada con la siguiente expresión:

$$n_e = \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{980}{f}}$$

Donde:

n_e, frecuencia de oscilación natural en Hz.

f, flecha del embarrado en cm.

$$n_e = \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{980}{4.95 \cdot 10^{-2}}} = 22.39 \text{ Hz}$$

Dado que la frecuencia obtenida es muy inferior a 100 Hz con esas dimensiones, el embarrado tendrá una resistencia correcta a efectos de resonancia.

2.4. CONEXIÓN DE APARAMENTA.

Para la conexión entre los equipos, la compañía Endesa indica, a través del apartado 3.2 del documento Cálculos del proyecto tipo SYZH01, que los conductores a utilizar serán cable LA-280 o LA-380, los cuales presentan las siguientes características:

CONDUCTOR	LA-280	LA-380
Diámetro aparente (mm)	21,8	25,38
Sección (mm ²)	281,1	381
I. permanente admisible (A)	581,2	719,6

2.4.1. CÁLCULOS ELÉCTRICOS.

2.4.1.1. INTENSIDAD NOMINAL.

La intensidad máxima en régimen permanente para los conductores de conexión de aparamenta será la correspondiente a la potencia nominal de cada transformador.

$$I_n = \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U_n}$$

Siendo:

I_n, Intensidad nominal total para la posición de transformador, en A..

S_n, Potencia nominal de cada transformador en VA.

U_n, Tensión nominal del sistema, en V.



La intensidad máxima en régimen permanente en cada embarrado secundario será:

$$I_n = \frac{63 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 66 \cdot 10^3} = 551.11 \text{ A}$$

Si se tienen en cuenta posibles sobrecargas puntuales de un 10%, el valor de la corriente en régimen permanente podría llegar a superar los 600 amperios, valor por encima del máximo admisible para un conductor LA-280, por lo que en cuanto a intensidad de régimen permanente se elige el cable LA-380 (337-AL1 /44-ST1A).

Designación Código / Código antiguo	Sección mm ²		Equiv en Cobre (mm ²)	Diámetro mm		Composición				Carga de Rotura (daN)	Resist. eléctrica c.c. a 20°C (Ω/km)	Masa Kg /km	Módulo elasticidad daN/m ²	Coef. de dilatación lineal (°C ⁻¹ ·10 ⁻⁶)
	Aluminio	Total		Acero	Total	Alambres de aluminio		Alambres de acero						
						Nº	Diámetro (mm)	Nº	Diámetro (mm)					
337-AL1 / 44-ST1A LA 380 (Gull)	337,3	381,0	212	8,46	25,38	54	2,82	7	2,82	10650	0,0857	1275	6900	19,3

Tabla 2.10. Características cable LA-380. Fuente: Documento LRZ001 de Endesa.

2.4.1.2. CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO.

Como quedó indicado en el apartado 2.3.1.2 de este documento, el valor de la corriente de cortocircuito a efectos de diseño viene impuesto por la compañía Endesa a través del apartado 4.3 del documento SRZ001 y su Guía. Para embarrados con tensión nominal de 66 kV esta será de 31.5 kA. Además, en el mismo apartado se establece un tiempo de un segundo de duración del defecto en todos los casos y una corriente de cresta de 80 kA.

2.4.1.3. SOLICITACIÓN TÉRMICA.

Se calcula la sección mínima para que el material del embarrado soporte deformaciones y otros efectos térmicos con la siguiente expresión:

$$S_{c2} = \sqrt{\frac{k \cdot I_{ccp}^2 \cdot (t + \Delta t)}{\Delta \theta}}$$

Siendo:

S_{c2} , sección mínima en mm²

k , Cte. del material. Para el aluminio, 0.0135 °C·mm²·s⁻¹·A⁻²

I_{ccp} , intensidad de cortocircuito permanente, en amperios.

t , tiempo de duración del cortocircuito.

Δt , Incremento aplicable al tiempo de cortocircuito por relación entre corriente de cortocircuito y de cortocircuito subtransitoria, en segundos.

$\Delta \theta$, Incremento de temperatura desde t^a de servicio continuo hasta 200°C



Para la determinación del incremento al tiempo de cortocircuito se usa:

$$\Delta t = \left(\frac{K \cdot I''}{I_{ccp}} \right) \cdot T$$

Siendo:

K , factor dependiente de la relación R/X , típicamente 1.8.

I'' , valor de la corriente de cresta subtransitoria, en A.

I_{ccp} , corriente de cortocircuito permanente, en A.

T , factor dependiente del número de fases, en segundos.

Para una corriente de cresta de 80 kA, una corriente de cortocircuito permanente de 31.5 kA, y un valor medio del factor de línea de 0.225:

$$\Delta t = \left(\frac{1.8 \cdot 80}{31.5} \right) \cdot 0.225 = 1.0286 \text{ s}$$

Obtenido el incremento de tiempo de corto equivalente, con un segundo de tiempo de cortocircuito y partiendo de una temperatura de servicio continuo de 40°C:

$$S_{c2} = \sqrt{\frac{0.0135 \cdot 31500^2 \cdot (1 + 1.0286)}{(200 - 40)}} = 412 \text{ mm}^2$$

Esta sección mínima para efectos térmicos es superior a los 381 mm² del cable LA-380, por lo que habrá que tarar los relés a un tiempo de disparo menor:

$$t_{relé} = \frac{S_c^2 \cdot \Delta\theta}{k \cdot I_{ccp}^2} - \Delta t = \frac{380^2 \cdot 160}{0.0135 \cdot 31500^2} - 1.0286 = 0.696 \text{ s.}$$

Teniendo que fijar el tiempo de disparo en los relés a un tiempo menor a 0.69 segundos, se tararán a 0.5 segundos, y entonces la sección mínima para soportar efectos térmicos de cortocircuito pasa a ser:

$$S_{c2} = \sqrt{\frac{0.0135 \cdot 31500^2 \cdot (0.5 + 1.0286)}{(200 - 40)}} = 357 \text{ mm}^2$$



2.5. APARAMENTA.

El conjunto de la aparamenta del parque de alta tensión en una subestación híbrida con embarrado doble habrá de estar compuesto, según las posiciones, por:

Posiciones de línea:

- 1 módulo híbrido Y1 de línea.
- 3 pararrayos unipolares.
- 3 transformadores de tensión.

Posiciones de transformador:

- 1 módulo híbrido Y1 de transformador.
- 3 pararrayos unipolares.

Posición de acople:

- 1 módulo híbrido de acoplamiento *Single bay*.

Posición de medida:

- 2 transformadores de tensión inductivos.

Las características comunes a todos los elementos del parque de 66 kV son:

- Tensión nominal de la red: 66 kV
- Tensión más elevada para el material: 72.5 kV
- Tensión soportada de corta duración a f.i.(valor eficaz): 140 kV
- Tensión soportada con impulsos tipo rayo (valor de cresta): 325 kV
- Frecuencia nominal: 50 Hz
- Corriente en servicio continuo módulo barras: 2000 A
- Corriente en servicio continuo módulo trafo y salida de línea: 2000 A
- Corriente admisible de corta duración (1 seg): 31.5 kA
- Valor de cresta de la corriente admisible de corta duración: 80 kA



2.5.1. PARARRAYOS.

2.5.1.1. TENSIÓN NOMINAL.

La tensión nominal de un pararrayos es el mayor valor de tensión eficaz entre sus bornes para el cual el funcionamiento estará dentro de lo previsto durante las sobretensiones temporales. La norma UNE-EN 60099-4 establece las tensiones normalizadas en los valores indicados en la siguiente tabla:

Intervalo de tensión asignada (kV eficaces)	Incrementos de tensión asignada (kV eficaces)
3 a 30	1
30 a 54	2
54 a 96	6
96 a 288	12
288 a 396	18
396 a 900	24

Tabla 2.11. Tensiones nominales en pararrayos. Norma UNE 60099-4

Para la selección del pararrayos se tiene en cuenta el TOVc 10s (Temporary Overvoltages Capability), tensión soportada durante durante 10 segundos dado por los fabricantes. Viene determinado por:

$$TOV_c(10s) \geq U_{eq} = U_t \cdot \left(\frac{T_t}{10}\right)^{0.02} = \frac{k \cdot U_m}{\sqrt{3}} \cdot \left(\frac{T_t}{10}\right)^{0.02}$$

Donde:

T_t , tiempo previsto de sobretensión temporal en segundos.

U_m , tensión máxima para el material en kV.

k , factor de tierra, $k \leq 1.4$ para neutro rígido a tierra.

Tomando al mayor factor de tierra para una mayor seguridad:

$$TOV_c(10s) \geq \frac{1.4 \cdot 72.6}{\sqrt{3}} \cdot \left(\frac{1}{10}\right)^{0.02} = 56 \text{ kV}$$



2.5.1.2. TENSIÓN DE SERVICIO CONTINUO.

El pararrayos debe soportar en servicio permanente la mayor tensión que pueda darse en la red de forma sostenida. En sistemas con eliminación automática de fallas, esta tensión será la tensión de fase, multiplicada por el factor 1'05 para compensar la presencia de armónicos.

$$U_c = \frac{U_m}{\sqrt{3}} \cdot 1'05 = \frac{72.6}{\sqrt{3}} \cdot 1.05 = 44 \text{ kV}$$

2.5.1.3. CORRIENTE NOMINAL.

La norma UNE-EN IEC 60099-5 recomienda valores de intensidad nominal para los pararrayos en función de la tensión máxima de la red.

Tensión máxima del sistema (kVef)	Corriente nominal de descarga
$U_s \leq 72,5 \text{ kV}$	5 kA
$72,5 \text{ kV} < U_s \leq 245 \text{ kV}$	10 kA
$245 \text{ kV} < U_s \leq 420 \text{ kV}$	10 kA
$U_s > 420 \text{ kV}$	20 kA

Tabla 2.12. Valores de corriente nominal de descarga en función de la tensión de la red.

Fuente: "Selección óptima de pararrayos" [4].

Para pararrayos de 10 kA y 20 kA se define la clase de descarga de línea como la capacidad del pararrayos para disipar la energía correspondiente a la descarga de una línea precargada (de acuerdo con la norma UNE-EN 60099-4 [5]). Existen cinco clases de descarga de línea normalizadas: clases 1, 2 y 3 para los pararrayos de 10 kA de corriente nominal, y clases 4 y 5 para las de 20 kA [4]. De acuerdo con los valores recomendados de corriente y clase de descarga, teniendo una tensión máxima para el material de 72'6 kV, se asigna una corriente nominal de 10 kA para clase de descarga 3.

Tensión nominal del sistema U_n	Tensión máxima del sistema U_s	Clasificación de pararrayos (I_n)					
		5 kA	10 kA			20 kA	
			Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4	Clase 5
$U_n \leq 66 \text{ kV}$	$U_s \leq 72,5 \text{ kV}$	•	•	•			
$66 \text{ kV} < U_n \leq 220 \text{ kV}$	$72,5 \text{ kV} < U_s \leq 245 \text{ kV}$			•	•		
$220 \text{ kV} < U_n \leq 380 \text{ kV}$	$245 \text{ kV} < U_s \leq 420 \text{ kV}$				•	•	
$U_n > 380 \text{ kV}$	$U_s > 420 \text{ kV}$					•	

Tabla 2.13. Valores habituales de corrientes nominales de descarga (I_n) y clase de descarga de línea en función de la tensión nominal (U_n) del sistema.[4]



2.5.1.4. LÍNEA DE FUGA.

De acuerdo con el apartado 4.4 del documento SRZ001, la línea de fuga será de 25 mm/kV siempre que la subestación no se halle dentro de una zona de alta contaminación o ambiente salino, donde será de 31 mm/kV. La tensión a usar en el cálculo de la línea de fuga será la tensión máxima de la red, 72'6 kV en esta ocasión. Dado que la zona donde se ubican las instalaciones corresponden al interior de un polígono industrial de cierta magnitud, se considera que la contaminación será fuerte de acuerdo con la clasificación de la ITC-LAT 07.

Nivel de contaminación	Ejemplos de entornos típicos	Línea de fuga específica nominal mínima mm/kV ¹⁾
I Ligero	<ul style="list-style-type: none"> - Zonas sin industrias y con baja densidad de viviendas equipadas con calefacción. - Zonas con baja densidad de industrias o viviendas, pero sometidas a viento o lluvias frecuentes. - Zonas agrícolas²⁾ - Zonas montañosas - Todas estas zonas están situadas al menos de 10 km a 20 km del mar y no están expuestas a vientos directos desde el mar³⁾ 	16,0
II Medio	<ul style="list-style-type: none"> - Zona con industrias que no producen humo especialmente contaminante y/o con densidad media de viviendas equipadas con calefacción. - Zonas con elevada densidad de viviendas y/o industrias pero sujetas a vientos frecuentes y/o lluvia. - Zonas expuestas a vientos desde el mar, pero no muy próximas a la costa (al menos distantes bastantes kilómetros)³⁾. 	20,0
III Fuerte	<ul style="list-style-type: none"> - Zonas con elevada densidad de industrias y suburbios de grandes ciudades con elevada densidad de calefacción generando contaminación. - Zonas cercanas al mar o en cualquier caso, expuestas a vientos relativamente fuertes provenientes del mar³⁾. 	25,0
IV Muy fuerte	<ul style="list-style-type: none"> - Zonas, generalmente de extensión moderada, sometidas a polvos conductores y a humo industrial que produce depósitos conductores particularmente espesos. - Zonas, generalmente de extensión moderada, muy próximas a la costa y expuestas a pulverización salina o a vientos muy fuertes y contaminados desde el mar. - Zonas desérticas, caracterizadas por no tener lluvia durante largos periodos, expuestas a fuertes vientos que transportan arena y sal, y sometidas a condensación regular. 	31,0

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

Tabla 2.14. Niveles de contaminación. Tabla 14 de la ITC-LAT 07.

Teniendo en cuenta el nivel de contaminación y la tensión máxima de la red, la línea de fuga será:

$$L_f = 31(\text{mm/kV}) \cdot 72.6 \text{ kV} = 2250.6 \text{ mm}$$

2.5.1.5. MARGEN DE PROTECCIÓN A IMPULSOS TIPO RAYO.

Se define el margen de protección a impulsos tipo rayo como el cociente entre la tensión soportada a impulsos tipo rayo por el material a proteger y el del pararrayos. Cuanto más baja es la tensión a impulso tipo rayo soportada por la autoválvula, más lejos estará la tensión residual del valor de tensión impulso tipo rayo soportada por los materiales a proteger. El mínimo margen de protección a impulso tipo rayo que se suele escoger es de un 20 %, por lo tanto, habrá que escoger un pararrayos que cumpla:

$$\frac{U \text{ soportada a impulso tipo rayo del material}}{U \text{ soportada tipo rayo autoválvula}} \geq 1.2$$

$$U \text{ soportada tipo rayo autoválvula} \leq \frac{325}{1.2} = 270.8 \text{ kV}$$



2.5.1.6. MARGEN DE PROTECCIÓN A IMPULSOS TIPO MANIOBRA.

Se define el margen de protección a impulsos tipo maniobra como el cociente entre la tensión soportada a impulsos tipo maniobra del material y el del pararrayos. Para este valor se recomienda alcanzar un mínimo del 15 %, por lo tanto, se impondrá un valor de impulsos tipo maniobra del pararrayos tal que:

$$\frac{U \text{ soportada a impulso tipo maniobra del material}}{U \text{ soportada tipo maniobra de la autoválvula}} \geq 1.15$$

$$U \text{ soportada tipo maniobra de la autoválvula} \leq \frac{140}{1.15} = 121.7 \text{ kV}$$

2.5.1.7. SELECCIÓN DEL PARARRAYOS.

Los datos obtenidos en los cálculos realizados en los anteriores apartados se presentan en la siguiente tabla:

VALORES CALCULADOS PARA LA SELECCIÓN DE PARARRAYOS	
Tensión nominal	56 kV
T. Servicio continuo	44 kV
Corriente nominal	10 kA
Línea de fuga	2250,6 mm
T. impulso tipo rayo	270,8 kV máx.
T. impulso tipo maniobra	121,7 kV máx.

Tabla 2.15. Valores calculados para la selección de pararrayos del parque 66 kV.

La compañía por su parte impone una serie de valores con los que comparar los resultados obtenidos y ajustarlos a valores normalizados en la fabricación de pararrayos:

VALORES SYZH01 PARA LA SELECCIÓN DE PARARRAYOS	
Tensión nominal	60 kV
T. Servicio continuo	48 kV
Corriente nominal	10 kA

Tabla 2.16. Valores de Endesa para la selección de pararrayos del parque 66 kV.

Además, de acuerdo con las exigencias de Endesa, las autoválvulas habrán de contar con:

- Clase de descarga 3
- Aislamiento externo goma-silicona
- Contador de descarga Individual (incluido)

Con estas condiciones se procede a la selección de las autoválvulas modelo ZSP de la marca INAEL.

Tensión Asignada (kV eficaces)	Tensión Continua Uc* (kV eficaces)	STT ⁽¹⁾		Equivalente al frente de onda ** (kV cresta)	Máxima sobretensión de maniobra *** (kV cresta)	Tensión residual máxima (kV cresta) Usando una onda de corriente 8/20 µseg					
		1 s (kV eficaces)	10 s (kV eficaces)			1.5 kA	3 kA	5 kA	10 kA	20 kA	40 kA
24	19.5	28.5	27.1	62.0	47.4	50.8	53.0	54.5	58.0	62.3	68.2
27	22.0	32.1	30.6	70.1	53.6	57.5	59.9	61.6	65.6	70.4	77.1
30	24.4	35.6	33.9	78.2	59.7	64.1	66.9	68.7	73.2	78.6	86.0
36	29.0	42.3	40.3	93.5	71.4	76.6	79.9	82.2	87.5	93.9	103.0
39	31.5	46.0	43.8	102	77.6	83.3	86.8	89.3	95.0	102.0	112.0
45	36.5	53.3	50.7	116	88.6	95.1	99.1	102.0	108.0	116.0	127.0
48	39.0	56.9	54.2	124	94.8	102.0	106.0	109.0	116.0	125.0	136.0
54	42.0	61.3	58.4	134	102	110.0	114.0	118.0	125.0	135.0	147.0
60	48.0	70.1	66.7	151	116	124.0	129.0	133.0	142.0	152.0	166.0
66	54.0	78.8	75.1	167	128	137.0	143.0	147.0	156.0	168.0	183.0
72	57.0	83.2	79.2	178	136	146.0	152.0	157.0	167.0	179.0	196.0

Tabla 2.17. Características de funcionamiento de los pararrayos ZSP 60 kV. Fuente: Catálogo INAEL.

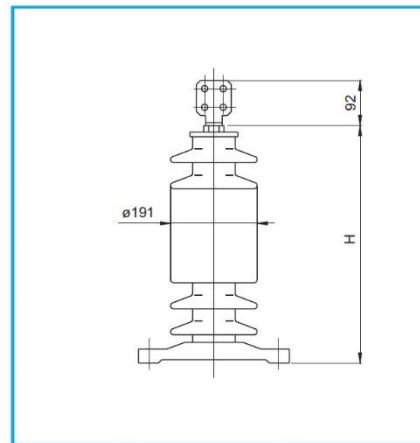
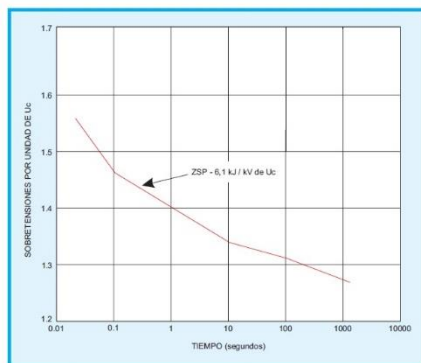


Figura 2.2. Gráfico sobretensiones y dimensiones del pararrayos ZSP. Fuente: Catálogo INAEL.

2.5.2. AISLADORES.

Los aisladores de embarrado se seleccionan de acuerdo con la línea de fuga mínima, en función de la tensión máxima de la red y el máximo esfuerzo a flexión al que se puedan ver sometidos.

2.5.2.1. LÍNEA DE FUGA.

De acuerdo con el apartado 4.4 del documento SRZ001, la línea de fuga será de 25 mm/kV siempre que la subestación no se halle dentro de una zona de alta contaminación o ambiente salino, donde será de 31 mm/kV. La tensión a usar en el cálculo de la línea de fuga será la tensión máxima de la red, 72'6 kV en esta ocasión. Dado que la zona donde se ubican las instalaciones corresponden al interior de un polígono industrial de cierta magnitud, se considera que la contaminación será fuerte de acuerdo con la clasificación de la ITC-LAT 07. Teniendo en cuenta el nivel de contaminación y la tensión máxima de la red, la línea de fuga mínima será:

$$L_f = 31(\text{mm/kV}) \cdot 72.6 \text{ kV} = 2250.6 \text{ mm}$$

2.5.2.2. CARGA MECÁNICA EN LOS AISLADORES.

El esfuerzo mecánico que habrán de soportar los aisladores de apoyo determinará la distancia entre estos y su selección según su disponibilidad. Teniendo en cuenta las conclusiones a las que se llega en apartados anteriores de este documento y dando continuidad al planteamiento, se calcula el esfuerzo a flexión en los aisladores de apoyo para una distancia de 5m.

$$E_{\text{Aislador}} = E_T \cdot L = 2.17 \frac{\text{kg}}{\text{cm}} \cdot 600 \text{ cm} = 1302 \text{ kg}$$

Con los valores obtenidos, se seleccionan los aisladores de POINSA, modelo C4-325.

DESIGNACION / REFERENCE		C4-325
Línea de fuga mínima según nivel de polución CEI 60815 (mm.) <i>Minimum creepage distance according to pollution level IEC 60815 (mm.)</i>	I	1160
	II	1450
	III	1812,5
	IV	2247,5
DATOS ELECTRICOS / ELECTRICAL VALUES		
Tensión nominal / máxima <i>Nominal voltage / maximum voltage</i>	- kV	66/72,5
Tensión soportada al choque <i>Lightning impulse withstand voltage</i>	- kV	325
Tensión soportada bajo lluvia a 50 Hz <i>Power frequency withstand voltage, wet 50Hz</i>	- kV	140
DATOS MECANICOS / MECHANICAL VALUES		
Mínima carga de rotura a Flexión <i>Minimum bending failing load</i>	- N	4000
Mínima carga de rotura a la Torsión <i>Minimum bending failing load</i>	- N	2000



Figura 2.3. Aislador POINSA C4-325. Fuente Catálogo POINSA.



2.5.3. TRANSFORMADORES DE TENSIÓN.

Los transformadores de tensión del parque de 66 kV deberá cumplir con las especificaciones marcadas por el documento SRZ001 de Endesa, así como las del proyecto tipo de subestaciones híbridas, SYZH01.

- Los transformadores de tensión de medida serán monofásicos, con un extremo del primario conectado a tierra.
- El secundario dispondrá de dos o tres arrollamientos dependiendo de las necesidades de medida y protección.
- La potencia de cada devanada será superior, con un cierto margen, que la suma de los consumos de los aparatos de medida o protección que alimente.
- La carga en el circuito secundario de los transformadores de medida estará entre el 25% y 100% de su potencia de precisión.
- La selección de los transformadores de tensión inductivos se hará tomando como referencia la norma SNE018.

Características asignadas de los transformadores de tensión inductivos de línea/barras:

- Tensión nominal de la red: 66 kV
- Tensión más elevada para el material: 72.5 kV
- Relación de transformación: 66:√3/0,11:√3-0,11:√3-0,11:√3 kV
- Potencias y clases de precisión:
 - 1º Arrollamiento: 25 VA, clase 0,2 Indistintamente
 - 2º Arrollamiento: 25 VA, clase 0,5-3P Indistintamente
 - 3º Arrollamiento: 25 VA, clase 0,5-3P Indistintamente
- Factor de tensión: 1,2 continuo – 1,5 durante 30 seg
- Tensión soportada a frecuencia industrial: 140 kV
- Tensión impulsos tipo rayo: 325 kV

Con estas especificaciones se eligen los transformadores de tensión Arteché, modelo UTE-72.

Modelo	Tensión máxima de servicio (kV)	Tensiones de ensayo			Potencia térmica (VA)	Línea de fuga estándar (mm)	Dimensiones		Peso (kg)
		Frecuencia industrial (kV)	Impulso (kVp)	Maniobra (kVp)			A x B (mm)	H (mm)	
UTB-52	52	95	250	-	1.500	1.300	300x300	1.335	95
UTD-52	52	95	250	-	2.000	1.300	330x300	1.395	150
UTB-72	72,5	140	325	-	1.500	1.825	300x300	1.335	108
UTD-72	72,5	140	325	-	2.000	1.825	330x300	1.395	150
UTE-72	72,5	140	325	-	2.500	1.825	400x430	1.645	285
UTD-100	100	185	450	-	2.000	2.500	330x300	1.690	165
UTD-123	123	230	550	-	3.000	3.075	350x475	2.120	292

Tabla 2.17. Características de los transformadores de tensión. Fuente: Catálogo ARTECHE.



2.5.4. MÓDULOS HÍBRIDOS.

La subestación objeto de diseño es del tipo doble barra, por lo que se impone el uso de módulos híbridos Y1 en las posiciones de línea y transformador, y un módulo Single Bay para el acoplamiento entre embarrados.

Cada uno de los módulos Y1 tendrán incluidos los siguientes dispositivos:

- 1 Interruptor automático con accionamiento eléctrico tripolar.
- 1 Seccionador con mando tripolar motorizado.
- 2 Seccionadores de barra con mando tripolar motorizado.
- 1 Seccionador de puesta a tierra con mando tripolar motorizado.
- 3 Transformadores de intensidad toroidales.
- 3 Detectores de presencia de tensión (sólo en posiciones de transformador).
- 9 Aisladores pasatapas de gas SF6/aire para la conexión a los conductores.

Por su parte los módulos de acoplamiento incluirán:

- 1 Interruptor automático con accionamiento eléctrico tripolar.
- 2 Seccionadores con mando tripolar motorizado.
- 2 Seccionadores de puesta a tierra con mando tripolar motorizado.
- 3 Transformadores de intensidad toroidales.
- Aisladores pasatapas de gas SF6/aire para la conexión a los conductores.

A continuación, se enumeran las especificaciones que habrán de cumplir cada uno de los dispositivos:

Interruptores automáticos:

- Tensión más elevada para el material: 72,5 kV
- Tipo de fluido para aislamiento y corte: SF6
- Corriente en servicio continuo en salida de línea y trafo: 2000 A
- Corriente admisible de corta duración (1 seg): 31.5 kA
- Valor de cresta de la corriente admisible de corta duración: 80 kA
- Secuencia de maniobra: msec O-0,3sec-CO-1min-CO
- Tiempo de apertura: msec < 50
- Tiempo de cierre: msec < 150
- Tiempo de cierre-apertura msec < 150
- Tensión auxiliar alimentación motor Vcc: 125+10%-15%
- Tensión auxiliar bobinas de apertura Vcc: 125+10%-30%
- Tensión auxiliar bobinas de cierre Vcc: 125+10%-15%



Seccionadores combinados y de puesta a tierra:

- Tensión más elevada para el material: 72.5 kV
- Corriente asignada en servicio continuo: 2000 A
- Tensión soportada frecuencia industrial, bajo lluvia, a tierra y entre polos: 140 kV
- Tensión soportada frecuencia industrial, bajo lluvia, sobre la distancia de seccionamiento: 160 kV
- Tensión soportada rayo, a tierra y entre polos: 325 kV
- Tensión soportada rayo sobre distancia de seccionamiento: 325 kV
- Corriente admisible de corta duración (1 seg): 31.5 kA
- Valor de cresta de la corriente admisible asignada: 80 kA
- Accionamiento cuchillas principales: Motorizado
- Accionamiento cuchillas puesta a tierra: Motorizado

Transformadores de intensidad:

- Tensión más elevada para el material: 72.5 kV
- Relación de transformación: 400-800/5-5-5 A
- Potencias y clases de precisión:
 - 1º Arrollamiento 30 VA cl.0,5 – 5P20
 - 2º Arrollamiento 30 VA cl.5P20
 - 3º Arrollamiento 30 VA cl.5P20

Se eligen los módulos Y1, modelo HYpact de General Electric.

Dato técnicos*					
Tipo		HYpact 72,5	HYpact 123	HYpact 145	HYpact 170
Tensión nominal	[kV]	72,5	123	145	170
Frecuencia nominal	[Hz]	50/60	16,7/50/60	16,7/50/60	50
Tensión soportada a frecuencia industrial					
- a tierra	[kV]	140	230	275	325
- a través de distancia de aislamiento	[kV]	160	265	315	375
Tensión soportada al impulso tipo rayo					
- a tierra	[kV]	325	550	650	750
- a través de distancia de aislamiento	[kV]	375	630	750	860
Intensidad de corriente nominal	[A]	2500	2500	2500	2500
Corriente nominal de corte en cortocircuito	[kA]	40	40	40	40
Corriente nominal de cierre en cortocircuito	[kA]	104	104	104	100
Duración nominal admisible del cortocircuito	[s]	3	3	3	3
Específicos del interruptor de potencia					
Tiempo de corte total	[ms]	≤60	≤60	≤60	≤60
Tiempo de cierre	[ms]	≤70	≤70	≤70	≤70

* Valores estándares; otros valores disponibles.

Tabla 2.18. Características de los módulos híbridos GE HYpact. Fuente: Catálogo de General Electric.



3. PARQUE DE 20 KV.

3.1. TENSIONES Y NIVEL DE AISLAMIENTO.

3.1.1. TENSIONES NORMALIZADAS.

La ITC-RAT 04, en su apartado número 1, establece la categoría de las instalaciones de acuerdo con su tensión nominal de la siguiente forma:

- Categoría especial: Las instalaciones de tensión nominal igual o superior a 220 kV y las de tensión inferior que formen parte de la Red de Transporte de acuerdo con lo establecido en la Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico.
- Primera categoría: Las de tensión nominal inferior a 220 kV y superior a 66 kV.
- Segunda categoría: Las de tensión nominal igual o inferior a 66 kV y superior a 30 kV.
- Tercera categoría: Las de tensión nominal igual o inferior a 30 kV y superior a 1 kV.

Las instalaciones quedarán encuadradas de acuerdo con el mayor nivel de tensión de todas las que se encuentren en su parque, por lo que en las estimaciones para el cálculo se tendrá en cuenta que estamos trabajando sobre una instalación de segunda categoría.

La citada instrucción establece que las tensiones más elevadas de los materiales serán iguales o superiores a las indicadas en su Tabla 1.

TENSIÓN NOMINAL DE LA RED (U_n) kV	TENSIÓN MÁS ELEVADA DE LA RED (U_s) kV	TENSIÓN MÁS ELEVADA DEL MATERIAL (U_m) kV
3	3,6	3,6
6	7,2	7,2
10	12	12
15	17,5	17,5
20	24	24
25	30	36
30	36	36
45	52	52
66	72,5	72,5
110	123	123
132	145	145
220	245	245
400	420	420

Tabla 3.1. ITC-RAT 04 Tabla 1. Tensiones normalizadas

Dado que el parque de MT tiene una tensión nominal de 20 kV queda establecida la tensión más elevada para el material y la red en 24 kV.



3.1.2. NIVEL DE AISLAMIENTO.

La instrucción técnica ITC-RAT 12 del Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión impone que el aislamiento de los equipos que se empleen en las instalaciones de A.T. a las que hace referencia, deberá adaptarse a los valores normalizados indicados en las normas UNE-EN 60071-1 y UNE-EN 60071-2 y establece tres grupos de niveles de aislamiento según la tensión más elevada para el material. Dichos grupos se establecen como:

- a) Grupo A. Tensión más elevada del material mayor de 1 kV y menor o igual de 36 kV.
- b) Grupo B. Tensión más elevada del material mayor de 36 kV y menor o igual de 245 kV.
- c) Grupo C. Tensión más elevada del material mayor de 245 kV.

El parque de 20 kV quedará encuadrado por tanto dentro del grupo A, para el que la citada instrucción, en su apartado 1.1 indica los niveles de aislamiento nominales asociados con los valores normalizados de la tensión más elevada, así como las distancias mínimas de aislamiento en aire, entre fases y entre cualquier fase y tierra, a través de su tabla 1:

TENSIÓN MÁS ELEVADA PARA EL MATERIAL (Um) (kV eficaces)	TENSIÓN SOPORTADA NOMINAL A FRECUENCIA INDUSTRIAL (kV eficaces)	TENSIÓN SOPORTADA NOMINAL A LOS IMPULSOS TIPO RAYO (kV cresta)		Distancia mínima de aislamiento en aire fase a tierra y entre fases (mm)			
		Lista 1	Lista 2	Lista 1		Lista 2	
				instalación en interior	instalación en exterior	instalación en interior	instalación en exterior
3,6	10	20		60	120		
			40			60	120
7,2	20	40		60	120		
			60			90	120
12	28	60		90	150		
			75			120	150
17,5	38	75		120	160		
			95			160	160
24	50	95		160	160		
			125			220	220
			145			270	270
36	70	145		270	270		
			170			320	320

Tabla 3.2. ITC-RAT 12 Tabla 1. Niveles de aislamiento para grupo A.

Con esto, se adoptan los siguientes valores:

- Tensión soportada a frecuencia industrial: 50 kV
- Tensión soportada a impulsos tipo rayo: 95/125 kV
- Distancias mínimas en aire: 160/220 mm (Exterior)



3.2. CABLES DE POTENCIA.

3.2.1. CÁLCULO POR INTENSIDAD NOMINAL.

Para una potencia nominal de 63 MVA en cada transformador, tendremos una intensidad nominal en régimen permanente de:

$$I_n = \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U_n}$$

Siendo:

I_n , intensidad nominal en amperios.

S_n , potencia aparente nominal en voltamperios.

U_n , tensión nominal en voltios.

$$I_n = \frac{63 \cdot 10^6}{1'73 \cdot 20 \cdot 10^3} = 1.820 \text{ A}$$

La Guía del documento SRZ001, en su apartado 7.3.1.1 establece la sección de los conductores aislados del parque de MT y su forma de montaje:

CABLES SUBTERRÁNEOS				
CONEXIÓN	SECCIÓN (mm ²)	Nº TERNAS	INSTALACIÓN	INTENSIDAD MAX.ADMISIBLE
M.T. TRAFO 40MVA	630 Cu	2 (U>15 kV)	DIRECTAMENTE ENTERRADA	2 x 715
		3 (U=15 kV)	DIRECTAMENTE ENTERRADA	3 x 715
		2 (U>15 kV)	TUBULAR	2 x 675
		3 (U=15 kV)	TUBULAR	3 x 675
		2	AIRE	2 x 1095
M.T. TRAFO 63 MVA	630 Cu	3 (U ≥ 20 kV)	DIRECTAMENTE ENTERRADA	3 x 715
		3 (U > 20 kV)	TUBULAR	3 x 675
		2	AIRE	2 x 1095
TRAFO-RESISTENCIA/REACTANCIA	240 Al	1	DIRECTAMENTE ENTERRADA	-
U. BARRAS TRANSVERSAL	630 Cu	2	AIRE	2 x 1095
		3		3 x 1095
CABINAS SALIDA RED	240 Al (400 Al)*	1	DIRECTAMENTE ENTERRADA	345
				445
TRAFO SERVICIOS AUXILIARES	95 Al	1	DIRECTAMENTE ENTERRADA	205
BATERÍA DE CONDENSADORES	240 Al	1	DIRECTAMENTE ENTERRADA	345

Tabla 3.3. Características de cable subterráneo para parque de MT

Fuente: Documento SRZ001.

Como forma preferente hay que usar 3 ternas soterradas bajo tubo. Sin embargo, en casos donde esta configuración fuese problemática por motivos de conexión de otros elementos, como la de los elementos de puesta a tierra, se pueden usar dos ternas al aire. Por otro lado, el apartado 7.2.1 establece la obligatoriedad de conexión de autoválvulas tipo *Pfisterer* en la salida de los transformadores. Teniendo en cuenta estos conceptos la configuración elegida para los cables de potencia es dos ternas de 630 mm² Cu con montaje en canal, siendo preceptiva la aplicación de los correspondientes coeficientes de corrección para ternas instaladas al aire con circulación de aire restringida, indicados por la ITC-LAT 06 del Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión.

Factor de corrección					
Número de Bandejas	Número de cables tripolares o ternos unipolares				
	1	2	3	6	9
1	0,95	0,90	0,88	0,85	0,84
2	0,90	0,85	0,83	0,81	0,80
3	0,88	0,83	0,81	0,79	0,78
6	0,86	0,81	0,79	0,77	0,76

Se seleccionan los cables del catálogo de la marca Prysmian modelo Voltalene (XLPE sin armadura) y se aplica el factor de corrección por agrupación de conductores indicado en la tabla 15, apartado 6.1.3.2.3 "Cables tripolares o ternos de cables unipolares instalados al aire y

Sección nominal mm ²	Tensión nominal					
	90 °C					
	1,8/3 kV a 18/30 kV					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	Conductores de Cu					
240	590	525	440	415	425	395
300	680	600	490	460	475	445
400	790	-	560	520	-	-
500	930	-	635	605	-	-
630	1095	-	715	675	-	-

agrupados":

Tabla 3.4. Intensidades admisibles para cables de cobre con aislamiento XLPE. Catálogo Prysmian.

$$I_{m\acute{a}x/Terna} = 1095 \cdot 0,90 = 985,5 A$$

Montándose dos ternas de salida para cada fase:

$$I_{m\acute{a}x/fase} = 985,5 \cdot 2 = 1971 A$$

La intensidad máxima por fase con esta selección es ligeramente superior a la intensidad nominal calculada, por lo que la sección elegida por criterio de intensidad nominal es 2 x 630 mm² Cu.



3.2.2. CÁLCULO POR CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO.

Los valores de las corrientes de cortocircuito a introducir en los distintos cálculos para el diseño de la subestación son indicados por la compañía Endesa a través del apartado 4.3 del documento SRZ001:

Tensión Nominal U_n (kV)	Niveles aislamiento $U_m/U_r/U_i$ (kV)	I_{ter} kA (1 seg) *	Valor cresta I_{cc} (kA)
220	245/460/1050	40/50/63	100/125/158
132	145/275/650	25/31,5/40	63/80/100
110	145/275/650	25/31,5/40	63/80/100
66	72,5/140/325	25/31,5	63/80
50	72,5/140/325	25/31,5	63/80
45	52/95/250	25/31,5	63/80
30	36/70/170	25/31,5	63/80
25	36/70/170	25/31,5	63/80
20	24/50/125	16**/25/31,5	40**/63/80
15	24/50/125	16**/25/31,5	40**/63/80
13,2	24/50/125	16**/25/31,5	40**/63/80
11	24/50/125	16**/25/31,5	40**/63/80
10	24/50/125	16**/25/31,5	40**/63/80

Tabla 3.5. Documento SRZ001, apdo. 4.3. Tabla 3. Niveles aislamiento e intensidades de cortocircuito

En cortocircuitos de duración no superior a 5 segundos y considerando como temperatura inicial la máxima admisible en servicio permanente, se usa la expresión simplificada:

$$\frac{I_{cc}}{S} = \frac{K}{\sqrt{t_{cc}}}$$

Siendo:

I_{cc} , intensidad de cortocircuito en amperios.

S , sección del conductor en mm^2 .

K , densidad de corriente admisible por material conductor y material aislante y un segundo de duración de cortocircuito en $A \cdot s^{1/2} \cdot mm^{-2}$

t_{cc} , tiempo de cortocircuito en segundos.

Donde K , para cobre con aislamiento XLPE toma un valor de $143 A \cdot s^{1/2} \cdot mm^{-2}$. Usando la intensidad de cortocircuito más desfavorable y con un tiempo máximo de disparo de protecciones de 1 segundo, se obtiene una sección:

$$S = \frac{31500 \cdot \sqrt{1}}{143} = 220'3 \text{ mm}^2$$



El valor de sección mínima obtenida para hacer frente al efecto térmico del cortocircuito es muy inferior a los 2x630 mm² Cu obtenidos en el cálculo de régimen permanente, por lo que siguen siendo ésta última la configuración seleccionada: 2 x 630 mm² Cu.

3.3. PARARRAYOS.

3.3.1. TENSIÓN NOMINAL.

La tensión nominal de un pararrayos es el mayor valor de tensión eficaz entre sus bornes para el cual el funcionamiento estará dentro de lo previsto durante las sobretensiones temporales. La norma UNE-EN 60099-4 establece las tensiones normalizadas en los valores indicados en la siguiente tabla:

Intervalo de tensión asignada (kV eficaces)	Incrementos de tensión asignada (kV eficaces)
3 a 30	1
30 a 54	2
54 a 96	6
96 a 288	12
288 a 396	18
396 a 900	24

Tabla 3.6. Tensiones nominales en pararrayos. Norma UNE 60099-4

Para la selección del pararrayos se tiene en cuenta el TOVc 10s (Temporary Overvoltages Capability), tensión soportada durante durante 10 segundos dado por los fabricantes. Viene determinado por:

$$TOV_c(10s) \geq U_{eq} = U_t \cdot \left(\frac{T_t}{10}\right)^{0.02} = \frac{k \cdot U_m}{\sqrt{3}} \cdot \left(\frac{T_t}{10}\right)^{0.02}$$

Donde:

T_t , tiempo previsto de sobretensión temporal en segundos.

U_m , tensión máxima para el material en kV.

k , factor de tierra, $1.4 \leq k \leq 1.73$ para neutro rígido a tierra.

Tomando al mayor factor de tierra para una mayor seguridad:

$$TOV_c(10s) \geq \frac{1.6 \cdot 24}{\sqrt{3}} \cdot \left(\frac{1}{10}\right)^{0.02} = 21.2 \text{ kV}$$



3.3.2. TENSIÓN DE FUNCIONAMIENTO CONTINUO.

El pararrayos debe soportar en servicio permanente la mayor tensión que pueda darse en la red de forma sostenida. En sistemas con eliminación automática de fallas, esta tensión será la tensión de fase, multiplicada por el factor 1'05 para compensar la presencia de armónicos.

$$U_c = \frac{U_m}{\sqrt{3}} \cdot 1'05 = \frac{24}{\sqrt{3}} \cdot 1.05 = 14.5 \text{ kV}$$

3.3.3. CORRIENTE NOMINAL.

La norma UNE-EN IEC 60099-5 recomienda valores de intensidad nominal para los pararrayos en función de la tensión máxima de la red.

Tensión máxima del sistema (kVef)	Corriente nominal de descarga
$U_s \leq 72,5 \text{ kV}$	5 kA
$72,5 \text{ kV} < U_s \leq 245 \text{ kV}$	10 kA
$245 \text{ kV} < U_s \leq 420 \text{ kV}$	10 kA
$U_s > 420 \text{ kV}$	20 kA

Tabla 3.7. Valores de corriente nominal de descarga en función de la tensión de la red.

Fuente: "Selección óptima de pararrayos" [4].

Para pararrayos de 10 kA y 20 kA se define la clase de descarga de línea como la capacidad del pararrayos para disipar la energía correspondiente a la descarga de una línea precargada (de acuerdo con la norma UNE-EN 60099-4 [5]). Existen cinco clases de descarga de línea normalizadas: clases 1, 2 y 3 para los pararrayos de 10 kA de corriente nominal, y clases 4 y 5 para las de 20 kA [4]. De acuerdo con los valores recomendados de corriente y clase de descarga, teniendo una tensión máxima para el material de 24 kV, se asigna una corriente nominal de 10 kA para clase de descarga 2.

Tensión nominal del sistema U_n	Tensión máxima del sistema U_s	Clasificación de pararrayos (I_n)					
		5 kA	10 kA			20 kA	
			Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4	Clase 5
$U_n \leq 66 \text{ kV}$	$U_s \leq 72,5 \text{ kV}$	•	•	•			
$66 \text{ kV} < U_n \leq 220 \text{ kV}$	$72,5 \text{ kV} < U_s \leq 245 \text{ kV}$			•	•		
$220 \text{ kV} < U_n \leq 380 \text{ kV}$	$245 \text{ kV} < U_s \leq 420 \text{ kV}$				•	•	
$U_n > 380 \text{ kV}$	$U_s > 420 \text{ kV}$					•	

Tabla 3.8. Valores habituales de corrientes nominales de descarga (I_n) y clase de descarga de línea en función de la tensión nominal (U_n) del sistema.[4]



3.3.4. LÍNEA DE FUGA.

De acuerdo con el apartado 4.4 del documento SRZ001, la línea de fuga será de 25 mm/kV siempre que la subestación no se halle dentro de una zona de alta contaminación o ambiente salino, donde será de 31 mm/kV. La tensión a usar en el cálculo de la línea de fuga será la tensión máxima de la red, 24 kV en esta ocasión. Dado que la zona donde se ubican las instalaciones corresponden al interior de un polígono industrial de cierta magnitud, se considera que la contaminación será fuerte de acuerdo con la clasificación de la ITC-LAT 07.

Teniendo en cuenta el nivel de contaminación y la tensión máxima de la red, la línea de fuga será:

$$L_f = 31(\text{mm/kV}) \cdot 24 \text{ kV} = 744 \text{ mm}$$

3.3.5. MARGEN DE PROTECCIÓN A IMPULSOS TIPO RAYO.

Se define el margen de protección a impulsos tipo rayo como el cociente entre la tensión soportada a impulsos tipo rayo por el material a proteger y el del pararrayos. Cuanto más baja es la tensión a impulso tipo rayo soportada por la autoválvula, más lejos estará la tensión residual del valor de tensión impulso tipo rayo soportada por los materiales a proteger. El mínimo margen de protección a impulso tipo rayo que se suele escoger es de un 20 %, por lo tanto, habrá que escoger un pararrayos que cumpla:

$$\frac{U \text{ soportada a impulso tipo rayo del material}}{U \text{ soportada tipo rayo autoválvula}} \geq 1.2$$

$$U \text{ soportada tipo rayo autoválvula} \leq \frac{125}{1.2} = 104.2 \text{ kV}$$

3.3.6. MARGEN DE PROTECCIÓN A IMPULSOS TIPO MANIOBRA.

Se define el margen de protección a impulsos tipo maniobra como el cociente entre la tensión soportada a impulsos tipo maniobra del material y el del pararrayos. Para este valor se recomienda alcanzar un mínimo del 15 %, por lo tanto, se impondrá un valor de impulsos tipo maniobra del pararrayos tal que:

$$\frac{U \text{ soportada a impulso tipo maniobra del material}}{U \text{ soportada tipo maniobra de la autoválvula}} \geq 1.15$$

$$U \text{ soportada tipo maniobra de la autoválvula} \leq \frac{50}{1.15} = 43.5 \text{ kV}$$

3.3.7. SELECCIÓN DEL PARARRAYOS.

Los datos obtenidos en los cálculos realizados en los anteriores apartados se presentan en la siguiente tabla:

VALORES CALCULADOS PARA LA SELECCIÓN DE PARARRAYOS	
Tensión nominal	24 kV
T. Servicio continuo	14.5 kV
Corriente nominal	10 kA
Línea de fuga	744 mm
T. impulso tipo rayo	104.2 kV máx.
T. impulso tipo maniobra	43.5 kV máx.

Tabla 3.9. Valores calculados para la selección de pararrayos del parque 20 kV

Con estas condiciones se procede a la selección de las autoválvulas modelo ZSP de la marca INAEL.

Tensión Asignada (kV eficaces)	Tensión Continua U_c^+ (kV eficaces)	STT ⁽¹⁾		Equivalente al frente de onda ^{**} (kV cresta)	Máxima sobretensión de maniobra ^{***} (kV cresta)	Tensión residual máxima (kV cresta) Usando una onda de corriente 8/20 μ seg					
		1 s (kV eficaces)	10 s (kV eficaces)			1.5 kA	3 kA	5 kA	10 kA	20 kA	40 kA
15	12.7	18.5	17.7	40.4	30.9	33.2	34.6	35.6	37.8	40.6	44.5
18	15.3	22.3	21.3	48.5	37.1	39.8	41.5	42.7	45.4	48.8	53.3
21	17.0	24.8	23.6	53.9	41.2	44.2	46.1	47.4	50.5	54.2	59.3
24	19.5	28.5	27.1	62.0	47.4	50.8	53.0	54.5	58.0	62.3	68.2
27	22.0	32.1	30.6	70.1	53.6	57.5	59.9	61.6	65.6	70.4	77.1
30	24.4	35.6	33.9	78.2	59.7	64.1	66.9	68.7	73.2	78.6	86.0
36	29.0	42.3	40.3	93.5	71.4	76.6	79.9	82.2	87.5	93.9	103.0

Tabla 3.10. Características de funcionamiento de los pararrayos ZSP 24 kV. Fuente: Catálogo INAEL.

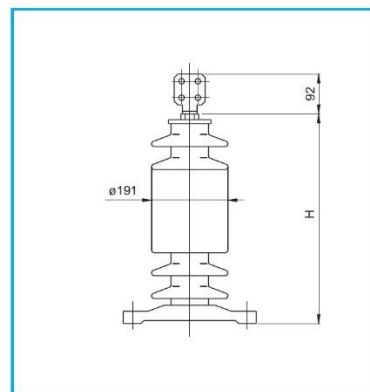
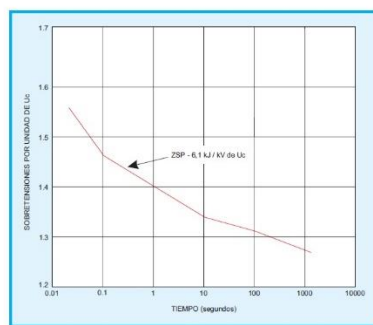


Figura 3.1. Gráfico sobretensiones y dimensiones del pararrayos ZSP. Fuente: Catálogo INAEL.



3.4. CELDAS BLINDADAS.

El parque de media tensión estará formado por celdas blindadas con simple barra y aislamiento de hexafluoruro de azufre, según la norma de Endesa SND014. El embarrado de MT de la subestación, en todos sus tramos, deberá ser capaz de soportar la potencia nominal del transformador conectado a la misma.

Las barras tendrán una tensión asignada de 24 o 36 kV, intensidad asignada de 1250, 1600 o 2000 amperios e intensidad de cortocircuito asignada de 25 o 31.5 kA.

El parque de MT estará compuesto por las siguientes celdas, formando dos filas enfrentadas:

- 12 posiciones de línea.
- 2 posiciones de transformador.
- 2 posiciones de baterías de condensadores (BBCC).
- 2 posiciones de servicios auxiliares (SSAA).
- 1 posición de unión longitudinal compuesta por dos celdas (una por cada tramo de barras).
- 2 posiciones de medida.

3.4.1. COMPOSICIÓN DE LAS CELDAS.

Cada una de las celdas, estará formada por los siguientes componentes, según su tipo, tal como se indica en el proyecto tipo SYZH01, apartado 6.2.1:

Celdas de línea.

- 1 Interruptor tripolar automático.
- 1 Seccionador tripolar de tres posiciones: conexión/desconexión a barra y puesta a tierra.
- 3 Transformadores de intensidad de fase toroidales con un secundario para protección.
- 1 Transformador de intensidad homopolar toroidal de relación apropiada para la protección de neutro sensible.
- 3 Detectores monofásicos de presencia de tensión con indicadores luminosos de estado sólido.

Celda de transformador.

- 1 Interruptor tripolar automático.
- 1 Seccionador tripolar de tres posiciones: conexión/desconexión a barra y puesta a tierra.
- 3 Transformadores de tensión, con un secundario de medida y protección y otro de protección.
- 3 Transformadores de intensidad de fase toroidales con tres secundarios: uno para medida y dos para protección.



- 3 Detectores monofásicos de presencia de tensión con indicadores luminosos estado sólido.

Celda de batería de condensadores.

- 1 Interruptor tripolar automático.
- 1 Seccionador tripolar de tres posiciones: conexión/desconexión a barra y puesta a tierra.
- 3 Transformadores de intensidad de fase toroidales para protección.
- 3 Detectores monofásicos de presencia de tensión con indicadores luminosos de estado sólido.

Celda para transformador MT/BT de servicios auxiliares.

- 1 Interruptor seccionador de apertura en carga por fusión fusibles, y cierre manual.
- 3 Fusibles de MT.
- 3 Transformadores de tensión, con un secundario de medida y protección y otro de protección.
- 3 Detectores monofásicos de presencia de tensión con indicadores luminosos de estado sólido.

Acoplamiento longitudinal.

Celda física 1:

- 1 Seccionador tripolar de tres posiciones: conexión/desconexión a barra y puesta a tierra.
- 1 Interruptor tripolar automático.

Celda física 2:

- 1 Seccionador tripolar de tres posiciones: conexión/desconexión a barra y puesta a tierra.
- 3 Transformadores de tensión, con un secundario de medida y protección y otro de protección.

Celdas de medida.

- 3 transformadores de tensión, con un secundario de medida y otro de protección.

3.4.2. INTENSIDADES NOMINALES.

3.4.2.1. EN LOS EMBARRADOS/CELDA DE TRANSFORMADOR.

Cada uno de los embarrados deberá ser capaz de soportar la intensidad nominal de cada transformador al que esté asignado. Con una potencia nominal en cada transformador de 63 MVA, y con sobrecargas puntuales del 10 %, dicha corriente será:



$$I_{TF} = 1.1 \cdot \frac{S_n}{U_n \cdot \sqrt{3}} = 1.1 \cdot \frac{63 \cdot 10^6}{20 \cdot 10^3 \cdot \sqrt{3}} = 2000 \text{ A}$$

Este valor de corriente coincide con el normalizado por Endesa y por tanto será el asignado a los embarrados y celdas de transformador.

3.4.2.2. EN CELDAS DE LÍNEA.

Haciendo un reparto de la potencia de cada embarrado entre las celdas de línea, cada una de ellas habrá de tener una intensidad asignada aproximadamente de:

$$I_l = 1.1 \cdot \frac{S_l}{U_n \cdot 6 \cdot \sqrt{3}} = 1.1 \cdot \frac{63 \cdot 10^6}{6 \cdot 20 \cdot 10^3 \cdot \sqrt{3}} = 333 \text{ A}$$

El apartado 6.2.2.1 del documento SZYH01 de Endesa establece que la intensidad nominal en celda de línea de salida será como mínimo de 630 A, por lo que será este valor el que prevalezca, quedando las celdas de salida de línea y su aparamenta sensiblemente sobredimensionada.

3.4.2.3. SELECCIÓN DE LAS CELDAS.

Una vez obtenidas las corrientes nominales de embarrado y líneas de salida, se procede a la elección del modelo de las celdas. la casa MESA con su modelo CBGS-0 ofrece configuraciones plenamente coincidentes con los estándares exigidos por EDE.

Tensión nominal		(kV)	24	36	27	38
Nivel de aislamiento	A frecuencia industrial, 50Hz	(kV rms)	50	70	60	80
	A onda de choque tipo rayo	(kV cresta)	125	170	125	170
Intensidad nominal	Embarrado	(A)	1250 / 1600 / 2000		1200 / 2000	
	Derivaciones	(A)	630 / 1250 / 1600 / 2000		600 / 1200 / 2000	
Intensidad nominal de corte		(kA)	25 / 31.5			
Capacidad de cierre en cortocircuito		(kA cresta)	65 / 82			
Intensidad nominal de corta duración		(kA-3 s)	Max 25 / 31.5			
Resistencia frente a arcos internos (opcional)	(AFL o AFLR)	(kA-1 s)	31.5			
Presión nominal relativa de gas SF6 a 20°C		(bar)	0.30			
Grado de protección	Compartimento de AT		IP65			
	Compartimento de BT		IP3X - IP41			

Tabla 3.11. Valores nominales de las CBGS-0 de MESA. Fuente: Catálogo MESA.

3.5. TRANSFORMADORES DE SSAA.

Para los sistemas de servicios auxiliares se montarán dos transformadores de 250 kV cada uno, siendo potencia suficiente la de uno de ellos para la alimentación de todos los sistemas y, por tanto, la alimentación es redundante, garantizando el funcionamiento de los equipos y aparamenta implicados en estas funciones.



CARACTERÍSTICAS TRANSFORMADOR DE S.S.A.A.		
Tensiones en vacío		
AT	V	MT
BT	V	400/230
Potencia por arrollamiento en toma de menor tensión	kVA	250
Grupo de conexión AT/BT		Dyn11

Tabla 3.12. Características de los trafos de SSAA. Fuente documento SYZH01.

Se eligen dos transformadores TUNORMA 20/0'4 kV de SIEMENS, cuyas características y dimensiones se muestran en la siguiente tabla.

Rated power	Max. rated volt. HV side	Impedance voltage	Type		Combination of losses acc. CENELEC	No-load losses	Load losses	Sound press. level 1 m tolerance + 3 dB	Sound power level	Total weight		Dimensions						Dist. between wheel centers
			TUNORMA	TUMETIC						TUNORMA	TUMETIC	TUNORMA	TUMETIC	TUNORMA	TUMETIC	TUNORMA	TUMETIC	
S_n [kVA]	U_n [kV]	U_2 [%]	4JB...	4HB...		P_0 [W]	P_k 75* [W]	L_{PA} [dB]	L_{WA} [dB]	[kg]	[kg]	Length A1 [mm]		Width B1 [mm]		Height H1 [mm]		E [mm]
250	12	4	..5444-3LA	B-A'		650	4200	50	65	830	820	1300	1300	810	810	1450	1285	520
		4	..5444-3RA	A-C'		425	3250	40	55	940	920	1260	1260	670	820	1480	1415	520
		4	..5444-3TA	C-C'		425	2750	40	55	1050	1070	1220	1220	690	700	1530	1310	520
	24	4	..5467-3LA	B-A'		650	4200	49	65	920	900	1340	1340	800	760	1620	1450	520
		4	..5467-3RA	A-C'		425	3250	39	55	1010	1010	1140	1190	760	680	1675	1510	520
		4	..5467-3TA	C-C'		425	2750	40	55	1120	1140	1220	1340	715	710	1640	1475	520
	36	6	..5480-3CA	E-E'		650	4250	x	62	1100	x	1350	x	800	x	1680	x	520

Tabla 3.14. Características y dimensiones de los trafos de SSAA. Fuente: Catálogo SIEMENS.

3.6. DIMENSIONES DEL EDIFICIO.

Las dimensiones y configuración del edificio que alberga el parque de MT son especificados en los apartados 7.2 y 8.3 de los documentos SYZH01 y SRZ001 de Endesa respectivamente. Tendrá dos salas contiguas, por un lado, la sala de MT cuya función principal es alojar las cabinas de media tensión, y la sala de mando y control.

La sala de mando y control tendrá unas dimensiones interiores de 8'2 x 7'6 m. En esta parte y anexa a la sala de MT se harán dos salas para ubicar los transformadores de SSAA, con sus correspondientes huecos para recogida de aceite.

La sala de MT tendrá unas dimensiones interiores de 9'3 x 7'6 m.

Las dimensiones exteriores del edificio serán 18 x 8 m.

Más detalles sobre el edificio se pueden obtener en el documento Memoria y en los correspondientes planos.



4. TRANSFORMACIÓN.

4.1. TRANSFORMADORES.

De acuerdo con la previsión de carga realizada en el apartado número 1 de este documento y de acuerdo con las normas de la compañía será necesaria la instalación de dos transformadores con una potencia nominal de 63 MVA cada uno. Las características para la selección de este equipamiento se determinarán tomando como referencia la norma informativa EDE GST002.

Aparte de las características intrínsecas de transformación de potencia, se tienen en cuenta las siguientes especificaciones del apartado 7.2 del documento SRZ001:

- Se instalarán en cada transformador tres pararrayos con conexión plug-in tipo Pfisterer directamente en cada una de las salidas de MT.
- La impedancia de los transformadores seleccionados hará que se cumpla un máximo de corriente de cortocircuito en el lado de MT de 16 kA.
- Se instalarán muros cortafuegos para reducir el riesgo de incendio, salvo en aquellos casos en los que la distancia entre transformadores AT/MT, definida en la IE6C 61936-1, así lo permita.
- El neutro del primario estará puesto rígidamente a tierra.

Se eligen transformadores de la marca SIEMENS cuyas especificaciones se detallan a en la siguiente tabla:

Rated power at		No-load loss [kW]	Load loss at		Impedance voltage of	
ONAN [MVA]	ONAF [MVA]		ONAN [kW]	ONAF [kW]	ONAN [%]	ONAF [%]
63	100	49	113	285	10.5	16.7

Rated power at		Dimensions			Total weight [kg]	Oil weight [kg]	Shipping dimensions			Shipping weight incl. oil [kg]
ONAN [MVA]	ONAF [MVA]	L	W	H			L _s	W _s	H _s	
63	100	7800	3250	6100	118000	25500	6800	2450	4000	109000

Tabla 4.1. Características de los transformadores de potencia. Fuente: Catálogo SIEMENS.

4.2. PUESTA A TIERRA DE LOS NEUTROS.

Para limitar la corriente de defecto a tierra, el lado de media tensión tendrá el neutro puesto a tierra a través de una resistencia de $42'3 \Omega$, limitando la corriente a 300 A. El neutro del lado de AT estará rígidamente a tierra.

Se eligen los módulos de resistencia a tierra de la marca Facsa con la referencia 1NERC-HV-2-700-1350-24-CG-42R

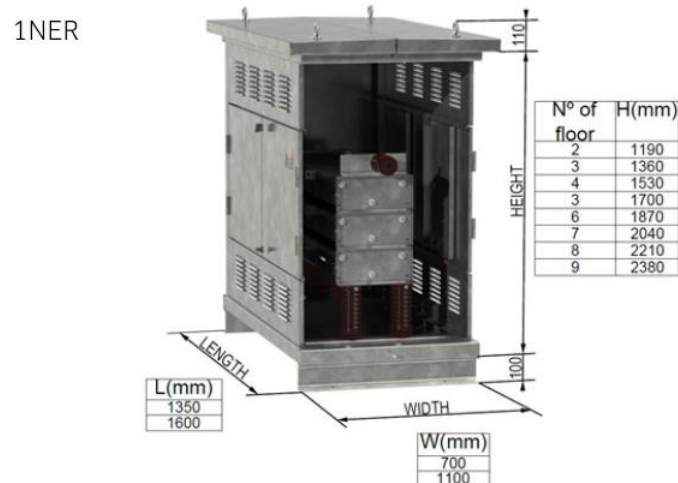


Figura X. Módulo de puesta a tierra. Fuente: Catálogo Facsa.

GENERAL DATA			
Dimension reference	1NER	2NER	3NER
Insulation voltage level (kV)	6 / 12 / 17,5 / 24 / 36		
Length (mm)	1350 / 1600		
Width (mm)	700 / 1100	1400 / 1900	2850
Height (mm) / No. Floors	1190 / 1360 / 1530 / 1700 / 1870 / 2040 / 2210 / 2380		
Standars reference	IEEE 32-1972.		
	EDF HN 64-S-50		
	IEC 60071-1		
	IEC 60529		
Cooling method.	Self cooling		
De-rating at altitude	According IEE Std 32		
Resistor tolerance	± 10 % as standard, other on request		
Resistor active part materials	AISI-304 / AISI-310 / Cr-Al / AISI-430		
Enclisure materials	Galvanized steel as standard, other on request		
Connections	Cable, bushings		
IP class	standard IP23, on request up to IP55		

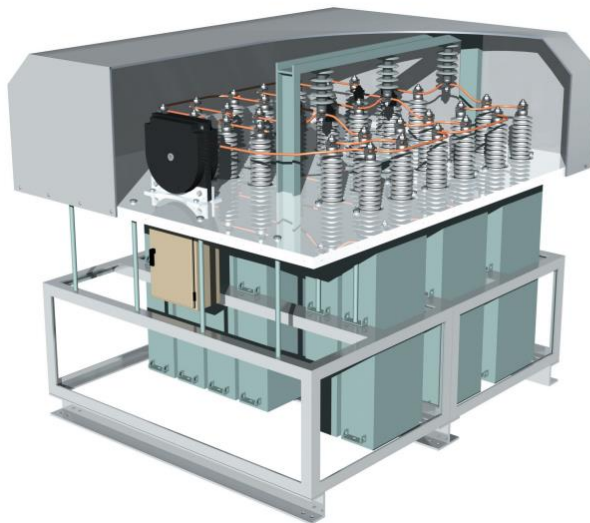
Tabla 4.2. características del módulo de puesta a tierra a través de resistencia. Fuente: Catálogo Facsa.

4.3. BATERÍAS DE CONDENSADORES.

Para limitar la energía reactiva y con ello reducir la corriente de carga, se instalará una batería de condensadores por cada transformador.

La potencia de las baterías se puede aproximar como un 10% de la potencia nominal de cada transformador, por lo tanto, se montarán dos baterías con 6'3 MVAR cada una.

Se eligen el modelo SIKAP de ABB.



Technical Data SIKAP

Power	Up to 18 Mvar
Voltage	4.5 - 24 kV
Frequency	50 / 60 Hz
Connection	Y or YY
Unbalance detection (YY)	Current transformer
Protection degree	IP 44
Temperature range	-40 to +40 C (Others on request)
Installation	Indoor / Outdoor

Figura 4.1. Batería de condensadores SIKAP de ABB. Fuente: Catálogo de ABB.



5. SISTEMA DE PUESTA A TIERRA.

5.1. RED DE TIERRA INFERIOR.

5.1.1. CONSIDERACIONES REGLAMENTARIAS.

En este apartado se enumeran las condiciones impuestas por la normativa aplicable en el cálculo de la puesta a tierra inferior (Tanto por el MIE-RAT en su instrucción ITC-RAT 13, como por las normas de Endesa, SRZ001 apdo. 7.7 y SDZ001) y los datos iniciales de la subestación.

- U_{ca} , Tensión de contacto aplicada: Para un tiempo de duración de la corriente de falta de 0'5 segundos, $U_{ca} = 204$ V (ITC-RAT 13, Tabla 1).
- U_{pa} , Tensión de paso aplicada = $10 \cdot U_{ca} = 2040$ V.
- R_{a1} , Resistencia del calzado: Para una suela de material que se considere aislante se establece una resistencia, $R_{a1} = 2000 \Omega$.
- El electrodo de puesta a tierra (PaT) tendrá forma de malla.
- La malla tendrá una profundidad de enterramiento de 0'8 m.
- El conductor del electrodo tendrá una sección de 95 mm^2 Cu.
- La superficie de suelo que no forme parte de viales estará cubierta con una capa grava de al menos 10 cm de espesor a fin de aumentar la resistividad superficial.
- La resistividad del terreno se estima en $70 \Omega \cdot \text{m}$
- La resistividad de la grava utilizada es de $3000 \Omega \cdot \text{m}$
- La malla tiene un perímetro (metro extramuros incluido) de 56×52 m

5.1.2. TENSIONES DE PASO Y CONTACTO APLICABLES.

Para el cálculo de las tensiones máximas aplicables es necesario conocer la resistividad equivalente del terreno en su superficie. Para ello, al valor de la resistividad superficial, se le aplica un coeficiente reductor dependiente de la resistividad natural del suelo.

$$C_S = 1 - 0.106 \cdot \left(\frac{1 - \frac{\rho}{\rho^*}}{2h_S + 0.106} \right)$$

Donde:

C_S , coeficiente reductor de la resistividad de la capa superficial.

h_S , espesor de la capa superficial, en metros.

ρ^* , resistividad de la capa superficial.

ρ , resistividad del terreno natural.



$$C_S = 1 - 0.106 \cdot \left(\frac{1 - \frac{70}{3000}}{2 \cdot 0.15 + 0.106} \right) = 0.745$$

Aplicando el coeficiente de reducción, la resistividad superficial toma el valor:

$$\rho_S = \rho^* \cdot C_S = 3000 \cdot 0.745 = 2235 \Omega m$$

Tensión de contacto máxima admisible según MIE-RAT.

$$U_c = U_{ca} \cdot \left(1 + \frac{\frac{R_{a1}}{2} + 1.5 \rho_S}{1000} \right) = 204 \cdot \left(1 + \frac{\frac{2000}{2} + 1.5 \cdot 2235}{1000} \right) = 1092 V$$

Tensión de paso máxima admisible según MIE-RAT.

$$U_p = 10 \cdot U_{ca} \cdot \left(1 + \frac{2R_{a1} + 6 \rho_S}{1000} \right) = 2040 \cdot \left(1 + \frac{4000 + 6 \cdot 2235}{1000} \right) = 37556 V$$

Tensión de contacto máxima admisible según IEEE Std 80.

$$E_{c70} = (1000 + 1.5 \cdot C_S \cdot \rho_S) \frac{0.157}{\sqrt{t_s}} = (1000 + 1.5 \cdot 2235) \frac{0.157}{\sqrt{0.5}} = 966 V$$

Tensión de paso máxima admisible según IEEE Std 80.

$$E_{c70} = (1000 + 6 \cdot C_S \cdot \rho_S) \frac{0.157}{\sqrt{t_s}} = (1000 + 6 \cdot 2235) \frac{0.157}{\sqrt{0.5}} = 3200 V$$

5.1.3. SECCIÓN DEL CONDUCTOR DE LA MALLA.

El valor de la corriente máxima a disipar por la malla viene dado por la expresión:

$$I_G = I_F \cdot D_f \cdot S_f \cdot C_p$$

Donde:

I_G , corriente en la malla.

I_F , corriente de falta, equivalente a tres veces la corriente homopolar.

D_f , factor de decremento a aplicar a la corriente simétrica.

S_f , factor de división de la corriente.

C_p , factor de crecimiento, 1 si no se prevén ampliaciones.

A falta de datos sobre el resto de la red, la corriente máxima de defecto a tierra será la proporcionada por la compañía. En este caso se supone que esta alcanza el valor de 15 kA.



De acuerdo con el IEEE Std 80-2000, la sección mínima del conductor será:

$$S_{IEEE} = \frac{I_f}{\sqrt{\left(\frac{TCAP \cdot 10^{-4}}{t \cdot \rho_r \cdot \alpha_r}\right) \cdot \ln\left(\frac{K_o + T_m}{K_o + T_a}\right)}}$$

Donde:

S_{IEEE} , sección mínima en mm^2 .

$TCAP$, capacidad térmica por unidad de volumen, en $J/cm^3 \cdot ^\circ C$

I_f , corriente asimétrica de falta en kA.

T_m , máxima temperatura admisible.

T_a , temperatura ambiente.

α_r , coef térmico de resistividad a la T de referencia.

K_o , inversa de α_o , coef. térmico de resistividad a $0^\circ C$

t , tiempo de falta en segs.

$$S_{IEEE} = \frac{15}{\sqrt{\left(\frac{3.42 \cdot 10^{-4}}{0.5 \cdot 1.7241 \cdot 0.00393}\right) \cdot \ln\left(\frac{234 + 300}{234 + 40}\right)}} = 57.8 \text{ mm}^2$$

El resultado es menor a los $95 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$ que propone la compañía y por tanto se impone este último valor.

5.1.4. RESISTENCIA DE LA MALLA DE TIERRA.

Se calcula la resistencia de la malla de puesta a tierra mediante el método simplificado de Sverak.

$$R_g = \rho \cdot \left[\frac{1}{L_T} + \frac{1}{\sqrt{20A}} \cdot \left(1 + \frac{1}{1 + h\sqrt{\frac{20}{A}}} \right) \right]$$

Donde:

ρ , resistividad del terreno en $\Omega \cdot m$

L_T , longitud total de conductores enterrados en m.

A , área ocupada por la malla de tierra en m^2 .

h , profundidad de la malla en m.

El área que cubre la malla es de 52×56 metros incluyendo un metro más allá del vallado de la subestación. Se decide una cuadrícula inicial de 4×4 m. Con estos valores nos queda un área, A , de 2912 m^2 y una longitud total de conductores enterrados de 1456 m.

En las condiciones iniciales se indican una profundidad reglamentaria de 0.8 m y una resistividad del terreno de $70 \Omega \cdot m$.

$$R_g = 70 \cdot \left[\frac{1}{1456} + \frac{1}{\sqrt{20 \cdot 2912}} \cdot \left(1 + \frac{1}{1 + 0.8\sqrt{\frac{20}{2912}}} \right) \right] = 0.61 \Omega$$



5.1.5. TENSIÓN DE CONTACTO MÁXIMA.

El máximo valor de tensión de contacto en la malla se obtiene con la expresión:

$$E_m = \frac{\rho \cdot I_G \cdot K_m \cdot K_i}{L_M}$$

Donde:

ρ , resistividad del suelo.

I_G , corriente de falla a tierra por la malla.

K_m , valor geométrico de espaciamiento.

K_i , factor de irregularidad.

L_M , longitud efectiva enterrada.

Valor geométrico de espaciamiento.

K_m es el valor geométrico de espaciamiento de la malla y se obtiene con la fórmula:

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

La variable D es la longitud de lado de una de las cuadrículas de la malla, mientras d_c hace referencia al diámetro del conductor.

K_h , introduce los efectos de la profundidad de enterramiento de la malla y se calcula con:

$$K_h = \sqrt{1 + h}$$

K_{ii} es un factor que introduce el efecto de los conductores en las esquinas de la malla. Si hubiese un cierto número de picas a lo largo del perímetro este valor sería uno. Cuando las picas son pocas o ninguna, se calcula con la expresión:

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

Donde n depende de la cantidad de conductores paralelos de una malla rectangular equivalente y viene dado por:

$$n = n_a \cdot n_b \cdot n_c \cdot n_d$$

Y cada uno de los factores de esta expresión, se obtiene con:

$$n_a = \frac{2L_C}{L_p} \quad ; \quad n_b = \sqrt{\frac{L_p}{4\sqrt{A}}} \quad ; \quad n_c = \left(\frac{L_X \cdot L_Y}{A} \right)^{\frac{0.7A}{L_X \cdot L_Y}} \quad ; \quad n_d = \frac{D_m}{\sqrt{L_X^2 \cdot L_Y^2}}$$



Donde:

L_C , longitud total de conductores en la malla.

L_p , longitud del perímetro.

L_x , máxima longitud de la malla en el eje x.

L_y , máxima longitud de la malla en el eje y.

D_m , distancia entre los dos puntos más alejados de la malla.

Al tratarse de una malla rectangular los valores de n_c y n_d son iguales a la unidad.

$$n_a = \frac{2 \cdot 1456}{2 \cdot 56 + 2 \cdot 52} = 13.48 \quad ; \quad n_b = \sqrt{\frac{2 \cdot 56 + 2 \cdot 52}{4\sqrt{56 \cdot 52}}} = 1 \quad ; \quad n_c = 1 \quad ; \quad n_d = 1$$

$$n = 13.48 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 13.48$$

$$K_{ii} = \frac{1}{(2 \cdot 13.48)^{2/13.48}} = 0.613$$

$$K_h = \sqrt{1 + 0.8} = 1.342$$

$$K_m = \frac{1}{2\pi} \cdot \left[\ln \left(\frac{4^2}{16 \cdot 0.8 \cdot 0.011} + \frac{(4 + 2 \cdot 0.8)^2}{8 \cdot 4 \cdot 0.0011} - \frac{0.8}{4 \cdot 0.001} \right) + \frac{0.613}{0.342} \ln \left(\frac{8}{\pi(2 \cdot 13.48 - 1)} \right) \right]$$

$$K_m = 0.422$$

Factor de irregularidad.

$$K_i = 0.644 + 0.148 n$$

$$K_i = 0.644 + 0.148 \cdot 13.48 = 2.64$$

Longitud enterrada efectiva.

En mallas sin picas o con pocas y sin poner en las esquinas:

$$L_M = L_C + L_R$$

Donde:

L_C , longitud total de conductor

L_R , longitud total de picas

Partiendo del supuesto inicial sin picas:

$$L_M = 1456 \text{ m}$$



Obtenidos todos los valores para la ecuación de la tensión máxima de contacto:

$$E_m = \frac{\rho \cdot I_G \cdot K_m \cdot K_i}{L_M} = \frac{70 \cdot 15000 \cdot 0.422 \cdot 2.64}{1456} = 803 \text{ V}$$

Se obtiene un valor inferior a la tensión máxima permitida según el método IEEE Std 80, por lo que a efectos de tensión de contacto máxima se considera correcta y suficiente la configuración inicial.

5.1.6. TENSIÓN DE PASO MÁXIMA.

Para el cálculo de la tensión de paso máxima mediante el método Standard 80 de la IEEE se usa la expresión:

$$E_p = \frac{\rho \cdot I_G \cdot K_S \cdot K_i}{L_S}$$

Donde:

- ρ , resistividad del suelo.
- I_G , corriente de falla a tierra por la malla.
- K_S , factor de esparcimiento.
- K_i , factor de irregularidad.
- L_S , longitud efectiva enterrada.

Factor de esparcimiento.

$$K_S = \frac{1}{\pi} \left[\frac{1}{2h} + \frac{1}{D+h} + \frac{1}{D} (1 - 0.5^{n-2}) \right]$$

$$K_S = \frac{1}{\pi} \left[\frac{1}{2 \cdot 0.8} + \frac{1}{4 + 0.8} + \frac{1}{4} (1 - 0.5^{13.48-2}) \right] = 0.345$$

Longitud enterrada efectiva.

$$L_S = 0.75 \cdot L_C + 0.85 \cdot L_R$$

$$L_S = 0.75 \cdot 1456 + 0.85 \cdot 0 = 1092 \text{ m}$$

Se calcula la tensión de paso máxima:

$$E_p = \frac{\rho \cdot I_G \cdot K_S \cdot K_i}{L_S} = \frac{70 \cdot 15000 \cdot 0.345 \cdot 2.64}{1092} = 876 \text{ V}$$

El valor de tensión de paso máxima es muy inferior al máximo permitido.



5.1.7. CONCLUSIÓN.

A continuación, se expone un cuadro resumen de los valores obtenidos para las tensiones de paso y contacto máximas aplicables y aplicadas y se exponen las conclusiones sobre la configuración de la puesta a tierra.

MÉTODO	TENSIÓN	VOLTAJE (V)		TENSIÓN
MIE-RAT	Contacto admisible	1092	803	Contacto máxima
	Paso admisible	37556		
IEEE 80	Contacto admisible	966	876	Paso máxima
	Paso admisible	3200		

Tabla 5.1. Resumen de tensiones en la puesta a tierra.

Con la configuración usada en los cálculos se llega a una tensión de contacto máxima en las instalaciones ligeramente inferior a la tensión de contacto máxima admisible según el método IEEE Std 80, por lo que siendo este valor el más restrictivo en cuanto a resultados, se considera suficiente y adecuada dicha configuración:

- Sección del conductor: 95 mm²Cu
- Dimensiones de la malla: 56x52 m
- Cuadrícula en la malla: 4x4 m

5.2. RED DE TIERRA SUPERIOR.

La red de tierras superior se calculará con el método de las esferas rodantes desarrollado en el IEEE Std 998-2012.

El radio o zona de cobertura en el caso de cobertura con puntas Franklin, quedará definido por:

$$r = 8 \cdot 1.2 \cdot I^{0.65}$$

Donde la intensidad, I se define como:

$$I = \frac{1.1 \cdot U_s \cdot n}{Z_s / 2} = \frac{2.2 \cdot n \cdot U_s}{Z_s}$$

Donde:

U_s, tensión soportada nominal a impulsos tipo rayo.

Z_s, impedancia de onda vista por la descarga atmosférica.

1,1, factor a tener en cuenta para la reducción de la corriente de impacto que termina en un conductor en comparación con la tierra de impedancia cero.

n, número de líneas de llegada

Un valor típico de la impedancia de onda para las líneas de transmisión es 400 Ω, con lo que:

$$I = \frac{2.2 \cdot 345 \cdot 3}{400} = 5.692 \text{ A}$$

$$r = 8 \cdot 1.2 \cdot 5.692^{0.65} = 29 \text{ m}$$

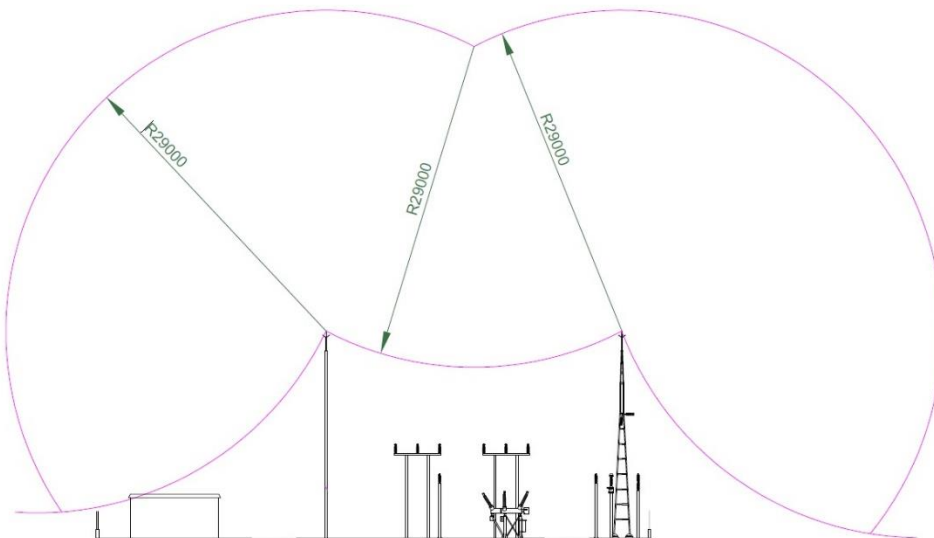


Figura 5.1. Radio de protección contra el rayo.

6. CIMENTACIONES Y ESTRUCTURAS.

6.1. PÓRTICO NORTE.

Al pórtico situado más al norte de la subestación llegan dos líneas de LA-280 con una distancia hasta el apoyo fin de línea de 45 metros a través de un vano a nivel. Dichas líneas se unen al pórtico a través de cadenas de amarre a una altura de 11'2 metros. Con esto y haciendo despreciables las cargas horizontales desde el interior de la subestación se calcularán estas en el pórtico como condiciones de apoyo fin de línea.

Las condiciones más exigentes para las cimentaciones del pórtico corresponden a la suma de las cargas transversales y las verticales, según el siguiente esquema:

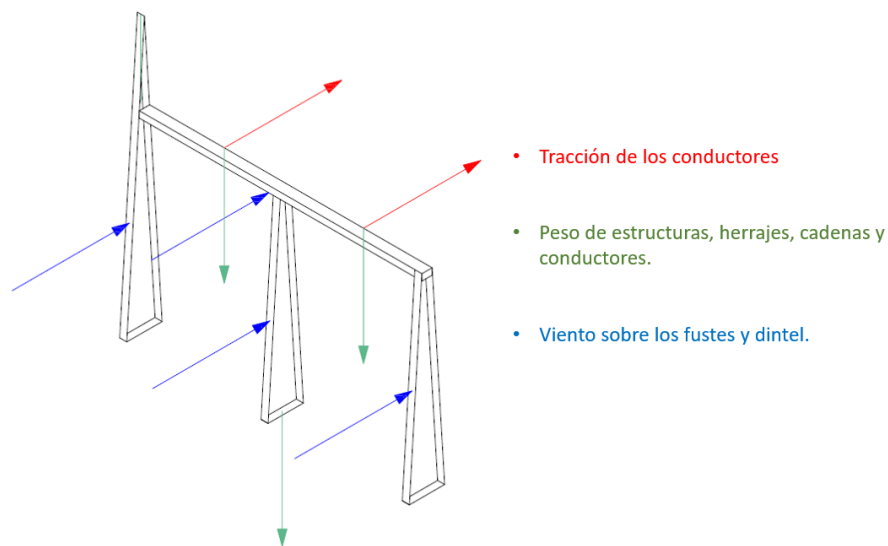


Figura 6.1. Esfuerzos en el pórtico.

6.1.1. TRACCIÓN MÁXIMA DE LOS CONDUCTORES.

La subestación se encuentra a 127 metros sobre el nivel del mar, por lo que para el cálculo de las tensiones reglamentarias se aplicarán las hipótesis correspondientes a zona A. Se hacen los cálculos con los conductores sometidos a la hipótesis de viento a -5°C.

Tracción horizontal máxima:

$$T_0 = \frac{1}{4} \left(2 \cdot T_A + \sqrt{4 \cdot T_A^2 - 2 \cdot p^2 \cdot a^2} \right)$$



Donde:

$p = \text{Peso aparente} = \text{Peso propio del conductor más carga de viento}$

$$p = \sqrt{p_p + p_v} = \sqrt{0.978 + 50 \cdot \left(\frac{120}{120}\right)^2 \cdot 0.0218} = 1.438 \text{ daN}$$

$$T_A = \text{Tracción máxima en el conductor} = \frac{\text{Carga de rotura}}{\text{Coef. de seg.}} = \frac{8450}{3} = 2817 \text{ daN}$$

$a = \text{Vano} = 45 \text{ m}$

Con todo lo anterior nos queda:

$$T_0 = \frac{1}{4} \left(2 \cdot 2817 + \sqrt{4 \cdot 2817^2 - 2 \cdot 1.44^2 \cdot 45^2} \right) = 2816 \text{ daN}$$

Para esta tracción correspondería una flecha:

$$f = \frac{a^2 \cdot p}{8 \cdot T_0} = 0.12 \text{ m}$$

La hipótesis en la que se dará la mayor tracción horizontal es la correspondiente a $-5^\circ\text{C} + \text{viento}$, siendo esta prácticamente la máxima permitida en el conductor, y por tanto se despreciará la componente vertical en el cálculo de los esfuerzos sobre el pórtico, caso de ser esta máxima tensión la aplicada.

Everyday Stress (EDS).

Para reducir los posibles por fenómenos vibratorios se recomienda que, en ausencia de dispositivos protectores ante este riesgo, la tensión en los conductores a 15°C no supere el 15% de su carga de rotura. Se aplica cambio de condiciones desde las condiciones de tensión máxima:

$$2 \frac{T}{p} \cdot Sh\left(\frac{a \cdot p}{2T}\right) = 2 \frac{T_0}{p_0} \cdot Sh\left(\frac{a \cdot p_0}{2T_0}\right) \left(1 + \alpha(\theta - \theta_0) + \frac{T - T_0}{E \cdot S}\right)$$

$$2 \frac{T}{0.978} \cdot Sh\left(\frac{45 \cdot 0.978}{2T}\right) = 2 \frac{2816}{1.44} \cdot Sh\left(\frac{45 \cdot 1.44}{2 \cdot 2816}\right) \left(1 + 23 \cdot 10^{-6}(15 - (-5)) + \frac{T - 2816}{7500 \cdot 280}\right)$$

$$T = 1853 \text{ daN}$$

El 15% de la carga de rotura del conductor son 1268 daN, por lo que se impone esta condición para el criterio de la tensión de tendido. Recalculando para las condiciones de tensión máxima:

$$2 \frac{T}{1.44} \cdot Sh\left(\frac{45 \cdot 1.44}{2T}\right) = 2 \frac{1268}{0.987} \cdot Sh\left(\frac{45 \cdot 0.987}{2 \cdot 1268}\right) \left(1 + 23 \cdot 10^{-6}((-5) - 15) + \frac{T - 1268}{7500 \cdot 280}\right)$$

$$T_{0 \text{ máx}} = 2204 \text{ daN}$$

El esfuerzo transversal máximo a soportar por el pórtico, debido a la tracción de los seis conductores que a él llegan será:

$$F_T = 6 \cdot 2204 = 13224 \text{ daN} = 13484 \text{ kg}$$

Esta suma de fuerzas transversales se aplicará a 11'2 metros sobre el nivel del suelo.

6.1.2. ESFUERZOS POR VIENTO TRANSVERSAL.

Sobre la estructura.

El pórtico estará formado por perfilera de alma llena HEB, por tanto, cada uno de los perfiles ofrecerá una superficie plana A, en la dirección del viento, que recibirá en el punto medio de su altura una fuerza definida como:

$$F_v = 100 \cdot A \text{ (kg)}$$

PERFIL	ÁREA (m ²)	FUERZA (kg)	ALTURA (m)
Fuste 1	4,17	417	6,95
Fuste 2	3,35	335	5,60
Fuste 3	3,35	335	5,60
Viga	3,16	316	11,2

Tabla 6.1. Esfuerzos en el pórtico.

Sobre las cadenas de amarre verticales.

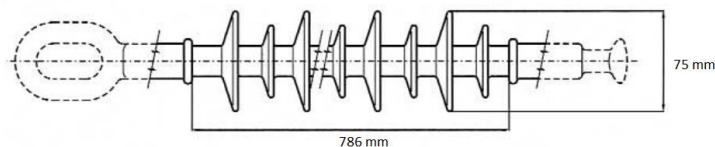


Figura 6.2. Cadenas de amarre. Fuente: Catálogo INAEL.

La fuerza reglamentaria total sobre las seis cadenas será:

$$F_{v, \text{cad}} = 6 \cdot [70 \cdot (0.075 \cdot 0.786)] = 24.76 \text{ kg}$$



6.1.3. CARGAS VERTICALES.

Peso de conductores.

Considerando despreciable la longitud debida a la forma de catenaria por las pequeñas flechas del tendido y siendo un vano a nivel, corresponde al pórtico soportar la mitad de la longitud del vano más la bajada hasta la primera apartamenta. Todo esto multiplicado por seis conductores con un peso lineal de 0.978 kg/m, hace:

$$P_{cond} = \left(1.4 + 4.6 \cdot 2 + \frac{45}{2}\right) \cdot 0.978 = 32.37 \text{ kg}$$

Cadenas de amarre.

El amarre exterior ha de ser de seguridad reforzada, por lo que se aplican dos cadenas en cada conductor. Esto sumado a las seis cadenas de amarre interiores hace un total de:

$$P_{cad} = [(2 + 1) \cdot 6]_{cad} \cdot 2.9 \frac{\text{kg}}{\text{cad}} = 52.2 \text{ kg}$$

Herrajes.

Para cada uno de los conductores:

PIEZA	UNIDADES	PESO (kg)	TOTAL (kg)
Yugo	2	3,8	7,6
Grapa de amarre	2	2,1	4,2
Aloj. Rótula	3	0,6	1,8
Grillete	2	0,5	1
		Total/Conductor	14,6

Tabla 6.2. Características de los herrajes.

Por lo que para 6 conductores suma un total de 87.6 kg

Estructura.

El pórtico completo, lo que incluye las seis vigas de fustes, dos vigas de dintel, tirantes , cartelas, tornillería, peldaños, etc. tiene un peso de 4575 kg.



6.1.4. ESTABILIDAD.

Se considerará al pórtico como un sólido rígido, de forma que las cargas se repartirán de forma igualitaria entre las tres cimentaciones. Además, se tienen los siguientes datos de partida:

- Coeficiente de compresibilidad del suelo a 2 m: 8 daN/cm³. Terreno plástico.
- Largo de cada base: a = 4.5 m
- Ancho de cada base: 1.2 m, b = 3.6 m
- Densidad del hormigón: 2200 kg/m³

Momento de vuelco.

Para el cálculo del momento de vuelco se sumarán los momentos provocados por cada uno de los esfuerzos horizontales, ya calculados en el apdo. 6.1.2:

$$M_{v,total} = \sum F_i \cdot \left(H_i + \frac{2}{3} \cdot h \right)$$

Donde:

F_i , cada una de las fuerzas horizontales (Apdos. 6.1.1 y 6.1.2)

H_i , altura de aplicación de cada una de las fuerzas respecto a nivel del suelo.

h , profundidad de la cimentación.

$$M_v = 158382 + 9749 \cdot h \text{ (daN} \cdot \text{m)}$$

Momento estabilizador por reacciones verticales del terreno.

$$M_{vert} = P \cdot a \cdot \left[0.5 - \frac{2}{3} \cdot \sqrt{\frac{P}{2 \cdot a^2 \cdot b \cdot C_h \cdot 10^{-6} \cdot 0.01}} \right]$$

Siendo:

P , peso total.

a , largo de la cimentación.

b , ancho de la cimentación.

C_h , coeficiente de compresibilidad del suelo a la profundidad de la cimentación.

$\text{tg } \alpha$, tangente del ángulo de inclinación, reglamentariamente limitada a 0.01.



Para el cálculo del peso total habrá que sumar a las cargas verticales calculadas en el apartado 6.1.3 el peso de la cimentación:

$$P_{cim} = a \cdot b \cdot h \cdot \rho_H = 34927 \cdot h \text{ daN}$$

El peso total de las cargas verticales:

$$P_{Total} = P_{cond} + P_{cad} + P_{Herr} + P_{pórt} = 4674.2 \text{ kg} = 4583.8 \text{ daN}$$

Con esto, el factor P para la ecuación del momento estabilizador vertical queda:

$$P = 4583.8 + 34927 \cdot h$$

El factor de compresibilidad a la profundidad h es:

$$\frac{C_h}{h} = \frac{C_2}{2} \rightarrow C_h = \frac{8}{2} \cdot h = 4 \cdot h$$

Sustituyendo en la ecuación del momento:

$$M_{vert} = (4584 + 34927 \cdot h) \cdot 4.5 \cdot \left[0.5 - \frac{2}{3} \cdot \sqrt{\frac{4584 + 34927 \cdot h}{2 \cdot 4.5^2 \cdot 3.6 \cdot 4 \cdot 10^6 \cdot 0.01 \cdot h}} \right]$$

Momento estabilizador por reacciones horizontales del terreno.

$$M_{hor} = 139 \cdot 3.6 \cdot C_2 \cdot h^4$$

$$M_{hor} = 4003 \cdot h^4$$

Para que la estructura permanezca estable habrá de cumplirse que el momento de vuelco se iguale con los dos momentos por reacciones del terreno, con un coeficiente seguridad de 1'2:

$$1.2 \cdot M_v \leq M_{vert} + M_{hor}$$

Sustituyendo las expresiones y resolviendo para h, la profundidad de la cimentación de los pórticos será:

- Pórticos: h = 2 m

6.2. AUTOVÁLVULAS, TRANSFORMADORES DE TENSIÓN Y AISLADORES.

Por cada tipo de aparato, se realizarán los cálculos para el que, por su situación en las instalaciones, sufra las mayores sollicitaciones mecánicas, haciendo extensible los resultados para todos los demás apoyos del mismo tipo. Por las profundidades esperadas, menores a cinco veces la altura de aplicación del esfuerzo, se empleará el método tradicional de cálculo del vuelco. Para el cálculo de la cimentación se utilizarán las fórmulas expuestas a continuación, de acuerdo con el proyecto tipo SYZH01 de Endesa.

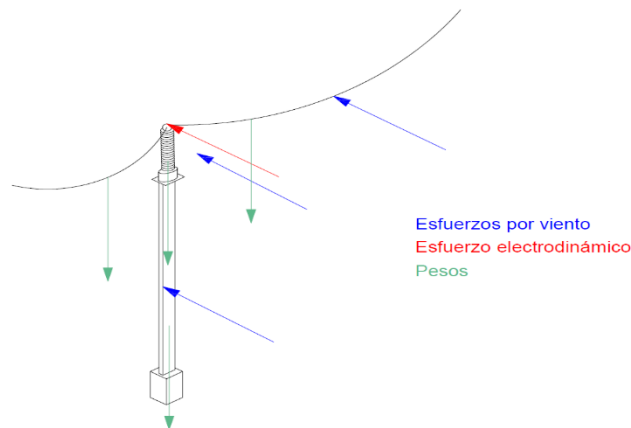


Figura 6.3. Esfuerzos en aparatos monoposte.

Cargas verticales.

$$P = P_{\text{aparato}} + P_{\text{soporte}} + P_{\text{cimentación}}$$

$$P_{\text{cimentación}} = \text{largo} \cdot \text{ancho} \cdot \text{profundidad (y)} \cdot 2200 \text{ kg/m}^3 (\rho_{\text{hormigón}})$$

Esfuerzos horizontales.

1) Esfuerzos electrodinámicos:

$$F_{\text{din}} = 2.04 \cdot \frac{(1.81 \cdot \sqrt{2} \cdot I_{cc})^2}{a} \cdot l$$

2) Viento en los conductores conectados a bornes del aparato:

$$F_{vc} = 50 \cdot d \cdot l$$

3) Viento sobre el aparato, aplicado en su punto medio:

$$F_{va} = 70 \cdot D \cdot L$$

4) Viento sobre el punto medio del soporte:

$$F_{vs} = 100 \cdot H \cdot h$$



Donde:

- a*, distancia entre conductores en cm.
- l*, semivano en metros.
- d*, diámetro del conductor en metros.
- D*, diámetro del aparato en metros.
- L*, altura del aparato en metros.
- h*, altura del soporte en metros.
- H*, ancho del soporte en metros.
- I_{cc}*, corriente de cortocircuito en kA.

Los datos de partida para cada uno de los aparatos se presentan en la siguiente tabla:

APARATO	a (cm)	l (m)	d (m)	D (m)	L (m)	h (m)	H (m)
Autoválvulas	200	3	0,0218	0,191	1,3	3,17	0,16
Trafo Tensión	200	3	0,0218	0,306	1,645	3,448	0,16
Aisladores	200	4	0,0254	0,255	0,77	4,19	0,16

APARATO	P apa (kg)	P apa (daN)	P sop (kg)	P sop (daN)	BASE CIMENTACIÓN	
					LARGO (m)	ANCHO (m)
Autoválvulas	23,6	23.1	172	168	1.2	1.2
Trafo Tensión	285	279	184	180	1.2	1.2
Aisladores	6.2	6.08	213	209	1.2	1.2

Tabla 6.3. Medidas para el cálculo de cimentaciones de la aparamenta monoposte.

6.2.1. CARGAS VERTICALES.

Para cada uno de los aparatos se calcula el total de carga vertical, que quedará en función de la profundidad de la cimentación, y:

APARATO	Carga vertical (kg)	Carga vertical (daN)
Autoválvulas	196 + 3168 y	467 + 3105 y
Trafo Tensión	469 + 3168 y	735 + 3105 y
Aisladores	220 + 3168 y	491 + 3105 y

A las cargas verticales hay que sumar las peanas de 0'8 x 0'8 x 0'2 m, que multiplicadas por la densidad del hormigón en daN/m³ sumarían 275 daN cada una.

6.2.2. ESFUERZOS HORIZONTALES.

Para cada uno de los aparatos se calculan los esfuerzos horizontales descritos en el apartado 6.2 del presente documento:

APARATO	F din (daN)	F vc (daN)	F va (daN)	F vs (daN)
Autoválvulas	194	3	17	50
Trafo Tensión	194	3	35	54
Aisladores	258	5	13	66



6.2.3. ESTABILIDAD.

Se procede al cálculo y comparación de los momentos de vuelco y estabilizadores, mediante las siguientes expresiones:

Momento de vuelco.

$$M_v = \sum F_i \cdot \left(H_i + \frac{2}{3} \cdot y \right)$$

Momento estabilizador.

$$M_e = \frac{b}{2} \cdot (P_{aparato} + P_{soporte} + P_{cimentación})$$

Estabilidad.

$$M_e \geq 1.5 \cdot M_v$$

Donde:

F_i, cada una de las fuerzas horizontales.

H_i, altura de aplicación de cada una de las fuerzas respecto a nivel del suelo.

y, profundidad de la cimentación.

b, ancho de la cimentación.

Se realiza la comparación para cada uno de los aparatos y se obtienen los siguientes resultados:

APARATO	M vuelco (daN·m)	M estab (daN·m)	Profundidad y (m)
Autoválvula	1026 + 176 y	236 + 1553 y	1.01
Trafo tensión	1237 + 191 y	368 + 1553 y	1.17
Aislador	1513 + 228 y	246 + 1553 y	1.67

Finalmente, para una mayor claridad en las medidas en campo y mejorando ligeramente el coeficiente de seguridad, la profundidad de la cimentación de cada uno de los aparatos quedará:

- Autoválvulas: y = 1'10 metros.
- Transformador de tensión: y = 1'20 metros.
- Aislador soporte: y = 1'70 metros

6.3. EMBARRADO PRINCIPAL.

El embarrado principal se divide en seis tramos de seis de seis metros, por lo que se calcularán las cimentaciones para uno de los tramos centrales y se harán extensibles los demás soportes.

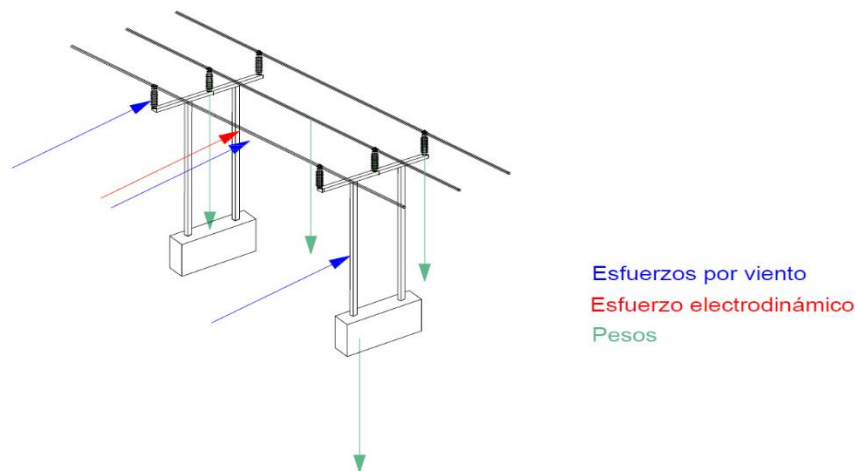


Figura 6.4. Esfuerzos en las cimentaciones del embarrado.

6.3.1. CARGAS VERTICALES.

Las cargas verticales vendrán dadas por la suma de los pesos de las barras, aisladores, soportes, peanas y cimentaciones, con un área de la cimentación de 2'5 x 1 m:

$$P = P_b + P_a + P_s + P_p + P_c$$

Peso de las barras.

$$P_b = n \cdot p_{lineal} \cdot longitud$$

$$P_b = 3 \cdot 7.045 \frac{kg}{m} \cdot 12 m = 253.6 kg = 248.5 daN$$

Peso de los aisladores.

$$P_a = n \cdot p_{unitario} = 6 \cdot 6.2 = 37.2 kg = 36.4 daN$$

Peso de los soportes.

$$P_s = p_{columna} + p_{viga}$$

$$P_s = 4 \cdot 5.04 m \cdot 61.3 \frac{kg}{m} + 2 \cdot 3 m \cdot 26.7 \frac{kg}{m} = 1396 kg = 1368 daN$$



Peso de las peanas.

$$P_p = n \cdot (\text{ancho} \cdot \text{largo} \cdot \text{altura}) \cdot \rho_{hor}$$

$$P_p = 4 \cdot (0.8 \cdot 0.8 \cdot 0.2) \cdot 2200 = 1126 \text{ kg} = 1104 \text{ daN}$$

Peso de las cimentaciones.

$$P_c = 2 \cdot a \cdot b \cdot h \cdot \rho_{hor}$$

$$P_c = 2 \cdot 2.5 \cdot 1 \cdot h \cdot 2200 = 11000 \cdot h \text{ kg} = 10780 \cdot h \text{ daN}$$

Sumando todos los términos:

$$P = 248.5 + 36.4 + 1368 + 1104 + 10780 \cdot h$$

$$P = 2757 + 10780 \cdot h$$

6.3.2. ESFUERZOS HORIZONTALES.

Viento sobre barras.

$$F_b = n \cdot (l \cdot d) \cdot 70 \cdot \left(\frac{v_v}{120}\right)^2$$

Con una velocidad de viento de 120 km/h, y 3 barras de 12 metros:

$$F_b = 3 \cdot (12 \cdot 0.12) \cdot 70 = 302.4 \text{ daN}$$

Viento sobre aisladores.

$$F_a = n \cdot 70 \cdot d \cdot H \cdot \left(\frac{v_v}{120}\right)^2$$

Con seis aisladores (dos por barra en tres barras) de una altura de 770 mm, un diámetro máximo de 255 mm y viento de 120 km/h:

$$F_a = 6 \cdot 70 \cdot (0.255 \cdot 0.77) \cdot \left(\frac{120}{120}\right)^2 = 82.5 \text{ daN}$$

Viento sobre soporte.

$$F_s = n \cdot 100 \cdot A \cdot \left(\frac{v_v}{120}\right)^2$$

La superficie cara al viento sería la de cuatro columnas de 1.008 m para un viento de 120 km/h:



$$F_s = 4 \cdot 100 \cdot 1.008 \cdot \left(\frac{120}{120}\right)^2 = 403.2 \text{ daN}$$

Esfuerzos electrodinámicos.

$$F_{din} = 2.04 \cdot \frac{(1.81 \cdot \sqrt{2} \cdot I_{cc})^2}{a} \cdot l$$

$$F_{din} = 2.04 \cdot \frac{(1.81 \cdot \sqrt{2} \cdot 31.5)^2}{150} \cdot 12 = 1054 \text{ kg} = 1034 \text{ daN}$$

6.3.3. ESTABILIDAD.

Momento de vuelco.

De nuevo, el momento de vuelco se calcula como función de los esfuerzos horizontales, su altura de aplicación y la profundidad de la cimentación.

$$M_v = \sum F_i \cdot \left(H_i + \frac{2}{3} \cdot h\right)$$

PARTE	F _i (daN)	H _i (m)
Barras	302,4	6
Aisladores	82,5	5,5
Soportes	201,6	2,5
Electrodinámico	1034	6

$$M_v = 9480 + 1215 \cdot h$$

A la vista de la altura de aplicación de los esfuerzos, se calcularán los momentos estabilizadores por el método Sulzberger, previéndose una profundidad de cimentación h, menor a 5 veces la altura de un esfuerzo equivalente trasladado a la altura de las barras.

Momento estabilizador por reacciones horizontales.

$$M_1 = \frac{b \cdot h^3}{36} \cdot C_h \cdot tg \alpha$$

$$M_1 = \frac{1 \cdot h^3}{36} \cdot 4 \cdot 0.01 = 0.0011 \cdot h^3$$

Momento estabilizador por peso y reacciones verticales.

$$M_2 = 0.4 \cdot P \cdot a$$

Siendo 'a' el largo de la cimentación, lado paralelo al esfuerzo horizontal.

$$M_2 = 0.4 \cdot (2757 + 10780 \cdot h) \cdot 2.5 = 2757 + 10780 \cdot h$$

Para que el apoyo permanezca estable y aplicando un coeficiente de seguridad de 1'2:

$$1.2 \cdot M_v \leq M_1 + M_2$$

Resolviendo para h:

$$h = 0.92 \cong 1 \text{ metro}$$

6.4. MÓDULOS HÍBRIDOS.

A continuación, se calcula la cimentación para los módulos híbridos Y1, cuyos resultados, por simplicidad, se adoptarán para el módulo Single Bay, algo menor en dimensiones y peso.

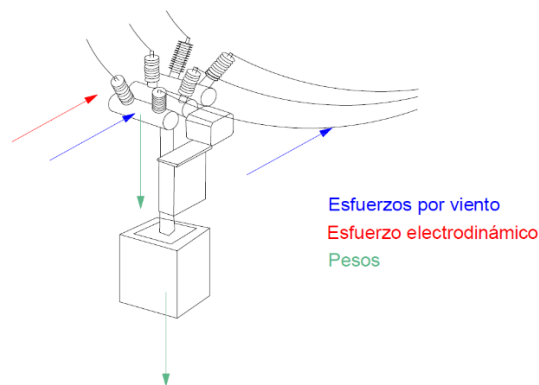


Figura 6.5. Esfuerzos en módulos híbridos.

6.4.1. CARGAS VERTICALES.

Para el cálculo de las cargas verticales se tiene el peso del conjunto del aparato. Las longitudes de conductor desde el módulo hasta los embarrados y hasta los aparatos anteriores o posteriores son suficientemente pequeñas como para despreciar la contribución del peso de los conductores en la estabilidad.

$$P = P_{\text{equipo}} + P_{\text{peana}} + P_{\text{cimentación}}$$

$$P = 2750 + [(1 \cdot 1 \cdot 0.2) + (1.5 \cdot 1.5 \cdot h)] \cdot 2200 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 3190 + 4950 \cdot y \text{ (kg)}$$

$$P = 3126 + 4851 \cdot y \text{ (daN)}$$



6.4.2. ESFUERZOS HORIZONTALES.

Para la determinación de los esfuerzos horizontales, se tienen valores de presión máxima de viento sobre el aparato dadas por el fabricante, aun así, se aplicará el método indicado por la ITC-LAT 07 y el documento SYZH01 sobre una medida ampliada del área que el módulo expone al viento, considerando cilíndricas todas las partes.

Viento sobre los conductores.

$$F_c = 50 \cdot d \cdot \left(\frac{v_v}{120}\right)^2 \cdot l \cdot n$$

Esfuerzo electrodinámico.

$$F_{din} = 2.04 \cdot \frac{(1.81 \cdot \sqrt{2} \cdot I_{cc})^2}{a} \cdot l$$

Viento sobre el aparato.

$$F_a = 70 \cdot A \cdot \left(\frac{v_v}{120}\right)^2$$

Siendo:

d, diámetro de los conductores, en metros.

l, longitud suma de los semivanos a uno y otro lado del módulo, en metros.

a, distancia entre conductores en centímetros.

A, área del aparato expuesta al viento, en m².

I_{cc}, corriente de cortocircuito en kA.

n, número de conductores.

Sustituyendo valores y resolviendo se obtienen los resultados que se muestran a continuación junto a las alturas a las que dicho esfuerzos se aplican.

ESFUERZO	V. conductores	V. en aparato	Electrodinámico
Magnitud (daN)	26,67	245	618,9
Altura (m)	3,93	2,73	3,93

6.4.3. ESTABILIDAD.

La profundidad de la cimentación se prevé inferior a cinco veces la altura de los esfuerzos trasladados a un mismo punto en puntas del aparato, por lo que se usará en método tradicional de momento de vuelco.

Momento de vuelco.

$$M_v = \sum F_i \cdot \left(H_i + \frac{2}{3} \cdot y\right)$$



Momento estabilizador.

$$M_e = \frac{b}{2} \cdot P$$

Estabilidad.

$$M_e \geq 1.5 \cdot M_v$$

Donde:

F_i , cada una de las fuerzas horizontales.

H_i , altura de aplicación de cada una de las fuerzas respecto a nivel del suelo.

y , profundidad de la cimentación.

b , ancho de la cimentación.

$$(3126 + 4851) \cdot 1.5/2 \cdot y \geq 1.5 \cdot (3206 + 594 \cdot y)$$

$$y = 0.89 \approx 1 \text{ m}$$

6.5. PUNTAS FRANKLIN.

Se calculará en este apartado el volumen de cimentación para los soportes empresillados de las puntas Franklin que no están sobre los pórticos de líneas, cuya altura recomienda el cálculo mediante el método Sulzberger. Se iniciará el cálculo tomando como punto de partida unas dimensiones horizontales de la cimentación de 2 x 2 m.

Cargas verticales.

$$P = P_{torre} + P_{cimentación}$$

$$P = 982 + (2 \cdot 2 \cdot y) \cdot \rho_{hor} = 982 + 8800 \cdot y \text{ (kg)}$$

$$P = 962 + 8624 \cdot y \text{ (daN)}$$

Viento sobre la estructura.

Asemejando una estructura empresillada a una de celosía y según ITC-LAT 07:

$$F_v = 170 \cdot A \cdot \left(\frac{v_v}{120}\right)^2 \text{ (daN)}$$

$$F_v = 170 \cdot 5.335 \cdot \left(\frac{120}{120}\right)^2 = 907 \text{ (daN)}$$

Momento estabilizador por reacciones horizontales del terreno.

$$M_1 = \frac{b \cdot y^3}{36} \cdot C_h \cdot tg \alpha$$



$$M_1 = \frac{2.5 \cdot y^3}{36} \cdot 4 \cdot 0.01 = 0.0028 \cdot y^3 \text{ (kg)}$$

$$M_1 = 0.0027 \cdot y^3 \text{ (daN)}$$

Momento estabilizador por peso y reacciones verticales.

$$M_2 = 0.4 \cdot P \cdot a$$

$$M_2 = 0.4 \cdot (962 + 8624 \cdot y) \cdot 2 = 770 + 6899 \cdot y \text{ (kg)}$$

$$M_2 = 754 + 6761 \cdot y \text{ (daN)}$$

Momento de vuelco.

$$M_v = \sum F_i \cdot \left(H_i + \frac{2}{3} \cdot y \right)$$

$$M_v = 907 \cdot \left(\frac{17}{2} + \frac{2}{3} \cdot y \right) = 7709 + 605 \cdot y$$

Para dar por estable el montaje tratándose de una cimentación monobloque, habrá de cumplirse:

$$1.2 \cdot M_v \leq M_1 + M_2$$

Sustituyendo valores y resolviendo para y:

$$y = 1.41 \approx 1.5 \text{ m}$$

6.6. RESUMEN CIMENTACIONES DE APARAMENTA.

6.6.1. CUADRO DE DIMENSIONES.

A continuación, se presenta un cuadro resumen con las dimensiones de la cimentación de los soportes de los distintos aparatos situados en el parque de 66 kV.

CIMENTACIÓN	APARATO	a (m)	b (m)	y (m)	Vol (m ³)
C1	Pórticos	4,50	1,20	2,00	10,80
C2	Autoválvulas	0,80	0,80	1,10	0,70
C3	Trafo de tensión	0,80	0,80	1,20	0,77
C4	Aisladores	0,80	0,80	1,70	1,09
C5	Embarrados	2,50	1,00	1,00	2,50
C6	Módulos Y1	1,50	1,50	1,00	2,25
C7	P. Franklin	2,00	2,00	1,50	6,00

Tabla 6.4. Dimensiones de las cimentaciones de la aparamenta.



6.6.2. SEGURIDAD AL DESLIZAMIENTO.

Con las dimensiones finales de las cimentaciones se procede a la comprobación de la seguridad contra el deslizamiento. Para ello se aplica:

$$\mu \cdot \frac{P}{F} \geq 1.5$$

Donde:

μ , Tangente del ángulo de rozamiento interno del terreno, que suponemos será de 30° ($\text{tg } 30^\circ = 0,577$).

P , Peso total de cimiento y apoyo.

F , Resultante de los esfuerzos horizontales aplicados sobre la estructura.

CIMENTACIÓN	APARATO	P (daN)	Fv (daN)	Deslizamiento
C1	Pórticos	74438	16171	2,66
C2	Autoválvulas	3883	267	8,39
C3	Trafo de tensión	4461	294	8,76
C4	Aisladores	5770	380	8,76
C5	Embarrados	13537	1782	4,38
C6	Módulos Y1	7676	950	4,66
C7	P. Franklin	13898	506	15,85

Tabla 6.5. Seguridad al deslizamiento de las cimentaciones de aparamenta.



7. SERVICIOS AUXILIARES.

El sistema de servicios auxiliares es el conjunto de equipos destinados a proporcionar la alimentación de cada uno de los sistemas necesarios para el correcto funcionamiento, uso y protección de las instalaciones. Para cumplir esta función con garantías el sistema ha de ser redundante y con duplicidades controladas con conmutación automática. Este requisito implica que parte de estos sistemas funcione en corriente alterna, mientras que otros sistemas hayan de ser alimentados en corriente continua, con los márgenes que se especifican en la siguiente tabla.

APLICACIÓN	
Motores de los accionamientos	
- De los interruptores	125 V c.c. (+10% -15%)
- De los seccionadores (en c.a.)	400/230 V c.a. (±10%)
Motores trifásicos refrigeración transformadores	400/230 V c.a. (±10%)
Sistema de control local	125 V c.c. (+10% -15%)
Equipo de mando transformadores	230 V c.a. (±15%)
Equipos de protección, control y telecontrol	125 V c.c. (+15% -20%)
Sistema Telecomunicaciones	48 V c.c. (+10% -20%)
Resistencias de caldeo	230 V c.a. (±15%)

Tabla 7.1. Tensiones nominales y su tolerancia en los circuitos de servicios auxiliares.

Fuente: Documento SRZ001, apdo. 7.4

Endesa exige que el punto de partida del sistema de servicios auxiliares serán dos transformadores de 250 kVA, potencia más que suficiente para que con sólo uno de los transformadores se puedan alimentar todos los sistemas implicados.

La alimentación de los transformadores de servicios auxiliares se realizará desde el embarrado de MT a través de la correspondiente celda de transformador de SSAA, por lo que se procede al cálculo de la sección mínima necesaria de esta conexión.

Intensidad nominal de entrada.

$$I_{n,aux} = \frac{S_{n,aux}}{U_n \cdot \sqrt{3}} = \frac{250000}{20000 \cdot 1.732} = 7.22 \text{ A}$$

En el apartado 7.3.1.1 del documento SRZ001 se dan los detalles para las conexiones de MT en el interior de la subestación. La compañía indica que la sección a usar será 95 mm² en aluminio, con una intensidad máxima admisible de 205 A, quedando un sobredimensionamiento importante, que hace innecesarios más cálculos en cuanto a la sección de este conductor.



Intensidad nominal de salida.

La salida de los transformadores de SSAA, a 400 V, se conectará al embarrado del correspondiente armario de baja tensión, por lo que se calcula la sección correspondiente:

$$I_{BT} = \frac{S_{n,aux}}{U_n \cdot \sqrt{3}} = \frac{250000}{400 \cdot 1.732} = 360.9 \text{ A}$$

El apartado 7.5 del documento FYZ30000 establece las corrientes máximas y secciones a utilizar en los centros de transformación en edificio prefabricado. Asimilando la instalación de SSAA a la de un centro de transformación de la compañía, se establece la sección de salida desde los trafos de SSAA al correspondiente armario de TSA en 240 mm² Al.

Potencia del trafo (kVA)	Tensión del secundario				
	B2 (400 V)				
	Composición del puente - mm ² Al (fases+neutro)	In (A)	Imáx (A)	f ₁	I _{adm} (A) <i>I_{adm} = f₁ · I_{máx}</i>
50	3x1x240+1x240	72	420	0,9	378
100	3x1x240+1x240	144	420	0,9	378
160	3x1x240+1x240	231	420	0,9	378
250	3x1x240+1x240	361	420	0,9	378
400	3x2x240+1x240	577	840	0,9	756
630	3x3x240+2x240	909	1.260	0,9	1.134
1.000	3x4x240+2x240	1.443	1.680	0,9	1.512

Tabla 7.2. Puentes de BT en CT de Endesa. Fuente: Documento FYZ30000.

7.1. SERVICIOS AUXILIARES EN CORRIENTE ALTERNA.

Los servicios que habrán de ser alimentados a 400/230 Vca incluyen:

- Alumbrado externo e interno.
- Tomas de fuerza.
- Climatización.
- Ventilación de los transformadores.
- Unidad de subestación y telecontrol.
- Rectificadores del sistema 125 Vcc.
- Calefacción de la aparamenta.
- Ventilación y bombas.
- Sistemas de extinción y conraincendios.



7.2. SERVICIOS AUXILIARES EN CORRIENTE CONTINUA.

Los servicios que habrán de ser alimentados a 125 o 48 Vcc. lo harán desde dos sistemas de rectificador-baterías independientes, cuyo reparto de cargas será:

Batería 1.

- Circuitos de control y del 1er sistema de protección.
- Circuitos del 3er sistema de protección (equipo multifunción de barras).
- Circuitos de control auxiliares.
- U.C.S. y sistema de telecontrol.
- Sistema de medida para facturación.

Batería 2.

- Circuitos del 2º sistema de protección.
- Circuitos del 4º sistema de protección (protecciones propias de transformador).
- Circuitos de energía para los motores de los accionamientos eléctricos de la aparamenta.

Para llevar a cabo la alimentación de estos de estos sistemas cada uno de los módulos tendrá una capacidad de 100 Ah. Deberán tener además capacidad de conversión de 125 Vcc a 48 Vcc para la alimentación de los sistemas de telecomunicaciones, siendo también este sistema redundante de forma que en caso de incidencia uno solo de los módulos pudiese encargarse de la alimentación de todos los SSAA de corriente continua.

Teniendo en cuenta todos estos valores y las posibilidades en cuanto a sistemas accesorios para control y comunicaciones en los mismos módulos rectificadores/cargadores de baterías, se eligen los módulos de Recticur, con rectificador modelo Argos, convertidor 125/48 Vcc y baterías Ni-Cd.



8. SISTEMAS DE PROTECCIÓN Y CONTROL.

Para la selección de los equipos de protección y control se tendrá en cuenta que estos se dividirán en dos niveles:

- Nivel de instalación: Los equipos a seleccionar incluyen una Unidad de Control de Subestaciones (UCS), el Terminal de Operación Local y el Terminal de Teleacceso. Estos deben cubrir las necesidades en cuanto a funciones globales de control centralizado y telecomunicaciones.
- Nivel de posición: Los equipos de este nivel, Unidades de Control de Posición (UCP), habrán de cubrir las funciones de control, protección y medida en cada una de las posiciones de la subestación.

8.1. NIVEL DE INSTALACIÓN.

8.1.1. UNIDAD DE CONTROL DE SUBESTACIÓN.

En la selección de la unidad de control se ha de tener en cuenta que los equipos seleccionados habrán de cumplir con solvencia las siguientes funciones:

- Comunicación con las Unidades de Control de Posición (UCP).
- Configuración local y remota de la Base de Datos del SICP.
- Salvaguarda del Registro Histórico de señales y mandos de la instalación, para su consulta local o remota.
- Implementación de los Tratamientos de Campo y Tratamientos de Telecontrol.
- Comunicación con el Terminal de Operación Local.
- Comunicación con el Centro de Control (On-line y Backup) en protocolo IEC 60870-5 101/104 balanceado perfil Endesa.
- Comunicación con los sistemas de análisis de incidencias y monitorización.
- Sincronización horaria desde la Red de Comunicaciones y desde equipos locales (GPS).
- Sincronización horaria de todas las UCPs y del Terminal de Operación Local.

El equipo seleccionado es la SCU de la gama saTECH de Artech, cuyas características y forma de montaje se describen en el correspondiente apartado del documento Memoria.

8.1.2. TERMINAL DE OPERACIÓN LOCAL.

Las funciones que ha de realizar el terminal de operación local son:

- Comunicación con el equipo UCS.
- Supervisión de la instalación: topología, alarmas, medidas a través de los diagramas mímicos dinámicos de la subestación.
- Mando local de los dispositivos de maniobra motorizados y del estado de los automatismos.
- Supervisión del sistema integrado: alarmas internas, estado de las comunicaciones con las UCPs, etc. a través de los diagramas mímicos.
- Presentación de alarmas presentes y funciones de reconocimiento de estas.
- Salvaguarda del Registro Histórico de señales recibido de la UCS en HD dedicado a registros.
- Generación del Registro Histórico de medidas y salvaguarda en HD dedicado a registros.

Todas estas funciones son realizadas por el BCU de la gama saTECH de Artech.

8.1.3. TERMINAL DE TELEACCESO.

Se necesita un gateway que haga de puente entre el sistema central de análisis de incidentes y telemantenimiento y las UCPs que están en los armarios de posición. Este equipo habrá de incorporar las aplicaciones y protocolos que permitan acceder y/o descargar desde el exterior, a través de la red de comunicaciones de EDE, oscilos, eventos, alarmas y ajustes de las protecciones de forma inmediata.

La unidad SCU seleccionada como UCS tiene incorporadas estas funciones.

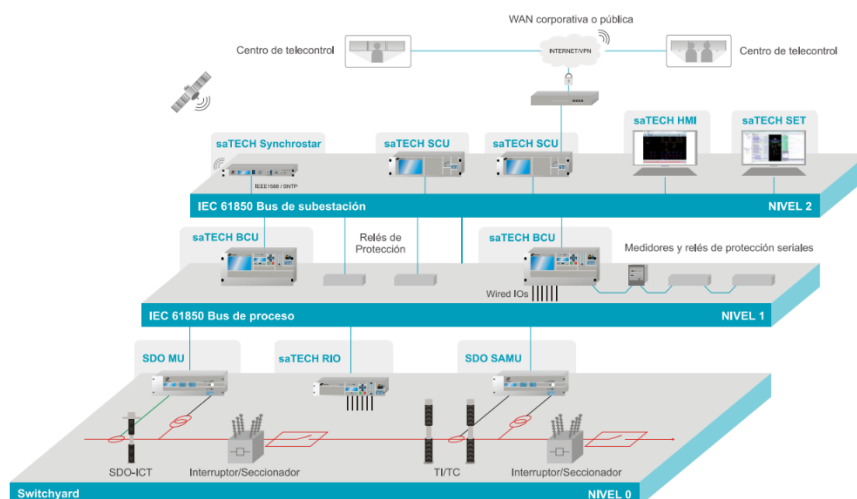


Figura 8.1. Plataforma saTECH de Artech para control de subestaciones. Fuente: Catálogo de Artech.



8.2. NIVEL DE POSICIÓN.

En este apartado se seleccionarán los equipos que realizarán, de forma local, las operaciones de mando, control, medida y protección en cada una de las posiciones de la subestación. Estas Unidades de Control de Posición, han de incluir el tipo de relé de protección necesario en cada tipo de posición, pudiendo ser exclusivas de mando, control o protección, o bien estar integradas en una sola unidad, como equipo multifunción, y tendrán las siguientes capacidades:

- Comunicación con el equipo UCS. El número de puertos de comunicaciones que debe disponer, así como el tipo de medios físicos a emplear dependerán del tipo de UCP.
- Protocolo DNP3.0 o IEC60870-5-103 para comunicaciones entre UCP de protección y UCS.
- El protocolo empleado para las comunicaciones de teleacceso será IEC61850.
- Datado de eventos y alarmas con fecha y hora.
- Gestión de alarmas internas de la propia UCP.
- Estos equipos se montarán en los armarios de cada posición.
- Respecto a las características eléctricas, funcionales y cantidad tanto para las entradas y salidas digitales como de medida, así como las características constructivas, ambientales y de compatibilidad electromagnéticas, se tomará como referencia la norma indicada de EDE SNC006.

Las UCP seleccionadas son las saTECH BTU de Artech.

Los relés multifunción (RMF) seleccionados para las funciones de protección se tomarán teniendo en cuenta las siguientes normas:

<i>NORMAS</i>	<i>APLICACIÓN</i>
SNC002	Relés Multifunción Posiciones MT
SNC018	Relés Multifunción Barras AT
SNC019	Relés Multifunción para Transformadores
SNC020	Relés Multifunción para circuitos AT

Tabla 8.1. Normativa a seguir en los RMF. Fuente: Documento SRZ001.

La subestación se divide en tres tipos de posiciones y sus distintas partes:

- Posiciones AT: Circuitos y barras.
- Transformación: Transformadores.
- Posiciones MT: Circuitos, medida, acoplamiento, servicios auxiliares y batería de condensadores.



8.2.1. POSICIONES AT.

8.2.1.1. LÍNEAS AT.

Las funciones de protección de las líneas de alta tensión se dispondrán en dos niveles y en cada uno de ellos se deberán aplicar las siguientes:

FUNCIONES PROTECTIVAS PRINCIPALES	
87L	Diferencial longitudinal, fases segregadas
21	Distancia
25	Sincronismo
79	Reenganchador
49	Imagen Térmica
51	Máxima intensidad no direccional de fases
67N	Máxima intensidad direccional de tierras
51N	Máxima intensidad no direccional de tierras
3	Vigilancia de bobinas
	Localizador de defectos
	Oscilografía
FUNCIONES PROTECTIVAS SECUNDARIAS	
21	Distancia
51	Máxima intensidad no direccional de fases
67N	Máxima intensidad direccional de tierras
51N	Máxima intensidad no direccional de tierras
25	Sincronismo
79	Reenganchador
49	Imagen Térmica
3	Vigilancia de bobinas
	Localizador de defectos
	Discordancia de polos
	Oscilografía

Tabla 8.2. Funciones de protección en circuitos AT. Fuente: SRZ001

Para realizar estas funciones, habiendo de ser equipos de distinta marca se montarán los Multilin L90 de General Electric para protección primaria y los P3L30 de Schneider para las secundarias.



Figura 8.2. GE Multilin L90 y Schneider P3L30. Fuente: Catálogos de las marcas.



8.2.1.2. EMBARRADOS Y ACOPLAMIENTO.

Las funciones de protección de los embarrados se dividen en dos grupos de funciones protectivas y se usarán, a ser posible, dos únicos relés multifunción.

FUNCIONES DE PROTECCION DE BARRAS	
87B	Diferencial de barras
50s-62	Fallo de Interruptor
	Oscilografía
FUNCIONES DE PROTECCION DE INTERRUPTOR	
3	Vigilancia de bobinas
25	Sincronismo
	Oscilografía

Tabla 8.3. Funciones de protección en embarrados. Fuente: SRZ001.

Para la protección de barras se usará el MiCOM P746 de Schneider. Para la protección del interruptor se usará el MiCOM P841 de la misma marca.

8.2.2. TRANSFORMADORES.

Las funciones protectivas se realizarán, a ser posible, mediante dos relés multifunción, de diferente marca y modelo. Además de las funciones cubiertas por los relés multifunción, la UCP habrá de controlar las señales de las protecciones propias de los transformadores, como son la temperatura, gases en el transformador, gases en el cambiador de tomas y circulación de aceite. Las funciones a realizar por los relés se dividen en principales y secundarias.

FUNCIONES PROTECTIVAS PRINCIPALES	
87T	Diferencial de transformador
50/51 F-N AT	Sobreintensidad a tiempo dependiente (curva, tiempo definido) y sobreintensidad instantánea (3 fases + neutro) AT
51G AT	Sobreintensidad a tiempo dependiente (curva) puesta a tierra neutro AT
51 F-N MT	Sobreintensidad (3 fases + neutro) a tiempo dependiente (curva, tiempo definido) MT
51G MT	Sobreintensidad a tiempo dependiente (curva, tiempo definido) puesta a tierra neutro MT
50/51G MT	Detector intensidad impedancia puesta a tierra MT
81m	Subfrecuencia
81df/dt	Derivada de frecuencia
59N MT	Sobretensión homopolar (a tiempo definido) MT
49 Zpat MT	Imagen térmica impedancia puesta a tierra neutro MT
3	Vigilancia de Bobinas
	Oscilografía

Tabla 8.4. Funciones protectivas principales en transformadores. Fuente: SRZ001.



FUNCIONES PROTECTIVAS SECUNDARIAS	
87T	Diferencial de transformador
50/51 F-N AT	Sobreintensidad a tiempo dependiente (curva, tiempo definido) y sobreintensidad instantánea (3 fases + neutro) AT
51G AT	Sobreintensidad a tiempo dependiente (curva) puesta a tierra neutro AT
51 F-N MT	Sobreintensidad (3 fases + neutro) a tiempo dependiente (curva, tiempo definido) MT
51G MT	Sobreintensidad a tiempo dependiente (curva, tiempo definido) puesta a tierra neutro MT
50/51G MT	Detector intensidad impedancia puesta a tierra MT
81m	Subfrecuencia
81df/dt	Derivada de frecuencia
59N MT	Sobretensión homopolar (a tiempo definido) MT
49 Zpat MT	Imagen térmica impedancia puesta a tierra neutro MT
3	Vigilancia de Bobinas
	Oscilografía

Tabla 8.5. Funciones protectivas secundarias en transformadores. Fuente: SRZ001.

Para la protección primaria se elige el Multilin T60 de General Electric. para las protecciones secundarias el SEPAM S40 de Schneider.

8.2.3. POSICIONES MT.

Para las posiciones de MT, se dispondrá de un único relé multifunción por posición. En los siguientes apartados se indican las funciones protectivas a aplicar en cada caso.

8.2.3.1. MEDIDA.

Para la protección de la medida se contará con dispositivos con la función código ANSI 59N, sobretensión homopolar a tiempo definido y con posibilidades de oscilografía.

Se elige el relé SEPAM serie 20 en configuración B21 de Schneider.

8.2.3.2. ACOPLAMIENTO.

Las funciones a incluir en la protección del acoplamiento de las barras de media tensión son la sobretensión homopolar a tiempo definido (59N), la vigilancia de circuitos de disparo (3) y oscilografía.

Se elige el relé SEPAM serie 20 en configuración B21 de Schneider.



8.2.3.3. LINEAS MT.

51F	Sobreintensidad de fases, curva
51F, TD	Sobreintensidad de fases, tiempo definido
50F	Sobreintensidad de fases, instantánea
51N	Sobreintensidad de neutro, curva, sumatorio 3TT/I fases
51N TD	Sobreintensidad de neutro, tiempo definido, sumatorio 3TT/I fases
50N	Sobreintensidad de neutro, instantáneo, sumatorio 3TT/I fases
46	Desequilibrio entre fases/fase abierta
67F	Sobreintensidad de fases: direccional curva, tiempo definido, instantáneo
67N1	Sobreintensidad de neutro: direccional curva, tiempo definido, instantáneo, sumatorio 3TT/I fases
67N2	Sobreintensidad de neutro sensible: direccional curva, tiempo definido, instantáneo, Tierra resistente, toroidal neutro
51NS	Sobreintensidad de neutro sensible: curva, tiempo definido, Tierra resistente, toroidal neutro
79	Reenganchador
59B	Automatismo Cogenerador
3	Vigilancia circuitos de disparo
	Oscilografía
	Recepción de disparo externo

Tabla 8.6. Funciones de protección de los circuitos MT. Fuente: SRZ001.

Para estas funciones se elige el MiCOM P141 de Schneider.

8.2.3.4. SERVICIOS AUXILIARES.

51F	Sobreintensidad de fases, curva
51F, TD	Sobreintensidad de fases, tiempo definido
50F	Sobreintensidad de fases, instantánea
51N	Sobreintensidad de neutro, curva, sumatorio 3TT/I fases
51N TD	Sobreintensidad de neutro, tiempo definido, sumatorio 3TT/I fases
50N	Sobreintensidad de neutro, instantáneo, sumatorio 3TT/I fases
3	Vigilancia circuitos de disparo
	Oscilografía

Tabla 8.7. Funciones de protección en trafo de SSAA. Fuente: SRZ001.

Para cubrir estas funciones se elige el MiCOM P141 de Schneider.



Figura 8.4. Schneider MiCOM P141. Fuente: Catálogo Schneider.



8.2.3.5. BATERÍA DE CONDENSADORES.

51F	Sobreintensidad de fases, curva
51F, TD	Sobreintensidad de fases, tiempo definido
50F	Sobreintensidad de fases, instantánea
51N	Sobreintensidad de neutro, curva, sumatorio 3TT/I fases
51N TD	Sobreintensidad de neutro, tiempo definido, sumatorio 3TT/I fases
50N	Sobreintensidad de neutro, instantáneo, sumatorio 3TT/I fases
51TD	Desequilibrio neutro entre estrellas BBCCEE, detección 3I0/Tierra resistente
27	Subtensión compuesta a tiempo definido
59	Sobretensión compuesta a tiempo definido
59N	Sobretensión homopolar a tiempo definido
3	Vigilancia circuitos de disparo
	Oscilografía

Tabla 8.8. Funciones de protección en la batería de condensadores. Fuente: SRZ001.

Para estas funciones se elige el MiCOM P141 de Schneider.



9. ANILLOS DE DISTRIBUCIÓN.

En este apartado se procede al diseño y cálculo de los anillos de media tensión que habrán de repartir la potencia entre los centros de transformación distribuidos por el polígono industrial. el diseño de los anillos se realizará con la potencia obtenida en la previsión de carga realizada en el apartado 1 de este documento, considerando suficiente este valor para la alimentación de los centros de transformación del polígono de Las Quemadas, obviando el sobredimensionamiento de la potencia de transformación impuesta por la igualdad de potencia de los transformadores.

9.1. CONFIGURACIÓN GENERAL.

Potencia en cada anillo.

Se van a distribuir 84 MVA previstos para el polígono industrial con 12 celdas de línea formando anillos de distribución de bucle abierto, por lo que se diseñarán seis de ellos. Cada una de las celdas de línea ha de ser capaz de soportar toda la potencia del anillo del que forma parte.

$$S_{anillo} = \frac{84 \text{ MVA}}{6 \text{ anillos}} = 14 \text{ MVA}$$

Por tanto, la corriente máxima en cada anillo, teniendo en cuenta la previsión de cargas del capítulo número 1 de este documento será aproximadamente:

$$I_{m\acute{a}x} = \frac{14\ 000\ 000}{\sqrt{3} \cdot 20\ 000} = 404 \text{ A}$$

Número de centros de transformación.

Endesa, en su documento NRZ001, indica que no se diseñarán centro de transformación (CT) con más de dos transformadores salvo acuerdo expreso con la compañía, y las potencias de los transformadores a usar serán preferentemente 250, 400 y 630 kVA, aunque se permiten transformadores de hasta 1000 kVA. Eligiendo la configuración 2 x 1000 kVA para los centros de transformación, cada anillo, de forma general, deberá incluir:

$$N^{\circ} \text{ de CT} = \frac{14 \frac{\text{MVA}}{\text{anillo}}}{2 \frac{\text{MVA}}{\text{CT}}} = 7 \frac{\text{CT}}{\text{Anillo}}$$

9.2. SECCIÓN DE CONDUCTORES.

EDE, en su documento DYZ10000 "Proyecto tipo de líneas subterráneas de media tensión", indica el tipo de conductor y sus secciones permitidas en sus redes de distribución en media tensión. En el se establece que los conductores para líneas con tensión nominal de 20 kV serán de aluminio en secciones de 150, 240 o 400 mm², con aislamiento XLPE 12/20 kV, pantalla semiconductora y armadura de aluminio.



En circuitos con ternas de cables unipolares, bajo tubo y enterrados, las corrientes máximas en régimen permanente para cada sección son:

Sección nominal de los conductores mm ²	Intensidad máxima admisible, I, en A (Cables unipolares en triángulo en contacto)
150	245
240	320
400	415

Tabla 9.1. Corriente máxima en conductores de aluminio. Fuente: DYZ10000

Estos valores son aplicables en la existencia de un único circuito, siendo de aplicación factores de corrección por agrupación de circuitos, que dependerán de la distancia entre tubos y del número de circuitos en la zanja, por lo tanto, habrá que estudiar en cada caso los tramos donde coincidan los trazados de dos o más anillos en la misma zanja, para tomar la sección adecuada en los tramos más desfavorables.

En tramos donde el factor de corrección por agrupación de circuitos no permitiese el uso de una terna de las secciones estándar, podrán usarse secciones mayores, de acuerdo con el apartado 3.1 del documento NRZ001.

Las características de los cables a utilizar se presentan en la siguiente tabla.

HERSATENE® RH5Z1-OL AL 12/20 (24) kV y 18/30 (36) kV

Sección conductor Al (mm ²)	Diametro nominal sobre aislamiento (I) (mm)	Diametro nominal exterior (I) (mm)	Peso (I) (kg/km)	Radio mínimo de curvatura (I) (mm)	Intensidad máx. admisible al aire (I) (A)	Intensidad máx. admisible directamente enterrado (I) (A)	Intensidad máx. admisible bajo tubo enterrado (I) (A)	Resistencia en corriente continua a 20 °C (I) (Ω/km)	Resistencia en corriente alterna a 90 °C (I) (Ω/km)	Reactancia a 50 Hz (I) (Ω/km)	Capacidad (I) (pF/km)
1X95*	21,2	29,0	885	435	255	205	190	0,320	0,403	0,119	0,251
1X150*	23,9	31,6	1090	474	335	260	245	0,206	0,262	0,111	0,294
1X240*	28,0	35,6	1460	534	455	345	320	0,125	0,161	0,102	0,358
1X400*	33,0	40,7	1985	611	610	445	415	0,0778	0,102	0,096	0,436
1X500	36,7	44,6	2470	669	715	505	480	0,0605	0,084	0,093	0,494
1X630	40,8	48,4	2930	726	830	575	545	0,0469	0,0636	0,090	0,557

Tabla 9.2. Características de los cables Hersatene de General Cable. Fuente: Catálogo General Cable.

Los factores de corrección de aplicación se supondrán iguales en todo el polígono a falta de información de campo.

CONCEPTO	VALOR	FACTOR APLICABLE
Agrupación de tubos	4*	0,64
Resistividad térmica del suelo	0,7 K·m/W	1,17
Temperatura del suelo	20°C	1,04
Profundidad media	0,9 m	1,02

Tabla 9.3. Factores de corrección a la intensidad soportable por el conductor.

*Caso más desfavorable.



Con estos valores, para el caso más desfavorable, es decir, en aquellas zanjas en las que se alojen 4 tubos conteniendo circuitos activos, la intensidad máxima para cada sección será:

$$I_{m\acute{a}x} = I_n \cdot f_a \cdot f_r \cdot f_T \cdot f_p$$

Donde:

I_n , Intensidad admisible en el conductor entubado a 1 metro de profundidad, 25°C de temperatura del suelo, un único circuito y 1'5 K·m/W de resistividad térmica del suelo.

f_a , factor corrector por agrupamiento de conductores.

f_r , factor corrector por resistividad distinta de 1'5 K·m/W

f_T , factor corrector por temperatura del suelo distinta a 25°C

f_p , factor corrector por profundidad distinta a 1 metro.

En la siguiente tabla se dan las intensidades máximas admisibles para cada probable sección una vez aplicados los factores de corrección con distintas posibilidades de agrupación de circuitos (2, 3 o 4 circuitos en la misma zanja).

SECCIÓN (mm ²)	I_n (A)	AGRUPACIÓN	f_a	f_r	f_T	f_p	$I_{m\acute{a}x}$ (A)
400	415	2	0,8	1,17	1,04	1,02	412
		3	0,7				361
		4	0,64				330
500	480	2	0,8				477
		3	0,7				417
		4	0,64				381
640	545	2	0,8				541
		3	0,7				455
		4	0,64				433

Tabla 9.4. Intensidades permanentes admisibles para cada sección.

A la vista de los resultados se tendrá en cuenta:

- La sección 400 mm² Al es insuficiente en cualquier condición, ya que incluso con un único circuito en zanja podría ser llevado al límite de su capacidad.
- La sección 500 mm² Al podría usarse en tramos con 2 o menos circuitos agrupados, si sólo se tiene en cuenta el valor de intensidad permanente genérico de los anillos, cabiendo un análisis más profundo dependiendo de la potencia del anillo específico.
- La sección 630 mm² podría estar dentro de márgenes aceptables en cualquier situación.

Teniendo en cuenta que los tramos con un único circuito en zanja son relativamente pocos, y para dar a la red sencillez, uniformidad y posibilidades de ampliación, a la vez que se amplían sus márgenes de operación, se iniciará el cálculo de los anillos de distribución considerando una sección de 630 mm² de aluminio en ternas de cables unipolares para cada circuito.



9.3. DISEÑO DE LOS ANILLOS.

En el trazado de las canalizaciones y la ubicación de los centros de transformación se ha tenido en cuenta:

- Minimizar el número de zanjas, teniendo en cuenta las limitaciones (y posibilidades) impuestas por la compañía en cuanto a agrupación de circuitos.
- Minimizar las longitudes de la red de distribución de baja tensión.
- Evitar grandes cruzamientos con viales de tráfico rodado.
- Ubicación y potencia de los centros de compañía y los dos de abonado.
- Ubicación de los centros de transformación en los mismos viales de las parcelas a las que habrán de alimentar, evitando rodeos de la red de baja tensión.

El diseño final puede consultarse en el documento Planos.

9.4. CALCULOS JUSTIFICATIVOS.

En este apartado se procede a la comprobación de la conveniencia de las secciones utilizadas en los seis anillos de distribución en media tensión atendiendo a los criterios de corriente de cortocircuito, pérdidas de potencia y caída de tensión. Como datos de partida se conocen las características de los conductores, la potencia de cada uno de los centros de transformación y la longitud de cada tramo de los anillos.

Características del conductor.

SECCIÓN	R (CA 90°C)	X (50 Hz)	C (50 Hz)
630 mm ²	0,0636 Ω/km	0,09 Ω/km	0,557 μF/km

Tabla 9.5. Características eléctricas del conductor.

Potencia de los centros de transformación.

Todos los centros de transformación tienen una potencia de 2 x 1000 kVA, excepto el CT6-05-A, quinto CT del anillo 6, centro de abonado cuya potencia es de 4 x 1000 kVA.



Figura 9.1. Recorrido de los anillos de distribución MT.

9.4.1. CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO.

El valor de la intensidad de cortocircuito admisible será tomado en función de la capacidad de soportar las temperaturas alcanzables por los materiales de aislamiento sin sufrir deterioro, durante el tiempo de corto. Para su comprobación se utiliza la fórmula:

$$I_{cc3 \text{ Adm}} = K \cdot \frac{S}{\sqrt{t_{cc}}}$$

Donde:

$I_{cc3 \text{ Adm}}$, corriente de cortocircuito trifásico en hipótesis adiabática, en amperios.

K , densidad de corriente admisible para un cortocircuito de 1 segundo. Para el aluminio con aislamiento XLPE. $K=94 \text{ A/mm}^2$

S , sección del conductor en mm^2

t_{cc} , tiempo de cortocircuito en segundos.

$$I_{cc3 \text{ Adm}} = 94 \cdot \frac{630}{\sqrt{0.5}} = 83.7 \text{ kA}$$

De acuerdo con las normas de la compañía, este valor habrá de ser superior a 20 kA. Con lo que la sección cumple sobradamente en cuanto a condiciones de cortocircuito.



Figura 9.2. Cobertura de los anillos MT

9.4.2. PÉRDIDAS DE POTENCIA.

La potencia perdida en una línea se calculará con la siguiente expresión:

$$P_p(\%) = \frac{P \cdot L \cdot R_{90}}{10 \cdot U^2 \cdot (\cos \varphi)^2}$$

Donde:

P , potencia a transportar en kW.

L , longitud de la línea en km.

U , tensión nominal de la línea en kV.

R_{90} , resistencia del conductor a 90°C en Ω/km .

$\cos \varphi$, factor de potencia de la instalación.



Se considera un factor de potencia para todo el polígono de 0'85. La resistencia del conductor a 90°C para corriente alterna es de 0,0636 Ω/km. Las longitudes de cada tramo y las potencias a transportar en cada uno de ellos, en el caso más desfavorable son:

LONGITUD DE TRAMOS (m)								
ANILLO	SE - CT 1	CT 1 - CT 2	CT 2 - CT 3	CT 3 - CT 4	CT 4 - CT 5	CT 5 - CT 6	CT 6 - CT 7	CT 7 - SE
1	239	609	273	542	173	214	184	633
2	100	432	253	249	12	172	259	259
3	130	472	538	304	493	326	259	595
4	747	412	505	594	379	315	300	1183
5	1067	277	234	377	184	634	818	1314
6	1325	221	389	769	372	670	1581	0

Tabla 9.6. Distancias entre centros de transformación en los anillos.

POTENCIA POR TRAMOS (MW)							
ANILLO	SE - CT 1	CT 1 - CT 2	CT 2 - CT 3	CT 3 - CT 4	CT 4 - CT 5	CT 5 - CT 6	CT 6 - CT 7
1	14	12	10	8	6	4	2
2	14	12	10	8	6	4	2
3	14	12	10	8	6	4	2
4	14	12	10	8	6	4	2
5	14	12	10	8	6	4	2
6	14	12	10	8	6	2	0

Tabla 9.7. Potencia soportada por cada tramo de los anillos.

La pérdida total porcentual de potencia en cada anillo se calcula como la suma de la pérdida en cada uno de los tramos, obteniéndose los resultados presentados en la siguiente tabla:

PÉRDIDA PORCENTUAL								
ANILLO	SE 0 - CT 1	CT 1 - CT 2	CT 2 - CT 3	CT 3 - CT 4	CT 4 - CT 5	CT 5 - CT 6	CT 6 - CT 7	TOTAL
1	0,074	0,161	0,060	0,095	0,023	0,019	0,008	0,440
2	0,031	0,114	0,056	0,044	0,002	0,015	0,011	0,273
3	0,040	0,125	0,118	0,054	0,065	0,029	0,011	0,442
4	0,230	0,109	0,111	0,105	0,050	0,028	0,013	0,646
5	0,329	0,073	0,051	0,066	0,024	0,056	0,036	0,636
6	0,408	0,058	0,086	0,135	0,049	0,029	0,000	0,766

Tabla 9.8. Pérdidas de potencia en los anillos.

La máxima pérdida de potencia permitida por la compañía es del 5% y en ninguno de los anillos esta llega al 1%, por lo tanto, se cumple el requisito de pérdidas.



9.4.3. CAÍDA DE TENSIÓN.

La caída de tensión porcentual en cada tramo se calcula mediante la expresión:

$$\Delta U(\%) = \frac{P \cdot L}{10 \cdot U^2} \cdot (R_{90} + X \cdot \tan \varphi)$$

Donde:

P, potencia a transportar en kW.

L, longitud del tramo en km.

U, tensión nominal de la línea en kV.

*R*₉₀, resistencia del conductor a 90°C en Ω/km.

φ, desfase entre tensión e intensidad.

X, reactancia de los conductores en Ω/km.

La caída de tensión total será la suma de las caídas de tensión en cada uno de los tramos, considerando el caso más desfavorable, es decir, con toda la carga alimentada desde una sola celda MT de la subestación. Los datos de potencia y longitud en los tramos se encuentran en las tablas 9.5 y 9.6 del presente documento. La resistencia del conductor a 90°C para corriente alterna es de 0,0636 Ω/km mientras que la reactancia es de 0.09 Ω/km a una frecuencia de 50 Hz. El factor de potencia es de 0'85, lo que implica un valor para tan φ de 0'62. Con estos datos se obtienen las caídas de tensión presentadas en la siguiente tabla.

CAÍDA DE TENSIÓN PORCENTUAL								
ANILLO	SE - CT 1	CT 1 - CT 2	CT 2 - CT 3	CT 3 - CT 4	CT 4 - CT 5	CT 5 - CT 6	CT 6 - CT 7	TOTAL
1	0,100	0,218	0,081	0,129	0,031	0,026	0,011	0,596
2	0,042	0,155	0,076	0,059	0,002	0,021	0,015	0,370
3	0,054	0,169	0,161	0,073	0,088	0,039	0,015	0,599
4	0,312	0,148	0,151	0,142	0,068	0,038	0,018	0,876
5	0,446	0,099	0,070	0,090	0,033	0,076	0,049	0,862
6	0,554	0,079	0,116	0,184	0,067	0,040	0,000	1,039

Tabla 9.9. Caídas de tensión en los anillos.



10. CENTROS DE TRANSFORMACIÓN.

Se procede en este capítulo al diseño y cálculo de los centros de transformación de compañía y los dos de abonado. Para diseño y cálculos de centros de transformación existen en el mercado opciones de software de contrastada eficacia. Para este trabajo se confía en el programa Amikit de Ormazabal.

10.1. CT DE COMPAÑÍA.

10.1.1. INTENSIDAD DE MEDIA TENSIÓN.

La intensidad primaria en un transformador trifásico viene dada por la expresión:

$$I_p = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_p}$$

Donde:

P, potencia del transformador en kVA.

U_p, tensión primaria en kV.

I_p, intensidad primaria en A.

En el caso que nos ocupa, la tensión primaria de alimentación es de 20 kV. Para ambos transformadores, la potencia es de 1000 kVA.

$$I_p = 28,9 \text{ A}$$

Por tanto la intensidad total de MT que hay es:

$$I_{tot} = 57,7 \text{ A}$$

10.1.2. INTENSIDAD DE BAJA TENSIÓN.

La intensidad secundaria en un transformador trifásico viene dada por la expresión:

$$I_s = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_s}$$

Donde:

P, potencia del transformador en kVA.

U_s, tensión en el secundario en kV.

I_s, intensidad en el secundario en A.

Para los transformadores tenemos una potencia de 1000 kVA por unidad mientras que la tensión de secundario es de 420 V en vacío. La intensidad en las salidas de 420 V en vacío puede alcanzar el valor:

$$I_s = 1374,6 \text{ A.}$$



10.1.3. CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO.

Para el cálculo de las intensidades que origina un cortocircuito. se tendrá en cuenta la potencia de cortocircuito de la red de MT, valor especificado por la compañía eléctrica.

Para el cálculo de la corriente de cortocircuito en la instalación, se utiliza la expresión:

$$I_p = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \cdot U_p}$$

Donde:

S_{cc} , potencia de cortocircuito de la red [MVA]

U_p , tensión de servicio [kV]

I_{ccp} , corriente de cortocircuito [kA]

Para los cortocircuitos secundarios, se va a considerar que la potencia de cortocircuito disponible es la teórica de los transformadores de MT-BT, siendo por ello más conservadores que en las consideraciones reales.

La corriente de cortocircuito del secundario de un transformador trifásico viene dada por la expresión:

$$I_{ccs} = \frac{100 \cdot P}{\sqrt{3} \cdot E_{cc} \cdot U_s}$$

Donde:

P , potencia de transformador [kVA]

E_{cc} , tensión de cortocircuito del transformador [%]

U_s , tensión en el secundario [V]

I_{ccs} , corriente de cortocircuito [kA]

Cortocircuito en el lado de Media Tensión.

Con una potencia de cortocircuito de 500 MVA y una tensión de servicio 20 kV, la intensidad de cortocircuito es :

$$I_{ccp} = 14,434 \text{ kA}$$

Cortocircuito en el lado de Baja Tensión.

Para los transformadores la potencia es de 1000 kVA, la tensión porcentual del cortocircuito del 6%, y la tensión secundaria es de 420 V en vacío. La intensidad de cortocircuito en el lado de BT con 420 V en vacío será:

$$I_{ccs} = 22,911 \text{ kA}$$



10.1.4. DIMENSIONADO DEL EMBARRADO.

Las celdas fabricadas por ORMAZABAL han sido sometidas a ensayos para certificar los valores indicados en las placas de características, por lo que no es necesario realizar cálculos teóricos ni hipótesis de comportamiento de celdas.

Comprobación por densidad de corriente.

La comprobación por densidad de corriente tiene por objeto verificar que el conductor indicado es capaz de conducir la corriente nominal máxima sin superar la densidad máxima posible para el material conductor. Esto, además de mediante cálculos teóricos, puede comprobarse realizando un ensayo de intensidad nominal que, con objeto de disponer de suficiente margen de seguridad, se considerará que es la intensidad del bucle, que en este caso es de 630 A.

Comprobación por sollicitación electrodinámica.

La intensidad dinámica de cortocircuito se valora en aproximadamente 2,5 veces la intensidad eficaz de cortocircuito calculada en el apartado 2.3.2.a de este capítulo, por lo que:

$$I_{cc(din)} = 36,085 \text{ kA}$$

Comprobación por sollicitación térmica.

La comprobación térmica tiene por objeto comprobar que no se producirá un calentamiento excesivo de la aparamenta por defecto de un cortocircuito. Esta comprobación se puede realizar mediante cálculos teóricos, pero preferentemente se debe realizar un ensayo según la normativa en vigor. En este caso, la intensidad considerada es la eficaz de cortocircuito, cuyo valor es:

$$I_{cc(ter)} = 14,434 \text{ kA.}$$

10.1.5. DIMENSIONADO DE LOS PUENTES DE MT.

La intensidad nominal demandada por cada transformador es igual a 28,9 A que es inferior al valor máximo admisible por el cable. Este valor es de 235 A para un cable de sección de 95 mm² de Al según el fabricante.

10.1.6. DIMENSIONADO DE LA VENTILACIÓN DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.

El edificio empleado en esta aplicación ha sido homologado según los protocolos obtenidos en laboratorio Labein (Vizcaya - España):

- 97624-1-E, para ventilación de transformadores de potencia unitaria hasta 1000 kVA
- 960124-CJ-EB-01, para ventilación de transformadores de potencia hasta 1600 kVA



10.1.7. DIMENSIONADO DEL POZO APAGAFUEGOS.

Se dispone de un foso de recogida de aceite de 600 l de capacidad por cada transformador cubierto de grava para la absorción del fluido y para prevenir el vertido de este hacia el exterior y minimizar el daño en caso de fuego.

10.1.8. CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA.

Investigación de las características del suelo.

El Reglamento de Alta Tensión indica que, para instalaciones de tercera categoría, y de intensidad de cortocircuito a tierra inferior o igual a 16 kA no será imprescindible realizar la citada investigación previa de la resistividad del suelo, bastando el examen visual del terreno y pudiéndose estimar su resistividad, siendo necesario medirla para corrientes superiores.

Según la investigación previa del terreno donde se instalará este Centro de Transformación, se determina la resistividad media en 80 Ohm·m.

Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y del tiempo máximo correspondiente a la eliminación del defecto.

En las instalaciones de MT de tercera categoría, los parámetros que determinan los cálculos de faltas a tierra son las siguientes:

De la red:

- Tipo de neutro. El neutro de la red puede estar aislado, rígidamente unido a tierra, unido a esta mediante resistencias o impedancias. Esto producirá una limitación de la corriente de la falta, en función de las longitudes de líneas o de los valores de impedancias en cada caso.
- Tipo de protecciones. Cuando se produce un defecto, éste se eliminará mediante la apertura de un elemento de corte que actúa por indicación de un dispositivo relé de intensidad, que puede actuar en un tiempo fijo (tiempo fijo), o según una curva de tipo inverso (tiempo dependiente). Adicionalmente, pueden existir reenganches posteriores al primer disparo, que sólo influirán en los cálculos si se producen en un tiempo inferior a los 0,5 segundos.

No obstante, y dada la casuística existente dentro de las redes de cada compañía suministradora, en ocasiones se debe resolver este cálculo considerando la intensidad máxima empírica y un tiempo máximo de ruptura, valores que, como los otros, deben ser indicados por la compañía eléctrica.



Intensidad máxima de defecto.

$$I_{d \max \text{ cal}} = \frac{U_n}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{R_n^2 + X_n^2}}$$

Donde:

U_n , tensión de servicio [kV]

R_n , resistencia de puesta a tierra del neutro [Ohm]

X_n , reactancia de puesta a tierra del neutro [Ohm]

$I_{d \max \text{ cal}}$, Intensidad máxima calculada [A]

La $I_{d \max}$ en este caso será:

$$I_{d \max \text{ cal}} = 240,564 \text{ A}$$

Superior al valor establecido por la compañía eléctrica que es de 200 A.

Diseño preliminar de la instalación de tierra.

El diseño preliminar de la instalación de puesta a tierra se realiza basándose en las configuraciones tipo presentadas en el Anexo 2 del método de cálculo de instalaciones de puesta a tierra de UNESA, que esté de acuerdo con la forma y dimensiones del Centro de Transformación, según el método de cálculo desarrollado por este organismo.

Cálculo de la resistencia del sistema de tierra.

Características de la red de alimentación:

- Tensión de servicio: $U_r = 20 \text{ kV}$
- Puesta a tierra del neutro:
 - Resistencia del neutro, $R_n = 48 \text{ Ohm}$
 - Reactancia del neutro, $X_n = 0 \text{ Ohm}$
 - Limitación de la intensidad a tierra, $I_{dm} = 200 \text{ A}$
- Nivel de aislamiento de las instalaciones de BT, $V_{bt} = 10.000 \text{ V}$

Características del terreno:

- Resistencia de tierra, $R_o = 80 \text{ Ohm}\cdot\text{m}$
- Resistencia del hormigón, $R_h = 3000 \text{ Ohm}$



La resistencia máxima de la puesta a tierra de protección del edificio, y la intensidad del defecto salen de:

$$I_d \cdot R_t \leq V_{bt}$$

Donde:

I_d , intensidad de falta a tierra [A]
 R_t , resistencia total de puesta a tierra [Ohm]
 V_{bt} , tensión de aislamiento en baja tensión [V]

La intensidad del defecto se calcula de la siguiente forma:

$$I_d = \frac{U_n}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(R_n + R_t)^2 + X_n^2}}$$

Donde:

U_n , tensión de servicio [V]
 R_n , resistencia de puesta a tierra del neutro [Ohm]
 R_t , resistencia total de puesta a tierra [Ohm]
 X_n , reactancia de puesta a tierra del neutro [Ohm]
 I_d , intensidad de falta a tierra [A]

Operando en este caso, el resultado preliminar obtenido es:

$$I_d = 32,2 \text{ A}$$

La resistencia total de puesta a tierra preliminar:

$$R_t = 310,3 \text{ Ohm}$$

Se selecciona el electrodo tipo (de entre los incluidos en las tablas, y de aplicación en este caso concreto, según las condiciones del sistema de tierras) que cumple el requisito de tener una K_r más cercana inferior o igual a la calculada para este caso y para este centro.

Valor unitario de resistencia de puesta a tierra del electrodo:

$$K_r \leq \frac{R_t}{R_o}$$

Donde:

R_t , resistencia total de puesta a tierra [Ohm]
 R_o , resistividad del terreno en [Ohm·m]
 K_r , coeficiente del electrodo

Para nuestro caso particular, y según los valores antes indicados:

$$K_r \leq 3,8785$$



La configuración adecuada para este caso tiene las siguientes propiedades:

- Configuración seleccionada: 70/25/5/42
- Geometría del sistema: Anillo rectangular
- Distancia de la red: 7.0x2.5 m
- Profundidad del electrodo horizontal: 0,5 m
- Número de picas: cuatro
- Longitud de las picas: 2 metros

Parámetros característicos del electrodo:

- De la resistencia, $K_r = 0,084$
- De la tensión de paso, $K_p = 0,0186$
- De la tensión de contacto, $K_c = 0,0409$

Medidas de seguridad adicionales para evitar tensiones de contacto.

Para que no aparezcan tensiones de contacto exteriores ni interiores, se adaptan las siguientes medidas de seguridad:

- Las puertas y rejillas metálicas que dan al exterior del Edificio/s no tendrán contacto eléctrico con masas conductoras susceptibles de quedar a tensión debido a defectos o averías.
- En el piso del Centro de Transformación se instalará un mallazo cubierto por una capa de hormigón de 10 cm, conectado a la puesta a tierra del mismo.
- En el caso de instalar las picas en hilera, se dispondrán alineadas con el frente del edificio.
- Como medida de seguridad adicional se realizará una acera perimetral de hormigón de 1 m de ancho, o como mínimo en la zona de acceso al CT, a fin de tener un terreno de resistividad superficial elevada.

El valor real de la resistencia de puesta a tierra del edificio será:

$$R'_t = K_r \cdot R_o$$

Donde:

K_r , coeficiente del electrodo.

R_o , resistividad del terreno en [Ohm·m]

R'_t , resistencia total de puesta a tierra [Ohm]

Para el Centro de Transformación:

$$R'_t = 6,72 \text{ Ohm}$$

y la intensidad de defecto real:

$$I'_d = 211,02 \text{ A}$$



Cálculo de las tensiones de paso en el interior de la instalación.

Adoptando las medidas de seguridad adicionales, no es preciso calcular las tensiones de paso y contacto en el interior en los edificios de maniobra interior, ya que éstas son prácticamente nulas.

La tensión de defecto vendrá dada por:

$$V'_d = R'_t \cdot I_d$$

Donde:

R'_t , resistencia total de puesta a tierra [Ohm]

I_d , intensidad de defecto [A]

V'_d , tensión de defecto [V]

En el Centro de Transformación:

$$V'_d = 1418 V$$

La tensión de paso en el acceso será igual al valor de la tensión máxima de contacto siempre que se disponga de una malla equipotencial conectada al electrodo de tierra según la fórmula:

$$V'_c = K_c \cdot R_o \cdot I'_d$$

Donde:

K_c , coeficiente

R_o , resistividad del terreno en [Ohm·m]

I'_d , intensidad de defecto [A]

V'_c , tensión de paso en el acceso [V]

Por lo que tendremos en el Centro de Transformación:

$$V'_c = 690 V$$

Cálculo de las tensiones de paso en el exterior de la instalación.

Adoptando las medidas de seguridad adicionales, no es preciso calcular las tensiones de contacto en el exterior de la instalación, ya que éstas serán prácticamente nulas.

Tensión de paso en el exterior:

$$V'_p = K_p \cdot R_o \cdot I'_d$$

Donde:

K_p , coeficiente

R_o , resistividad del terreno en [Ohm·m]

I'_d , intensidad de defecto [A]

V'_p , tensión de paso en el exterior [V]



En este caso:

$$V'_p = 314 \text{ V}$$

Cálculo de las tensiones aplicadas.

Los valores admisibles son para una duración total de la falta igual a 0'2 s.

Tensión de paso en el exterior:

$$U_p = 10 \cdot U_{ca} \cdot \left(1 + \frac{2R_{a1} + 6 \rho_s}{1000}\right)$$

Donde:

U_{ca} , valor admisible de la tensión de contacto aplicada que es función de la duración de la corriente de falta.

R_o , resistividad del terreno en [Ohm·m]

R_{a1} , Resistencia del calzado, superficies de material aislante, etc. [Ohm]

Por lo que, para este caso:

$$V_p = 28934 \text{ V}$$

La tensión de paso en el acceso al edificio:

$$U_{pacc} = 10 \cdot U_{ca} \cdot \left(1 + \frac{2R_{a1} + 3 \cdot R_o + 3 \cdot R'_o}{1000}\right)$$

Donde:

V_{ca} , valor admisible de la tensión de contacto aplicada que es función de la duración de la corriente de falta.

R_o , resistividad del terreno en [Ohm·m]

R'_o , resistividad del hormigón en [Ohm·m]

R_{a1} , Resistencia del calzado, superficies de material aislante, etc. [Ohm]

Por lo que, para este caso

$$V_{p(acc)} = 75.2 \text{ V}$$

Comprobamos ahora que los valores calculados para el caso de este Centro de Transformación son inferiores a los valores admisibles:

Tensión de paso en el exterior del centro.

$$V'_p = 314 \text{ V} < V_p = 28934 \text{ V}$$



Tensión de paso en el acceso al centro.

$$V'_{pacc} = 690 \text{ V} < V_{pacc} = 75.187 \text{ V}$$

Tensión de defecto.

$$V'_d = 1418,054 \text{ V} < V_{bt} = 10.000 \text{ V}$$

Intensidad de defecto.

$$I_a = 100 \text{ A} < I_d = 211,02 \text{ A} < I_{dm} = 200 \text{ A}$$

Investigación de las tensiones transferibles al exterior.

Para garantizar que el sistema de tierras de protección no transfiera tensiones al sistema de tierra de servicio, evitando así que afecten a los usuarios, debe establecerse una separación entre los electrodos más próximos de ambos sistemas, siempre que la tensión de defecto supere los 1000V.

En este caso es imprescindible mantener esta separación, al ser la tensión de defecto superior a los 1000 V indicados. La distancia mínima de separación entre los sistemas de tierras viene dada por la expresión:

$$D = \frac{R_o \cdot I'_d}{2000 \cdot \pi}$$

Donde:

R_o , resistividad del terreno en [Ohm·m]

I'_d , intensidad de defecto [A]

D , distancia mínima de separación [m]

Para este Centro de Transformación:

$$D = 2,687 \text{ m}$$

Se conectará a este sistema de tierras de servicio el neutro del transformador, así como la tierra de los secundarios de los transformadores de tensión e intensidad de la celda de medida.

Las características del sistema de tierras de servicio son las siguientes:

- Identificación: 5/22 (según método UNESA)
- Geometría: Picas alineadas
- Número de picas: dos
- Longitud entre picas: 2 metros
- Profundidad de las picas: 0,5 m



Los parámetros según esta configuración de tierras son:

- $K_r = 0,201$
- $K_c = 0,0392$

El criterio de selección de la tierra de servicio es no ocasionar en el electrodo una tensión superior a 24 V cuando existe un defecto a tierra en una instalación de BT protegida contra contactos indirectos por un diferencial de 650 mA. Para ello la resistencia de puesta a tierra de servicio debe ser inferior a 37 Ohm.

$$R_{tserv} = K_r \cdot R_o = 0,201 \cdot 80 = 16,08 < 37 \text{ Ohm}$$

Para mantener los sistemas de puesta a tierra de protección y de servicio independientes, la puesta a tierra del neutro se realizará con cable aislado de 0,6/1 kV, protegido con tubo de PVC de grado de protección 7 como mínimo, contra daños mecánicos.

Corrección y ajuste del diseño inicial.

Según el proceso de justificación del electrodo de puesta a tierra seleccionado, no se considera necesaria la corrección del sistema proyectado.

No obstante, se puede ejecutar cualquier configuración con características de protección mejores que las calculadas, es decir, atendiendo a las tablas adjuntas al Método de Cálculo de Tierras de UNESA, con valores de "K_r" inferiores a los calculados, sin necesidad de repetir los cálculos, independientemente de que se cambie la profundidad de enterramiento, geometría de la red de tierra de protección, dimensiones, número de picas o longitud de éstas, ya que los valores de tensión serán inferiores a los calculados en este caso.



10.2. CT DE CLIENTE. ALCOHOLES DEL SUR.

En este apartado se calcula el centro de transformación de abonado sito en la parcela 16 de la manzana 88710, perteneciente a la empresa Alcoholes del Sur, con una potencia de transformación de 2 x 1000 kVA.

10.2.1. INTENSIDAD DE MEDIA TENSIÓN.

La intensidad primaria en un transformador trifásico viene dada por la expresión:

$$I_p = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_p}$$

Donde:

P, potencia del transformador en kVA.

U_p, tensión primaria en kV.

I_p, intensidad primaria en A.

En el caso que nos ocupa, la tensión primaria de alimentación es de 20 kV. Para ambos transformadores, la potencia es de 1000 kVA.

$$I_p = 28,9 \text{ A}$$

Por tanto, la intensidad total de MT que hay es:

$$I_{tot} = 57,7 \text{ A}$$

10.2.2. INTENSIDAD DE BAJA TENSIÓN.

La intensidad secundaria en un transformador trifásico viene dada por la expresión:

$$I_s = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_s}$$

Donde:

P, potencia del transformador en kVA.

U_s, tensión en el secundario en kV.

I_s, intensidad en el secundario en A.

Para los transformadores tenemos una potencia de 1000 kVA por unidad mientras que la tensión de secundario es de 420 V en vacío. La intensidad en las salidas de 420 V en vacío puede alcanzar el valor:

$$I_s = 1374,6 \text{ A.}$$



10.2.3. CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO.

Para el cálculo de las intensidades que origina un cortocircuito. se tendrá en cuenta la potencia de cortocircuito de la red de MT, valor especificado por la compañía eléctrica.

Para el cálculo de la corriente de cortocircuito en la instalación, se utiliza la expresión:

$$I_p = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \cdot U_p}$$

Donde:

S_{cc} , potencia de cortocircuito de la red [MVA]

U_p , tensión de servicio [kV]

I_{ccp} , corriente de cortocircuito [kA]

Para los cortocircuitos secundarios, se va a considerar que la potencia de cortocircuito disponible es la teórica de los transformadores de MT-BT, siendo por ello más conservadores que en las consideraciones reales.

La corriente de cortocircuito del secundario de un transformador trifásico viene dada por la expresión:

$$I_{ccs} = \frac{100 \cdot P}{\sqrt{3} \cdot E_{cc} \cdot U_s}$$

Donde:

P , potencia de transformador [kVA]

E_{cc} , tensión de cortocircuito del transformador [%]

U_s , tensión en el secundario [V]

I_{ccs} , corriente de cortocircuito [kA]

Cortocircuito en el lado de Media Tensión.

Con una potencia de cortocircuito de 500 MVA y una tensión de servicio 20 kV, la intensidad de cortocircuito es :

$$I_{ccp} = 14,434 \text{ kA}$$

Cortocircuito en el lado de Baja Tensión.

Para los transformadores la potencia es de 1000 kVA, la tensión porcentual del cortocircuito del 6%, y la tensión secundaria es de 420 V en vacío. La intensidad de cortocircuito en el lado de BT con 420 V en vacío será:

$$I_{ccs} = 22,911 \text{ kA}$$



10.2.4. DIMENSIONADO DEL EMBARRADO.

Las celdas fabricadas por ORMAZABAL han sido sometidas a ensayos para certificar los valores indicados en las placas de características, por lo que no es necesario realizar cálculos teóricos ni hipótesis de comportamiento de celdas.

Comprobación por densidad de corriente.

La comprobación por densidad de corriente tiene por objeto verificar que el conductor indicado es capaz de conducir la corriente nominal máxima sin superar la densidad máxima posible para el material conductor. Esto, además de mediante cálculos teóricos, puede comprobarse realizando un ensayo de intensidad nominal que, con objeto de disponer de suficiente margen de seguridad, se considerará que es la intensidad del bucle, que en este caso es de 630 A.

Comprobación por sollicitación electrodinámica.

La intensidad dinámica de cortocircuito se valora en aproximadamente 2,5 veces la intensidad eficaz de cortocircuito calculada en el apartado 2.3.2.a de este capítulo, por lo que:

$$I_{cc(din)} = 36,085 \text{ kA}$$

Comprobación por sollicitación térmica.

La comprobación térmica tiene por objeto comprobar que no se producirá un calentamiento excesivo de la aparamenta por defecto de un cortocircuito. Esta comprobación se puede realizar mediante cálculos teóricos, pero preferentemente se debe realizar un ensayo según la normativa en vigor. En este caso, la intensidad considerada es la eficaz de cortocircuito, cuyo valor es:

$$I_{cc(ter)} = 14,434 \text{ kA.}$$

10.2.5. DIMENSIONADO DE LOS PUENTES DE MT.

La intensidad nominal demandada por cada transformador es igual a 28,9 A que es inferior al valor máximo admisible por el cable. Este valor es de 235 A para un cable de sección de 95 mm² de Al según el fabricante.

10.2.6. DIMENSIONADO DE LA VENTILACIÓN DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.

El edificio empleado en esta aplicación ha sido homologado según los protocolos obtenidos en laboratorio Labein (Vizcaya - España):

- 97624-1-E, para ventilación de transformadores de potencia unitaria hasta 1000 kVA
- 960124-CJ-EB-01, para ventilación de transformadores de potencia hasta 1600 kVA



10.2.7. DIMENSIONADO DEL POZO APAGAFUEGOS.

Se dispone de un foso de recogida de aceite de 600 l de capacidad por cada transformador cubierto de grava para la absorción del fluido y para prevenir el vertido de este hacia el exterior y minimizar el daño en caso de fuego.

10.2.8. CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA.

Investigación de las características del suelo.

El Reglamento de Alta Tensión indica que, para instalaciones de tercera categoría, y de intensidad de cortocircuito a tierra inferior o igual a 16 kA no será imprescindible realizar la citada investigación previa de la resistividad del suelo, bastando el examen visual del terreno y pudiéndose estimar su resistividad, siendo necesario medirla para corrientes superiores.

Según la investigación previa del terreno donde se instalará este Centro de Transformación, se determina la resistividad media en 80 Ohm·m.

Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y del tiempo máximo correspondiente a la eliminación del defecto.

En las instalaciones de MT de tercera categoría, los parámetros que determinan los cálculos de faltas a tierra son las siguientes:

De la red:

- Tipo de neutro. El neutro de la red puede estar aislado, rígidamente unido a tierra, unido a esta mediante resistencias o impedancias. Esto producirá una limitación de la corriente de la falta, en función de las longitudes de líneas o de los valores de impedancias en cada caso.
- Tipo de protecciones. Cuando se produce un defecto, éste se eliminará mediante la apertura de un elemento de corte que actúa por indicación de un dispositivo relé de intensidad, que puede actuar en un tiempo fijo (tiempo fijo), o según una curva de tipo inverso (tiempo dependiente). Adicionalmente, pueden existir reenganches posteriores al primer disparo, que sólo influirán en los cálculos si se producen en un tiempo inferior a los 0,5 segundos.

No obstante, y dada la casuística existente dentro de las redes de cada compañía suministradora, en ocasiones se debe resolver este cálculo considerando la intensidad máxima empírica y un tiempo máximo de ruptura, valores que, como los otros, deben ser indicados por la compañía eléctrica.



Intensidad máxima de defecto.

$$I_{d \max cal} = \frac{U_n}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{R_n^2 + X_n^2}}$$

Donde:

U_n , tensión de servicio [kV]

R_n , resistencia de puesta a tierra del neutro [Ohm]

X_n , reactancia de puesta a tierra del neutro [Ohm]

$I_{d \max cal}$, Intensidad máxima calculada [A]

La $I_{d \max}$ en este caso será:

$$I_{d \max cal} = 385 \text{ A}$$

Superior al valor establecido por la compañía eléctrica que es de 300 A.

Diseño preliminar de la instalación de tierra.

El diseño preliminar de la instalación de puesta a tierra se realiza basándose en las configuraciones tipo presentadas en el Anexo 2 del método de cálculo de instalaciones de puesta a tierra de UNESA, que esté de acuerdo con la forma y dimensiones del Centro de Transformación, según el método de cálculo desarrollado por este organismo.

Cálculo de la resistencia del sistema de tierra.

Características de la red de alimentación:

- Tensión de servicio: $U_r = 20 \text{ kV}$
- Puesta a tierra del neutro:
 - Resistencia del neutro, $R_n = 30 \text{ Ohm}$
 - Reactancia del neutro, $X_n = 0 \text{ Ohm}$
 - Limitación de la intensidad a tierra, $I_{dm} = 300 \text{ A}$
- Nivel de aislamiento de las instalaciones de BT, $V_{bt} = 10.000 \text{ V}$

Características del terreno:

- Resistencia de tierra, $R_o = 80 \text{ Ohm}\cdot\text{m}$
- Resistencia del hormigón, $R_h = 3000 \text{ Ohm}$



La resistencia máxima de la puesta a tierra de protección del edificio, y la intensidad del defecto salen de:

$$I_d \cdot R_t \leq V_{bt}$$

Donde:

I_d , intensidad de falta a tierra [A]
 R_t , resistencia total de puesta a tierra [Ohm]
 V_{bt} , tensión de aislamiento en baja tensión [V]

La intensidad del defecto se calcula de la siguiente forma:

$$I_d = \frac{U_n}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(R_n + R_t)^2 + X_n^2}}$$

Donde:

U_n , tensión de servicio [V]
 R_n , resistencia de puesta a tierra del neutro [Ohm]
 R_t , resistencia total de puesta a tierra [Ohm]
 X_n , reactancia de puesta a tierra del neutro [Ohm]
 I_d , intensidad de falta a tierra [A]

Operando en este caso, el resultado preliminar obtenido es:

$$I_d = 51.6 \text{ A}$$

La resistencia total de puesta a tierra preliminar:

$$R_t = 193.9 \text{ Ohm}$$

Se selecciona el electrodo tipo (de entre los incluidos en las tablas, y de aplicación en este caso concreto, según las condiciones del sistema de tierras) que cumple el requisito de tener una K_r más cercana inferior o igual a la calculada para este caso y para este centro.

Valor unitario de resistencia de puesta a tierra del electrodo:

$$K_r \leq \frac{R_t}{R_o}$$

Donde:

R_t , resistencia total de puesta a tierra [Ohm]
 R_o , resistividad del terreno en [Ohm·m]
 K_r , coeficiente del electrodo

Para nuestro caso particular, y según los valores antes indicados:

$$K_r \leq 2.424$$



La configuración adecuada para este caso tiene las siguientes propiedades:

- Configuración seleccionada: 5/42
- Geometría del sistema: Picas alineadas
- Distancia entre picas: 3 m
- Profundidad del electrodo horizontal: 0,5 m
- Número de picas: cuatro
- Longitud de las picas: 2 metros

Parámetros característicos del electrodo:

- De la resistencia, $K_r = 0,104$
- De la tensión de paso, $K_p = 0,0184$
- De la tensión de contacto, $K_c = 0$

Medidas de seguridad adicionales para evitar tensiones de contacto.

Para que no aparezcan tensiones de contacto exteriores ni interiores, se adaptan las siguientes medidas de seguridad:

- Las puertas y rejillas metálicas que dan al exterior del Edificio/s no tendrán contacto eléctrico con masas conductoras susceptibles de quedar a tensión debido a defectos o averías.
- En el piso del Centro de Transformación se instalará un mallazo cubierto por una capa de hormigón de 10 cm, conectado a la puesta a tierra del mismo.
- En el caso de instalar las picas en hilera, se dispondrán alineadas con el frente del edificio.
- Como medida de seguridad adicional se realizará una acera perimetral de hormigón de 1 m de ancho, o como mínimo en la zona de acceso al CT, a fin de tener un terreno de resistividad superficial elevada.

El valor real de la resistencia de puesta a tierra del edificio será:

$$R'_t = K_r \cdot R_o$$

Donde:

K_r , coeficiente del electrodo.

R_o , resistividad del terreno en [Ohm·m]

R'_o , resistencia total de puesta a tierra [Ohm]

Para el Centro de Transformación:

$$R'_t = 8,32 \text{ Ohm}$$

y la intensidad de defecto real:

$$I'_d = 300 \text{ A}$$



Cálculo de las tensiones de paso en el interior de la instalación.

Adoptando las medidas de seguridad adicionales, no es preciso calcular las tensiones de paso y contacto en el interior en los edificios de maniobra interior, ya que éstas son prácticamente nulas.

La tensión de defecto vendrá dada por:

$$V'_d = R'_t \cdot I_d$$

Donde:

R'_t , resistencia total de puesta a tierra [Ohm]

I_d , intensidad de defecto [A]

V'_d , tensión de defecto [V]

En el Centro de Transformación:

$$V'_d = 2496 V$$

La tensión de paso en el acceso será igual al valor de la tensión máxima de contacto siempre que se disponga de una malla equipotencial conectada al electrodo de tierra según la fórmula:

$$V'_c = K_c \cdot R_o \cdot I'_d$$

Donde:

K_c , coeficiente

R_o , resistividad del terreno en [Ohm·m]

I'_d , intensidad de defecto [A]

V'_c , tensión de paso en el acceso [V]

En este caso, al estar las picas alineadas frente a los accesos al Centro de Transformación paralelas a la fachada, la tensión de paso en el acceso va a ser prácticamente nula por lo que no la consideraremos.

Cálculo de las tensiones de paso en el exterior de la instalación.

Adoptando las medidas de seguridad adicionales, no es preciso calcular las tensiones de contacto en el exterior de la instalación, ya que éstas serán prácticamente nulas.

Tensión de paso en el exterior:

$$V'_p = K_p \cdot R_o \cdot I'_d$$

Donde:

K_p , coeficiente

R_o , resistividad del terreno en [Ohm·m]

I'_d , intensidad de defecto [A]

V'_p , tensión de paso en el exterior [V]



En este caso:

$$V'_p = 442 \text{ V}$$

Cálculo de las tensiones aplicadas.

Los valores admisibles son para una duración total de la falta igual a 1 s.

Tensión de paso en el exterior:

$$U_p = 10 \cdot U_{ca} \cdot \left(1 + \frac{2R_{a1} + 6 \rho_s}{1000}\right)$$

Donde:

U_{ca} , valor admisible de la tensión de contacto aplicada que es función de la duración de la corriente de falta.

R_o , resistividad del terreno en [Ohm·m]

R_{a1} , Resistencia del calzado, superficies de material aislante, etc. [Ohm]

Por lo que, para este caso:

$$V_p = 5864 \text{ V}$$

La tensión de paso en el acceso al edificio:

$$U_{pacc} = 10 \cdot U_{ca} \cdot \left(1 + \frac{2R_{a1} + 3 \cdot R_o + 3 \cdot R'_o}{1000}\right)$$

Donde:

V_{ca} , valor admisible de la tensión de contacto aplicada que es función de la duración de la corriente de falta.

R_o , resistividad del terreno en [Ohm·m]

R'_o , resistividad del hormigón en [Ohm·m]

R_{a1} , Resistencia del calzado, superficies de material aislante, etc. [Ohm]

Por lo que, para este caso

$$V_{p(acc)} = 15236 \text{ V}$$

Comprobamos ahora que los valores calculados para el caso de este Centro de Transformación son inferiores a los valores admisibles:

Tensión de paso en el exterior del centro.

$$V'_p = 442 \text{ V} < V_p = 5864 \text{ V}$$



Tensión de paso en el acceso al centro.

$$V'_{pacc} = 0 V < V_{pacc} = 15236 V$$

Tensión de defecto.

$$V'_d = 2496 V < V_{bt} = 10.000 V$$

Intensidad de defecto.

$$I_a = 100 A < I_d = 300 A = I_{dm} = 300 A$$

Investigación de las tensiones transferibles al exterior.

Para garantizar que el sistema de tierras de protección no transfiera tensiones al sistema de tierra de servicio, evitando así que afecten a los usuarios, debe establecerse una separación entre los electrodos más próximos de ambos sistemas, siempre que la tensión de defecto supere los 1000V.

En este caso es imprescindible mantener esta separación, al ser la tensión de defecto superior a los 1000 V indicados. La distancia mínima de separación entre los sistemas de tierras viene dada por la expresión:

$$D = \frac{R_o \cdot I'_d}{2000 \cdot \pi}$$

Donde:

R_o, resistividad del terreno en [Ohm·m]

I'_d, intensidad de defecto [A]

D, distancia mínima de separación [m]

Para este Centro de Transformación:

$$D = 3,82 m$$

Se conectará a este sistema de tierras de servicio el neutro del transformador, así como la tierra de los secundarios de los transformadores de tensión e intensidad de la celda de medida.

Las características del sistema de tierras de servicio son las siguientes:

- Identificación: 5/22 (según método UNESA)
- Geometría: Picas alineadas
- Número de picas: dos
- Longitud entre picas: 2 metros
- Profundidad de las picas: 0,5 m



Los parámetros según esta configuración de tierras son:

- $K_r = 0,201$
- $K_c = 0,0392$

El criterio de selección de la tierra de servicio es no ocasionar en el electrodo una tensión superior a 24 V cuando existe un defecto a tierra en una instalación de BT protegida contra contactos indirectos por un diferencial de 650 mA. Para ello la resistencia de puesta a tierra de servicio debe ser inferior a 37 Ohm.

$$R_{tserv} = K_r \cdot R_o = 0,201 \cdot 80 = 16,08 < 37 \text{ Ohm}$$

Para mantener los sistemas de puesta a tierra de protección y de servicio independientes, la puesta a tierra del neutro se realizará con cable aislado de 0,6/1 kV, protegido con tubo de PVC de grado de protección 7 como mínimo, contra daños mecánicos.

Corrección y ajuste del diseño inicial.

Según el proceso de justificación del electrodo de puesta a tierra seleccionado, no se considera necesaria la corrección del sistema proyectado.

No obstante, se puede ejecutar cualquier configuración con características de protección mejores que las calculadas, es decir, atendiendo a las tablas adjuntas al Método de Cálculo de Tierras de UNESA, con valores de "Kr" inferiores a los calculados, sin necesidad de repetir los cálculos, independientemente de que se cambie la profundidad de enterramiento, geometría de la red de tierra de protección, dimensiones, número de picas o longitud de éstas, ya que los valores de tensión serán inferiores a los calculados en este caso.

PARCELA CATASTRAL 8871016UG4987S 

Croquis  Fotografía fachada 

Parcela construida sin división horizontal
CL JUAN BAUTISTA ESCUDERO 22 N2-28 ALCOHOLES DEL SUR
CORDOBA (CÓRDOBA)
27.094 m²

Más información de la parcela 

INFORMACIÓN DE LOS INMUEBLES 

8871016UG4987S0001JA CL JUAN BAUTISTA ESCUDERO 22 N2:28
ALCOHOLES DEL SUR
Industrial | 14.364 m² | 100,00% | 2001

Figura 10.1. Alcoholes del Sur. Fuente: Sede Catastro.



10.3. CT DE CLIENTE. CERVEZAS ALHAMBRA.

En este apartado se calcula el centro de transformación de abonado sito en la parcela 01 de la manzana 79666, perteneciente a la empresa Cervezas Alhambra, con una potencia de transformación de 4 x 1000 kVA.

10.3.1. INTENSIDAD DE MEDIA TENSIÓN.

La intensidad primaria en un transformador trifásico viene dada por la expresión:

$$I_p = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_p}$$

Donde:

P, potencia del transformador en kVA.

U_p, tensión primaria en kV.

I_p, intensidad primaria en A.

En el caso que nos ocupa, la tensión primaria de alimentación es de 20 kV. Para los cuatro transformadores, la potencia es de 1000 kVA.

$$I_p = 28,9 \text{ A}$$

Por tanto, la intensidad total de MT que hay es:

$$I_{tot} = 1157,47 \text{ A}$$

10.3.2. INTENSIDAD DE BAJA TENSIÓN.

La intensidad secundaria en un transformador trifásico viene dada por la expresión:

$$I_s = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_s}$$

Donde:

P, potencia del transformador en kVA.

U_s, tensión en el secundario en kV.

I_s, intensidad en el secundario en A.

Para los transformadores tenemos una potencia de 1000 kVA por unidad mientras que la tensión de secundario es de 420 V en vacío. La intensidad en las salidas de 420 V en vacío puede alcanzar el valor:

$$I_s = 1374,6 \text{ A.}$$



10.1.3. CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO.

Para el cálculo de las intensidades que origina un cortocircuito. se tendrá en cuenta la potencia de cortocircuito de la red de MT, valor especificado por la compañía eléctrica.

Para el cálculo de la corriente de cortocircuito en la instalación, se utiliza la expresión:

$$I_p = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \cdot U_p}$$

Donde:

S_{cc}, potencia de cortocircuito de la red [MVA]

U_p, tensión de servicio [kV]

I_{ccp}, corriente de cortocircuito [kA]

Para los cortocircuitos secundarios, se va a considerar que la potencia de cortocircuito disponible es la teórica de los transformadores de MT-BT, siendo por ello más conservadores que en las consideraciones reales.

La corriente de cortocircuito del secundario de un transformador trifásico viene dada por la expresión:

$$I_{ccs} = \frac{100 \cdot P}{\sqrt{3} \cdot E_{cc} \cdot U_s}$$

Donde:

P, potencia de transformador [kVA]

E_{cc}, tensión de cortocircuito del transformador [%]

U_s, tensión en el secundario [V]

I_{ccs}, corriente de cortocircuito [kA]

Cortocircuito en el lado de Media Tensión.

Con una potencia de cortocircuito de 500 MVA y una tensión de servicio 20 kV, la intensidad de cortocircuito es :

$$I_{ccp} = 14,434 \text{ kA}$$

Cortocircuito en el lado de Baja Tensión.

Para los transformadores la potencia es de 1000 kVA, la tensión porcentual del cortocircuito del 6%, y la tensión secundaria es de 420 V en vacío. La intensidad de cortocircuito en el lado de BT con 420 V en vacío será:

$$I_{ccs} = 22,911 \text{ kA}$$



10.3.4. DIMENSIONADO DEL EMBARRADO.

Las celdas fabricadas por ORMAZABAL han sido sometidas a ensayos para certificar los valores indicados en las placas de características, por lo que no es necesario realizar cálculos teóricos ni hipótesis de comportamiento de celdas.

Comprobación por densidad de corriente.

La comprobación por densidad de corriente tiene por objeto verificar que el conductor indicado es capaz de conducir la corriente nominal máxima sin superar la densidad máxima posible para el material conductor. Esto, además de mediante cálculos teóricos, puede comprobarse realizando un ensayo de intensidad nominal que, con objeto de disponer de suficiente margen de seguridad, se considerará que es la intensidad del bucle, que en este caso es de 630 A.

Comprobación por sollicitación electrodinámica.

La intensidad dinámica de cortocircuito se valora en aproximadamente 2,5 veces la intensidad eficaz de cortocircuito calculada en el apartado 2.3.2.a de este capítulo, por lo que:

$$I_{cc(din)} = 36,085 \text{ kA}$$

Comprobación por sollicitación térmica.

La comprobación térmica tiene por objeto comprobar que no se producirá un calentamiento excesivo de la aparamenta por defecto de un cortocircuito. Esta comprobación se puede realizar mediante cálculos teóricos, pero preferentemente se debe realizar un ensayo según la normativa en vigor. En este caso, la intensidad considerada es la eficaz de cortocircuito, cuyo valor es:

$$I_{cc(ter)} = 14,434 \text{ kA.}$$

10.3.5. DIMENSIONADO DE LOS PUENTES DE MT.

La intensidad nominal demandada por cada transformador es igual a 28,9 A que es inferior al valor máximo admisible por el cable. Este valor es de 235 A para un cable de sección de 95 mm² de Al según el fabricante.

10.3.6. DIMENSIONADO DE LA VENTILACIÓN DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.

Para calcular la superficie de la reja de entrada de aire en el edificio, una vez diseñado este y se conozcan sus dimensiones y características se utilizará la siguiente expresión:

$$S_r = \frac{W_{Cu} + W_{Fe}}{0.24 \cdot K \cdot \sqrt{h \cdot \Delta T^3}}$$



Donde:

W_{Cu} , pérdidas en el cobre del transformador [kW]

W_{Fe} , pérdidas en el hierro del transformador [kW]

K , coeficiente en función de la forma de las rejillas de entrada [aproximadamente entre 0,35 y 0,40]

h , distancia vertical entre las rejillas de entrada y salida [m]

ΔT , aumento de temperatura del aire [$^{\circ}C$]

S_r , superficie mínima de las rejillas de entrada [m²]

10.1.7. DIMENSIONADO DEL POZO APAGAFUEGOS.

Para el caso de edificios de obra civil anexos o dentro de edificios destinados a otros usos, el Reglamento de Alta Tensión prescribe la utilización de fosas colectoras de aceite de suficiente capacidad para la recogida del mismo. Por ello, se construirán los fosos adecuados para recoger el aceite de cada transformador. En este Centro de Transformación, la potencia unitaria máxima con refrigerante de aceite es de 1000 kVA.

10.1.8. CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA.

Investigación de las características del suelo.

El Reglamento de Alta Tensión indica que, para instalaciones de tercera categoría, y de intensidad de cortocircuito a tierra inferior o igual a 16 kA no será imprescindible realizar la citada investigación previa de la resistividad del suelo, bastando el examen visual del terreno y pudiéndose estimar su resistividad, siendo necesario medirla para corrientes superiores.

Según la investigación previa del terreno donde se instalará este Centro de Transformación, se determina la resistividad media en 80 Ohm·m.

Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y del tiempo máximo correspondiente a la eliminación del defecto.

En las instalaciones de MT de tercera categoría, los parámetros que determinan los cálculos de faltas a tierra son las siguientes:

De la red:

- Tipo de neutro. El neutro de la red puede estar aislado, rígidamente unido a tierra, unido a esta mediante resistencias o impedancias. Esto producirá una limitación de la corriente de la falta, en función de las longitudes de líneas o de los valores de impedancias en cada caso.
- Tipo de protecciones. Cuando se produce un defecto, éste se eliminará mediante la apertura de un elemento de corte que actúa por indicación de un dispositivo relé de intensidad, que puede actuar en un tiempo fijo (tiempo fijo), o según una curva de tipo inverso (tiempo dependiente). Adicionalmente, pueden existir reenganches posteriores al primer disparo, que sólo influirán en los cálculos si se producen en un tiempo inferior a los 0,5 segundos.



No obstante, y dada la casuística existente dentro de las redes de cada compañía suministradora, en ocasiones se debe resolver este cálculo considerando la intensidad máxima empírica y un tiempo máximo de ruptura, valores que, como los otros, deben ser indicados por la compañía eléctrica.

Intensidad máxima de defecto.

$$I_{d \max \text{ cal}} = \frac{U_n}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{R_n^2 + X_n^2}}$$

Donde:

U_n , tensión de servicio [kV]

R_n , resistencia de puesta a tierra del neutro [Ohm]

X_n , reactancia de puesta a tierra del neutro [Ohm]

$I_{d \max \text{ cal}}$, Intensidad máxima calculada [A]

La $I_{d \max}$ en este caso será:

$$I_{d \max \text{ cal}} = 384,9 \text{ A}$$

Superior al valor establecido por la compañía eléctrica que es de 300 A.

Diseño preliminar de la instalación de tierra.

El diseño preliminar de la instalación de puesta a tierra se realiza basándose en las configuraciones tipo presentadas en el Anexo 2 del método de cálculo de instalaciones de puesta a tierra de UNESA, que esté de acuerdo con la forma y dimensiones del Centro de Transformación, según el método de cálculo desarrollado por este organismo.

Cálculo de la resistencia del sistema de tierra.

Características de la red de alimentación:

- Tensión de servicio: $U_r = 20 \text{ kV}$
- Puesta a tierra del neutro:
 - Resistencia del neutro, $R_n = 30 \text{ Ohm}$
 - Reactancia del neutro, $X_n = 0 \text{ Ohm}$
 - Limitación de la intensidad a tierra, $I_{dm} = 300 \text{ A}$
- Nivel de aislamiento de las instalaciones de BT, $V_{bt} = 10.000 \text{ V}$

Características del terreno:

- Resistencia de tierra, $R_o = 80 \text{ Ohm}\cdot\text{m}$
- Resistencia del hormigón, $R_h = 3000 \text{ Ohm}$



La resistencia máxima de la puesta a tierra de protección del edificio, y la intensidad del defecto salen de:

$$I_d \cdot R_t \leq V_{bt}$$

Donde:

I_d , intensidad de falta a tierra [A]
 R_t , resistencia total de puesta a tierra [Ohm]
 V_{bt} , tensión de aislamiento en baja tensión [V]

La intensidad del defecto se calcula de la siguiente forma:

$$I_d = \frac{U_n}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(R_n + R_t)^2 + X_n^2}}$$

Donde:

U_n , tensión de servicio [V]
 R_n , resistencia de puesta a tierra del neutro [Ohm]
 R_t , resistencia total de puesta a tierra [Ohm]
 X_n , reactancia de puesta a tierra del neutro [Ohm]
 I_d , intensidad de falta a tierra [A]

Operando en este caso, el resultado preliminar obtenido es:

$$I_d = 51,6 \text{ A}$$

La resistencia total de puesta a tierra preliminar:

$$R_t = 193,9 \text{ Ohm}$$

Se selecciona el electrodo tipo (de entre los incluidos en las tablas, y de aplicación en este caso concreto, según las condiciones del sistema de tierras) que cumple el requisito de tener una K_r más cercana inferior o igual a la calculada para este caso y para este centro.

Valor unitario de resistencia de puesta a tierra del electrodo:

$$K_r \leq \frac{R_t}{R_o}$$

Donde:

R_t , resistencia total de puesta a tierra [Ohm]
 R_o , resistividad del terreno en [Ohm·m]
 K_r , coeficiente del electrodo

Para nuestro caso particular, y según los valores antes indicados:

$$K_r \leq 2,424$$



La configuración adecuada para este caso tiene las siguientes propiedades:

- Configuración seleccionada: 5/22
- Geometría del sistema: Picas alineadas
- Distancia de la red: 3 m
- Profundidad del electrodo horizontal: 0,5 m
- Número de picas: 2
- Longitud de las picas: 2 metros

Parámetros característicos del electrodo:

- De la resistencia, $K_r = 0,201$
- De la tensión de paso, $K_p = 0,0392$
- De la tensión de contacto, $K_c = 0$

Medidas de seguridad adicionales para evitar tensiones de contacto.

Para que no aparezcan tensiones de contacto exteriores ni interiores, se adaptan las siguientes medidas de seguridad:

- Las puertas y rejillas metálicas que dan al exterior del Edificio/s no tendrán contacto eléctrico con masas conductoras susceptibles de quedar a tensión debido a defectos o averías.
- En el piso del Centro de Transformación se instalará un mallazo cubierto por una capa de hormigón de 10 cm, conectado a la puesta a tierra del mismo.
- En el caso de instalar las picas en hilera, se dispondrán alineadas con el frente del edificio.
- Como medida de seguridad adicional se realizará una acera perimetral de hormigón de 1 m de ancho, o como mínimo en la zona de acceso al CT, a fin de tener un terreno de resistividad superficial elevada.

El valor real de la resistencia de puesta a tierra del edificio será:

$$R'_t = K_r \cdot R_o$$

Donde:

K_r , coeficiente del electrodo.

R_o , resistividad del terreno en [Ohm·m]

R'_t , resistencia total de puesta a tierra [Ohm]

Para el Centro de Transformación:

$$R'_t = 16,8 \text{ Ohm}$$

y la intensidad de defecto real:

$$I'_d = 250,6 \text{ A}$$



Cálculo de las tensiones de paso en el interior de la instalación.

Adoptando las medidas de seguridad adicionales, no es preciso calcular las tensiones de paso y contacto en el interior en los edificios de maniobra interior, ya que éstas son prácticamente nulas.

La tensión de defecto vendrá dada por:

$$V'_d = R'_t \cdot I_d$$

Donde:

R'_t , resistencia total de puesta a tierra [Ohm]

I_d , intensidad de defecto [A]

V'_d , tensión de defecto [V]

En el Centro de Transformación:

$$V'_d = 4029 \text{ V}$$

La tensión de paso en el acceso será igual al valor de la tensión máxima de contacto siempre que se disponga de una malla equipotencial conectada al electrodo de tierra según la fórmula:

$$V'_c = K_c \cdot R_o \cdot I'_d$$

Donde:

K_c , coeficiente

R_o , resistividad del terreno en [Ohm·m]

I'_d , intensidad de defecto [A]

V'_c , tensión de paso en el acceso [V]

En este caso, al estar las picas alineadas frente a los accesos al Centro de Transformación paralelas a la fachada, la tensión de paso en el acceso va a ser prácticamente nula por lo que no la consideraremos.

Cálculo de las tensiones de paso en el exterior de la instalación.

Adoptando las medidas de seguridad adicionales, no es preciso calcular las tensiones de contacto en el exterior de la instalación, ya que éstas serán prácticamente nulas.

Tensión de paso en el exterior:

$$V'_p = K_p \cdot R_o \cdot I'_d$$

Donde:

K_p , coeficiente

R_o , resistividad del terreno en [Ohm·m]

I'_d , intensidad de defecto [A]

V'_p , tensión de paso en el exterior [V]



En este caso:

$$V'_p = 786 \text{ V}$$

Cálculo de las tensiones aplicadas.

Los valores admisibles son para una duración total de la falta igual a 1 s.

Tensión de paso en el exterior:

$$U_p = 10 \cdot U_{ca} \cdot \left(1 + \frac{2R_{a1} + 6 \rho_s}{1000} \right)$$

Donde:

U_{ca}, valor admisible de la tensión de contacto aplicada que es función de la duración de la corriente de falta.

R_o, resistividad del terreno en [Ohm·m]

R_{a1}, Resistencia del calzado, superficies de material aislante, etc. [Ohm]

Por lo que, para este caso:

$$V_p = 5864 \text{ V}$$

La tensión de paso en el acceso al edificio:

$$U_{pacc} = 10 \cdot U_{ca} \cdot \left(1 + \frac{2R_{a1} + 3 \cdot R_o + 3 \cdot R'_o}{1000} \right)$$

Donde:

V_{ca}, valor admisible de la tensión de contacto aplicada que es función de la duración de la corriente de falta.

R_o, resistividad del terreno en [Ohm·m]

R'_o, resistividad del hormigón en [Ohm·m]

R_{a1}, Resistencia del calzado, superficies de material aislante, etc. [Ohm]

Por lo que, para este caso

$$V_{p(acc)} = 15236 \text{ V}$$



Comprobamos ahora que los valores calculados para el caso de este Centro de Transformación son inferiores a los valores admisibles:

Tensión de paso en el exterior del centro.

$$V'_p = 786 \text{ V} < V_p = 5864 \text{ V}$$

Tensión de paso en el acceso al centro.

$$V'_{pacc} = 0 \text{ V} < V_{pacc} = 15236 \text{ V}$$

Tensión de defecto.

$$V'_d = 4029 \text{ V} < V_{bt} = 10000 \text{ V}$$

Intensidad de defecto.

$$I_a = 100 \text{ A} < I_d = 251 \text{ A} < I_{dm} = 300 \text{ A}$$

Investigación de las tensiones transferibles al exterior.

Para garantizar que el sistema de tierras de protección no transfiera tensiones al sistema de tierra de servicio, evitando así que afecten a los usuarios, debe establecerse una separación entre los electrodos más próximos de ambos sistemas, siempre que la tensión de defecto supere los 1000V.

En este caso es imprescindible mantener esta separación, al ser la tensión de defecto superior a los 1000 V indicados. La distancia mínima de separación entre los sistemas de tierras viene dada por la expresión:

$$D = \frac{R_o \cdot I'_d}{2000 \cdot \pi}$$

Donde:

R_o, resistividad del terreno en [Ohm·m]

I'_d, intensidad de defecto [A]

D, distancia mínima de separación [m]

Para este Centro de Transformación:

$$D = 3,183 \text{ m}$$

Se conectará a este sistema de tierras de servicio el neutro del transformador, así como la tierra de los secundarios de los transformadores de tensión e intensidad de la celda de medida.



Las características del sistema de tierras de servicio son las siguientes:

- Identificación: 5/22 (según método UNESA)
- Geometría: Picas alineadas
- Número de picas: dos
- Longitud entre picas: 2 metros
- Profundidad de las picas: 0,5 m

Los parámetros según esta configuración de tierras son:

- $K_r = 0,201$
- $K_c = 0,0392$

El criterio de selección de la tierra de servicio es no ocasionar en el electrodo una tensión superior a 24 V cuando existe un defecto a tierra en una instalación de BT protegida contra contactos indirectos por un diferencial de 650 mA. Para ello la resistencia de puesta a tierra de servicio debe ser inferior a 37 Ohm.

$$R_{tserv} = K_r \cdot R_o = 0,201 \cdot 80 = 16,08 < 37 \text{ Ohm}$$

Para mantener los sistemas de puesta a tierra de protección y de servicio independientes, la puesta a tierra del neutro se realizará con cable aislado de 0,6/1 kV, protegido con tubo de PVC de grado de protección 7 como mínimo, contra daños mecánicos.

Corrección y ajuste del diseño inicial.

Según el proceso de justificación del electrodo de puesta a tierra seleccionado, no se considera necesaria la corrección del sistema proyectado.

No obstante, se puede ejecutar cualquier configuración con características de protección mejores que las calculadas, es decir, atendiendo a las tablas adjuntas al Método de Cálculo de Tierras de UNESA, con valores de "K_r" inferiores a los calculados, sin necesidad de repetir los cálculos, independientemente de que se cambie la profundidad de enterramiento, geometría de la red de tierra de protección, dimensiones, número de picas o longitud de éstas, ya que los valores de tensión serán inferiores a los calculados en este caso.



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA

*Diseño de subestación secundaria híbrida, anillos de
media tensión y Centros de Transformación para el
polígono industrial "Las Quemadas", Córdoba*



Documento: Pliego

DOCUMENTO 3

PLIEGO DE CONDICIONES



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA

Diseño de subestación secundaria híbrida, anillos de media tensión y Centros de Transformación para el polígono industrial "Las Quemadas", Córdoba



Documento: Pliego



ÍNDICE

1. OBJETO	5
2. NORMATIVA Y REFERENCIAS	5
3. ACEPTACIÓN DEL PROYECTO DE DETALLE	6
4. DISPOSICIONES GENERALES	7
4.1. GENERALIDADES	7
4.2. SEGURIDAD EN EL TRABAJO	8
4.3. SEGURIDAD PÚBLICA	8
5. CONDICIONES PARTICULARES	9
5.1. CONDICIONES TÉCNICAS	9
5.1.1. MOVIMIENTO DE TIERRAS	9
5.1.2. HORMIGONES	11
5.1.3. ESTRUCTURAS METÁLICAS	14
5.1.4. PUESTAS A TIERRA	17
5.1.5. ALUMBRADO Y FUERZA EN EDIFICIOS	18
5.1.6. TÉCNICAS NO CONTEMPLADAS EN ESTE PLIEGO	18
5.2. CONDICIONES DE MATERIALES	18
5.2.1. RELLENOS DE EXPLANACIÓN GENERAL	18
5.2.2. RELLENOS LOCALIZADOS	18
5.2.3. CEMENTOS	18
5.2.4. ÁRIDOS PARA MORTEROS Y HORMIGONES	19
5.2.5. MADERA	19
5.2.6. HIERROS Y ACEROS LAMINADOS	19
5.2.7. ACERO EN REDONDOS PARA ARMADURAS	19
5.2.8. CERRAJERÍA	19
5.2.9. PINTURAS	20
5.2.10. VENTILACIÓN	21
5.2.11. CANALES DE CABLES	21
5.2.12. TUBERÍAS DE PEHD	22
5.2.13. TUBOS DE PVC	22
5.2.14. MATERIAL ELÉCTRICO	23
6. CONDICIONES FACULTATIVAS	23



6.1. ORGANIGRAMA GENERAL.....	23
6.2. REQUISITOS DE CUALIFICACIÓN.....	24
6.3. CONDICIONES.....	25
6.4. EJECUCIÓN DE LAS OBRAS.....	27
6.5. MONTAJE ELECTROMECAÁNICO.....	28
6.6. FINALIZACIÓN.....	30
7. CONDICIONES ECONÓMICAS.....	31
7.1. CRITERIO GENERAL.....	31
7.2. INDEMNIZACIONES Y GARANTÍAS.....	31



1. OBJETO.

Este Pliego tiene por objeto establecer los criterios mínimos que habrían de cumplirse en la ejecución del montaje de la subestación, anillos y centros de transformación diseñados en este TFG. Se basa, cuando no se transcribe directamente, en las especificaciones particulares de la compañía e-Distribución, expresadas en sus documentos SYZH01 *Proyecto tipo subestaciones en parque exterior con apartamento híbrida*, DYZ10000 *Proyecto tipo de Líneas Subterráneas Media Tensión* y FYZ10000 *Proyecto tipo de Centros de Transformación en edificio planta calle*, ya que son instalaciones que después serán cedidas a esta.

Este Pliego de Condiciones Técnicas Particulares se refiere el suministro, instalación, pruebas, ensayos, mantenimiento, características y calidades de los materiales necesarios en el montaje de subestaciones de Alta Tensión y centros de transformación, con el fin de garantizar la seguridad de las personas, el bienestar social y la protección del medio ambiente, siendo necesario que dichas instalaciones eléctricas se proyecten, construyan, mantengan y conserven de tal forma que se satisfagan los fines básicos de la funcionalidad, concepto que incluye la seguridad estructural, en caso de incendio y de utilización, de tal forma que el uso normal de la instalación no suponga ningún riesgo de accidente para las personas y cumpla la finalidad para la cual es diseñada.

En determinadas ocasiones se podrán adoptar soluciones diferentes a las expuestas en este TFG, siempre que queden debidamente justificadas y demostrada la necesidad de cambio, sin que mermen las condiciones de calidad.

2. NORMATIVA Y REFERENCIAS.

Las condiciones que rigen la confección de este Pliego de condiciones y que por tanto se han de aplicar en el desarrollo de las instalaciones y el suministro de materiales son:

- R.D. 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23.
- R.D. 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.
- Normas UNE y CEI.
- Normas CENELEC, Comité Europeo para la Normalización.
- Especificaciones particulares E-DISTRIBUCIÓN.
- Normas vigentes del Ministerio de Fomento que tengan aplicación.
- Prescripciones de seguridad de UNESA.
- Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales y los Reglamentos que la desarrollan.
- R.D. 614/2001 sobre Riesgo Eléctrico.
- Ley de Carreteras del Ministerio de Fomento.
- Legislación Medio Ambiental (Residuos Industriales, Jardinería, Ruidos, Aceites, Estudio



Impacto Ambiental e Integración en el entorno, etc.)

- Legislación Municipal y Urbanística.
- Instrucción de hormigón estructural (EHE-08)
- Código Técnico de la Edificación
- R.D. 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción.
- R.D. 1751/1998, de 31 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (ITE) y se crea la Comisión Asesora para las Instalaciones Térmicas de los Edificios.
- R.D. 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
- R.D. 1890/2008, de 14 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado.
- Real Decreto 1110/2007, de 24 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Unificado de Puntos de Medida del Sistema Eléctrico y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (Orden 12 de abril de 1999) y Procedimientos Técnicos (Resolución de 12 de febrero de 2004 de la Secretaría de Estado de Energía, Desarrollo Industrial y Pequeña y Mediana Empresa).
- Real Decreto 1797/2003, de 26 de diciembre, por el que se aprueba la Instrucción para la Recepción de Cementos (RC-03).

3. ACEPTACIÓN DEL PROYECTO DE DETALLE.

Tras la recepción del proyecto de detalle, es obligación del contratista revisar y notificar los problemas que puedan detectarse, y realizar las modificaciones indicadas por e-distribución.

La aceptación del proyecto implica necesariamente que el Contratista ejecutará los trabajos de manera tal que resulten enteros, completos y adecuados a su fin, en la forma que se infiere de la documentación contractual, aunque en esta documentación no se mencionen todos los detalles necesarios al efecto.

El Contratista tendrá a su cargo la provisión, transporte y colocación en obra de todos los materiales no estratégicos, como así también de la mano de obra y todo personal necesario para la realización correcta y completa de la obra contratada y para el mantenimiento de los servicios necesarios para la ejecución de las obras, el almacenamiento del material sobrante de las excavaciones, rellenos y cualquier otra provisión, trabajo o servicio detallados en la documentación contractual o que sin estar expresamente indicado en la misma, sea necesario para que las obras queden total y correctamente terminadas, de acuerdo a su fin y a las reglas del arte de construir.



4. DISPOSICIONES GENERALES.

4.1. GENERALIDADES.

El contratista se encargará del suministro, transporte, carga y descarga de los materiales, y de la construcción de la obra civil, estructuras y soportes metálicos, contemplando igualmente el montaje de todos los equipos que intervienen en las instalaciones, a excepción de los equipos de MT, que serán montados por el fabricante.

Formará también parte del suministro las instalaciones de todo tipo que sean necesarias, tales como las de alumbrado, fuerza, insonorización, aislamiento, red de tierras superior e inferior, contraintrusismo, contra-incendios, etc, así como la construcción e instalación de todos los armarios eléctricos, como por ejemplo cuadros de control, servicios auxiliares, contaje, protecciones, alumbrado, comunicaciones, etc. a excepción de los correspondientes al aparellaje de AT facilitado por los propios fabricantes.

Igualmente será competencia del contratista la Puesta en Marcha y Puesta en Servicio de la totalidad de las instalaciones, así como la garantía del Suministro, hasta la recepción definitiva.

El adjudicatario facilitará la asistencia técnica a los necesarios servicios de mantenimiento durante el período de garantía.

El Suministro deberá satisfacer la mejor y moderna práctica corriente en ingeniería mecánica, eléctrica, instrumentación y control, comunicaciones, fluidos, medioambiente, anti-intrusismo, seguridad y salud, etc. Se emplearán materiales de primera calidad de las marcas de prestigio tanto nacionales como extranjeras.

Las instalaciones deberán reunir las condiciones máximas de seguridad en cuanto a incendios, inundaciones, distancias reglamentarias, tensiones de paso y contacto en caso de defectos a tierra, etc.

Se dispondrán todos los dispositivos de protección necesarios respetando íntegramente las normativas legales vigentes, que serán de obligado cumplimiento.

El contratista 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 Particulares.

El contratista deberá estar clasificado, según Orden del Ministerio de Hacienda de 28 de marzo de 1968, en el Grupo, Subgrupo y Categoría correspondientes al Proyecto y que se fijará en el Pliego de Condiciones Particulares en caso de que proceda.



4.2. SEGURIDAD EN EL TRABAJO.

El Contratista está obligado a cumplir las condiciones en esta materia que 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 las suelas.

El personal de la Contrata viene obligado a usar 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.

La distribución de puntos de luz, así como el tipo de báculos, luminarias, lámparas, reactancias, etc., deberá ajustarse a lo previsto en el Proyecto.

Cualquier duda que pueda suscitarse en la interpretación de los documentos del Proyecto o diferencia que pueda apreciarse entre unos y otros, serán en todo caso consultadas a la Dirección Facultativa, quién la aclarará debidamente y cuya interpretación será preceptivo aceptar por el Contratista.

4.3. SEGURIDAD PÚBLICA.

El Contratista deberá tomar 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. en que uno y otro



podieran incurrir para con el Contratista o para terceros, como consecuencia de la ejecución de los trabajos.

5. CONDICIONES PARTICULARES.

5.1. CONDICIONES TÉCNICAS.

5.1.1. MOVIMIENTO DE TIERRAS.

5.1.1.1. REPLANTEO.

El replanteo de las obras se efectuará dejando sobre el terreno referencias, que tengan suficientes garantías de permanencia para que, durante la construcción, pueda fijarse con relación a ellas la situación en planta o altura de cualquier elemento de las obras.

5.1.1.2. DESBROCE Y LIMPIEZA DEL TERRENO.

La dirección de la obra determinará la cantidad de tierra vegetal, arbolado, tocones, maleza, etc., a retirar y extracciones a realizar. Así mismo decidirá si depositar la extracción en lugares predeterminados para su posterior aprovechamiento o por el contrario retirarla a escombreras autorizadas.

Esta labor se realizará con pala mecánica o retroexcavadora, volcando a camión para su transporte.

A medida que se vaya excavando, se irá inspeccionando el material resultante, para dictaminar visualmente cuando se ha retirado la capa vegetal, lo cual se cumplirá cuando el contenido de materia orgánica sea inferior al 10%, así como para conocer la profundidad de la misma.

Los tocones con raíces grandes se retirarán hasta una profundidad de por lo menos un metro por debajo del nivel de explanación final, excepto donde el relleno vaya a tener una altura mayor de un metro. En este caso los tocones se retirarán una profundidad de por lo menos 150 cm.

Todos los huecos causados por la extracción de tocones y raíces se rellenarán con material análogo al existente, compactándose hasta que su superficie se ajuste a las cotas del proyecto.

5.1.1.3. EXCAVACIONES A CIELO ABIERTO.

Las excavaciones a cielo abierto se efectuarán de acuerdo con los planos y hasta la profundidad indicada por el Director de Obra, a la vista de la naturaleza y clase de terreno encontrado.

Se adoptarán todas las medidas necesarias para evitar la entrada de agua, manteniendo libre de la misma la zona de excavación, colocándose, ataguías, drenajes, protecciones, cunetas, canaletas y conductos de desagüe que sean necesarios.



En la realización de entibaciones se cumplirá:

- Serán realizadas por encofradores con suficiente experiencia dirigidos por un encargado con conocimientos suficientes.
- En terrenos buenos, con tierras cohesionadas, se sostendrán los taludes verticales hasta una altura entre 60 y 80 cm., colocándose una vez alcanzada esta profundidad una entibación horizontal compuesta por tablas horizontales, sostenidas por tabloneros verticales, apuntalados por maderas u otros elementos.
- En terrenos buenos con profundidades de más de 1,80 m., con escaso riesgo de derrumbe, se colocarán tablas verticales de 2,00 m., quedando sujeto por tablas horizontales y codales de madera u otro material.
- Si los terrenos son de relleno, o tienen una dudosa cohesión, se entibarán verticalmente a medida que se procede a la excavación de tierras.
- Se protegerá la entibación frente a filtraciones y acciones de erosión por parte de las aguas de escorrentía.

Se regularizará y compactará el fondo de excavación, para evitar las ondulaciones del mismo y obtener un mejor asiento del material a terraplenar.

Los fondos se comprobarán mediante la realización de densidades in situ, según lo establecido en el plan de ensayos, y se limpiarán de todo material suelto o flojo, así mismo serán rellenadas las grietas y hendiduras.

5.1.1.4. RELLENOS EN EXPLANACIÓN.

Los materiales de relleno procederán de las excavaciones siendo aprobados por la dirección de obra, que en caso de no considerar los adecuados.

Cuando el relleno se asiente sobre un terreno con presencia de aguas superficiales o subterráneas, se desviarán las primeras y se captarán y conducirán las segundas, antes de comenzar la ejecución.

Esta se llevará a cabo por tongadas de material con características homogéneas, las cuales no superan los 20 cm. y en las que se rechazarán los terrones que superen el 40% del espesor de la tongada. Una vez extendida, cada tongada, se procederá a su humectación si es necesario, de forma que el grado de humedad sea uniforme. En los casos especiales en que la humedad natural del material sea excesiva, se procederá a su desecación, bien por oreo o por mezcla de materiales secos o sustancias apropiadas.

El relleno de los trasdoses de los muros se realizará cuando éstos tengan la resistencia requerida y no antes de los 21 días, si es de hormigón.

la ejecución de las obras se realizará según lo dispuesto en el art. 302 "Escarificación y compactación" del Pliego de Prescripciones Técnica Generales (PPTG) del Ministerio de Fomento.



5.1.1.5. CAPAS GRANULARES.

La ejecución de las obras, tolerancia de la superficie y limitaciones de la ejecución de esta unidad de obra, se realizarán de acuerdo con lo especificado en el Art.510 "Zahorras" del PPTG.

5.1.1.6. EXCAVACIÓN Y RELLENOS DE ZANJAS Y CIMENTACIONES.

La excavación de zanjas y cimientos se ajustará a lo prescrito en el Art. 321 "Excavaciones en zanjas y pozos" del PPTG.

5.1.2. HORMIGONES.

5.1.2.1. HORMIGONADO.

Cuando vayan a hormigonarse junto a hormigón ya endurecido se limpiará la superficie de contacto agua y aire a presión. Una vez eliminada el agua se aplicará producto de unión entre fraguados.

El hormigón se compactará por vibraciones hasta asegurar que se han llenado todos los huecos, se ha eliminado el aire de la masa y refluye la lechada en la superficie.

Durante el primer período de endurecimiento, no se someterá al hormigón a cargas estáticas o dinámicas que puedan provocar su fisuración y la superficie se mantendrá húmeda durante 7 días, como mínimo, protegiéndola de la acción directa de los rayos solares.

No se podrá colocar hormigón cuando la temperatura baje de 2º C, ni cuando siendo superior se prevea que puede bajar de 0º C durante las 48 horas siguientes, ni cuando la temperatura ambiente alcance los 40ºC. Se suspenderá el hormigonado cuando el agua de lluvia pueda producir deslavado del hormigón.

Se garantizarán las condiciones de ejecución de las obras de hormigón exigidas en la EHE.

Queda totalmente prohibido añadir agua a las cubas de hormigón fabricado en central.

5.1.2.2. PAVIMENTOS DE HORMIGÓN.

Cuando se realice la pavimentación mediante hormigonado en fresco, se podrán insertar directamente las juntas de dilatación de material plástico, o bien, una vez endurecido el hormigón, mediante serrado con disco, siendo la profundidad mayor de seis centímetros.

5.1.2.3. ENCOFRADOS.

Los encofrados de madera o metálicos serán estancos y estarán de acuerdo con las dimensiones



previstas en el proyecto, serán indeformables bajo la carga para la que están previstos y no presentarán irregularidades bruscas superiores a 2 mm ni suaves superiores a 6 mm medidos sobre la regla patrón de 1 m de longitud. Su desplazamiento final, respecto a las líneas teóricas de replanteo, no podrá exceder de los 6 mm.

Los encofrados deberán cumplir con los siguientes requisitos:

- Se prohíbe el aluminio en contacto con el hormigón.
- Se humedecerán para que no absorban agua del hormigón depositado.
- Las paredes estarán limpias y no impedirán la libre retracción del hormigón.
- Deberán permitir el correcto emplazamiento de armaduras y tendones.
- Deberán poderse retirar sin provocar sacudidas ni daños en el hormigón
- Los productos de desencofrado han de ser expresamente autorizados.
- En elementos de más de 6 m. se recomiendan disposiciones que produzcan una contraflecha en la pieza hormigonada.

5.1.2.4. FÁBRICAS DE HORMIGÓN EN MASA.

Las superficies sobre las que haya de ser vertido el hormigón estarán limpias y humedecidas, pero sin agua sobrante. Antes de reanudar el trabajo, después de una interrupción admitida por el Director de Obra se limpiarán perfectamente las superficies y se procederá como se indica en la vigente norma EHE Artículo 71.

5.1.2.5. FÁBRICAS DE HORMIGÓN ARMADO.

Las armaduras pasivas estarán exentas de pintura, grasa o cualquiera otra sustancia que afecte negativamente al acero o a su adherencia al hormigón.

La sujeción podrá realizarse por soldadura cuando esta se elabore en taller con instalación industrial fija, con acero soldable y por personal y procedimiento debidamente cualificados.

Para la sujeción de los estribos, es preferible el simple atado, pero se acepta la soldadura por puntos, siempre que se realice antes que la armadura esté colocada en los encofrados.

Los separadores se colocarán de la siguiente forma:

- En elementos superficiales horizontales (losas, forjados y zapatas):
 - Emparrillado inferior, cada 50 diámetros o 100 cm.
 - Emparrillado superior, cada 50 diámetros o 50 cm.
- En muros:
 - Por emparrillado, cada 50 diámetros o 50 cm.
 - Separación entre emparrillados, cada 100 cm.
- En vigas: Cada 100 cm.
- En soportes: Cada 100 diámetros o 200 cm.



Estos no podrán estar constituidos por material de desecho, sino que serán elaborados exprofeso para esta función.

El doblado de armaduras se realizará, en general, en frío y no se admite el enderezamiento de codos.

Los diámetros de los mandriles para el doblado de las armaduras son los siguientes:

- Para ganchos, patillas y ganchos en U:
 - Diámetro de la barra < 20 mm.
 - B 400 S y B 500 S - diámetro 4.
 - Diámetro de la barra > 20 mm.
 - B 400 S y B 500 S - diámetro 7.
- Para barras dobladas y barras curvadas:
 - Diámetro de la barra < 20 mm.
 - B 400 S - diámetro 10.
 - B 500 S - diámetro 12.
 - Diámetro de la barra > 20 mm.
 - B 400 S - diámetro 12.
 - B 500 S - diámetro 14.

5.1.2.6. HORMIGONADO.

Condiciones generales de ejecución.

- El hormigonado deberá ser autorizado por la Dirección de Obra.
- Los modos de compactación recomendados serán:
 - Vibrado enérgico para hormigones de consistencia SECA.
 - Vibrado normal para consistencias PLASTICA y BLANDA
 - Picado con barra para consistencia FLUIDA.
- Sea cual sea el modo de compactación, se evitará la segregación de los diferentes componentes del hormigón.
- Las juntas de hormigonado se situarán en dirección normal a las tensiones de compresión.
- Cuando se emplee vibrador de superficie, el espesor de la tongada no será mayor de 20 cm.
- No se hormigonará sobre las juntas de hormigonado sin la aprobación de la Dirección de Obra ni sin su previa limpieza.

Cuando esta actividad se desarrolle en TIEMPO FRIO:

- La temperatura del hormigón antes del vertido no será menor de 5º C, ni se verterá sobre encofrados o armaduras a temperatura inferior a 0º C.



- Se suspenderá el hormigonado siempre que se prevea que la temperatura ambiente bajará de 0° C en las 48 horas siguientes.
- El empleo de aditivos anticongelantes, precisará la autorización expresa de la Dirección de Obra.
- Se demolerá toda la fábrica en que se compruebe que el mortero se encuentra deteriorado a consecuencia de las heladas. En cualquier caso, el Contratista cumplirá lo especificado en el artículo 72 de EHE.

Cuando esta actividad se desarrolle en TIEMPO CALUROSO:

- Se evitará la evaporación del agua de amasado.
- Una vez vertido el hormigón se protegerá del sol.
- Se suspenderá el hormigonado cuando la temperatura sea mayor de 40° C o haya viento excesivo.
- El Contratista cumplirá siempre lo prescrito en el artículo 73 de EHE.

El hormigonado se continuará una vez que el director de Obra o representante suyo haya comprobado que el hormigón anteriormente colocado no haya sufrido daño alguno o, en su caso, después de la demolición de la zona dañada.

En cualquier caso, no se permitirán interrupciones en el hormigonado de cimentaciones importantes, tales como cimentación del auto- trafo, cimentación de pórticos de amarre, etc.

Condiciones de curado.

Para equilibrar el contenido de agua se somete al proceso de curado, regando su superficie durante un periodo no inferior a los 3 días y con las siguientes condiciones:

- Durante el fraguado y primer período de endurecimiento, deberá asegurarse un curado intensivo (riego intenso).
- Se podrá efectuar por riego directo sin que se produzca deslavado.
- El agua empleada cumplirá con el artículo 27° de la EHE, aunque en general, podrán emplearse todas las aguas sancionadas como aceptables por la práctica.
- Como alternativa, se podrán utilizar protecciones que garanticen la retención de la humedad inicial y no aporten sustancias nocivas.
- Se deberán tener presente las condiciones ambientales para que la humedad relativa no sea inferior al 80%.

5.1.3. ESTRUCTURAS METÁLICAS.

5.1.3.1. REQUISITOS PREVIOS.

Con anterioridad al inicio de los trabajos se habrán cumplido los siguientes requisitos:



- Replanteo topográfico.- Se verificará la existencia y características de los apoyos (cantidad, alineaciones y nivelaciones, pernos embebidos, etc.) que posteriormente van a servir de sustentación de las diferentes estructuras a instalar.
- Control dimensional.- Se verificarán que los pernos de las placas base coinciden en distancias y dimensiones a los taladros de las estructuras correspondientes.

5.1.3.2. CONDICIONES DE LOS MATERIALES.

Las características mecánicas y químicas deben ser documentadas mediante certificado, debiendo poderse identificar esta, en todas las etapas de la fabricación y el montaje.

La identificación puede basarse en registros documentados para lotes de productos signados a un proceso común de producción, debiendo, cada componente tener una marca indeleble que no produzca daño y resulte visible tras finalizar la instalación.

Los elementos estructurales deben manipularse y almacenarse de forma segura, evitando que se produzcan deformaciones permanentes. Cada componente debe protegerse de posibles daños en los puntos de sujeción para manipulación y se almacenarán apilados sobre el terreno pero sin contacto con él.

5.1.3.3. PREFABRICACIÓN DE ESTRUCTURAS.

Corte.

Este se realizará por medio de sierra o cizalla. El corte térmico (oxicorte) solo se utilizará previa aprobación y siempre que este no produzca irregularidades y se hayan eliminado los restos de escoria producida.

Los ángulos entrantes y entallas tendrán un acabado redondeado, con un radio mínimo de 5 mm.

Los cortes deberán realizarse normales a los perfiles a no ser que se indique lo contrario. Los bordes deberán quedar perfectamente planos y sin rebaba ni bordes salientes o cortantes. En el caso de estructuras galvanizadas, se volverá a galvanizar la parte afectada a menos que el Director de Obra autorice otra cosa.

Perforado.

Los agujeros se realizarán mediante taladrado y no se permitirá el punzonado salvo aprobación explícita indicando lo contrario.

Se eliminarán las rebabas antes del ensamblaje, no siendo necesario separar las diferentes partes cuando los agujeros están taladrados en una sola operación, a través de dichas partes unidas firmemente entre sí.



Empalmes.

No se permitirán más empalmes que los establecidos en el proyecto. Si la separación de las superficies de apoyo supera los valores establecidos, podrán utilizarse cuñas o forros adecuados, no debiéndose utilizar más de tres en cualquier punto y pudiéndose fijar su posición mediante soldaduras en ángulo o a tope con penetración parcial.

Soldeo.

Los procesos empleados serán homologados de acuerdo a la norma UNE-EN ISO 15607: 2004 cualificados antes de la realización de los trabajos correspondientes.

Los soldadores deben estar cualificados y certificados por un organismo acreditado de acuerdo con la norma UNE-EN ISO 9606-1:2017 y con las limitaciones que en la misma se indican.

Se comprobará que las dimensiones finales están dentro de las tolerancias.

Los dispositivos provisionales para el montaje deben ser fáciles de retirar sin dañar la pieza. Las soldaduras que se utilicen deben ejecutarse siguiendo las especificaciones generales y, si se cortan al final del proceso, la superficie del metal base debe alisarse por amolado.

Uniones atornilladas.

La espiga del tornillo debe salir de la rosca de la tuerca después del apriete y entre la superficie de apoyo de la tuerca y la parte no roscada de la espiga, además de la salida de rosca, debe haber, al menos, un filete de rosca completo.

Cuando la unión disponga tornillos en vertical, la tuerca se situará por debajo de la cabeza del tornillo.

Para asegurar las tuercas, no serán precisas medidas adicionales al apriete normal, ni se deben soldar, salvo indicación en contra en el proyecto.

Tratamientos de protección.

Todas las estructuras, salvo indicación en contra, serán tratadas mediante galvanizado en caliente de acuerdo con UNE-EN ISO 1461:2010, para lo que dispondrán de un procedimiento específico y debidamente aprobado.

El espesor medio de galvanizado, medido por método magnético, no será inferior a 70 μm , no debiéndose observar ningún valor puntual inferior a 50 μm .



5.1.3.4. MONTAJE DE ESTRUCTURAS.

El montaje se iniciará con la nivelación de las placas base de los diferentes elementos estructurales. Se utilizará un camión-grúa o similar, mediante la cual se estrobará la cabeza del elemento hasta la posición de apoyo, teniendo en cuenta la orientación de la misma.

Una vez fijado el elemento con tuercas al anclaje soltaremos el estrobo, comprobando la alineación y nivelación de la estructura y procediendo posteriormente al apriete definitivo del anclaje de la misma.

Como medida de seguridad, todos los extremos de los perfiles, hasta una altura de 1,80 m., se protegerán con elementos engomados o similares.

El material deberá transportarse y manejarse con cuidado para evitar torceduras o daños.

No podrán montarse sino siete (7) días después de colocar el hormigón. En tiempo excepcionalmente frío, la decisión de montar estructura la tomará el Director de Obra.

Todas las sales corrosivas y otros materiales extraños depositados o adheridos a la estructura con anterioridad o durante el montaje de ellas, deberán ser eliminadas, no pudiendo instalarse miembros doblados, torcidos, oxidados o dañados.

5.1.4. PUESTAS A TIERRA.

Todas las soldaduras de la red de tierra enterrada serán de tipo aluminotérmico y se realizarán de acuerdo con las instrucciones de los fabricantes especializados. Las soldaduras entre pletinas serán de tipo aluminotérmico u oxiacetilénico.

En ningún caso se admitirán soldaduras con coqueas, fisuras, derrames o cualquier otro fallo.

Para la realización de las soldaduras aluminotérmicas se emplearán moldes que se secarán antes de obtener la primera soldadura con ellos, y después se conservarán en un lugar seco. El secado se realizará por llama, o encendido en ellos de un cartucho sin efectuar soldadura.

Los moldes se usarán un número de veces que no sobrepase el 80 % del máximo recomendado por el fabricante, y siempre que no hayan sufrido daños en su geometría.

Antes de efectuar las soldaduras se limpiarán cuidadosamente los conductores a unir, con lima o cepillo de acero.

Aquellos conductores que hubieran sido tratados con aceite o grasas deberán desengrasarse previamente con un desengrasante adecuado.

Los conductores mojados deben secarse preferentemente con alcohol o soplete, teniendo en cuenta que la humedad puede producir soldaduras porosas, que serían rechazadas.



La conexión de pletina o de cable de Cu en derivación en T, en ángulo de 90°, en cruz o en empalme recto, mediante soldadura, incluirá el suministro de equipos o moldes adecuados, cartuchos, corte, limpieza de superficies de contacto, preparación de la pletina o del cable, precalentado del molde previo a la iniciación de las soldaduras y, en general, la realización de todas las operaciones necesaria para la ejecución de la conexión.

5.1.5. ALUMBRADO Y FUERZA EN EDIFICIOS.

Se seguirán las indicaciones de los fabricantes de los equipos a instalar y el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y disposiciones complementarias.

5.1.6. TÉCNICAS NO CONTEMPLADAS EN ESTE PLIEGO.

Las técnicas de obra no contempladas de manera expresa en este pliego, deberán atenerse (en los diferentes apartados de construcción, control y valoración), a lo preceptuado en la Normas Tecnológicas de la Edificación (NTE) del Ministerio de Fomento.

5.2. CONDICIONES DE MATERIALES.

5.2.1. RELLENOS DE EXPLANACIÓN GENERAL.

Los materiales a emplear en la formación de rellenos cumplirán con lo prescrito en el ART. 330 "Terraplenes" del PPTG.

5.2.2. RELLENOS LOCALIZADOS.

Los materiales a emplear se obtendrán de las excavaciones realizadas en la obra o de préstamos, estarán exentos de áridos mayores de diez centímetros (10 cm), si no se indica en los planos otra cosa, su cernido por el tamiz 0,080 UNE será inferior al 35% en peso, su límite líquido será inferior al 40% ($LL < 40$), el índice C.B.R, será superior a 5, el hinchamiento medido en dicho ensayo será inferior al 2% y se compactarán hasta conseguir una densidad al 100% del Proctor normal en la coronación (últimos 60 cm) y al 95% en el resto.

5.2.3. CEMENTOS.

En la obra se empleará el cemento Portland artificial que resulte más adecuado de acuerdo con las recomendaciones generales para la utilización de cementos (Instrucción EHE), siempre que sea necesario se utilizará cemento sulforresistente (SR).

El cemento se sujetará en todo a la vigente Instrucción para la Recepción de Cementos (RC-16) e Instrucción de Hormigón Estructural EHE.



5.2.4. ÁRIDOS PARA MORTEROS Y HORMIGONES.

Los áridos para la confección de morteros y hormigones cumplirán las condiciones que señala la vigente Instrucción de Hormigón Estructural EHE.

Antes de dar comienzo a las obras, por el Director de Obra se fijará, a la vista de la Granulometría de los áridos, la proporción y tamaños de los mismos a mezclar para conseguir la curva granulométrica más conveniente para el hormigón, adoptando como mínimo una clasificación de tres tamaños de áridos.

Así mismo se fijará el tamaño máximo de árido a emplear para cada tipo de obra.

5.2.5. MADERA.

Cualquiera que sea de su procedencia, la madera que se emplee en encofrados estará desprovista de vetas o irregularidades en sus fibras y en el momento de usarse estará seca.

5.2.6. HIERROS Y ACEROS LAMINADOS.

Los aceros laminados, piezas perfiladas y palastros, deberán ser de grano fino y homogéneo, sin presentar grietas o señales que puedan comprometer su resistencia, estará bien calibrado cualquiera que sea su perfil y los extremos escuadrados y sin rebabas.

Los aceros laminados cumplirán con todo lo preceptuado en el Código Técnico de la Edificación DBSE-A.

5.2.7. ACERO EN REDONDOS PARA ARMADURAS.

Tanto la superficie como la parte interior de las barras y varillas para armar el hormigón deberán estar exentas de toda clase de defectos, como grietas, oquedades y pelos.

Las barras y varillas deben ser rectas, de sección circular bien dibujada y de las dimensiones que se fijan en los planos.

Todo el acero para armaduras cumplirá las condiciones que señala la vigente Instrucción de Hormigón Estructural EHE.

5.2.8. CERRAJERÍA.

La carpintería metálica de puertas estará formada por perfiles de acero galvanizado y chapas de acero galvanizadas. Las chapas exteriores grecadas de $e=0,7$ mm y las interiores lisas de $e=2$ mm. Los herrajes de colgar y seguridad deberán ser de primera calidad y disposición adecuada.



Deberán presentarse para su aprobación por el Director de Obra, los modelos de herrajes que hayan de ser utilizados.

En ventanas la carpintería será metálica de chapa de acero galvanizado o aluminio resistente. Todas las ventanas serán del tipo practicable de corredera.

Cuando sea necesaria la instalación de rejas, estas serán fijas y estarán formadas por barras de acero galvanizado F1120, como mínimo, y cumplir lo prescrito en la norma UNE 108-142-88.

5.2.9. PINTURAS.

Las pinturas deberán ser de primera calidad con colores fijos inalterables y con tiempo de secado inferior a doce (12) horas. Solamente se utilizarán pinturas que puedan ser utilizadas directamente al ser desensadas, sin tener que añadir ninguna clase de disolvente, pigmento, fijador, etc.

Todas las pinturas utilizadas han de ser de marca garantizada aprobadas, previamente a su aplicación, por el Director de Obra. El pigmento para la pintura de la primera mano de las estructuras metálicas deberá estar constituido por minio de plomo electrolito o imprimación antioxidante.

Las pinturas a utilizar serán las que se describen a continuación:

- Planta Baja
 - Techo sala Cabinas: Previo sellado de las juntas de las placas , RAL 9010
 - Techo Cuadro de Mando: Placas para falso techo de 120x60 para integración de luminarias (no precisan ser pintadas).
 - Paredes: RAL 1015
 - Estructura de hormigón prefabricado (jácenas y pilares): RAL 8011
- Planta Sótano
 - Techo: RAL 7038
 - Paredes: RAL 7038
 - Estructura de hormigón prefabricado (jácenas y pilares): RAL 8011
 - Solera: Aplicación de pintura anti polvo de color a determinar por la D.T.
- Elementos Comunes
 - Puertas metálicas: Previa imprimación de minio
 - Interior hoja de salida de emergencia (provista de barra antipático), RAL 3000
 - Interior hoja normal, RAL 8011
 - Exterior, toda la puerta RAL 8011 (este color de puerta, es para edificios cuyos revestimientos exteriores, tienen la tonalidad beige claro, bien sean lisos o con árido).
 - Ventanas: Marcos metálicos: RAL 8011 (este color de los marcos de ventanas, es para edificios cuyos revestimientos exteriores, tienen la tonalidad beige claro, bien sean lisos o con árido).



Barandillas: RAL 8011

5.2.10. VENTILACIÓN.

La sala de cuadros de control, protecciones y telecontrol deberá disponer de una instalación de aire acondicionado.

En el edificio estándar de control se instalarán dos bombas de calor tipo split en la sala principal. Dichos equipos tendrán una potencia calorífica de 3.000 frigorías cada uno.

La instalación de aire acondicionado diseñada podrá funcionar en las modalidades de frío o calor.

El sistema de aire acondicionado proporcionará en el interior de la instalación las siguientes temperaturas:

En verano, entre 22 y 28 °C.

En invierno, entre 18 y 24 °C.

La humedad relativa en el interior del edificio durante todo el año deberá mantenerse entre el 30 y 65%.

La ventilación de la sala de celdas de Media Tensión se realizará de manera natural, mediante unas rejillas que permitirán la entrada y salida de aire de forma natural. Estas rejillas estarán situadas en fachadas opuestas, para facilitar la circulación del aire en el interior, y podrán instalarse ventiladores para facilitar la renovación de aire.

5.2.11. CANALES DE CABLES.

Los canales de cables prefabricados serán de hormigón armado, excepto en aquellas partes singulares en que los canales se realicen "in situ" una vez que los prefabricados se encuentren colocados.

Se realizarán con moldes metálicos de rigidez adecuada a los esfuerzos que han de soportar (tanto los estáticos del hormigón, como los de vibrado y manejo de las piezas).

Los elementos prefabricados se colocarán sobre camas perfectamente enrasadas y que no impidan el paso del agua al sistema de drenaje. En principio se prohíbe su almacenamiento en obra; y su descarga, que a la vez será colocación, se realizará con brazo mecánico de potencia adecuada.

El transporte de la fábrica a la obra se realizará disponiendo separadores de madera adecuados para evitar desportillamientos.



La superficie de los elementos prefabricados será plana, compacta y exenta de coqueras. Al objeto de reducir el tiempo de permanencia en molde se autoriza el empleo de cemento de alta resistencia inicial (no aluminoso).

5.2.12. TUBERÍAS DE PEHD.

El material empleado se obtendrá mediante un proceso de polimerización del etileno a presiones relativamente bajas (1-200 atm.), con catalizador alquilmetálico (catálisis de Ziegler-Natta) o un óxido metálico sobre sílice o alúmina (procesos Phillips y Stardard Oil).

El polietileno de alta densidad se producirá normalmente con un peso molecular que se encuentra en el rango entre 200.000 y 500.000, con un bajo nivel de ramificaciones, por lo cual su densidad será alta (0.941 g/cm³ aprox.) así como las fuerzas intermoleculares.

No se admitirán piezas especiales fabricadas por unión mediante soldadura o pegamento de diversos elementos.

Los tubos se marcarán exteriormente y de manera visible con los datos mínimos exigidos por la normativa vigente y con los complementarios que juzgue oportuno el fabricante.

El material de los tubos estará exento de grietas, granulaciones, burbujas o faltas de homogeneidad de cualquier tipo. Las paredes serán suficientemente opacas para impedir el crecimiento de algas o bacterias, cuando las tuberías queden expuestas a la luz solar.

Las condiciones de funcionamiento y resistencia de las juntas y uniones deberán ser justificadas con los ensayos realizados en un laboratorio oficial, y no serán inferiores a las correspondientes al propio tubo.

5.2.13. TUBOS DE PVC.

El material empleado se obtendrá del policloruro de vinilo técnicamente puro, es decir, aquél que no tenga plastificantes, ni una proporción superior al uno por ciento de ingredientes necesarios para su propia fabricación. El producto final, en tubería, estará constituido por policloruro de vinilo técnicamente puro en una proporción mínima del noventa y seis por ciento (96%) y colorantes estabilizadores y materiales auxiliares, siempre que su empleo sea aceptable en función de su utilización.

No se admitirán piezas especiales fabricadas por unión mediante soldadura o pegamento de diversos elementos.

Los tubos se marcarán exteriormente y de manera visible con los datos mínimos exigidos por la normativa vigente y con los complementarios que juzgue oportuno el fabricante.



El material de los tubos estará exento de grietas, granulaciones, burbujas o faltas de homogeneidad de cualquier tipo. Las paredes serán suficientemente opacas para impedir el crecimiento de algas o bacterias, cuando las tuberías queden expuestas a la luz solar.

Las condiciones de funcionamiento y resistencia de las juntas y uniones deberán ser justificadas con los ensayos realizados en un laboratorio oficial, y no serán inferiores a las correspondientes al propio tubo.

5.2.14. MATERIAL ELÉCTRICO.

Todos los equipos y materiales serán de primera calidad, fabricados por una firma de reconocida garantía. Todos los materiales deberán ser aprobados, previamente, por la Dirección de Obra.

Las luminarias para lámparas de descarga estarán equipadas con equipos auxiliares de alto factor de potencia.

Los mecanismos serán de tipo basculante, cerrados, con base de melanina o material similar. Tanto los mecanismos como las bases de toma de corriente irán alojados en cajas, que serán de tipo hermético en intemperie o locales húmedos.

Los conductores serán de cobre electrolítico con doble capa de aislamiento y cumplirán las normas UNE aplicables.

Los tubos de PVC serán de tipo rígido, reforzado, para instalaciones eléctricas, con uniones roscadas.

Las cajas de derivación y conexiones serán de PVC, provistas de conos o racores para el paso de tubos e irán equipadas con bornas de tipo tornillo para conexión de los cables.

6. CONDICIONES FACULTATIVAS.

6.1. ORGANIGRAMA GENERAL.

En el proceso de diseño y construcción de SSEE podrán participar tres servicios distintos:

- A. Ingeniería.
- B. Construcción y montaje.
- C. Control de calidad, Seguimiento y activación, Seguridad y salud y Seguimiento certificaciones contratistas.

En principio un mismo contratista puede conjuntamente asumir los servicios A y B o A y C.

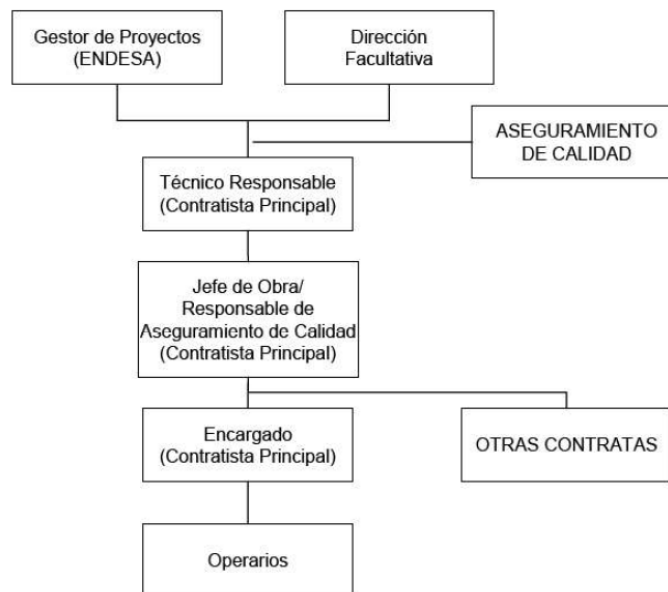


En todos los casos los contratistas del grupo B deben tener su propio sistema de aseguramiento de calidad.

La Dirección Facultativa será la entidad responsable de la obra, con las atribuciones definidas por la legislación, normativa y reglamentación vigentes, siendo la representante de e-distribución ante la Administración y otros entes en materias relativas a la obra.

La jefatura de la obra debe ser asumida por un técnico de la contrata principal que cumpla los requisitos mínimos de cualificación indicados en el apartado 5.3. Esta jefatura de obra puede ser asumida por el Técnico Responsable de la contrata principal. La jefatura de obra lleva asociada las funciones del Responsable de Aseguramiento de Calidad, aunque si se considera oportuno, estas funciones puede asumirlas una persona distinta al Jefe de Obra (esta circunstancia debe indicarse en el organigrama de la obra).

La contrata principal debe adjuntar al PAC un organigrama de la obra que muestre las dependencias jerárquicas dentro de la misma. A continuación, se incluye un organigrama tipo que puede usarse como modelo para el desarrollo del organigrama específico de la obra.



En el PAC, junto a este organigrama se deben indicar los nombres y apellidos de las personas que ocupan los distintos puestos y su teléfono de contacto. La Dirección Facultativa de la obra será nombrada por e-distribución y se identificará en el PAC.

6.2. REQUISITOS DE CUALIFICACIÓN.

Los requisitos mínimos de cualificación para los distintos puestos de personal son los siguientes:

Técnico responsable de obra.

Formación: Titulado en alguna carrera técnica (preferiblemente en Ingeniería Técnica Industrial



o en un grado de ingeniería). Nivel Básico de Prevención de Riesgos Laborales (50 horas).
Experiencia Laboral: 1 año como técnico redactor de proyectos eléctricos.

Jefe de obra.

Formación: Titulado en alguna carrera técnica (preferiblemente en Ingeniería Técnica Industrial o en un grado de ingeniería. Nivel Básico de Prevención de Riesgos Laborales (50 horas).
Experiencia Laboral: 1 año como técnico redactor de proyectos eléctricos o como jefe de obras de tipo eléctrico.

Responsable de Aseguramiento de Calidad.

Formación: Titulado en alguna carrera técnica (preferiblemente en Ingeniería Técnica Industrial o en un grado de ingeniería.
Experiencia Laboral: 1 año de experiencia en gestión de Sistemas de Calidad, o de Planes de Aseguramiento de Calidad en obras.

Encargado.

Formación: Graduado Escolar. Nivel Básico de Prevención de Riesgos Laborales (50 horas).
Experiencia Laboral: 3 años de experiencia en obras de tipo eléctrico como encargado u oficial de 1ª.

El Responsable de Aseguramiento de Calidad de la obra debe disponer de copia de los registros de formación y experiencia laboral que demuestren el cumplimiento de cada persona con los requisitos del puesto que ocupa. Estos registros estarán a disposición del Gestor de Proyectos.

6.3. CONDICIONES.

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.



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 las mismas.

Se levantará por duplicado Acta, en la que constarán, claramente, los datos entregados, firmada por el Director de Obra y por el representante del Contratista.

Los gastos de replanteo serán de cuenta del Contratista.

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.

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.

El Contratista actuará de patrono legal, aceptando todas las responsabilidades correspondientes y quedando obligado al pago de los salarios y carga 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.



6.4. 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.

El Contratista no podrá utilizar en los trabajos personal que no sea de su exclusiva cuenta y cargo, 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.

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 las subcontratas estará sometida al cumplimiento de los siguientes requisitos:

a) Que se de 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 autorice previamente.

b) Que las unidades de obra que el adjudicatario contrate con terceros no excedan del 50% del presupuesto de la obra principal.

En cualquier caso, el Contratante 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.

El Contratista ubicará su taller y almacén en la zona de las dependencias que le asigne la Dirección de Obra.

El Contratista suministrará una caseta para las oficinas de Dirección de Obra debidamente equipada.

El Contratista deberá suministrar y montar toda la red de fuerza y alumbrado provisional, con todo el equipamiento necesario para la realización de los trabajos de montaje hasta la finalización de la obra, de acuerdo con la documentación adjunta.



6.5. MONTAJE ELECTROMECAÁNICO.

A efectos de la realización de los trabajos de montaje, el Contratista suministrará:

- Todos los materiales necesarios que no sean proporcionados por e-distribución, según figure en el documento de Mediciones que acompañe a los planos constructivos.
- Toda la mano de obra directa e indirecta para la ejecución del trabajo.
- Toda la maquinaria y medios auxiliares para la completa ejecución del trabajo.
- Cualquier otro elemento adicional que fuese necesario para la ejecución total del trabajo, no incluido específicamente en las Mediciones.
- También se realizarán todos los trabajos, aparte de los indicados, que sean necesarios para la terminación del trabajo, según los planos constructivos.

En el alcance del montaje se incluyen:

- En materiales suministrados por el contratista, el transporte, descarga, almacenamiento, desembalaje, instalación en su posición definitiva y pruebas.
- En materiales suministrados por e-distribución, la descarga, almacenamiento, control, desembalaje, instalación en su posición definitiva y pruebas.

Se incluyen los siguientes trabajos en el Parque y edificios auxiliares:

- Implantación en obra.
- Montaje de la estructura metálica.
- Montaje de aparellaje.
- Montaje de embarrados y conexiones entre aparatos.
- Puesta a tierra de aparellaje y estructura metálica.
- Instalación de los sistemas de detección de incendios y antiintrusismo en edificio de mando.
- Montaje de cuadros y bastidores de control, protección y servicios auxiliares.
- Instalación de las comunicaciones por telefonía y fibra óptica.
- Montaje de instalaciones de alumbrado y fuerza en el parque intemperie y edificio de mando.
- Montaje de grupo electrógeno.
- Montaje de autotransformadores.
- En el alcance del montaje no se incluyen las preparaciones especiales de la obra civil, que serán realizadas por otros.

En el desmontaje de equipos se incluye la identificación, clasificación y traslado a la zona de almacenamiento dispuesto para este fin, dejándolos en las condiciones adecuadas para evitar su pérdida o deterioro.

El Contratista dispondrá de maquinaria, utillaje y en general de toda clase de medios auxiliares, adecuados a la realización de su función en el desmontaje o montaje. Dichos equipos estarán en buenas condiciones de funcionamiento serán de calidad reconocida y estarán dotados de las



máximas condiciones, de seguridad en cuanto a posibles accidentes.

El Contratista se responsabilizará de facilitar cualquier material, trabajo o servicio complementario, que sea razonablemente necesario para la realización del montaje y buen funcionamiento de las instalaciones, se encuentre o no indicado explícitamente en el Proyecto.

Aquellos materiales que hayan de ser empleados en obra, y no estén incluidos explícitamente en el Proyecto, serán de primera calidad y no podrán utilizarse sin haber sido aprobados por el Director de Obra, que podrá rechazarlos si no reuniesen a su juicio las condiciones exigibles para conseguir debidamente el objetivo que motiva su empleo.

Los montajes de toda la instalación se efectuarán de acuerdo con las recomendaciones de fabricantes, planos de la ingeniería y siguiendo las recomendaciones de esta especificación:

- Antes del inicio de los trabajos, el contratista examinará las condiciones en que se encuentran las instalaciones que afectan a su trabajo, indicando a la Dirección de Obra cualquier anomalía que encuentre. Las modificaciones, ajustes, etc., que se deben efectuar por la omisión de este requisito, será por cuenta del contratista.
- Si el contratista pretende utilizar los servicios de otros sub-contratistas lo deberá indicar en la oferta correspondiente de la instalación.
- El contratista asistirá a las reuniones necesarias de planificación, coordinación y preparación de trabajos con e-distribución, necesarias para el desarrollo del Proyecto.
- El contratista deberá facilitar a la Dirección de obra para su aprobación, toda la documentación técnica de equipos y materiales objeto de su suministro, indicando características, dimensiones, marcas, modelos, planos, etc. antes de proceder a su compra.
- El contratista se responsabilizará al finalizar las diferentes fases de montaje de proteger y limpiar adecuadamente, las diversas zonas o equipos. Asimismo diariamente deberá dejar las áreas en curso de montaje en perfecto orden de limpieza.
- En caso de que el contratista necesite efectuar taladros en estructuras o fundaciones, taladros en muros, soldaduras, etc. para la colocación de andamios, soportes provisionales y operaciones adicionales para el montaje, necesitará la previa autorización de la Dirección de Obra.
- En los trabajos de desmontaje de elementos que vayan a ser reutilizados, todo el pequeño material, tornillos, etc., que se deteriore deberá ser tenido en cuenta para su reposición y suministro por el contratista para su disponibilidad en futuras operaciones de montaje.
- Queda expresamente prohibido para la realización de ajustes de alineación, nivelación, aplanado, etc., en montaje de estructuras o equipos, la aplicación de calor o aprietes excesivos, debiendo quedar todas las uniones libres de tensiones.
- Toda la tornillería, tuercas y arandelas que se utilicen en el montaje serán de acero inoxidable, salvo indicación expresa en contra.
- En conexiones y piezas de conexión se empleará pasta conductora de características



apropiadas, que deberá previamente ser aprobada por La Dirección de Obra. El apriete de las piezas de conexión se realizará con llave dinamométrica siguiendo las instrucciones del fabricante.

- Todas las superficies sobre las que haya que aplicar pintura, deberán estar limpias de polvo, grasa, yeso, etc., y perfectamente secas. Las superficies metálicas quedarán perfectamente lijadas y tratadas. Toda superficie metálica deberá estar protegida con dos manos de minio.
- El trabajo de pintura no se hará durante tiempo de extrema humedad. Cada mano deberá dejarse secar por lo menos veinticuatro horas antes de aplicar la siguiente. La superficie tendrá un acabado uniforme en cuanto a color y lustre.
- No se considerará recepcionado por parte de e-distribución ningún equipo o material suministrado por el contratista, hasta su puesta en servicio.

Con carácter general, el contratista deberá:

- Iniciar cualquier trabajo, que dentro del alcance del contrato encomiende la supervisión de obra de e-distribución.
- Utilizar formatos para la presentación de certificaciones que previamente apruebe e-distribución.
- Presentar presupuesto, para cualquier otro trabajo no incluido en el Proyecto que pueda ser requerido.

6.6. FINALIZACIÓN.

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 el 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 éste es el caso. Dicha 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.

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.

7. CONDICIONES ECONÓMICAS.

7.1. CRITERIO GENERAL.

Se aconseja que se firme el contrato de obra entere promotor y contratista antes de iniciarse las obras, evitando en lo posible los trabajos por administración. Sólo se tratarán por administración aquellas partidas de obra irrelevantes y de difícil cuantificación.

Todos los agentes que intervienen en el proceso de la construcción tienen derecho a percibir puntualmente las cantidades devengadas, pudiendo exigirse las garantías suficientes para el cumplimiento diligente de las obligaciones de pago.

El contratista presentará una fianza con arreglo al procedimiento que se estipule en el contrato de obra.

Si el contratista se negase a realizar los trabajos para ultimar la obra, el director de obra los ordenará ejecutar a un tercero, abonando su importe con la fianza depositada.

La fianza será devuelta una vez firmada el acta de recepción definitiva de la obra.

Los pagos se efectuarán por el promotor en los plazos previamente establecidos en el contrato de obra y su importe corresponderá precisamente al de las certificaciones de la obra conformadas por el director de ejecución de la obra.

7.2. INDEMNIZACIONES Y GARANTÍAS.

Si por causas imputables al contratista, las obras sufrieran un retraso en su finalización con relación al plazo de ejecución previsto, el promotor podrá imponer al contratista con cargo a la última certificación, las penalizaciones establecidas en el contrato.

Del importe de las certificaciones se descontará un porcentaje, que se retendrá en concepto de garantía. Este valor no será nunca menor del 5% y responderá a los trabajos mal ejecutados o los perjuicios que puedan ocasionarle al promotor.

Málaga, a 19 de julio de 2023

El estudiante: Jose Antonio Hidalgo Rodríguez.



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA

Diseño de subestación secundaria híbrida, anillos de media tensión y Centros de Transformación para el polígono industrial "Las Quemadas", Córdoba



Documento: Planos

DOCUMENTO 4

PLANOS



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA

Diseño de subestación secundaria híbrida, anillos de media tensión y Centros de Transformación para el polígono industrial "Las Quemadas", Córdoba



Documento: Planos



INDICE DE PLANOS

APARTADO	NOMBRE	NÚMERO
Generales	Situación	1/16
	Emplazamiento	2/16
	Unifilar	3/16
Plantas	General	4/16
	Cimentaciones	5/16
	Red de tierra	6/16
Perfiles	Posición de línea	7/16
	Posición de transformador	8/16
	Posición de acoplamiento	9/16
Alzado	Embarrado	10/16
Edificio	Planta	11/16
	Alzado	12/16
Anillos	Anillos de distribución MT	13/16
Centros de transformación	De compañía	14/16
	Cliente - Alcoholes del Sur	15/16
	Cliente - Cervezas Alhambra	16/16



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA

Diseño de subestación secundaria híbrida, anillos de media tensión y Centros de Transformación para el polígono industrial "Las Quemadas", Córdoba

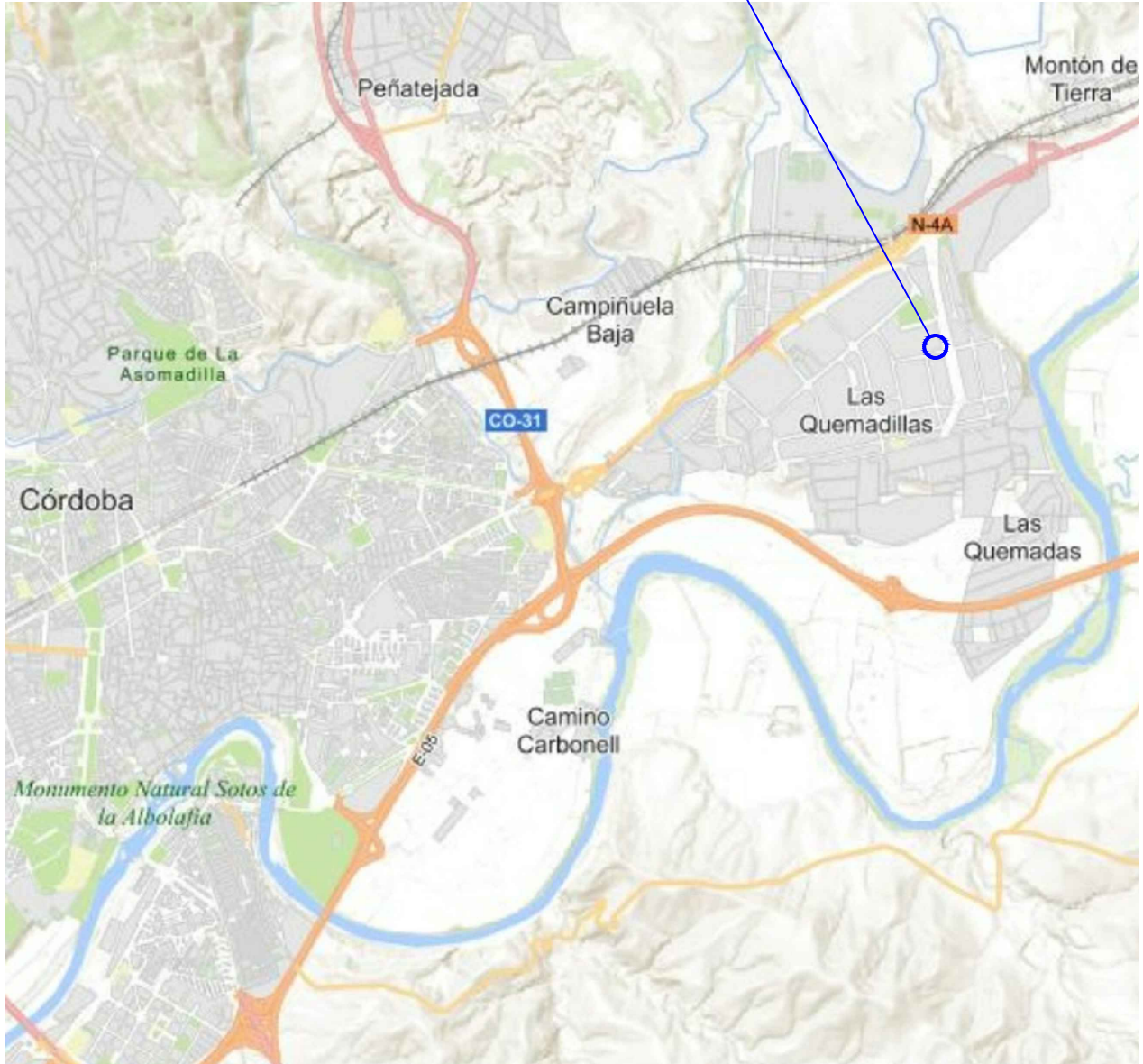


Documento: Planos

Subestación "Las Quemadas"

GSM: 4°7'13.110" O, 37°9'05.472" N

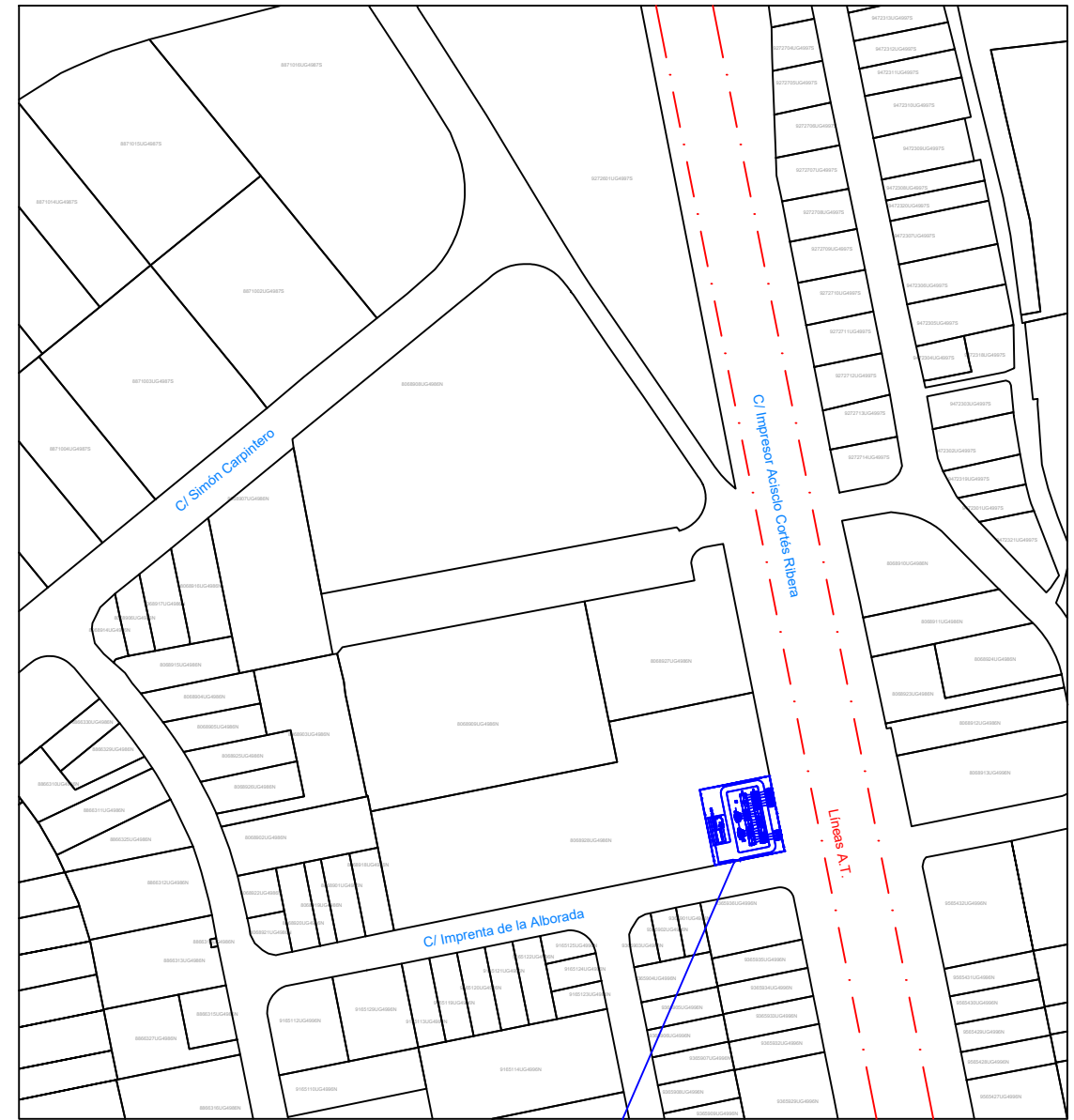
UTM: 349373'14, 4196712'12



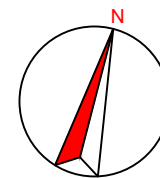
	UNIVERSIDAD DE MÁLAGA		
	PROYECTO TÉCNICO: Subestación 66 / 20 kV "Las Quemadas" (CÓRDOBA)		
PROMOTOR: ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL		LOCALIZACIÓN: LAS QUEMADAS, CÓRDOBA	
PLANO Nº: 1/16	SITUACIÓN		
ALUMNO: JOSE ANTONIO HIDALGO RODRIGUEZ	ESCALA: 1:50000	COTAS EN: mm	EL ALUMNO: Fdo.:
TITULACIÓN: GRADO EN INGENIERIA ELÉCTRICA	FECHA: JULIO/2023		



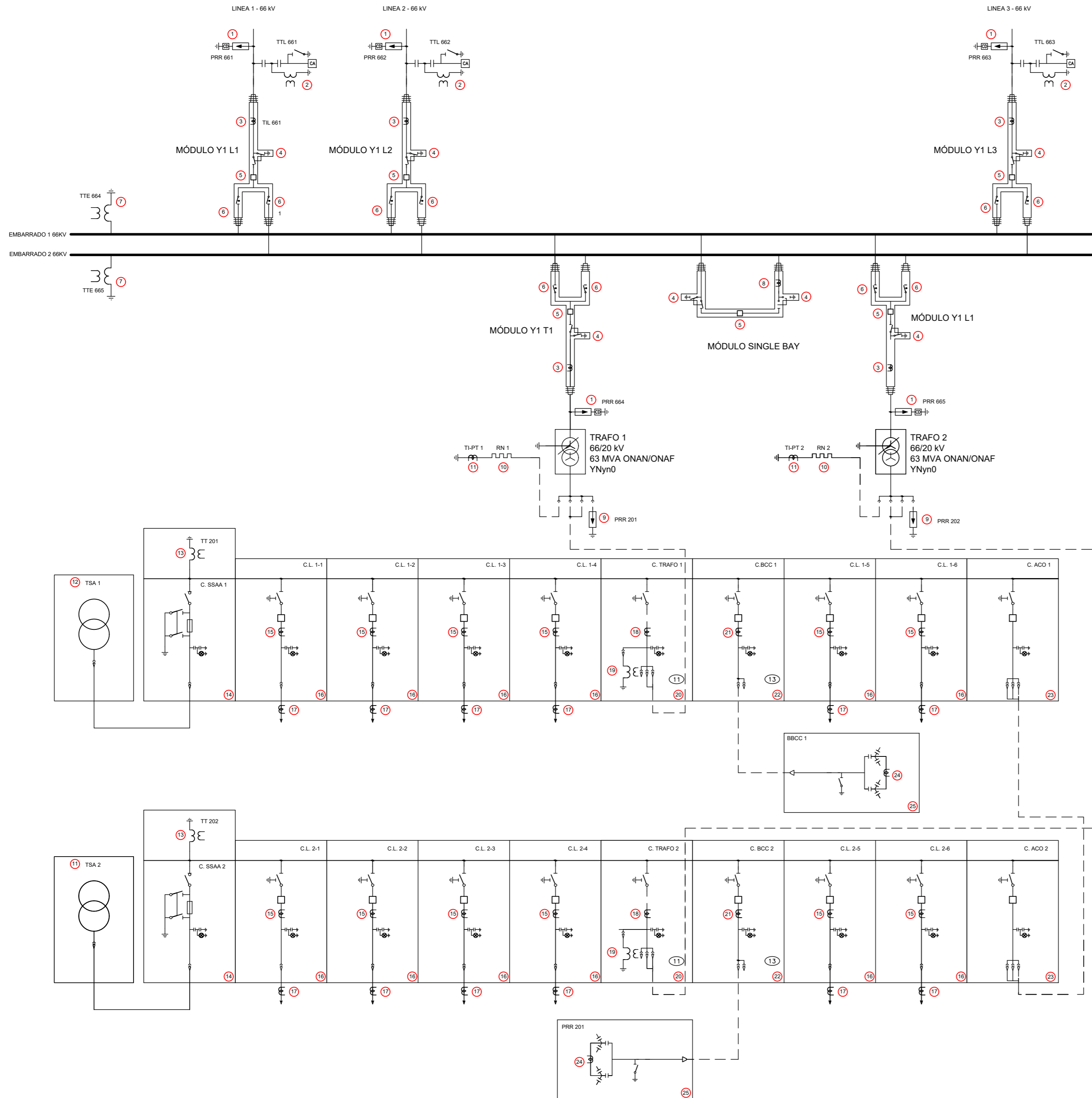
SUBESTACIÓN "LAS QUEMADAS"



SUBESTACIÓN "LAS QUEMADAS"



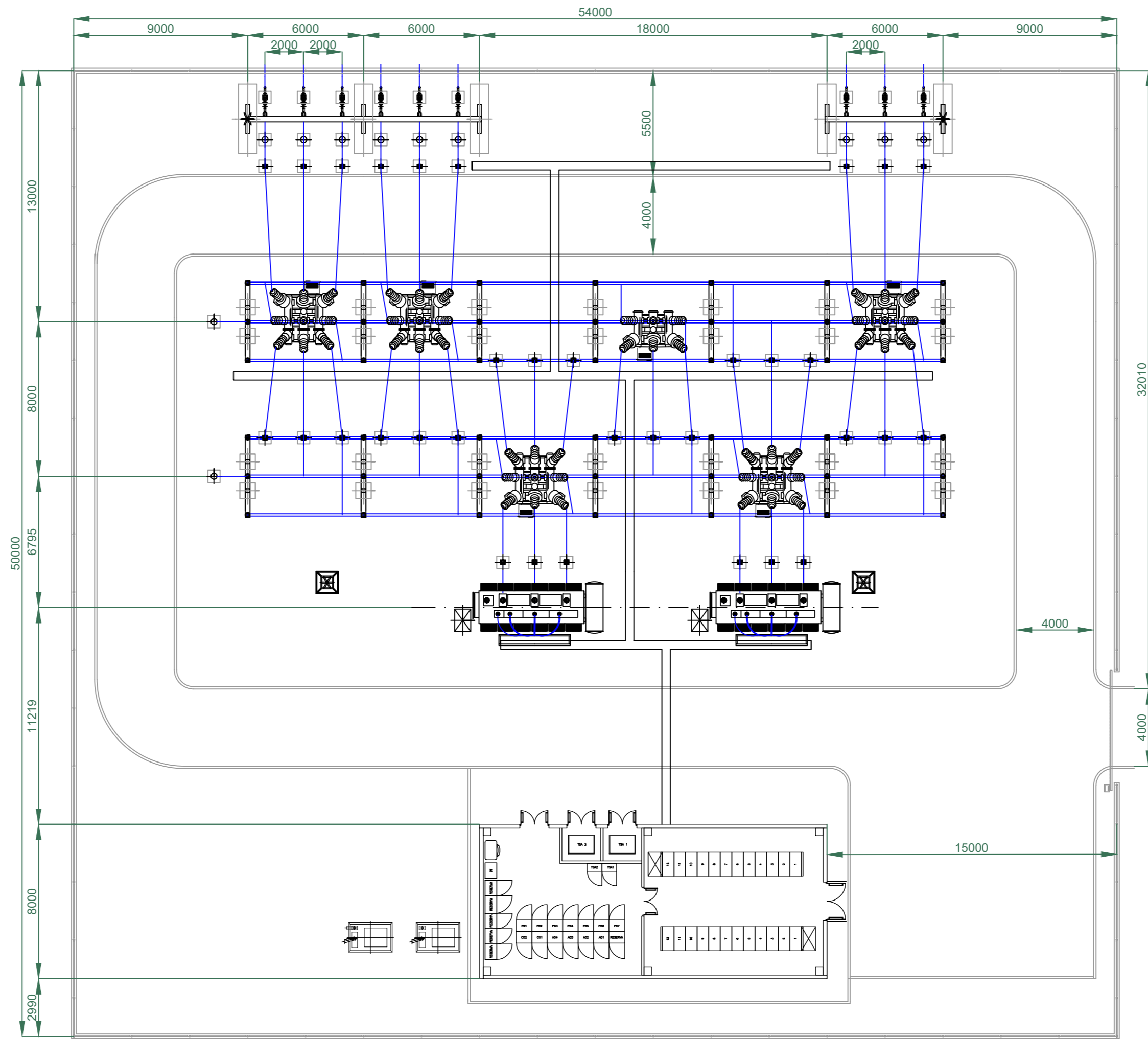
	UNIVERSIDAD DE MÁLAGA			
	PROYECTO TÉCNICO: Subestación 66 / 20 kV "Las Quemadas" (CÓRDOBA)			
PROMOTOR: ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL		LOCALIZACIÓN: LAS QUEMADAS, CÓRDOBA		
PLANO Nº: 2/16	EMPLAZAMIENTO			
ALUMNO: JOSE ANTONIO HIDALGO RODRIGUEZ	ESCALA: 1:5000	COTAS EN: mm	EL ALUMNO:	
TITULACIÓN: GRADO EN INGENIERIA ELÉCTRICA	FECHA: JULIO/2023		Fdo.:	



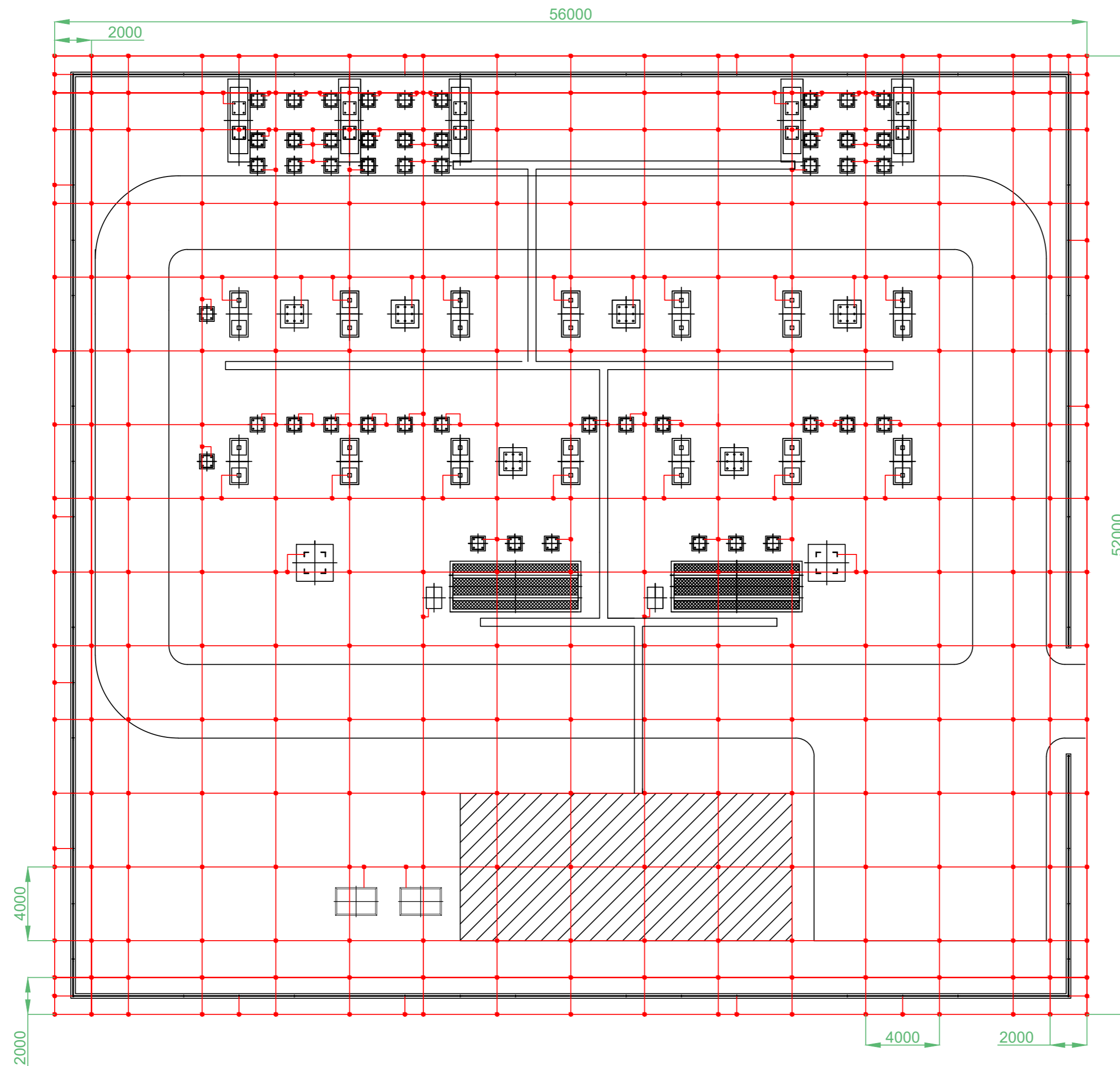
- LEYENDA PARQUE 66 kV**
- ① 3 x PARARRAYOS 60kV 10kA CLASE 2
 - ② 3 x T.TENSIÓN INDUCTIVO 66000:√3/110:√3-110/√3 2.5 kVA
 - ③ 3 x T. INTENSIDAD 400-800/5-5-5A 30VA
 - ④ SECCIONADOR 72.5kV CON PAT 2500A
 - ⑤ INTERRUPTOR AUTOMÁTICO 72.5kV 2500A
 - ⑥ SECCIONADOR 72.5kV 2500A
 - ⑦ 3 x T.TENSIÓN INDUCTIVO 66000:√3/110:√3-110/√3 2.5 kVA
 - ⑧ T. INTENSIDAD 1000-2000A/5-5-5A 30VA

- LEYENDA PARQUE 20 kV**
- ⑨ 3 x PARARRAYOS 24kV 10kA CLASE 2
 - ⑩ RESISTENCIA PAT DE NEUTRO 42.3OHM
 - ⑪ T.I. TOROIDAL 300/5 A 10VA
 - ⑫ TRAF0 SSAA 20/0.4kV 250 kVA
 - ⑬ 3 x T.T. 22000:√3/110:√3 15kVA
 - ⑭ CELDA S.S.A.A. Y MEDIDA 24kV 200A 25kA
 - ⑮ 3 x T.I. 300-600/1 A 2VA
 - ⑯ CELDA DE LÍNEA 24kV 1250A 25kA
 - ⑰ T.I. TOROIDAL 20/1A
 - ⑱ 3 x T.I. 1000-2000/5-5-5A 10VA
 - ⑲ 3 x T.T. 22000:√3/110:√3 15VA
 - ⑳ CELDA DE TRAF0 24kV 1600A 25kA
 - ㉑ 3 x T.I. 300-600/5A 15VA
 - ㉒ CELDA B.B.C.C. 24kV 1250A 25kA
 - ㉓ CELDA ACOPLAMIENTO CON INTERRUPTOR 24kV 1600A 25kA
 - ㉔ T.I. TOROIDAL 5/5A 10VA
 - ㉕ BATERÍA DE CONDENSADORES 4MVAr

UNIVERSIDAD DE MÁLAGA	
PROYECTO TÉCNICO: Subestación 66 / 20 kV "las Quemadas" (CÓRDOBA)	
PROMOTOR: ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES	LOCALIZACIÓN: LAS QUEMADAS, CÓRDOBA
PLANO Nº: 3/16	ESQUEMA UNIFILAR
ALUMNO: JOSE ANTONIO HIDALGO RODRIGUEZ	ESCALA: N/A
TITULACIÓN: GRADO EN INGENIERIA ELÉCTRICA	FECHA: JULIO/2023
COTAS EN: mm	
EL ALUMNO: Fdo.:	



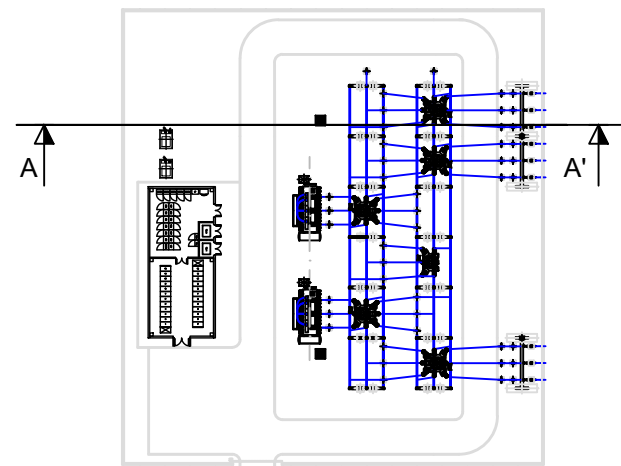
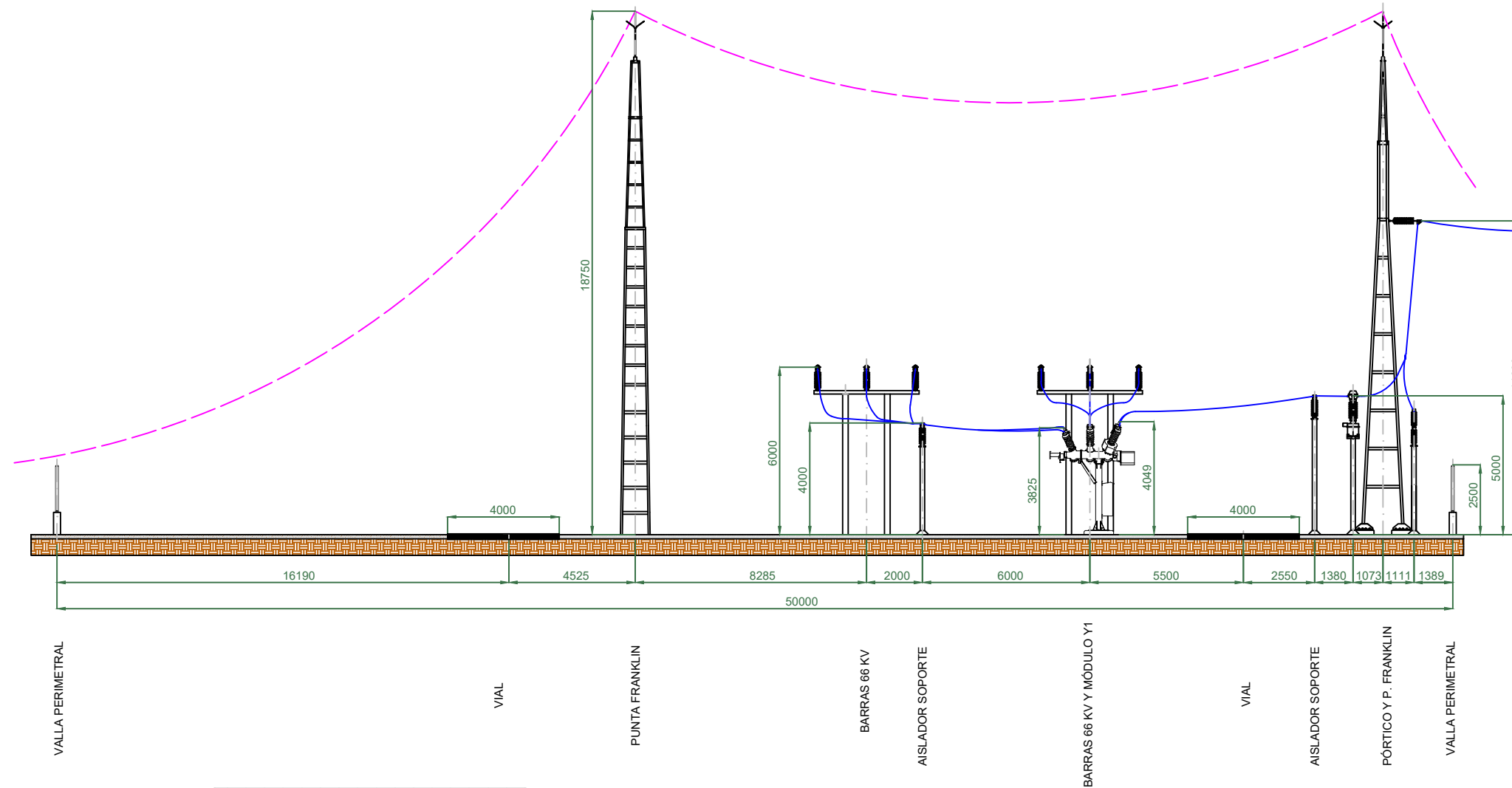
	UNIVERSIDAD DE MÁLAGA		
	PROYECTO TÉCNICO: Subestación 66 / 20 kV "las Quemadas" (CÓRDOBA)		
PROMOTOR:	ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES	LOCALIZACIÓN:	LAS QUEMADAS, CÓRDOBA
PLANO Nº:	4/16	PLANTA - GENERAL	
ALUMNO:	JOSE ANTONIO HIDALGO RODRIGUEZ	ESCALA:	1:200
TITULACIÓN:	GRADO EN INGENIERIA ELÉCTRICA	COTAS EN:	mm
		FECHA:	JULIO/2023
		Fdo.:	




—	Conductor 95 mm ² Cu	1780 m
+	Soldadura aluminotérmica en T	140 unidades
+	Soldadura aluminotérmica en cruz	272 unidades
	Uniones a estructura de aparato	116 unidades
	Uniones de valla perimetral	24 unidades

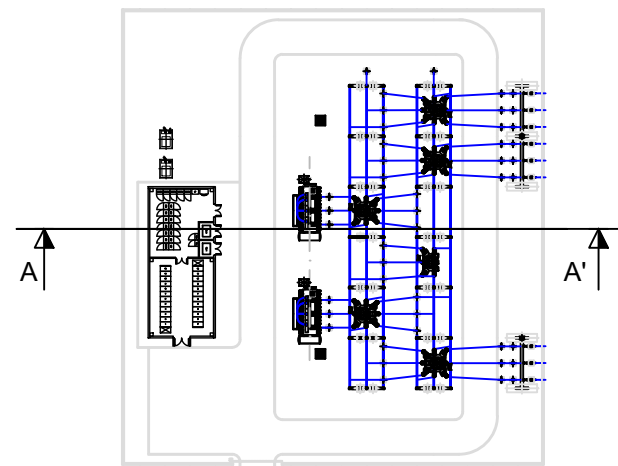
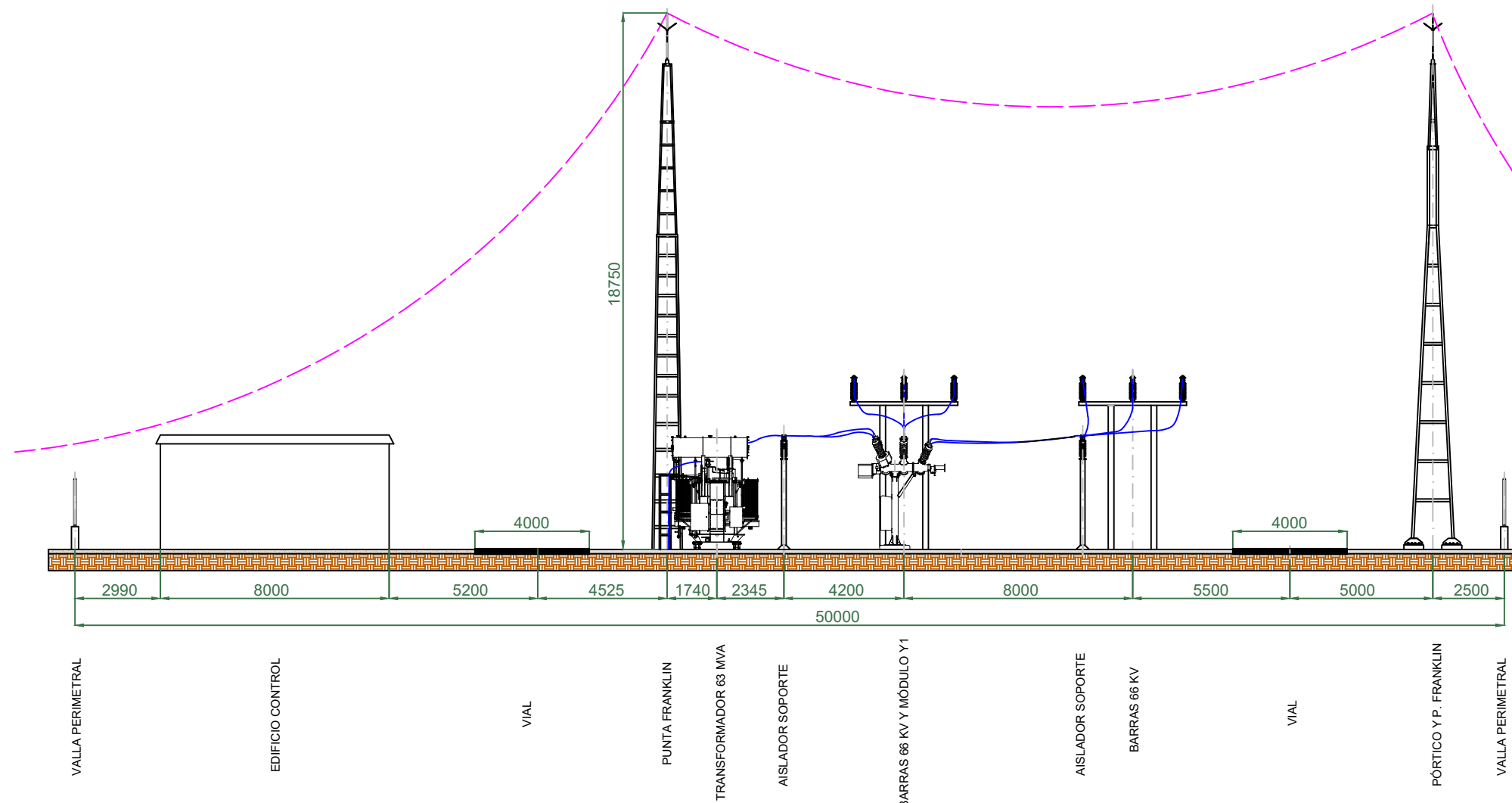
	UNIVERSIDAD DE MÁLAGA		
	PROYECTO TÉCNICO: Subestación 66 / 20 kV "Las Quemadas" (CÓRDOBA)		
PROMOTOR:	ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES	LOCALIZACIÓN:	LAS QUEMADAS, CÓRDOBA
PLANO Nº:	6/16	RED DE TIERRA INFERIOR	
ALUMNO:	JOSE ANTONIO HIDALGO RODRIGUEZ	ESCALA:	1:200
TITULACIÓN:	GRADO EN INGENIERIA ELÉCTRICA	COTAS EN:	mm
		FECHA:	JULIO/2023
		Fdo.:	

SECCIÓN A - A'



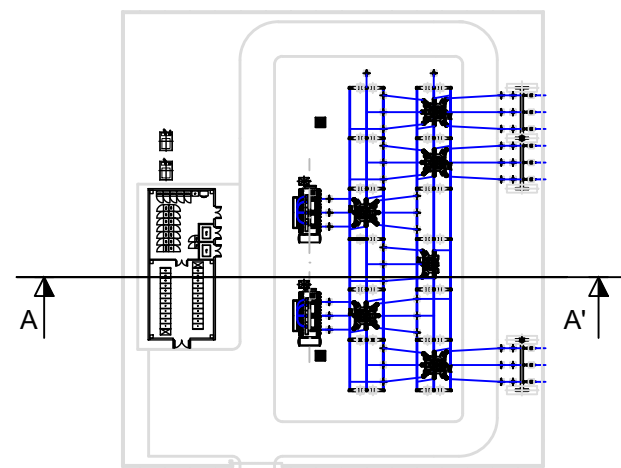
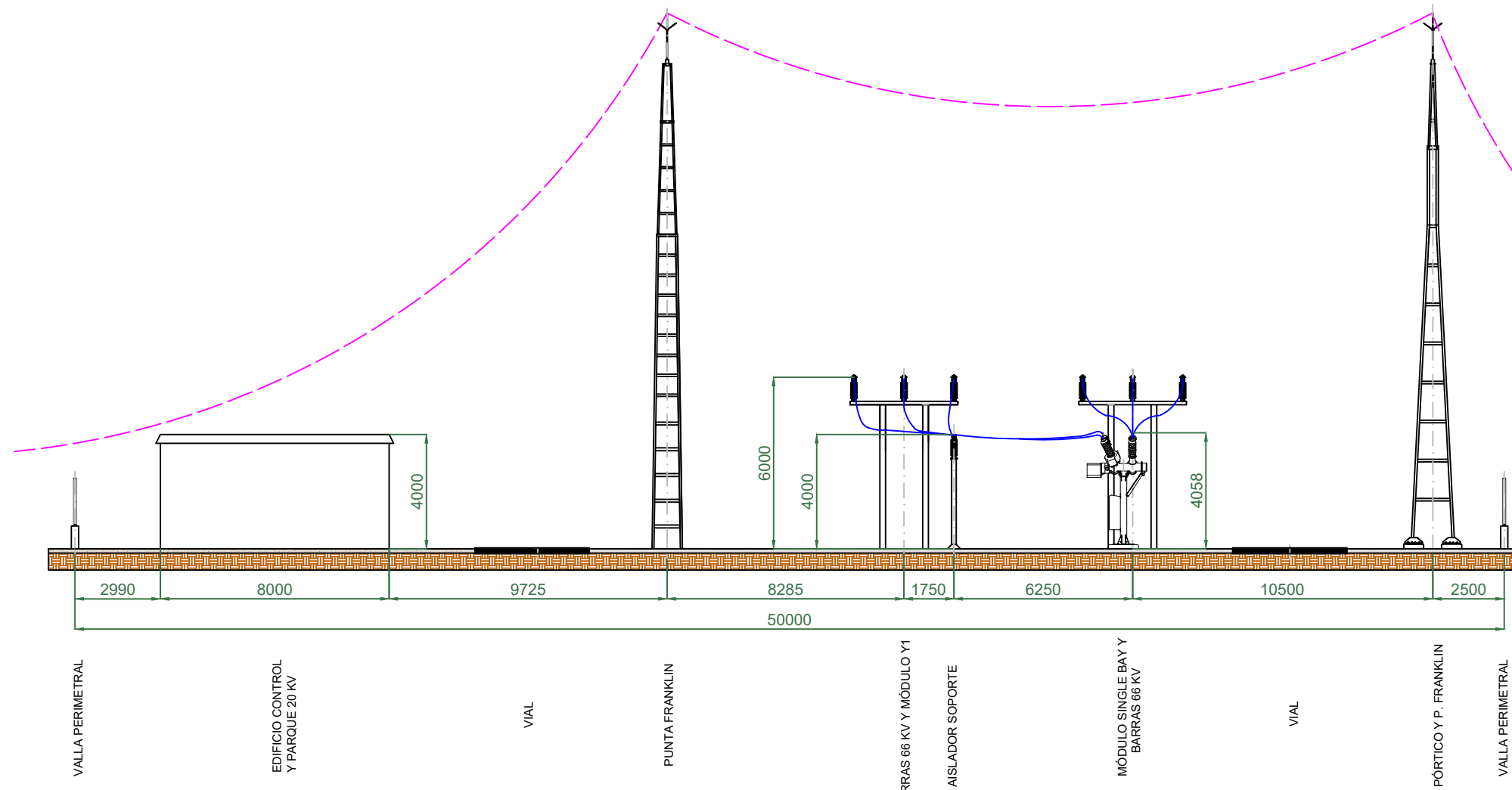
	UNIVERSIDAD DE MÁLAGA			
	PROYECTO TÉCNICO: Subestación 66 / 20 kV "Las Quemadas" (CÓRDOBA)			
PROMOTOR: ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES		LOCALIZACIÓN: LAS QUEMADAS, CÓRDOBA		
PLANO Nº: 7/16	PERFIL - POSICIÓN DE LÍNEA			
ALUMNO: JOSE ANTONIO HIDALGO RODRIGUEZ	ESCALA: 1:200	COTAS EN: mm	EL ALUMNO:	
TITULACIÓN: GRADO EN INGENIERIA ELÉCTRICA	FECHA: JULIO/2023		Fdo.:	

SECCIÓN A - A'



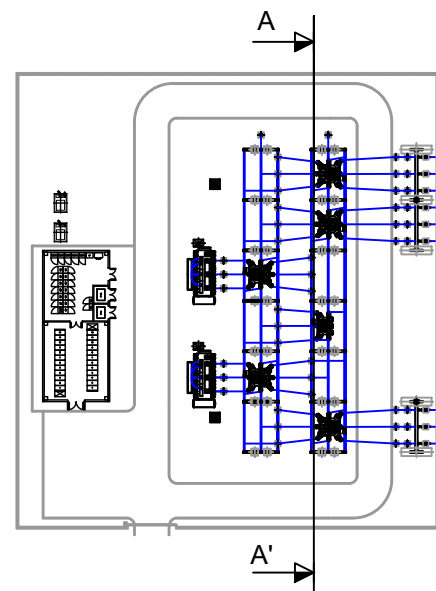
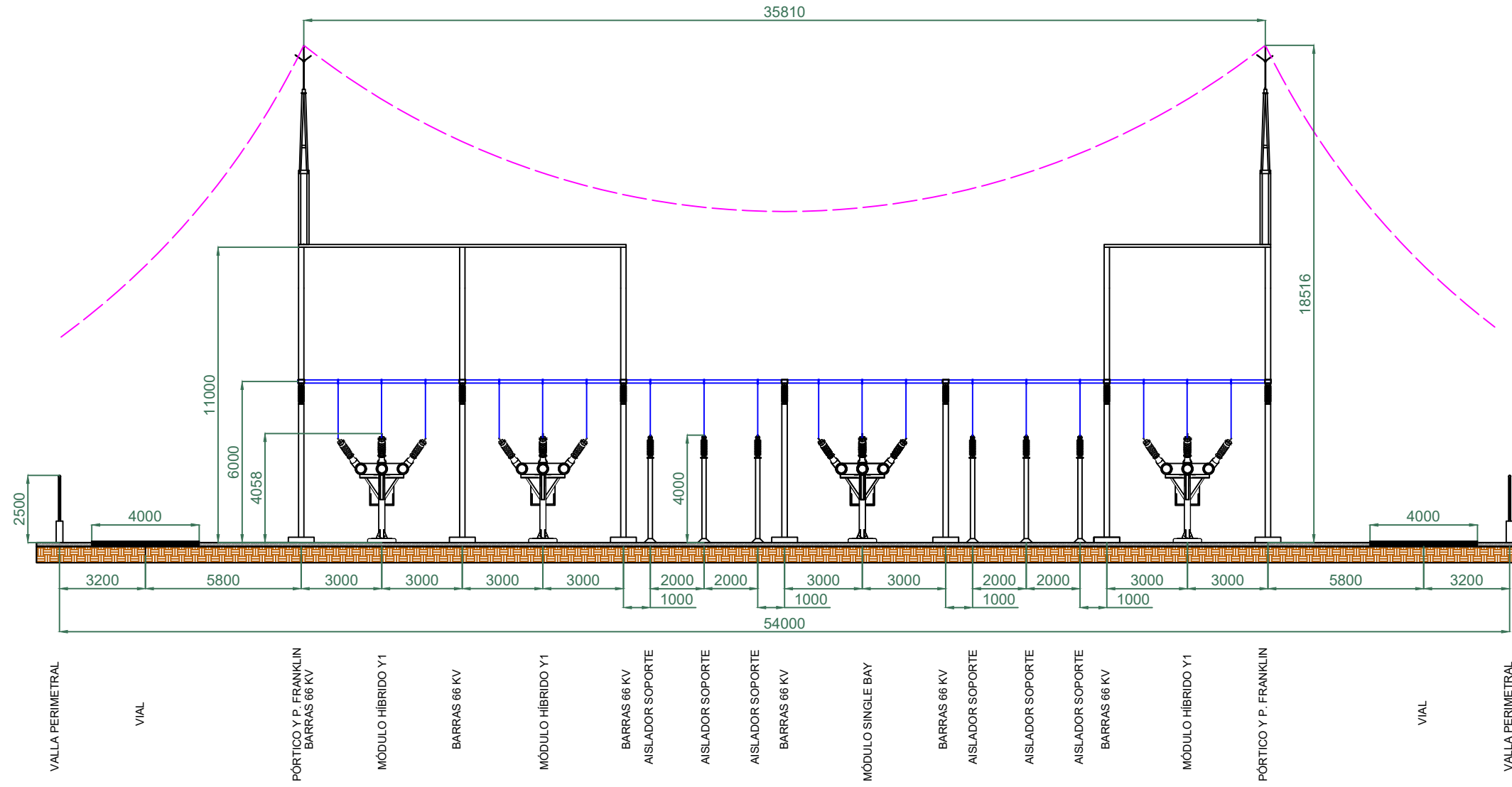
	UNIVERSIDAD DE MÁLAGA		
	PROYECTO TÉCNICO: Subestación 66 / 20 kV "Las Quemadas" (CÓRDOBA)		
PROMOTOR:	ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES		LOCALIZACIÓN:
			LAS QUEMADAS, CÓRDOBA
PLANO Nº:	PERFIL - POSICIÓN DE TRANSFORMADOR		
8/16			
ALUMNO:	JOSE ANTONIO HIDALGO RODRIGUEZ	ESCALA:	COTAS EN:
		1:200	mm
TITULACIÓN:	GRADO EN INGENIERIA ELÉCTRICA	FECHA:	EL ALUMNO:
		JULIO/2023	Fdo.:

SECCIÓN A - A'

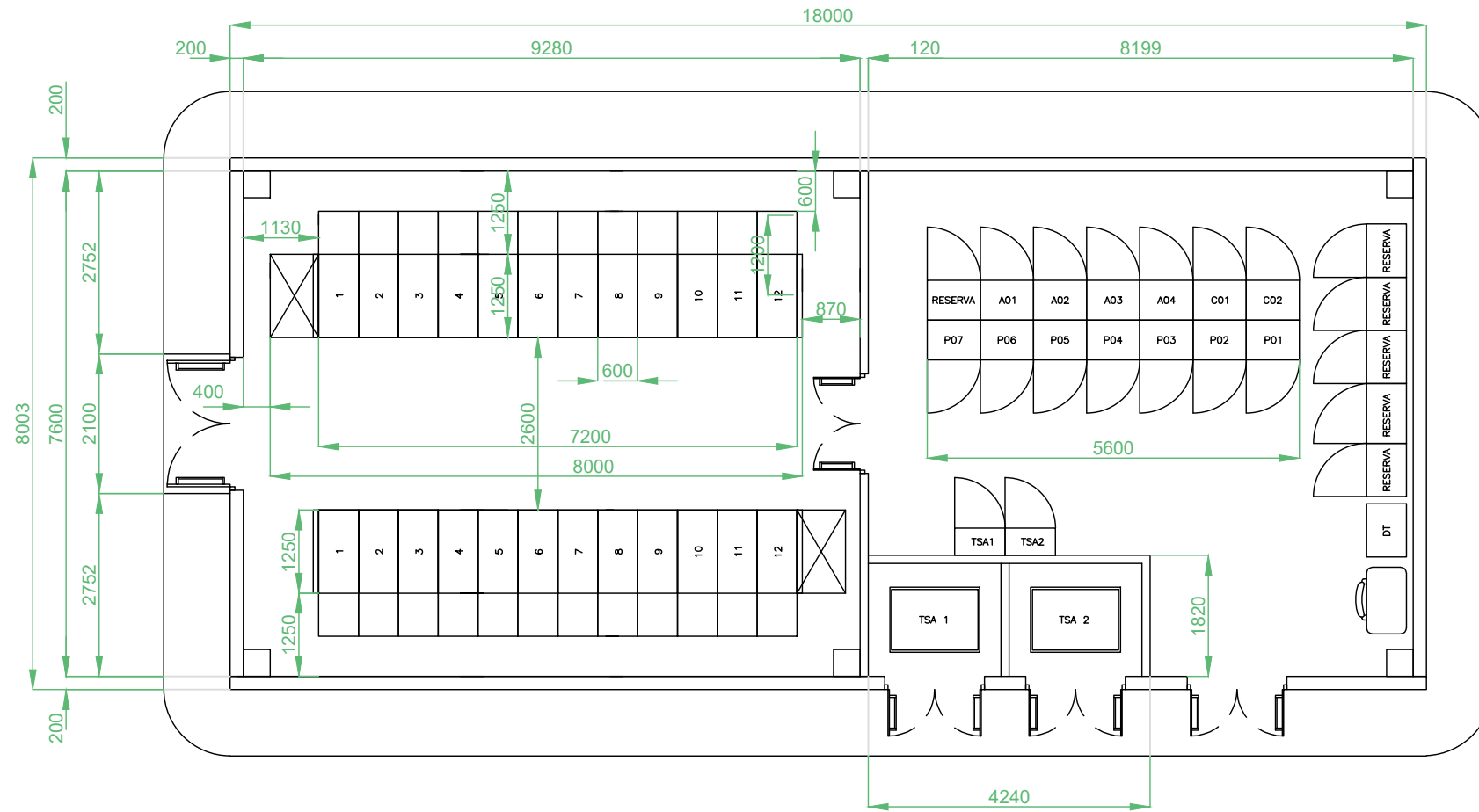


	UNIVERSIDAD DE MÁLAGA			
	PROYECTO TÉCNICO: Subestación 66 / 20 kV "Las Quemadas" (CÓRDOBA)			
PROMOTOR: ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES		LOCALIZACIÓN: LAS QUEMADAS, CÓRDOBA		
PLANO Nº: 9/16	PERFIL - POSICIÓN DE ACOPLAMIENTO			
ALUMNO: JOSE ANTONIO HIDALGO RODRIGUEZ	ESCALA: 1:200	COTAS EN: mm	EL ALUMNO:	
TITULACIÓN: GRADO EN INGENIERIA ELÉCTRICA	FECHA: JULIO/2023		Fdo.:	

SECCIÓN A - A'




	UNIVERSIDAD DE MÁLAGA			
	PROYECTO TÉCNICO: Subestación 66 / 20 kV "Las Quemadas" (CÓRDOBA)			
PROMOTOR: ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES		LOCALIZACIÓN: LAS QUEMADAS, CÓRDOBA		
PLANO Nº: 10/16	ALZADO - POSICIÓN DE LÍNEA			
ALUMNO: JOSE ANTONIO HIDALGO RODRIGUEZ	ESCALA: 1:200	COTAS EN: mm	EL ALUMNO:	
TITULACIÓN: GRADO EN INGENIERIA ELÉCTRICA	FECHA: JULIO/2023		Fdo.:	

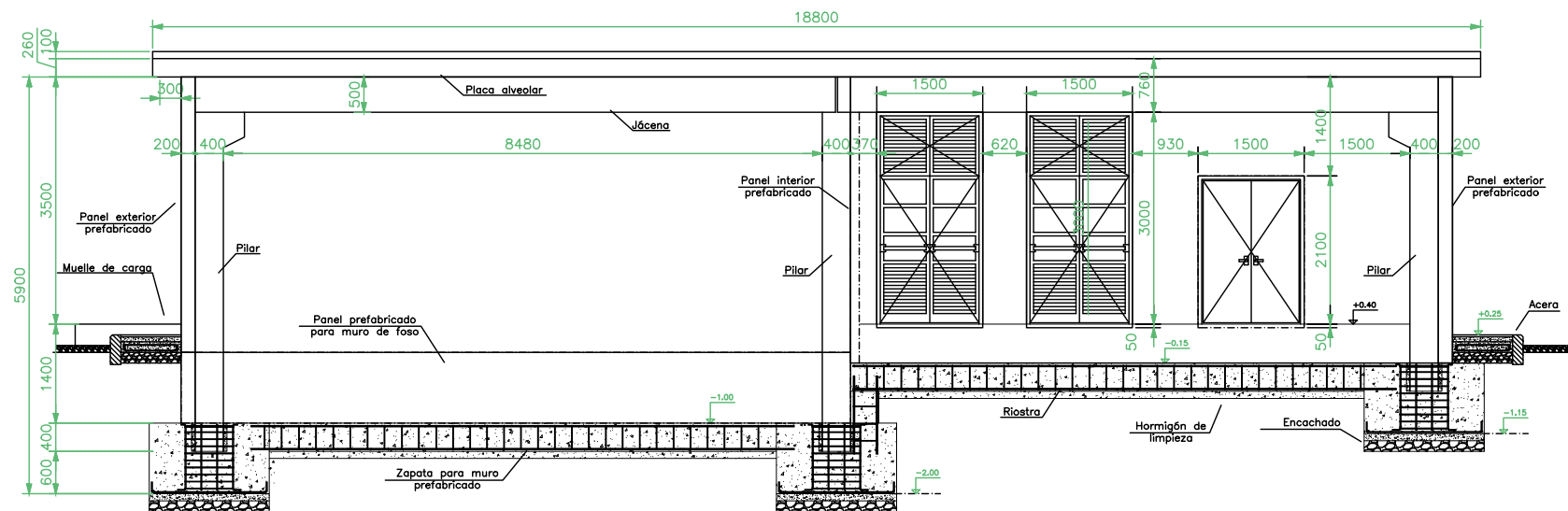


LEYENDA:

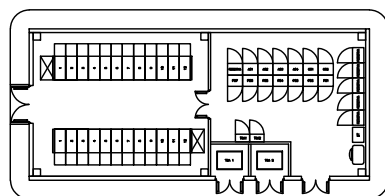
- TSA1: CUADRO TSA 1 NO TRANSPORTE
- TSA2: CUADRO TSA 2 NO TRANSPORTE
- A01: RECTIFICADOR 1/BAT. 1 125 Vcc
- A02: RECTIFICADOR 1/BAT. 2 125 Vcc
- A03: CUADRO SS.AA. C.A (1)
- A04: CUADRO SS.AA. C.C.
- P01: UCS AT/MT
- P02: BARRAS AT
- P03: LINEA 1 AT
- P04: LINEA 2 AT
- P05: TRAF0 1
- P06: TRAF0 2
- P07: CONCENTRADOR MT
- C01: COMUNICACIONES 1
- C02: COMUNICACIONES 2
- DT: DOCUMENTACIÓN
- : RESERVA

	UNIVERSIDAD DE MÁLAGA			
	PROYECTO TÉCNICO: Subestación 66 / 20 kV "Las Quemadas" (CÓRDOBA)			
PROMOTOR:		LOCALIZACIÓN:		
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL		LAS QUEMADAS, CÓRDOBA		
PLANO Nº:	EDIFICIO - PLANTA			
11/16				
ALUMNO:	ESCALA:	COTAS EN:	EL ALUMNO:	
JOSE ANTONIO HIDALGO RODRIGUEZ	1:100	mm		
TITULACIÓN:	FECHA:	Fdo.:		
GRADO EN INGENIERIA ELÉCTRICA	JULIO/2023			

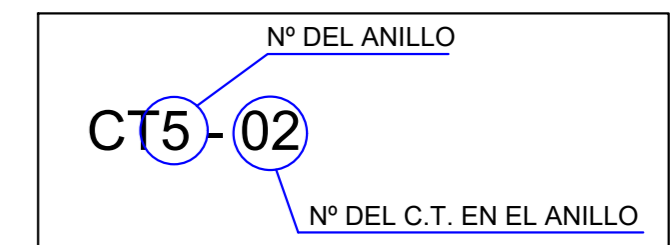
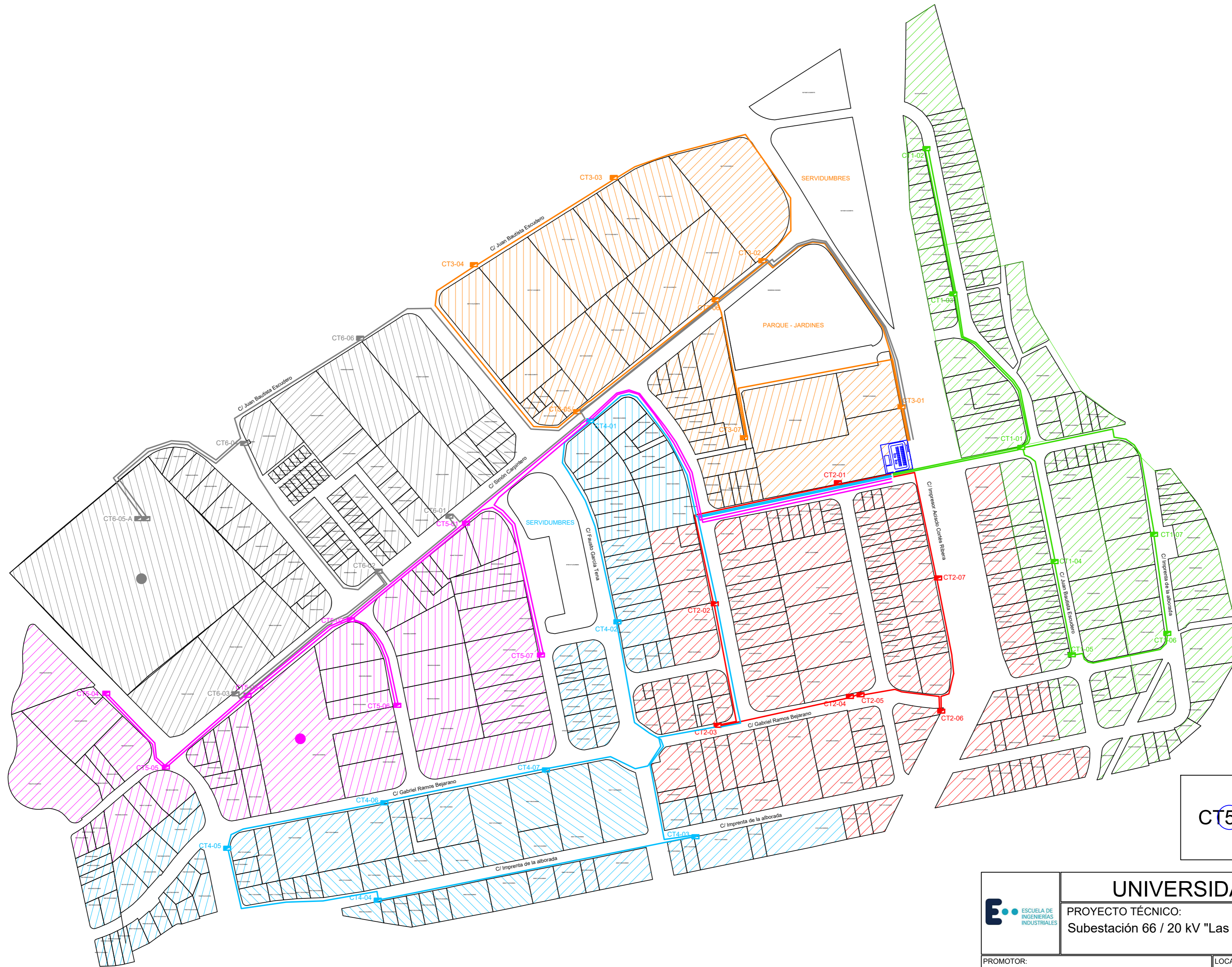
FACHADA A



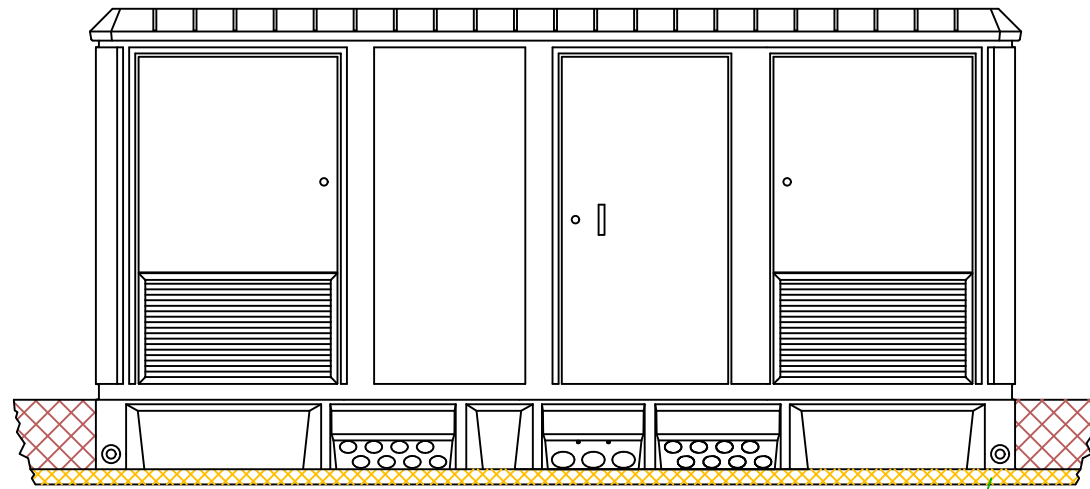
PLANTA PILOTO



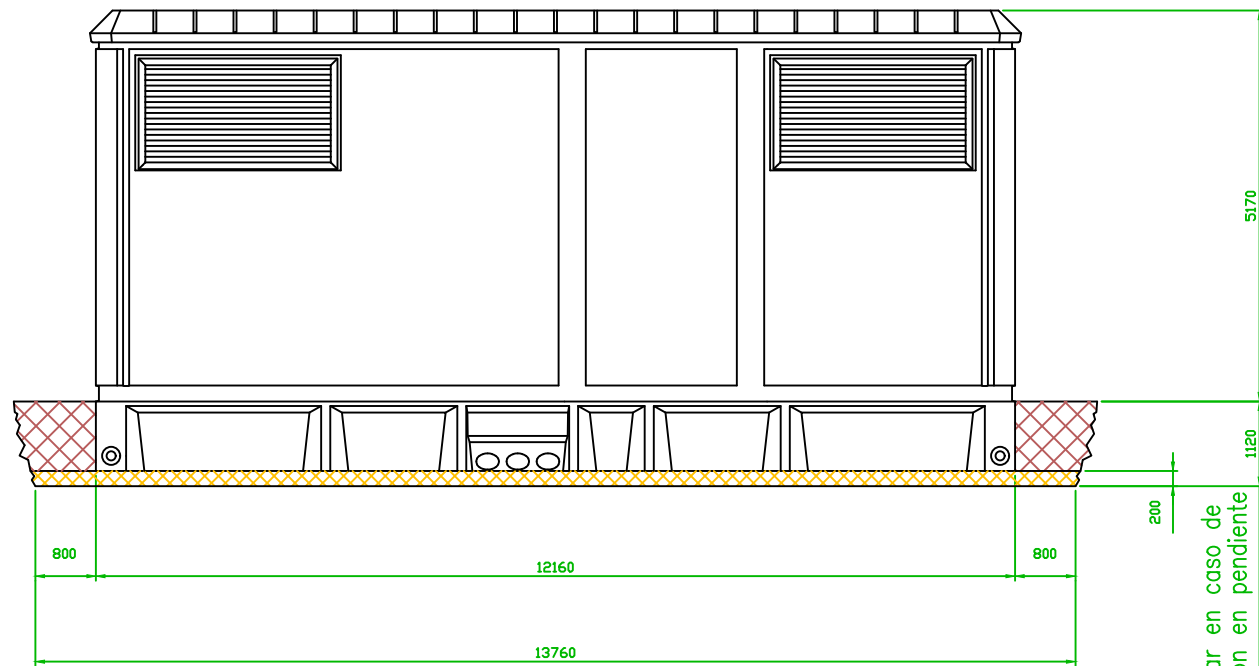
	UNIVERSIDAD DE MÁLAGA		
	PROYECTO TÉCNICO: Subestación 66 / 20 kV "Las Quemadas" (CÓRDOBA)		
PROMOTOR: ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL	LOCALIZACIÓN: LAS QUEMADAS, CÓRDOBA		
PLANO Nº: 12/16	EDIFICIO - ALZADO		
ALUMNO: JOSE ANTONIO HIDALGO RODRIGUEZ	ESCALA: 1:100	COTAS EN: mm	EL ALUMNO:
TITULACIÓN: GRADO EN INGENIERIA ELÉCTRICA	FECHA: JULIO/2023		Fdo.:



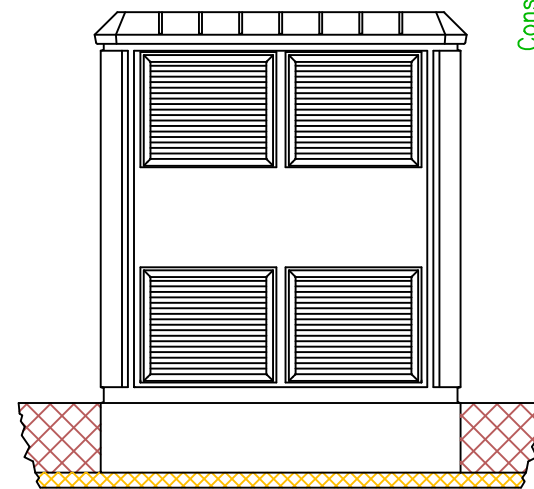
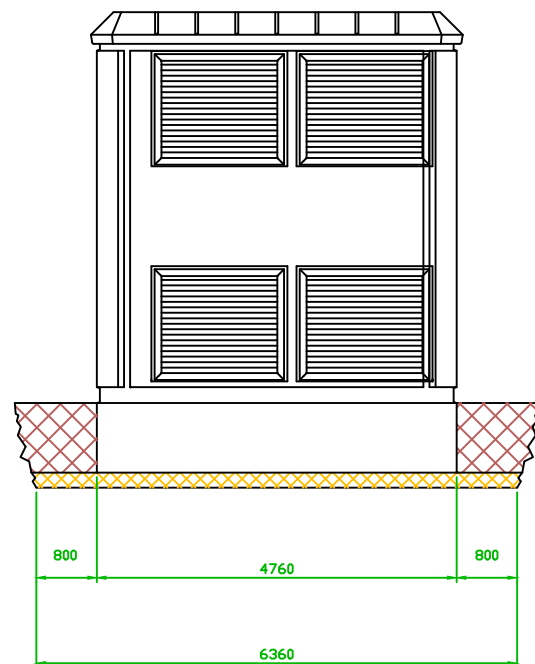
		UNIVERSIDAD DE MÁLAGA		
		PROYECTO TÉCNICO: Subestación 66 / 20 kV "Las Quemadas" (CÓRDOBA)		
PROMOTOR:		LOCALIZACIÓN:		
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL		LAS QUEMADAS, CÓRDOBA		
PLANO Nº:	ANILLOS DE DISTRIBUCIÓN MT			
13/16				
ALUMNO:	ESCALA:	COTAS EN:	EL ALUMNO:	
JOSE ANTº HIDALGO RODRÍGUEZ	1:50000	mm		
TITULACIÓN:	FECHA:	Fdo.:		
GRADO EN INGENIERÍA ELÉCTRICA	JULIO/2023			



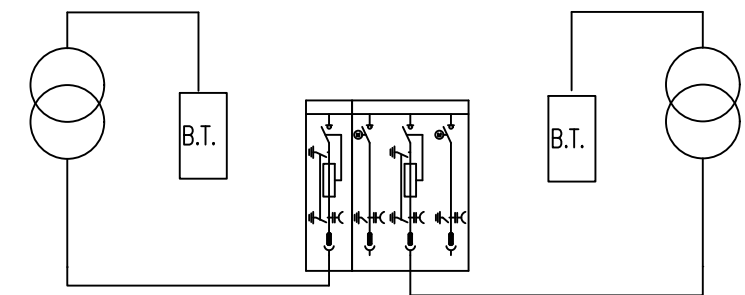
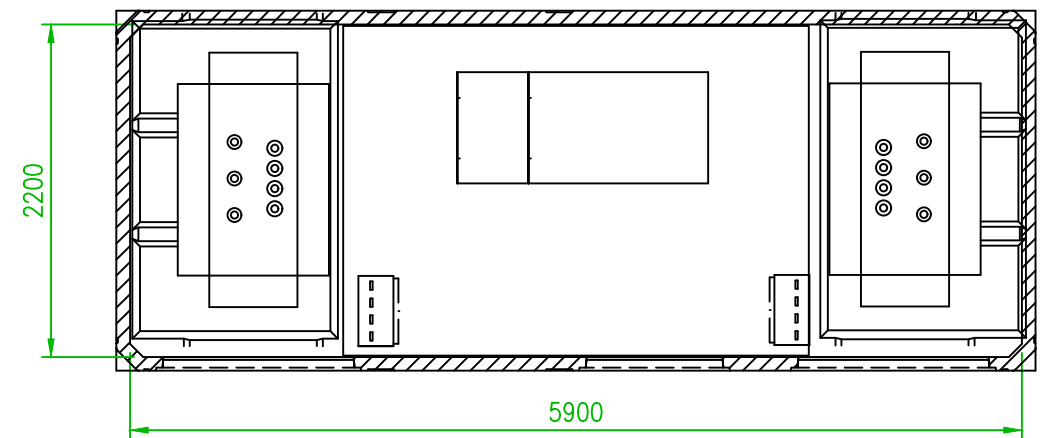
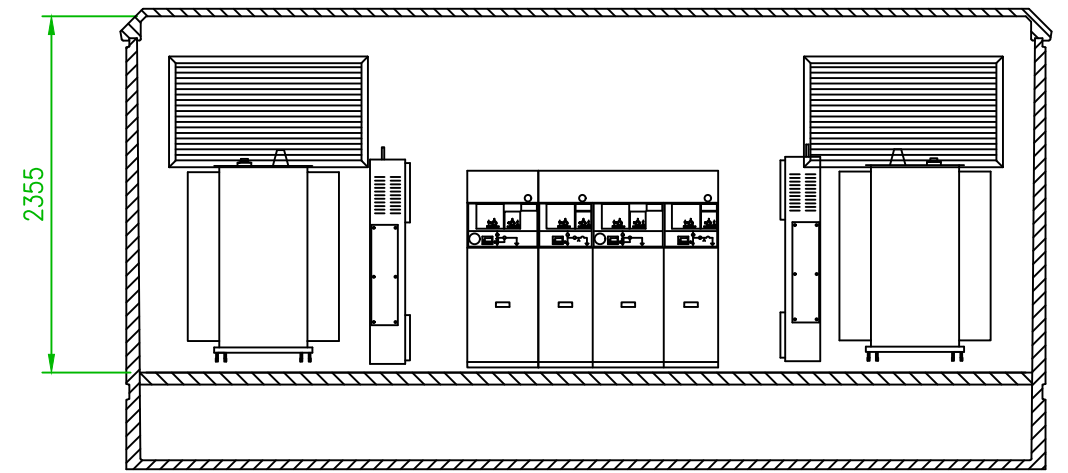
Arena de nivelación



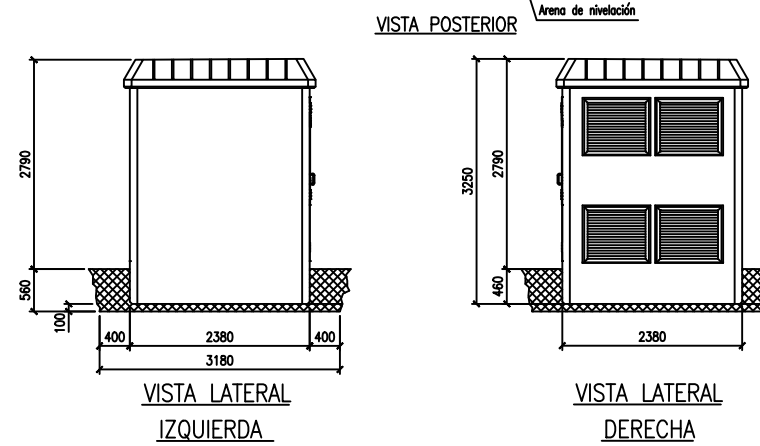
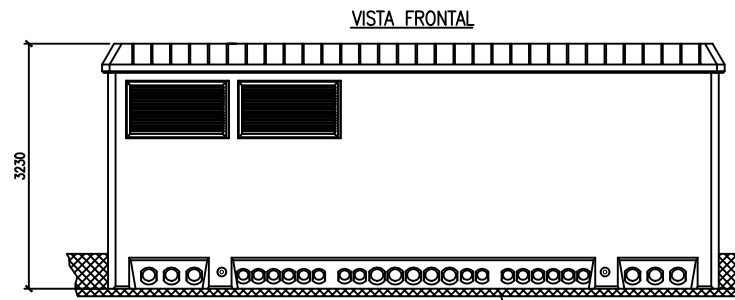
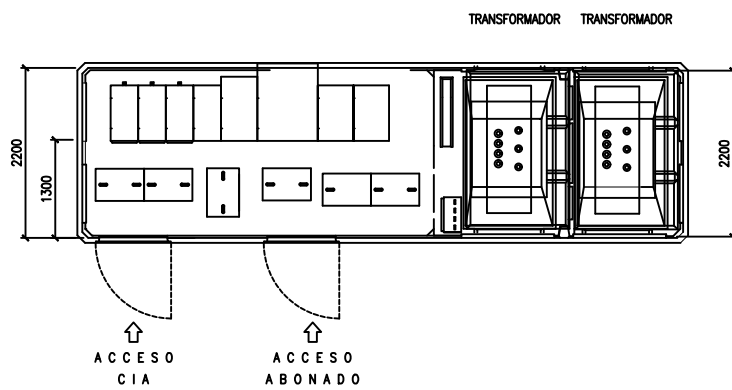
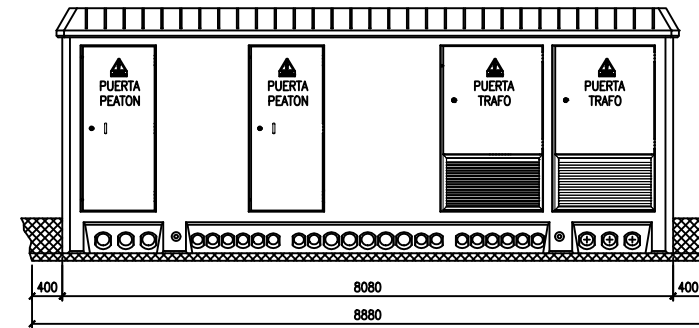
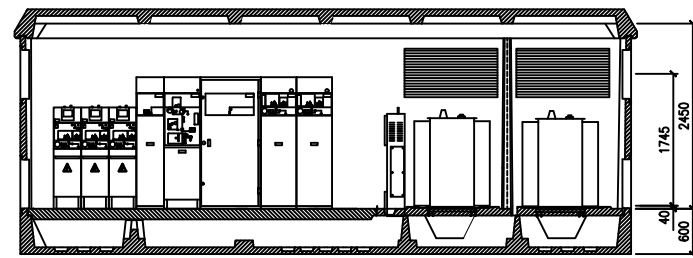
Consultar en caso de
instalación en pendiente



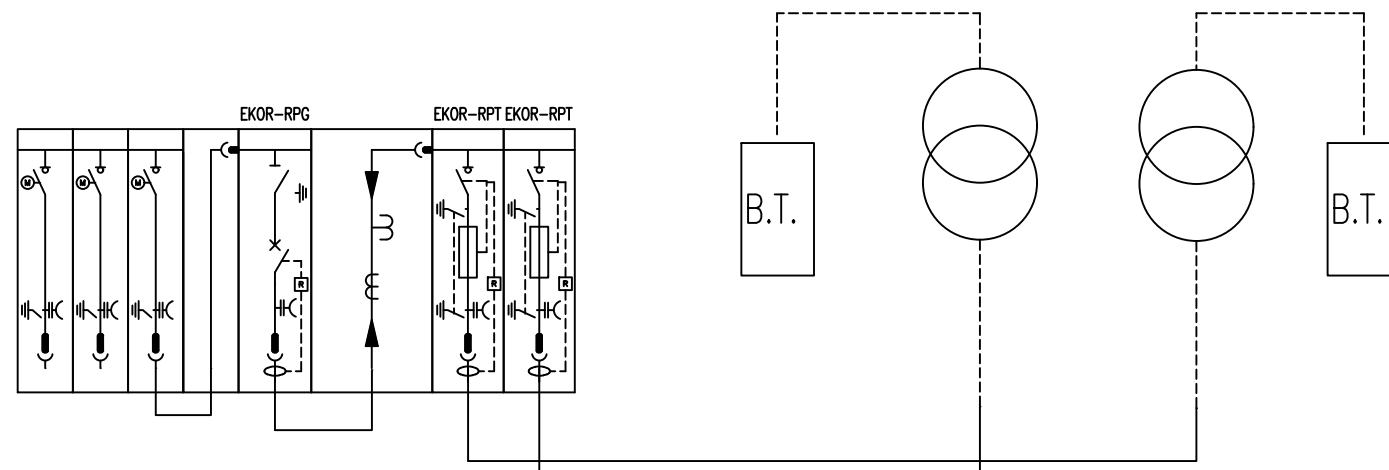
DIMENSIONES DE LA EXCAVACION
6.88 m. ancho x 3.18 m. fondo x 0.56 m. profund.



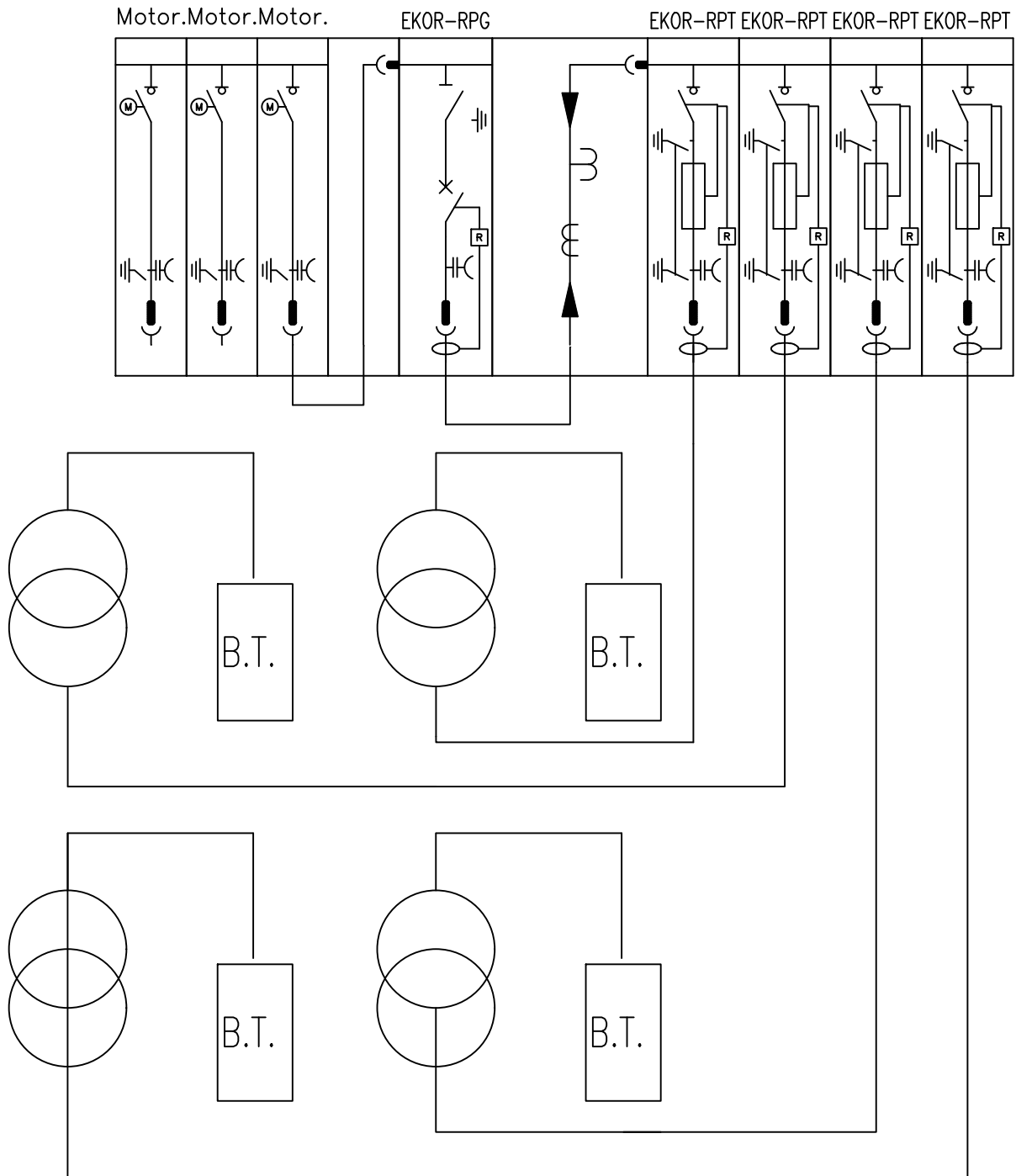
	UNIVERSIDAD DE MÁLAGA			
	PROYECTO TÉCNICO: Subestación 66 / 20 kV "Las Quemadas" (CÓRDOBA)			
PROMOTOR: ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL		LOCALIZACIÓN: LAS QUEMADAS, CÓRDOBA		
PLANO Nº: 14/16	C.T. DE COMPAÑÍA			
ALUMNO: JOSE ANTONIO HIDALGO RODRIGUEZ	ESCALA: 1:50	COTAS EN: mm	EL ALUMNO:	
TITULACIÓN: GRADO EN INGENIERIA ELÉCTRICA	FECHA: JULIO/2023		Fdo.:	




DIMENSIONES DE LA EXCAVACION
8.88 m. ancho x 3.18 m. fondo x 0.56 m. profund.



	UNIVERSIDAD DE MÁLAGA			
	PROYECTO TÉCNICO: Subestación 66 / 20 kV "Las Quemadas" (CÓRDOBA)			
PROMOTOR: ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL		LOCALIZACIÓN: LAS QUEMADAS, CÓRDOBA		
PLANO Nº: 15/16	C.T. DE CLIENTE - A. DEL SUR			
ALUMNO: JOSE ANTONIO HIDALGO RODRIGUEZ	ESCALA: 1:100	COTAS EN: mm	EL ALUMNO:	
TITULACIÓN: GRADO EN INGENIERIA ELÉCTRICA	FECHA: JULIO/2023		Fdo.:	



	UNIVERSIDAD DE MÁLAGA		
	PROYECTO TÉCNICO: Subestación 66 / 20 kV "Las Quemadas" (CÓRDOBA)		
PROMOTOR: ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL		LOCALIZACIÓN: LAS QUEMADAS, CÓRDOBA	
PLANO Nº: 16/16	C.T. DE CLIENTE - C. ALHAMBRA (ESQUEMA)		
ALUMNO: JOSE ANTONIO HIDALGO RODRIGUEZ		ESCALA: N/A	COTAS EN: mm
TITULACIÓN: GRADO EN INGENIERIA ELÉCTRICA		FECHA: JULIO/2023	
			EL ALUMNO: Fdo.:



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA

*Diseño de subestación secundaria híbrida, anillos de
media tensión y Centros de Transformación para el
polígono industrial "Las Quemadas", Córdoba*



Documento: E.B.S.S.

DOCUMENTO 5

ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA

Diseño de subestación secundaria híbrida, anillos de media tensión y Centros de Transformación para el polígono industrial "Las Quemadas", Córdoba



Documento: E.B.S.S.



ÍNDICE

1. MEMORIA.....	5
1.1. CONSIDERACIONES PRELIMINARES: JUSTIFICACIÓN, OBJETO Y CONTENIDO.....	5
1.1.1. JUSTIFICACIÓN.....	5
1.1.2. OBJETO.	5
1.1.3. CONTENIDO DEL EBSS	6
1.2. DATOS GENERALES.	6
1.2.1. AGENTES.....	6
1.2.2. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL PROYECTO DE EJECUCIÓN.	6
1.2.3. EMPLAZAMIENTO Y CONDICIONES DEL ENTORNO.	6
1.3. MEDIOS DE AUXILIO.	7
1.3.1. MEDIOS DE AUXILIO EN OBRA.	7
1.3.2. MEDIOS DE AUXILIO EN CASO DE ACCIDENTE: CENTROS ASISTENCIALES MÁS PRÓXIMOS.	7
1.4. INSTALACIONES DE HIGIENE Y BIENESTAR DE LOS TRABAJADORES.....	8
1.4.1. VESTUARIOS.	8
1.4.2. ASEOS.	8
1.4.3. COMEDOR.	8
1.5. IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS Y MEDIDAS PREVENTIVAS A ADOPTAR.	8
1.5.1. DURANTE LOS TRABAJOS PREVIOS A LA EJECUCIÓN DE LA OBRA.....	10
1.5.2. DURANTE LAS FASES DE EJECUCIÓN DE LA OBRA.....	11
1.5.3. DURANTE LA UTILIZACIÓN DE MEDIOS AUXILIARES.	13
1.5.4. DURANTE LA UTILIZACIÓN DE MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS.	14
1.6. IDENTIFICACIÓN DE LOS RIESGOS LABORALES EVITABLES.....	18
1.6.1. CAÍDAS AL MISMO NIVEL.	18
1.6.2. CAÍDAS A DISTINTO NIVEL.	18
1.6.3. Polvo y partículas.....	18
1.6.4. RUIDO.....	19
1.6.5. ESFUERZOS.....	19
1.6.6. INCENDIOS.....	19
1.6.7. INTOXICACIÓN POR EMANACIONES.....	19
1.7. RELACIÓN DE LOS RIESGOS LABORALES QUE NO PUEDEN ELIMINARSE	19



1.7.1.	CAÍDA DE OBJETOS.....	19
1.7.2.	DERMATOSIS.....	20
1.7.3.	ELECTROCUCIONES.....	20
1.7.4.	QUEMADURAS.....	20
1.7.5.	GOLPES Y CORTES EN EXTREMIDADES.....	21
1.8.	MEDIDAS EN CASO DE EMERGENCIA.....	21
1.9.	PRESENCIA DE LOS RECURSOS PREVENTIVOS DEL CONTRATISTA.....	21
2.	NORMATIVA Y LEGISLACIÓN APLICABLES.....	21
2.1.	Y. SEGURIDAD Y SALUD.....	22
2.1.1.	YC. SISTEMAS DE PROTECCIÓN COLECTIVA.....	26
2.1.2.	YI. EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL.....	27
2.1.3.	YM. MEDICINA PREVENTIVA Y PRIMEROS AUXILIOS.....	27
2.1.4.	YP. INSTALACIONES PROVISIONALES DE HIGIENE Y BIENESTAR DB-HS SALUBRIDAD.....	28
2.1.5.	YS. SEÑALIZACIÓN PROVISIONAL DE OBRAS.....	30
3.	PLIEGO DE CONDICIONES.....	32
3.1.	PLIEGO DE CLÁUSULAS ADMINISTRATIVAS.....	32
3.1.1.	DISPOSICIONES GENERALES.....	32
3.1.2.	DISPOSICIONES FACULTATIVAS.....	32
3.1.3.	FORMACIÓN EN SEGURIDAD.....	36
3.1.4.	RECONOCIMIENTOS MÉDICOS.....	36
3.1.5.	SALUD E HIGIENE EN EL TRABAJO.....	37
3.1.6.	DOCUMENTACIÓN DE OBRA.....	37
3.1.7.	DISPOSICIONES ECONÓMICAS.....	39
3.2.	PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS PARTICULARES.....	40
3.2.1.	MEDIOS DE PROTECCIÓN COLECTIVA.....	40
3.2.2.	MEDIOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL.....	40
3.2.3.	INSTALACIONES PROVISIONALES DE SALUD Y CONFORT.....	41



1. MEMORIA.

1.1. CONSIDERACIONES PRELIMINARES: JUSTIFICACIÓN, OBJETO Y CONTENIDO.

1.1.1. JUSTIFICACIÓN

La obra proyectada requiere la redacción de un Estudio Básico de Seguridad y Salud, ya que se cumplen las siguientes condiciones:

- El presupuesto de ejecución por contrata incluido en el proyecto es inferior a 450.760,00 euros.
- No se cumple que la duración estimada sea superior a 30 días laborables, empleándose en algún momento a más de 20 trabajadores simultáneamente.
- El volumen estimado de mano de obra, entendiéndose por tal la suma de los días de trabajo del total de los trabajadores en la obra, no es superior a 500 días.
- No se trata de una obra de túneles, galerías, conducciones subterráneas o presas.

1.1.2. OBJETO.

En el presente Estudio Básico de Seguridad y Salud se definen las medidas a adoptar encaminadas a la prevención de los riesgos de accidente y enfermedades profesionales que pueden ocasionarse durante la ejecución de la obra, así como las instalaciones preceptivas de higiene y bienestar de los trabajadores.

Se exponen unas directrices básicas de acuerdo con la legislación vigente, en cuanto a las disposiciones mínimas en materia de seguridad y salud, con el fin de que el contratista cumpla con sus obligaciones en cuanto a la prevención de riesgos profesionales.

Los objetivos que pretende alcanzar el presente Estudio Básico de Seguridad y Salud son:

- Garantizar la salud e integridad física de los trabajadores.
- Evitar acciones o situaciones peligrosas por improvisación, o por insuficiencia o falta de medios.
- Delimitar y esclarecer atribuciones y responsabilidades en materia de seguridad de las personas que intervienen en el proceso constructivo.
- Determinar los costes de las medidas de protección y prevención.
- Referir la clase de medidas de protección a emplear en función del riesgo Detectar a tiempo los riesgos que se derivan de la ejecución de la obra Aplicar técnicas de ejecución que reduzcan al máximo estos riesgos.



1.1.3. CONTENIDO DEL EBSS

El Estudio Básico de Seguridad y Salud precisa las normas de seguridad y salud aplicables a la obra, contemplando la identificación de los riesgos laborales que puedan ser evitados, indicando las medidas técnicas necesarias para ello, así como la relación de los riesgos laborales que no puedan eliminarse, especificando las medidas preventivas y protecciones técnicas tendentes a controlar y reducir dichos riesgos y valorando su eficacia, en especial cuando se propongan medidas alternativas, además de cualquier otro tipo de actividad que se lleve a cabo en la misma.

En el Estudio Básico de Seguridad y Salud se contemplan también las previsiones y las informaciones útiles para efectuar en su día, en las debidas condiciones de seguridad y salud, los previsibles trabajos posteriores de reparación o mantenimiento, siempre dentro del marco de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

1.2. DATOS GENERALES.

1.2.1. AGENTES.

Entre los agentes que intervienen en materia de seguridad y salud en la obra objeto del presente estudio, se reseñan:

- Promotor: Escuela de Ingenierías Industriales
- Autor del proyecto: José Antonio Hidalgo Rodríguez
- Jefe de obra: José Luis Hernández
- Coordinador de seguridad y salud: Javier Ruiz

1.2.2. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL PROYECTO DE EJECUCIÓN.

De la información disponible en la fase de proyecto básico y de ejecución, se aporta aquella que se considera relevante y que puede servir de ayuda para la redacción del plan de seguridad y salud.

- Denominación del proyecto: Subestación "Las Quemadas" Plantas sobre rasante: 1
- Plantas bajo rasante: 0
- Presupuesto de ejecución material: 3.059.774,00€ Plazo de ejecución: 6 meses
- Núm. máx. operarios: 7

1.2.3. EMPLAZAMIENTO Y CONDICIONES DEL ENTORNO.

En el presente apartado se especifican, de forma resumida, las condiciones del entorno a considerar para la adecuada evaluación y delimitación de los riesgos que pudieran causar.

- Dirección: C/ Imprenta de la Alborada s/n, Polígono las Quemadas, 14014 Córdoba, Córdoba (Córdoba) Accesos a la obra: 1



- Topografía del terreno: Terreno a nivel. Edificaciones colindantes: 0 Servidumbres y condicionantes: 0
- Condiciones climáticas y ambientales: Clima mediterráneo tipo Csa.

Durante los periodos en los que se produzca entrada y salida de vehículos se señalizará convenientemente el acceso de los mismos, tomándose todas las medidas oportunas establecidas por la Dirección General de Tráfico y por la Policía Local, para evitar posibles accidentes de circulación.

Se conservarán los bordillos y el pavimento de las aceras colindantes, causando el mínimo deterioro posible y reponiendo, en cualquier caso, aquellas unidades en las que se aprecie algún desperfecto.

1.3. MEDIOS DE AUXILIO.

La evacuación de heridos a los centros sanitarios se llevará a cabo exclusivamente por personal especializado, en ambulancia. Tan solo los heridos leves podrán trasladarse por otros medios, siempre con el consentimiento y bajo la supervisión del responsable de emergencias de la obra.

Se dispondrá en lugar visible de la obra un cartel con los teléfonos de urgencias y de los centros sanitarios más próximos.

1.3.1. MEDIOS DE AUXILIO EN OBRA.

En la obra se dispondrá de un armario botiquín portátil modelo B con destino a empresas de 5 a 25 trabajadores, en un lugar accesible a los operarios y debidamente equipado. Su contenido mínimo será: Desinfectantes y antisépticos autorizados, gasas estériles, algodón hidrófilo, vendas, esparadrapo, apósitos adhesivos, tijeras, pinzas y guantes desechables.

El responsable de emergencias revisará periódicamente el material de primeros auxilios, reponiendo los elementos utilizados y sustituyendo los productos caducados.

1.3.2. MEDIOS DE AUXILIO EN CASO DE ACCIDENTE: CENTROS ASISTENCIALES MÁS PRÓXIMOS.

Se aporta la información de los centros sanitarios más próximos a la obra, que puede ser de gran utilidad si se llegara a producir un accidente laboral.

- Primeros auxilios: Botiquín portátil en la obra.
- Asistencia primaria (Urgencias): Empresa Pública de Emergencias Sanitarias, Av. Menéndez Pidal, s/n, 14004 Córdoba, Tfno. 061, a 5 km

La distancia al centro asistencial más próximo Av. Menéndez Pidal, s/n, 14004 Córdoba se estima en 15 minutos, en condiciones normales de tráfico.



1.4. INSTALACIONES DE HIGIENE Y BIENESTAR DE LOS TRABAJADORES.

Los servicios higiénicos de la obra cumplirán las "Disposiciones mínimas generales relativas a los lugares de trabajo en las obras" contenidas en la legislación vigente en la materia. Dadas las características y el volumen de la obra, se ha previsto la colocación de instalaciones provisionales tipo caseta prefabricada para los vestuarios y aseos, pudiéndose habilitar posteriormente zonas en la propia obra para albergar dichos servicios, cuando las condiciones y las fases de ejecución lo permitan.

1.4.1. VESTUARIOS.

Los vestuarios dispondrán de una superficie total de 2,0 m² por cada trabajador que deba utilizarlos simultáneamente, incluyendo bancos y asientos suficientes, además de taquillas dotadas de llave y con la capacidad necesaria para guardar la ropa y el calzado.

1.4.2. ASEOS.

La dotación mínima prevista para los aseos es de:

- 1 ducha por cada 10 trabajadores o fracción que trabajen simultáneamente en la obra.
- 1 retrete por cada 25 hombres o fracción y 1 por cada 15 mujeres o fracción.
- 1 lavabo por cada retrete.
- 1 urinario por cada 25 hombres o fracción.
- 1 secamanos de celulosa o eléctrico por cada lavabo 1 jabonera dosificadora por cada lavabo.
- 1 recipiente para recogida de celulosa sanitaria.
- 1 portarrollos con papel higiénico por cada inodoro.

1.4.3. COMEDOR.

La zona destinada a comedor tendrá una altura mínima de 2,5 m, dispondrá de fregaderos de agua potable para la limpieza de los utensilios y la vajilla, estará equipada con mesas y asientos, y tendrá una provisión suficiente de vasos, platos y cubiertos, preferentemente desechables.

1.5. IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS Y MEDIDAS PREVENTIVAS A ADOPTAR.

A continuación, se expone la relación de los riesgos más frecuentes que pueden surgir durante las distintas fases de la obra, con las medidas preventivas y de protección colectiva a adoptar con el fin de eliminar o reducir al máximo dichos riesgos, así como los equipos de protección individual (EPI) imprescindibles para mejorar las condiciones de seguridad y salud en la obra.



Riesgos generales más frecuentes:

- Caída de objetos y/o materiales al mismo o a distinto nivel Desprendimiento de cargas suspendidas.
- Exposición a temperaturas ambientales extremas. Exposición a vibraciones y ruido.
- Cortes y golpes en la cabeza y extremidades. Cortes y heridas con objetos punzantes
- Sobreesfuerzos, movimientos repetitivos o posturas inadecuadas. Electrocuaciones por contacto directo o indirecto
- Dermatitis por contacto con yesos, escayola, cemento, pinturas, pegamentos, etc. Intoxicación por inhalación de humos y gases

Medidas preventivas y protecciones colectivas de carácter general:

- La zona de trabajo permanecerá ordenada, libre de obstáculos, limpia y bien iluminada.
- Se colocarán carteles indicativos de las medidas de seguridad en lugares visibles de la obra Se prohibirá la entrada a toda persona ajena a la obra.
- Los recursos preventivos de la obra tendrán presencia permanente en aquellos trabajos que entrañen mayores riesgos.
- Las operaciones que entrañen riesgos especiales se realizarán bajo la supervisión de una persona cualificada, debidamente instruida.
- Se suspenderán los trabajos en caso de tormenta y cuando llueva con intensidad o la velocidad del viento sea superior a 50 km/h.
- Cuando las temperaturas sean extremas, se evitará, en la medida de lo posible, trabajar durante las horas de mayor insolación.
- La carga y descarga de materiales se realizará con precaución y cautela, preferentemente por medios mecánicos, evitando movimientos bruscos que provoquen su caída
- La manipulación de los elementos pesados se realizará por personal cualificado, utilizando medios mecánicos o palancas, para evitar sobreesfuerzos innecesarios.
- Ante la existencia de líneas eléctricas aéreas, se guardarán las distancias mínimas preventivas, en función de su intensidad y voltaje.
- No se realizará ningún trabajo dentro del radio de acción de las máquinas o vehículos Los operarios no desarrollarán trabajos, ni permanecerán, debajo de cargas suspendidas. Se evitarán o reducirán al máximo los trabajos en altura.
- Se utilizarán escaleras normalizadas, sujetas firmemente, para el descenso y ascenso a las zonas excavadas
- Los huecos horizontales y los bordes de los forjados se protegerán mediante la colocación de barandillas o redes homologadas
- Dentro del recinto de la obra, los vehículos y máquinas circularán a una velocidad reducida, inferior a 20 km/h
-

Equipos de protección individual (EPI) a utilizar en las distintas fases de la obra:

- Casco de seguridad homologado.



- Casco de seguridad con barboquejo.
- Cinturón de seguridad con dispositivo anticaída. Cinturón portaherramientas
- Guantes de goma Guantes de cuero. Guantes aislantes
- Calzado con puntera reforzada
- Calzado de seguridad con suela aislante y anticlavos. Botas de caña alta de goma
- Mascarilla con filtro mecánico para el corte de ladrillos con sierra Ropa de trabajo impermeable.
- Faja antilumbago.
- Gafas de seguridad antiimpactos Protectores auditivos.

1.5.1. DURANTE LOS TRABAJOS PREVIOS A LA EJECUCIÓN DE LA OBRA.

Se expone la relación de los riesgos más frecuentes que pueden surgir en los trabajos previos a la ejecución de la obra, con las medidas preventivas, protecciones colectivas y equipos de protección individual (EPI), específicos para dichos trabajos.

1.5.1.1. INSTALACIÓN ELÉCTRICA PROVISIONAL.

Riesgos más frecuentes:

- Electrocutaciones por contacto directo o indirecto Cortes y heridas con objetos punzantes.
- Proyección de partículas en los ojos.
- Incendios.

Medidas preventivas y protecciones colectivas:

- Prevención de posibles contactos eléctricos indirectos, mediante el sistema de protección de puesta a tierra y dispositivos de corte (interruptores diferenciales).
- Se respetará una distancia mínima a las líneas de alta tensión de 6 m para las líneas aéreas y de 2 m para las líneas enterradas.
- Se comprobará que el trazado de la línea eléctrica no coincide con el del suministro de agua.
- Se ubicarán los cuadros eléctricos en lugares accesibles, dentro de cajas prefabricadas homologadas, con su toma de tierra independiente, protegidas de la intemperie y provistas de puerta, llave y visera Se utilizarán solamente conducciones eléctricas antihumedad y conexiones estancas.
- En caso de tender líneas eléctricas sobre zonas de paso, se situarán a una altura mínima de 2,2 m si se ha dispuesto algún elemento para impedir el paso de vehículos y de 5,0 m en caso contrario.
- Los cables enterrados estarán perfectamente señalizados y protegidos con tubos rígidos, a una profundidad superior a 0,4 m.
- Las tomas de corriente se realizarán a través de clavijas blindadas normalizadas.



- Quedan terminantemente prohibidas las conexiones triples (ladrones) y el empleo de fusibles caseros, empleándose una toma de corriente independiente para cada aparato o herramienta.

Equipos de protección individual (EPI):

- Calzado aislante para electricistas Guantes dieléctricos.
- Banquetas aislantes de la electricidad. Comprobadores de tensión.
- Herramientas aislantes.
- Ropa de trabajo impermeable. Ropa de trabajo reflectante.

1.5.1.2. VALLADO DE OBRA.

Riesgos más frecuentes:

- Cortes y heridas con objetos punzantes Proyección de fragmentos o de partículas
Exposición a temperaturas ambientales extremas. Exposición a vibraciones y ruido.

Medidas preventivas y protecciones colectivas:

- Se prohibirá el aparcamiento en la zona destinada a la entrada de vehículos a la obra Se retirarán los clavos y todo el material punzante resultante del vallado
- Se localizarán las conducciones que puedan existir en la zona de trabajo, previamente a la excavación

Equipos de protección individual (EPI):

- Calzado con puntera reforzada Guantes de cuero.
- Ropa de trabajo reflectante.

1.5.2. DURANTE LAS FASES DE EJECUCIÓN DE LA OBRA.

1.5.2.1. CIMENTACIÓN.

Riesgos más frecuentes:

- Inundaciones o filtraciones de agua.
- Vuelcos, choques y golpes provocados por la maquinaria o por vehículos.

Medidas preventivas y protecciones colectivas:

- Se colocarán protectores homologados en las puntas de las armaduras de espera
- El transporte de las armaduras se efectuará mediante eslingas, enlazadas y provistas de ganchos con pestillos de seguridad.



- Se retirarán los clavos sobrantes y los materiales punzantes.

Equipos de protección individual (EPI):

- Guantes homologados para el trabajo con hormigón Guantes de cuero para la manipulación de las armaduras Botas de goma de caña alta para hormigonado.
- Botas de seguridad con plantillas de acero y antideslizantes.

1.5.2.2. ESTRUCTURA.

Riesgos más frecuentes:

- Desprendimientos de los materiales de encofrado por apilado incorrecto .
- Caída del encofrado al vacío durante las operaciones de desencofrado.
- Cortes al utilizar la sierra circular de mesa o las sierras de mano.

Medidas preventivas y protecciones colectivas:

- Se protegerá la vía pública con una visera de protección formada por ménsula y entablado.
- Los huecos horizontales y los bordes de los forjados se protegerán mediante la colocación de barandillas o redes homologadas

Equipos de protección individual (EPI):

- Cinturón de seguridad con dispositivo anticaída. Guantes homologados para el trabajo con hormigón.
- Guantes de cuero para la manipulación de las armaduras Botas de goma de caña alta para hormigonado.
- Botas de seguridad con plantillas de acero y antideslizantes.

1.5.2.3. INSTALACIONES EN GENERAL.

Riesgos más frecuentes:

- Electrocuciiones por contacto directo o indirecto.
- Quemaduras producidas por descargas eléctricas Intoxicación por vapores procedentes de la soldadura.
- Incendios y explosiones.

Medidas preventivas y protecciones colectivas:



- El personal encargado de realizar trabajos en instalaciones estará formado y adiestrado en el empleo del material de seguridad y de los equipos y herramientas específicas para cada labor.
- Se utilizarán solamente lámparas portátiles homologadas, con manguera antihumedad y clavija de conexión normalizada, alimentadas a 24 voltios.
- Se utilizarán herramientas portátiles con doble aislamiento.

Equipos de protección individual (EPI):

- Guantes aislantes en pruebas de tensión
- Calzado con suela aislante ante contactos eléctricos
- Banquetas aislantes de la electricidad.
- Comprobadores de tensión. Herramientas aislantes.

1.5.3. DURANTE LA UTILIZACIÓN DE MEDIOS AUXILIARES.

La prevención de los riesgos derivados de la utilización de los medios auxiliares de la obra se realizará atendiendo a la legislación vigente en la materia.

En ningún caso se admitirá la utilización de andamios o escaleras de mano que no estén normalizados y cumplan con la normativa vigente.

En el caso de las plataformas de descarga de materiales, sólo se utilizarán modelos normalizados, disponiendo de barandillas homologadas y enganches para cinturón de seguridad, entre otros elementos.

Relación de medios auxiliares previstos en la obra con sus respectivas medidas preventivas y protecciones colectivas:

1.5.3.1. ESCALERA DE MANO.

- Se revisará periódicamente el estado de conservación de las escaleras.
- Dispondrán de zapatas antideslizantes o elementos de fijación en la parte superior o inferior de los largueros.
- Se transportarán con el extremo delantero elevado, para evitar golpes a otros objetos o a personas.
- Se apoyarán sobre superficies horizontales, con la planeidad adecuada para que sean estables e inmóviles, quedando prohibido el uso como cuña de cascotes, ladrillos, bovedillas o elementos similares.
- Los travesaños quedarán en posición horizontal y la inclinación de la escalera será inferior al 75% respecto al plano horizontal.
- El extremo superior de la escalera sobresaldrá 1,0 m de la altura de desembarque, medido en la dirección vertical.



- El operario realizará el ascenso y descenso por la escalera en posición frontal (mirando los peldaños), sujetándose firmemente con las dos manos en los peldaños, no en los largueros.
- Se evitará el ascenso o descenso simultáneo de dos o más personas.
- Cuando se requiera trabajar sobre la escalera en alturas superiores a 3,5 m, se utilizará siempre el cinturón de seguridad con dispositivo anticaída.

1.5.4. DURANTE LA UTILIZACIÓN DE MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS.

Las medidas preventivas a adoptar y las protecciones a emplear para el control y la reducción de riesgos debidos a la utilización de maquinaria y herramientas durante la ejecución de la obra se desarrollarán en el correspondiente Plan de Seguridad y Salud, conforme a los siguientes criterios:

- Todas las máquinas y herramientas que se utilicen en la obra dispondrán de su correspondiente manual de instrucciones, en el que estarán especificados claramente tanto los riesgos que entrañan para los trabajadores como los procedimientos para su utilización con la debida seguridad.
- No se aceptará la utilización de ninguna máquina, mecanismo o artefacto mecánico sin reglamentación específica.

Relación de máquinas y herramientas que está previsto utilizar en la obra, con sus correspondientes medidas preventivas y protecciones colectivas:

1.5.4.1. PALA CARGADORA.

- Para realizar las tareas de mantenimiento, se apoyará la cuchara en el suelo, se parará el motor, se conectará el freno de estacionamiento y se bloqueará la máquina.
- Queda prohibido el uso de la cuchara como grúa o medio de transporte. La extracción de tierras se efectuará en posición frontal a la pendiente.
- El transporte de tierras se realizará con la cuchara en la posición más baja posible, para garantizar la estabilidad de la pala.

1.5.4.2. RETROEXCAVADORA.

- Para realizar las tareas de mantenimiento, se apoyará la cuchara en el suelo, se parará el motor, se conectará el freno de estacionamiento y se bloqueará la máquina.
- Queda prohibido el uso de la cuchara como grúa o medio de transporte.
- Los desplazamientos de la retroexcavadora se realizarán con la cuchara apoyada sobre la máquina en el sentido de la marcha.



- Los cambios de posición de la cuchara en superficies inclinadas se realizarán por la zona de mayor altura. Se prohibirá la realización de trabajos dentro del radio de acción de la máquina.

1.5.4.3. CAMIÓN DE CAJA BASCULANTE.

- Las maniobras del camión serán dirigidas por un señalista de tráfico.
- Se comprobará que el freno de mano está activado antes de la puesta en marcha del motor, al abandonar el vehículo y durante las operaciones de carga y descarga.
- No se circulará con la caja izada después de la descarga.

1.5.4.4. CAMIÓN PARA TRANSPORTE.

- Las maniobras del camión serán dirigidas por un señalista de tráfico.
- Las cargas se repartirán uniformemente en la caja, evitando acopios con pendientes superiores al 5% y protegiendo los materiales sueltos con una lona.
- Antes de proceder a las operaciones de carga y descarga, se colocará el freno en posición de frenado y, en caso de estar situado en pendiente, calzos de inmovilización debajo de las ruedas.
- En las operaciones de carga y descarga se evitarán movimientos bruscos que provoquen la pérdida de estabilidad, permaneciendo siempre el conductor fuera de la cabina.

1.5.4.5. CAMIÓN GRÚA.

- El conductor accederá al vehículo descenderá del mismo con el motor apagado, en posición frontal, evitando saltar al suelo y haciendo uso de los peldaños y asideros.
- Se cuidará especialmente de no sobrepasar la carga máxima indicada por el fabricante. La cabina dispondrá de botiquín de primeros auxilios y de extintor timbrado y revisado. Los vehículos dispondrán de bocina de retroceso.
- Se comprobará que el freno de mano está activado antes de la puesta en marcha del motor, al abandonar el vehículo y durante las operaciones de elevación.
- La elevación se realizará evitando operaciones bruscas, que provoquen la pérdida de estabilidad de la carga.

1.5.4.6. HORMIGONERA.

- Las operaciones de mantenimiento serán realizadas por personal especializado, previa desconexión de la energía eléctrica.
- La hormigonera tendrá un grado de protección IP-55 Su uso estará restringido sólo a personas autorizadas Dispondrá de freno de basculamiento del bombo.
- Los conductos de alimentación eléctrica de la hormigonera estarán conectados a tierra, asociados a un disyuntor diferencial.



- Las partes móviles del aparato deberán permanecer siempre protegidas mediante carcasas conectadas a tierra.
- No se ubicarán a distancias inferiores a tres metros de los bordes de excavación y/o de los bordes de los forjados.

1.5.4.7. VIBRADOR.

- La operación de vibrado se realizará siempre desde una posición estable.
- La manguera de alimentación desde el cuadro eléctrico estará protegida cuando discurra por zonas de paso.
- Tanto el cable de alimentación como su conexión al transformador estarán en perfectas condiciones de estanqueidad y aislamiento.
- Los operarios no efectuarán el arrastre del cable de alimentación colocándolo alrededor del cuerpo. Si es necesario, esta operación se realizará entre dos operarios.
- El vibrado del hormigón se realizará desde plataformas de trabajo seguras, no permaneciendo en ningún momento el operario sobre el encofrado ni sobre elementos inestables.
- Nunca se abandonará el vibrador en funcionamiento, ni se desplazará tirando de los cables.
- Para las vibraciones transmitidas al sistema mano-brazo, el valor de exposición diaria normalizado para un período de referencia de ocho horas, no superará $2,5 \text{ m/s}^2$, siendo el valor límite de 5 m/s^2

1.5.4.8. MARTILLO PICADOR.

- Las mangueras de aire comprimido deben estar situadas de forma que no dificulten ni el trabajo de los operarios ni el paso del personal.
- No se realizarán ni esfuerzos de palanca ni operaciones similares con el martillo en marcha. Se verificará el perfecto estado de los acoplamientos de las mangueras.
- Se cerrará el paso del aire antes de desarmar un martillo.

1.5.4.9. SIERRA CIRCULAR.

- Su uso está destinado exclusivamente al corte de elementos o piezas de la obra
- Para el corte de materiales cerámicos o pétreos se emplearán discos abrasivos y para elementos de madera discos de sierra.
- Deberá existir un interruptor de parada cerca de la zona de mando.
- La zona de trabajo deberá estar limpia de serrín y de virutas, para evitar posibles incendios. Las piezas a serrar no contendrán clavos ni otros elementos metálicos.
- El trabajo con el disco agresivo se realizará en húmedo.



- No se utilizará la sierra circular sin la protección de prendas adecuadas, tales como mascarillas antipolvo y gafas.

1.5.4.10. SIERRA CIRCULAR DE MESA.

- Será utilizado exclusivamente por la persona debidamente autorizada.
- El trabajador que utilice la sierra circular estará debidamente formado en su uso y manejo, conocerá el contenido del manual de instrucciones, las correctas medidas preventivas a adoptar y el uso de los EPI necesarios.
- Las sierras circulares se ubicarán en un lugar apropiado, sobre superficies firmes y secas, a distancias superiores a tres metros del borde de los forjados, salvo que éstos estén debidamente protegidos por redes, barandillas o petos de remate.
- En los casos en que se superen los valores de exposición al ruido indicados en el artículo 51 del Real Decreto 286/06 de protección de los trabajadores frente al ruido, se establecerán las acciones correctivas oportunas, tales como el empleo de protectores auditivos.
- La sierra estará totalmente protegida por la parte inferior de la mesa, de manera que no se pueda acceder al disco.
- La parte superior de la sierra dispondrá de una carcasa metálica que impida el acceso al disco de sierra, excepto por el punto de introducción del elemento a cortar, y la proyección de partículas.
- Se utilizará siempre un empujador para guiar el elemento a cortar, de modo que en ningún caso la mano quede expuesta al disco de la sierra.
- La instalación eléctrica de la máquina estará siempre en perfecto estado y condiciones, comprobándose periódicamente el cableado, las clavijas y la toma de tierra.
- Las piezas a serrar no contendrán clavos ni otros elementos metálicos.
- El operario se colocará a sotavento del disco, evitando la inhalación de polvo.

1.5.4.11. EQUIPO DE SOLDADURA.

- No habrá materiales inflamables ni explosivos a menos de 10 metros de la zona de trabajo de soldadura. Antes de soldar se eliminarán las pinturas y recubrimientos del soporte
- Durante los trabajos de soldadura se dispondrá siempre de un extintor de polvo químico en perfecto estado y condiciones de uso, en un lugar próximo y accesible.
- En los locales cerrados en los que no se pueda garantizar una correcta renovación de aire se instalarán extractores, preferentemente sistemas de aspiración localizada.
- Se paralizarán los trabajos de soldadura en altura ante la presencia de personas bajo el área de trabajo.
- Tanto los soldadores como los trabajadores que se encuentren en las inmediaciones dispondrán de protección visual adecuada, no permaneciendo en ningún caso con los ojos al descubierto.



1.5.4.12. HERRAMIENTAS MANUALES DIVERSAS.

- La alimentación de las herramientas se realizará a 24 V cuando se trabaje en ambientes húmedos o las herramientas no dispongan de doble aislamiento.
- El acceso a las herramientas y su uso estará permitido únicamente a las personas autorizadas. No se retirarán de las herramientas las protecciones diseñadas por el fabricante.
- Se prohibirá, durante el trabajo con herramientas, el uso de pulseras, relojes, cadenas y elementos similares.
- Las herramientas eléctricas dispondrán de doble aislamiento o estarán conectadas a tierra. En las herramientas de corte se protegerá el disco con una carcasa antiproyección.
- Las conexiones eléctricas a través de clemas se protegerán con carcasas anticontactos eléctricos.
- Las herramientas se mantendrán en perfecto estado de uso, con los mangos sin grietas y limpios de residuos, manteniendo su carácter aislante para los trabajos eléctricos.
- Las herramientas eléctricas estarán apagadas mientras no se estén utilizando y no se podrán usar con las manos o los pies mojados.
- En los casos en que se superen los valores de exposición al ruido que establece la legislación vigente en materia de protección de los trabajadores frente al ruido, se establecerán las acciones correctivas oportunas, tales como el empleo de protectores auditivos.

1.6. IDENTIFICACIÓN DE LOS RIESGOS LABORALES EVITABLES.

En este apartado se reseña la relación de las medidas preventivas a adoptar para evitar o reducir el efecto de los riesgos más frecuentes durante la ejecución de la obra.

1.6.1. CAÍDAS AL MISMO NIVEL.

- La zona de trabajo permanecerá ordenada, libre de obstáculos, limpia y bien iluminada. Se habilitarán y balizarán las zonas de acopio de materiales.

1.6.2. CAÍDAS A DISTINTO NIVEL.

- Se dispondrán escaleras de acceso para salvar los desniveles.
- Los huecos horizontales y los bordes de los forjados se protegerán mediante barandillas y redes homologadas.
- Se mantendrán en buen estado las protecciones de los huecos y de los desniveles.
- Las escaleras de acceso quedarán firmemente sujetas y bien amarradas.

1.6.3. Polvo y partículas.

- Se regará periódicamente la zona de trabajo para evitar el polvo.



- Se usarán gafas de protección y mascarillas antipolvo en aquellos trabajos en los que se genere polvo o partículas.

1.6.4. RUIDO.

- Se evaluarán los niveles de ruido en las zonas de trabajo. Las máquinas estarán provistas de aislamiento acústico.
- Se dispondrán los medios necesarios para eliminar o amortiguar los ruidos.

1.6.5. ESFUERZOS.

- Se evitará el desplazamiento manual de las cargas pesadas.
- Se limitará el peso de las cargas en caso de desplazamiento manual. Se evitarán los sobreesfuerzos o los esfuerzos repetitivos.
- Se evitarán las posturas inadecuadas o forzadas en el levantamiento o desplazamiento de cargas.

1.6.6. INCENDIOS.

- No se fumará en presencia de materiales fungibles ni en caso de existir riesgo de incendio.

1.6.7. INTOXICACIÓN POR EMANACIONES.

- Los locales y las zonas de trabajo dispondrán de ventilación suficiente. Se utilizarán mascarillas y filtros apropiados.

1.7. RELACIÓN DE LOS RIESGOS LABORALES QUE NO PUEDEN ELIMINARSE

Los riesgos que difícilmente pueden eliminarse son los que se producen por causas inesperadas (como caídas de objetos y desprendimientos, entre otras). No obstante, pueden reducirse con el adecuado uso de las protecciones individuales y colectivas, así como con el estricto cumplimiento de la normativa en materia de seguridad y salud, y de las normas de la buena construcción.

1.7.1. CAÍDA DE OBJETOS.

Medidas preventivas y protecciones colectivas:

- Se montarán marquesinas en los accesos.
- La zona de trabajo permanecerá ordenada, libre de obstáculos, limpia y bien iluminada. Se evitará el amontonamiento de materiales u objetos sobre los andamios.
- No se lanzarán cascotes ni restos de materiales desde los andamios.



Equipos de protección individual (EPI):

- Casco de seguridad homologado. Guantes y botas de seguridad.
- Uso de bolsa portaherramientas.

1.7.2. DERMATOSIS.

Medidas preventivas y protecciones colectivas:

- Se evitará la generación de polvo de cemento.

Equipos de protección individual (EPI):

- Guantes y ropa de trabajo adecuada.

1.7.3. ELECTROCUCIONES.

Medidas preventivas y protecciones colectivas:

- Se revisará periódicamente la instalación eléctrica.
- El tendido eléctrico quedará fijado a los paramentos verticales.
- Los alargadores portátiles tendrán mango aislante.
- La maquinaria portátil dispondrá de protección con doble aislamiento.
- Toda la maquinaria eléctrica estará provista de toma de tierra.

Equipos de protección individual (EPI):

- Guantes dieléctricos.
- Calzado aislante para electricistas
- Banquetas aislantes de la electricidad.

1.7.4. QUEMADURAS.

Medidas preventivas y protecciones colectivas:

- La zona de trabajo permanecerá ordenada, libre de obstáculos, limpia y bien iluminada.

Equipos de protección individual (EPI):

- Guantes, polainas y mandiles de cuero.



1.7.5. GOLPES Y CORTES EN EXTREMIDADES.

Medidas preventivas y protecciones colectivas:

- La zona de trabajo permanecerá ordenada, libre de obstáculos, limpia y bien iluminada.

Equipos de protección individual (EPI):

- Guantes y botas de seguridad.

1.8. MEDIDAS EN CASO DE EMERGENCIA.

El contratista deberá reflejar en el correspondiente plan de seguridad y salud las posibles situaciones de emergencia, estableciendo las medidas oportunas en caso de primeros auxilios y designando para ello a personal con formación, que se hará cargo de dichas medidas.

Los trabajadores responsables de las medidas de emergencia tienen derecho a la paralización de su actividad, debiendo estar garantizada la adecuada administración de los primeros auxilios y, cuando la situación lo requiera, el rápido traslado del operario a un centro de asistencia médica.

1.9. PRESENCIA DE LOS RECURSOS PREVENTIVOS DEL CONTRATISTA.

Dadas las características de la obra y los riesgos previstos en el presente Estudio Básico de Seguridad y Salud, cada contratista deberá asignar la presencia de sus recursos preventivos en la obra, según se establece en la legislación vigente en la materia. A tales efectos, el contratista deberá concretar los recursos preventivos asignados a la obra con capacitación suficiente, que deberán disponer de los medios necesarios para vigilar el cumplimiento de las medidas incluidas en el correspondiente plan de seguridad y salud. Dicha vigilancia incluirá la comprobación de la eficacia de las actividades preventivas previstas en dicho Plan, así como la adecuación de tales actividades a los riesgos que pretenden prevenirse o a la aparición de riesgos no previstos y derivados de la situación que determina la necesidad de la presencia de los recursos preventivos.

Si, como resultado de la vigilancia, se observa un deficiente cumplimiento de las actividades preventivas, las personas que tengan asignada la presencia harán las indicaciones necesarias para el correcto e inmediato cumplimiento de las actividades preventivas, debiendo poner tales circunstancias en conocimiento del empresario para que éste adopte las medidas oportunas para corregir las deficiencias observadas.

2. NORMATIVA Y LEGISLACIÓN APLICABLES.



2.1. Y. SEGURIDAD Y SALUD.

Ley de Prevención de Riesgos Laborales

Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de la Jefatura del Estado. B.O.E.: 10 de noviembre de 1995

Completada por:

Protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo.

Real Decreto 665/1997, de 12 de mayo, del Ministerio de la Presidencia. B.O.E.: 24 de mayo de 1997.

Modificada por:

Ley de Medidas Fiscales, Administrativas y del Orden Social.

Ley 50/1998, de 30 de diciembre, de la Jefatura del Estado. Modificación de los artículos 45, 47, 48 y 49 de la Ley 31/1995. B.O.E.: 31 de diciembre de 1998

Completada por:

Disposiciones mínimas de seguridad y salud en el trabajo en el ámbito de las empresas de trabajo temporal.

Real Decreto 216/1999, de 5 de febrero, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. B.O.E.: 24 de febrero de 1999

Completada por:

Protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo

Real Decreto 374/2001, de 6 de abril, del Ministerio de la Presidencia. B.O.E.: 1 de mayo de 2001

Completada por:

Disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico

Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, del Ministerio de la Presidencia. B.O.E.: 21 de junio de 2001

Completada por:

Protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo

Real Decreto 681/2003, de 12 de junio, del Ministerio de la Presidencia. B.O.E.: 18 de junio de 2003

Modificada por:

Ley de reforma del marco normativo de la prevención de riesgos laborales

Ley 54/2003, de 12 de diciembre, de la Jefatura del Estado. B.O.E.: 13 de diciembre de 2003

Desarrollada por:

Desarrollo del artículo 24 de la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales, en materia

de coordinación de actividades empresariales

Real Decreto 171/2004, de 30 de enero, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. B.O.E.: 31 de enero de 2004

Completada por:



Protección de la salud y la seguridad de los trabajadores frente a los riesgos que puedan derivarse de la exposición a vibraciones mecánicas

Real Decreto 1311/2005, de 4 de noviembre, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. B.O.E.: 5 de noviembre de 2005

Completada por:

Protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido

Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, del Ministerio de la Presidencia. B.O.E.: 11 de marzo de 2006

Completada por:

Disposiciones mínimas de seguridad y salud aplicables a los trabajos con riesgo de exposición al amianto

Real Decreto 396/2006, de 31 de marzo, del Ministerio de la Presidencia. B.O.E.: 11 de abril de 2006

Modificada por:

Modificación de diversas leyes para su adaptación a la Ley sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio

Ley 25/2009, de 22 de diciembre, de la Jefatura del Estado. B.O.E.: 23 de diciembre de 2009

Reglamento de los Servicios de Prevención

Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. B.O.E.: 31 de enero de 1997

Completado por:

Protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo

Real Decreto 665/1997, de 12 de mayo, del Ministerio de la Presidencia. B.O.E.: 24 de mayo de 1997

Modificado por:

Modificación del Reglamento de los Servicios de Prevención

Real Decreto 780/1998, de 30 de abril, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. B.O.E.: 1 de mayo de 1998

Completado por:

Protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo

Real Decreto 374/2001, de 6 de abril, del Ministerio de la Presidencia. B.O.E.: 1 de mayo de 2001

Completado por:

Disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico

Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, del Ministerio de la Presidencia. B.O.E.: 21 de junio de 2001

Completado por:

Protección de la salud y la seguridad de los trabajadores frente a los riesgos que puedan derivarse de la exposición a vibraciones mecánicas



Real Decreto 1311/2005, de 4 de noviembre, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. B.O.E.: 5 de noviembre de 2005

Completado por:

Protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido

Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, del Ministerio de la Presidencia. B.O.E.: 11 de marzo de 2006

Completado por:

Disposiciones mínimas de seguridad y salud aplicables a los trabajos con riesgo de exposición al amianto

Real Decreto 396/2006, de 31 de marzo, del Ministerio de la Presidencia. B.O.E.: 11 de abril de 2006

Modificado por:

Modificación del Reglamento de los Servicios de Prevención y de las Disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción

Real Decreto 604/2006, de 19 de mayo, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. B.O.E.: 29 de mayo de 2006

Modificado por:

Modificación del Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención

Real Decreto 337/2010, de 19 de marzo, del Ministerio de Trabajo e Inmigración. B.O.E.: 23 de marzo de 2010

Modificado por:

Real Decreto por el que se modifican el R.D. 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los servicios de prevención; el R.D. 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo; el R.D. 665/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo y el R.D. 374/2001, de 6 de abril, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo

Real Decreto 598/2015, de 3 de julio, del Ministerio de la Presidencia. B.O.E.: 4 de julio de 2015

Seguridad y Salud en los lugares de trabajo

Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. B.O.E.: 23 de abril de 1997

Manipulación de cargas

Real Decreto 487/1997, de 14 de abril, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. B.O.E.: 23 de abril de 1997

Protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo

Real Decreto 665/1997, de 12 de mayo, del Ministerio de la Presidencia. B.O.E.: 24 de mayo de 1997



Modificado por:

Modificación del Real Decreto 665/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo y ampliación de su ámbito de aplicación a los agentes mutágenos

Real Decreto 349/2003, de 21 de marzo, del Ministerio de la Presidencia. B.O.E.: 5 de abril de 2003

Completado por:

Disposiciones mínimas de seguridad y salud aplicables a los trabajos con riesgo de exposición al amianto

Real Decreto 396/2006, de 31 de marzo, del Ministerio de la Presidencia. B.O.E.: 11 de abril de 2006

Modificado por:

Real Decreto por el que se modifican el R.D. 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los servicios de prevención; el R.D. 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo; el R.D. 665/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo y el R.D. 374/2001, de 6 de abril, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo

Real Decreto 598/2015, de 3 de julio, del Ministerio de la Presidencia. B.O.E.: 4 de julio de 2015

Utilización de equipos de trabajo

Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. B.O.E.: 7 de agosto de 1997

Modificado por:

Modificación del Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, en materia de trabajos temporales en altura

Real Decreto 2177/2004, de 12 de noviembre, del Ministerio de la Presidencia. B.O.E.: 13 de noviembre de 2004

Disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción

Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, del Ministerio de la Presidencia. B.O.E.: 25 de octubre de 1997

Completado por:

Disposiciones mínimas de seguridad y salud aplicables a los trabajos con riesgo de exposición al amianto

Real Decreto 396/2006, de 31 de marzo, del Ministerio de la Presidencia. B.O.E.: 11 de abril de 2006

Modificado por:

Modificación del Reglamento de los Servicios de Prevención y de las Disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción

Real Decreto 604/2006, de 19 de mayo, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. B.O.E.: 29 de mayo de 2006



Modificado por:

Desarrollo de la Ley 32/2006, de 18 de octubre, reguladora de la subcontratación en el sector de la construcción

Real Decreto 1109/2007, de 24 de agosto, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. Disposición final tercera. Modificación de los artículos 13 y 18 del Real Decreto 1627/1997. B.O.E.: 25 de agosto de 2007
Corrección de errores.
B.O.E.: 12 de septiembre de 2007

Registro de coordinadores y coordinadoras en materia de seguridad y salud, con formación preventiva especializada en las obras de construcción, de la Comunidad Autónoma de Andalucía

Decreto 166/2005, de 12 de julio, de la Consejería de Empleo de la Junta de Andalucía. B.O.J.A.: 4 de agosto de 2005

2.1.1. YC. SISTEMAS DE PROTECCIÓN COLECTIVA.

2.1.1.1. YCU. PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

Real Decreto por el que se establecen los requisitos esenciales de seguridad para la comercialización de los equipos a presión

Real Decreto 709/2015, de 24 de julio, del Ministerio de Industria, Energía y Turismo. B.O.E.: 2 de septiembre de 2015

Reglamento de equipos a presión y sus instrucciones técnicas complementarias

Real Decreto 809/2021, de 21 de septiembre, del Ministerio de Industria, Comercio y Turismo. B.O.E.: 11 de octubre de 2021

Señalización de seguridad y salud en el trabajo

Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. B.O.E.: 23 de abril de 1997

Completado por:

Protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo

Real Decreto 374/2001, de 6 de abril, del Ministerio de la Presidencia. B.O.E.: 1 de mayo de 2001
Completado por:

Protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido

Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, del Ministerio de la Presidencia. B.O.E.: 11 de marzo de 2006

Modificado por:

Real Decreto por el que se modifican el R.D. 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los servicios de prevención; el R.D. 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo; el R.D.



665/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo y el R.D. 374/2001, de 6 de abril, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo

Real Decreto 598/2015, de 3 de julio, del Ministerio de la Presidencia. B.O.E.: 4 de julio de 2015

2.1.2. YI. EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL.

Utilización de equipos de protección individual

Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. B.O.E.: 12 de junio de 1997

Corrección de errores:

Corrección de erratas del Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual

Ministerio de la Presidencia. B.O.E.: 18 de julio de 1997

Completado por:

Protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido

Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, del Ministerio de la Presidencia. B.O.E.: 11 de marzo de 2006

Completado por:

Disposiciones mínimas de seguridad y salud aplicables a los trabajos con riesgo de exposición al amianto

Real Decreto 396/2006, de 31 de marzo, del Ministerio de la Presidencia. B.O.E.: 11 de abril de 2006

Modificado por:

Real Decreto por el que se modifica el Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual

Real Decreto 1076/2021, de 7 de diciembre, del Ministerio de la Presidencia, Relaciones con las Cortes y Memoria Democrática.

B.O.E.: 8 de diciembre de 2021

2.1.3. YM. MEDICINA PREVENTIVA Y PRIMEROS AUXILIOS.

2.1.3.1. YMM. MATERIAL MÉDICO.

Orden por la que se establece el suministro a las empresas de botiquines con material de primeros auxilios en caso de accidente de trabajo, como parte de la acción protectora del sistema de la Seguridad Social

Orden TAS/2947/2007, de 8 de octubre, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. B.O.E.: 11 de octubre de 2007



2.1.4. YP. INSTALACIONES PROVISIONALES DE HIGIENE Y BIENESTAR DB-HS SALUBRIDAD.

DB-HS Salubridad

Código Técnico de la Edificación (CTE). Documento Básico HS.

Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, del Ministerio de Vivienda. B.O.E.: 28 de marzo de 2006

Modificado por el Real Decreto 1371/2007, de 19 de octubre, del Ministerio de Vivienda. B.O.E.: 23 de octubre de 2007

Corrección de errores. B.O.E.: 25 de enero de 2008

Modificado por:

Modificación de determinados documentos básicos del Código Técnico de la Edificación aprobados por el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, y el Real Decreto 1371/2007, de 19 de octubre

Orden VIV/984/2009, de 15 de abril, del Ministerio de Vivienda. B.O.E.: 23 de abril de 2009

Modificado por:

Orden por la que se modifican el Documento Básico DB-HE "Ahorro de energía" y el Documento Básico DB-HS "Salubridad", del Código Técnico de la Edificación, aprobado por Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo

Orden FOM/588/2017, de 15 de junio, del Ministerio de Fomento. B.O.E.: 23 de junio de 2017

Modificado por:

Real Decreto por el que se modifica el Código Técnico de la Edificación, aprobado por el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo

Real Decreto 732/2019, de 20 de diciembre, del Ministerio de Fomento. B.O.E.: 27 de diciembre de 2019

Criterios técnico-sanitarios de la calidad del agua de consumo, su control y suministro

Real Decreto 3/2023, de 10 de enero, del Ministerio de la Presidencia, Relaciones con las Cortes y Memoria Democrática.

B.O.E.: 11 de enero de 2023

Requisitos sanitarios para la prevención y el control de la legionelosis

Real Decreto 487/2022, de 4 de julio, del Ministerio de Sanidad.

B.O.E.: 22 de junio de 2022

Texto consolidado. Última modificación: 11 de enero de 2023

Medidas para el control y la vigilancia higiénico-sanitarias de instalaciones de riesgo en la transmisión de la legionelosis y se crea el registro oficial de establecimientos y servicios biocidas de Andalucía

Decreto 287/2002, de 26 de noviembre, de la Consejería de Salud de la Junta de Andalucía.

B.O.J.A.: 7 de diciembre de 2002

Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Complementarias (ITC) BT 01 a BT 51

Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, del Ministerio de Ciencia y Tecnología. B.O.E.:

Suplemento al nº 224, de 18 de septiembre de 2002



Modificado por:

Anulado el inciso 4.2.C.2 de la ITC-BT-03

Sentencia de 17 de febrero de 2004 de la Sala Tercera del Tribunal Supremo. B.O.E.: 5 de abril de 2004

Completado por:

Autorización para el empleo de sistemas de instalaciones con conductores aislados bajo canales protectores de material plástico

Resolución de 18 de enero de 1988, de la Dirección General de Innovación Industrial. B.O.E.: 19 de febrero de 1988

Modificado por:

Real Decreto por el que se modifican diversas normas reglamentarias en materia de seguridad industrial para adecuarlas a la Ley 17/2009, de 23 de noviembre, sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio, y a la Ley 25/2009, de 22 de diciembre, de modificación de diversas leyes para su adaptación a la Ley sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio

Real Decreto 560/2010, de 7 de mayo, del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. B.O.E.: 22 de mayo de 2010

Texto consolidado Modificado por:

Real Decreto por el que se aprueba una nueva Instrucción Técnica Complementaria (ITC) BT 52 "Instalaciones con fines especiales. Infraestructura para la recarga de vehículos eléctricos", del Reglamento electrotécnico para baja tensión, aprobado por Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, y se modifican otras instrucciones técnicas complementarias del mismo

Real Decreto 1053/2014, de 12 de diciembre, del Ministerio de Industria, Energía y Turismo. B.O.E.: 31 de diciembre de 2014

Modificado por el Real Decreto 542/2020, de 26 de mayo, del Ministerio de la Presidencia, Relaciones con las Cortes y Memoria Democrática

B.O.E.: 20 de junio de 2020

Modificado por el Real Decreto 450/2022, de 14 de junio, del Ministerio de la Presidencia, Relaciones con las Cortes y Memoria Democrática

B.O.E.: 15 de junio de 2022

Modificado por:

Real Decreto por el que se modifican y derogan diferentes disposiciones en materia de calidad y seguridad industrial

Real Decreto 542/2020, de 26 de mayo, del Ministerio de la Presidencia, Relaciones con las Cortes y Memoria Democrática.

B.O.E.: 20 de junio de 2020

Reglamento regulador de las infraestructuras comunes de telecomunicaciones para el acceso a los servicios de telecomunicación en el interior de las edificaciones

Real Decreto 346/2011, de 11 de marzo, del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. B.O.E.: 1 de abril de 2011

Desarrollado por:

Orden por la que se desarrolla el Reglamento regulador de las infraestructuras comunes de telecomunicaciones para el acceso a los servicios de telecomunicación en el interior de las edificaciones, aprobado por el Real Decreto 346/2011, de 11 de marzo



Modificados los artículos 2 y 6 por la Orden ECE/983/2019.

Orden ITC/1644/2011, de 10 de junio, del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. B.O.E.: 16 de junio de 2011

Modificado por:

Real Decreto por el que se aprueba el Plan Técnico Nacional de la Televisión Digital Terrestre y se regulan determinados aspectos para la liberación del segundo dividendo digital

Real Decreto 391/2019, de 21 de junio, del Ministerio de Economía y Empresa. B.O.E.: 25 de junio de 2019

Modificado por:

Orden por la que se regulan las características de reacción al fuego de los cables de telecomunicaciones en el interior de las edificaciones, se modifican determinados anexos del Reglamento regulador de las infraestructuras comunes de telecomunicaciones para el acceso a los servicios de telecomunicación en el interior de las edificaciones, aprobado por Real Decreto 346/2011, de 11 de marzo y se modifica la Orden ITC/1644/2011, de 10 de junio, por la que se desarrolla dicho reglamento

Orden ECE/983/2019, de 26 de septiembre, del Ministerio de Economía y Empresa. B.O.E.: 3 de octubre de 2019

2.1.5. YS. SEÑALIZACIÓN PROVISIONAL DE OBRAS.

2.1.5.1. YSB. BALIZAMIENTO.

Instrucción 8.3-IC Señalización de obras

Orden de 31 de agosto de 1987, del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. B.O.E.: 18 de septiembre de 1987

Señalización de seguridad y salud en el trabajo

Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. B.O.E.: 23 de abril de 1997

Completado por:

Protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo

Real Decreto 374/2001, de 6 de abril, del Ministerio de la Presidencia. B.O.E.: 1 de mayo de 2001

Completado por:

Protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido

Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, del Ministerio de la Presidencia. B.O.E.: 11 de marzo de 2006

Modificado por:

Real Decreto por el que se modifican el R.D. 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los servicios de prevención; el R.D. 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo; el R.D. 665/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo y el R.D. 374/2001,



de 6 de abril, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo

Real Decreto 598/2015, de 3 de julio, del Ministerio de la Presidencia. B.O.E.: 4 de julio de 2015

2.1.5.2. YSH. SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL.

Instrucción 8.3-IC Señalización de obras

Orden de 31 de agosto de 1987, del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. B.O.E.: 18 de septiembre de 1987

2.1.5.3. YSV. SEÑALIZACIÓN VERTICAL

Instrucción 8.3-IC Señalización de obras

Orden de 31 de agosto de 1987, del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. B.O.E.: 18 de septiembre de 1987

2.1.5.4. YSN. SEÑALIZACIÓN MANUAL.

Instrucción 8.3-IC Señalización de obras

Orden de 31 de agosto de 1987, del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. B.O.E.: 18 de septiembre de 1987

2.1.5.5. YSS. SEÑALIZACIÓN DE SEGURIDAD Y SALUD.

Señalización de seguridad y salud en el trabajo

Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. B.O.E.: 23 de abril de 1997

Completado por:

Protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo

Real Decreto 374/2001, de 6 de abril, del Ministerio de la Presidencia. B.O.E.: 1 de mayo de 2001
Completado por:

Protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido

Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, del Ministerio de la Presidencia. B.O.E.: 11 de marzo de 2006

Modificado por:

Real Decreto por el que se modifican el R.D. 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los servicios de prevención; el R.D. 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo; el R.D. 665/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo y el R.D. 374/2001, de 6 de abril, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo

Real Decreto 598/2015, de 3 de julio, del Ministerio de la Presidencia. B.O.E.: 4 de julio de 2015



3. PLIEGO DE CONDICIONES.

3.1. PLIEGO DE CLÁUSULAS ADMINISTRATIVAS.

3.1.1. DISPOSICIONES GENERALES.

3.1.1.1. OBJETO DEL PLIEGO DE CONDICIONES.

El presente Pliego de condiciones junto con las disposiciones contenidas en el correspondiente Pliego del Proyecto de ejecución, tienen por objeto definir las atribuciones y obligaciones de los agentes que intervienen en materia de Seguridad y Salud, así como las condiciones que deben cumplir las medidas preventivas, las protecciones individuales y colectivas de la construcción de la obra "Subestación "Las Quemadas"", situada en C/ Imprenta de la Alborada s/n, Polígono las Quemadas, 14014 Córdoba, Córdoba (Córdoba), según el proyecto redactado por José Antonio Hidalgo Rodríguez. Todo ello con fin de evitar cualquier accidente o enfermedad profesional, que pueden ocasionarse durante el transcurso de la ejecución de la obra o en los futuros trabajos de conservación, reparación y mantenimiento.

3.1.2. DISPOSICIONES FACULTATIVAS.

3.1.2.1. DEFINICIÓN, ATRIBUCIONES Y OBLIGACIONES DE LOS AGENTES DE LA EDIFICACIÓN.

Las atribuciones y las obligaciones de los distintos agentes intervinientes en la edificación son las reguladas en sus aspectos generales por la "Ley 38/1999. Ley de Ordenación de la Edificación".

3.1.2.2. EL PROMOTOR.

Es la persona física o jurídica, pública o privada, que individual o colectivamente decide, impulsa, programa y financia con recursos propios o ajenos, las obras de edificación para sí o para su posterior enajenación, entrega o cesión a terceros bajo cualquier título. Tiene la responsabilidad de contratar a los técnicos redactores del preceptivo Estudio de Seguridad y Salud - o Estudio Básico, en su caso - al igual que a los técnicos coordinadores en la materia en la fase que corresponda, facilitando copias a las empresas contratistas, subcontratistas o trabajadores autónomos contratados directamente por el promotor, exigiendo la presentación de cada Plan de Seguridad y Salud previamente al comienzo de las obras.

El promotor tendrá la consideración de contratista cuando realice la totalidad o determinadas partes de la obra con medios humanos y recursos propios, o en el caso de contratar directamente a trabajadores autónomos para su realización o para trabajos parciales de la misma.



3.1.2.3. EL PROYECTISTA.

Es el agente que, por encargo del promotor y con sujeción a la normativa técnica y urbanística correspondiente, redacta el proyecto. Tomará en consideración en las fases de concepción, estudio y elaboración del proyecto básico y de ejecución, los principios y criterios generales de prevención en materia de seguridad y de salud, de acuerdo con la legislación vigente.

3.1.2.4. EL CONTRATISTA Y SUBCONTRATISTA.

Contratista es la persona física o jurídica que asume contractualmente ante el promotor, con medios humanos y materiales propios o ajenos, el compromiso de ejecutar la totalidad o parte de las obras, con sujeción al proyecto y al contrato.

Subcontratista es la persona física o jurídica que asume contractualmente ante el contratista, empresario principal, el compromiso de realizar determinadas partes o instalaciones de la obra, con sujeción al proyecto por el que se rige su ejecución.

El contratista comunicará a la autoridad laboral competente la apertura del centro de trabajo en la que incluirá el Plan de Seguridad y Salud.

Adoptará todas las medidas preventivas que cumplan los preceptos en materia de Prevención de Riesgos Laborales y Seguridad y Salud que establece la legislación vigente, redactando el correspondiente Plan de Seguridad y ajustándose al cumplimiento estricto y permanente de lo establecido en el Estudio Básico de Seguridad y Salud, disponiendo de todos los medios necesarios y dotando al personal del equipamiento de seguridad exigibles, cumpliendo las órdenes efectuadas por el coordinador en materia de seguridad y de salud durante la ejecución de la obra.

Supervisará de manera continuada el cumplimiento de las normas de seguridad, tutelando las actividades de los trabajadores a su cargo y, en su caso, relevando de su puesto a todos aquellos que pudieran menoscabar las condiciones básicas de seguridad personales o generales, por no estar en las condiciones adecuadas.

Entregará la información suficiente al coordinador en materia de seguridad y de salud durante la ejecución de la obra, donde se acredite la estructura organizativa de la empresa, sus responsabilidades, funciones, procesos, procedimientos y recursos materiales y humanos disponibles, con el fin de garantizar una adecuada acción preventiva de riesgos de la obra.

Entre las responsabilidades y obligaciones del contratista y de los subcontratistas en materia de seguridad y salud, cabe destacar:

- Aplicar los principios de la acción preventiva que se recogen en la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
- Cumplir y hacer cumplir a su personal lo establecido en el plan de seguridad y salud.



- Cumplir la normativa en materia de prevención de riesgos laborales, teniendo en cuenta, en su caso, las obligaciones sobre coordinación de actividades empresariales, durante la ejecución de la obra.
- Informar y proporcionar las instrucciones adecuadas y precisas a los trabajadores autónomos sobre todas las medidas que hayan de adoptarse en lo referente a su seguridad y salud en la obra.
- Atender las indicaciones y consignas del coordinador en materia de seguridad y salud, cumpliendo estrictamente sus instrucciones durante la ejecución de la obra.

Responderán de la correcta ejecución de las medidas preventivas fijadas en el plan de seguridad y salud en lo relativo a las obligaciones que les correspondan a ellos directamente o, en su caso, a los trabajadores autónomos por ellos contratados.

Responderán solidariamente de las consecuencias que se deriven del incumplimiento de las medidas previstas en el plan.

Las responsabilidades de los coordinadores, de la Dirección facultativa y del promotor, no eximirán de sus responsabilidades a los contratistas y a los subcontratistas.

3.1.2.5. LA DIRECCIÓN FACULTATIVA.

Se entiende como dirección facultativa:

- El técnico o los técnicos competentes designados por el promotor, encargados de la dirección y del control de la ejecución de la obra.

Las responsabilidades de la Dirección facultativa y del promotor, no eximen en ningún caso de las atribuibles a los contratistas y a los subcontratistas.

3.1.2.6. COORDINADOR DE SEGURIDAD Y SALUD EN PROYECTO.

Es el técnico competente designado por el promotor para coordinar, durante la fase del proyecto de ejecución, la aplicación de los principios y criterios generales de prevención en materia de seguridad y salud.

3.1.2.7. COORDINADOR DE SEGURIDAD Y SALUD EN EJECUCIÓN.

El Coordinador de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra, es el técnico competente designado por el promotor, que forma parte de la dirección facultativa.

Asumirá las tareas y responsabilidades asociadas a las siguientes funciones:

- Coordinar la aplicación de los principios generales de prevención y de seguridad, tomando las decisiones técnicas y de organización, con el fin de planificar las distintas tareas o fases de trabajo que vayan a desarrollarse simultánea o sucesivamente, estimando la duración requerida para la ejecución de las mismas.



- Coordinar las actividades de la obra para garantizar que los contratistas y, en su caso, los subcontratistas y los trabajadores autónomos, apliquen de manera coherente y responsable los principios de la acción preventiva recogidos en la legislación vigente.
- Aprobar el plan de seguridad y salud elaborado por el contratista y, en su caso, las modificaciones introducidas en el mismo.
- Organizar la coordinación de actividades empresariales.
- Coordinar las acciones y funciones de control de la aplicación correcta de los métodos de trabajo. Adoptar las medidas necesarias para que sólo las personas autorizadas puedan acceder a la obra.

La Dirección facultativa asumirá esta función cuando no fuera necesaria la designación de un coordinador.

3.1.2.8. TRABAJADORES AUTÓNOMOS.

Es la persona física, distinta del contratista y subcontratista, que realiza de forma personal y directa una actividad profesional, sin sujeción a un contrato de trabajo y que asume contractualmente ante el promotor, el contratista o el subcontratista, el compromiso de realizar determinadas partes o instalaciones de la obra.

Cuando el trabajador autónomo emplee en la obra a trabajadores por cuenta ajena, tendrá la consideración de contratista o subcontratista.

Los trabajadores autónomos cumplirán lo establecido en el plan de seguridad y salud.

3.1.2.9. TRABAJADORES POR CUENTA AJENA.

Los contratistas y subcontratistas deberán garantizar que los trabajadores reciban una información adecuada de todas las medidas que hayan de adoptarse en lo que se refiere a su seguridad y su salud en la obra.

El contratista facilitará a los representantes de los trabajadores en el centro de trabajo una copia del plan de seguridad y salud y de sus posibles modificaciones.

3.1.2.10. FABRICANTES Y SUMINISTRADORES DE EQUIPOS DE PROTECCIÓN Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN.

Los fabricantes, importadores y suministradores de maquinaria, equipos, productos y útiles de trabajo, deberán suministrar la información que indique la forma correcta de utilización por los trabajadores, las medidas preventivas adicionales que deban tomarse y los riesgos laborales que conlleven tanto su uso normal como su manipulación o empleo inadecuado.



3.1.2.11. RECURSOS PREVENTIVOS.

Con el fin de verificar el cumplimiento de las medidas incluidas en el Plan de Seguridad y Salud, el empresario designará para la obra los recursos preventivos correspondientes, que podrán ser:

- a) Uno o varios trabajadores designados por la empresa.
- b) Uno o varios miembros del servicio de prevención propio de la empresa.
- c) Uno o varios miembros del servicio o los servicios de prevención ajenos.

Las personas a las que se asigne esta vigilancia deberán dar las instrucciones necesarias para el correcto e inmediato cumplimiento de las actividades preventivas. En caso de observar un deficiente cumplimiento de las mismas o una ausencia, insuficiencia o falta de adecuación de las mismas, se informará al empresario para que éste adopte las medidas necesarias para su corrección, notificándose a su vez al Coordinador de Seguridad y Salud y al resto de la dirección facultativa.

En el Plan de Seguridad y Salud se especificarán los casos en que la presencia de los recursos preventivos es necesaria, especificándose expresamente el nombre de la persona o personas designadas para tal fin, concretando las tareas en las que inicialmente se prevé necesaria su presencia.

3.1.3. FORMACIÓN EN SEGURIDAD.

Con el fin de que todo el personal que acceda a la obra disponga de la suficiente formación en las materias preventivas de seguridad y salud, la empresa se encargará de su formación para la adecuada prevención de riesgos y el correcto uso de las protecciones colectivas e individuales. Dicha formación alcanzará todos los niveles de la empresa, desde los directivos hasta los trabajadores no cualificados, incluyendo a los técnicos, encargados, especialistas y operadores de máquinas entre otros.

3.1.4. RECONOCIMIENTOS MÉDICOS.

La vigilancia del estado de salud de los trabajadores quedará garantizada por la empresa contratista, en función de los riesgos inherentes al trabajo asignado y en los casos establecidos por la legislación vigente.

Dicha vigilancia será voluntaria, excepto cuando la realización de los reconocimientos sea imprescindible para evaluar los efectos de las condiciones de trabajo sobre su salud, o para verificar que su estado de salud no constituye un peligro para otras personas o para el mismo trabajador.



3.1.5. SALUD E HIGIENE EN EL TRABAJO.

3.1.5.1. PRIMEROS AUXILIOS.

El empresario designará al personal encargado de la adopción de las medidas necesarias en caso de accidente, con el fin de garantizar la prestación de los primeros auxilios y la evacuación del accidentado.

Se dispondrá, en un lugar visible de la obra y accesible a los operarios, un botiquín perfectamente equipado con material sanitario destinado a primeros auxilios.

El contratista instalará rótulos con caracteres legibles hasta una distancia de 2 m, en el que se suministre a los trabajadores y participantes en la obra la información suficiente para establecer rápido contacto con el centro asistencial más próximo.

3.1.5.2. ACTUACIÓN EN CASO DE ACCIDENTE.

En caso de accidente se tomarán solamente las medidas indispensables hasta que llegue la asistencia médica, para que el accidentado pueda ser trasladado con rapidez y sin riesgo. En ningún caso se le moverá, excepto cuando sea imprescindible para su integridad. Se comprobarán sus signos vitales (consciencia, respiración, pulso y presión sanguínea), se le intentará tranquilizar, y se le cubrirá con una manta para mantener su temperatura corporal. No se le suministrará agua, bebidas o medicamento alguno y, en caso de hemorragia, se presionarán las heridas con gasas limpias.

El empresario notificará el accidente por escrito a la autoridad laboral, conforme al procedimiento reglamentario.

3.1.6. DOCUMENTACIÓN DE OBRA.

3.1.6.1. ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD.

Es el documento elaborado por el técnico competente designado por el promotor, donde se precisan las normas de seguridad y salud aplicables a la obra, contemplando la identificación de los riesgos laborales que puedan ser evitados, indicando las medidas técnicas necesarias para ello. Incluye también las previsiones y las informaciones útiles para efectuar en su día, en las debidas condiciones de seguridad y salud, los previsibles trabajos posteriores.

3.1.6.2. PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD.

En aplicación del presente Estudio Básico de Seguridad y Salud, cada contratista elaborará el correspondiente plan de seguridad y salud en el trabajo en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen las previsiones contenidas en el presente estudio básico, en función de su propio sistema de ejecución de la obra. En dicho plan se incluirán, en su caso, las propuestas de medidas alternativas de prevención que el contratista proponga con la



correspondiente justificación técnica, que no podrán implicar disminución de los niveles de protección previstos en este estudio básico.

El coordinador en materia de seguridad y de salud durante la ejecución de la obra aprobará el plan de seguridad y salud antes del inicio de la misma.

El plan de seguridad y salud podrá ser modificado por el contratista en función del proceso de ejecución de la obra, de la evolución de los trabajos y de las posibles incidencias o modificaciones que puedan surgir durante el desarrollo de la misma, siempre con la aprobación expresa del Coordinador de Seguridad y Salud y la dirección facultativa.

Quienes intervengan en la ejecución de la obra, así como las personas u órganos con responsabilidades en materia de prevención de las empresas intervinientes en la misma y los representantes de los trabajadores, podrán presentar por escrito y de forma razonada, las sugerencias y alternativas que estimen oportunas. A tal efecto, el plan de seguridad y salud estará en la obra a disposición permanente de los mismos y de la dirección facultativa.

3.1.6.3. ACTA DE APROBACIÓN DEL PLAN.

El plan de seguridad y salud elaborado por el contratista será aprobado por el Coordinador de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra, por la dirección facultativa o por la Administración en el caso de obras públicas, quien deberá emitir un acta de aprobación como documento acreditativo de dicha operación, visado por el Colegio Profesional correspondiente.

3.1.6.4. COMUNICACIÓN DE APERTURA DE CENTRO DE TRABAJO.

La comunicación de apertura del centro de trabajo a la autoridad laboral competente será previa al comienzo de los trabajos y se presentará únicamente por los empresarios que tengan la consideración de contratistas.

La comunicación contendrá los datos de la empresa, del centro de trabajo y de producción y/o almacenamiento del centro de trabajo. Deberá incluir, además, el plan de seguridad y salud.

3.1.6.5. LIBRO DE INCIDENCIAS.

Con fines de control y seguimiento del plan de seguridad y salud, en cada centro de trabajo existirá un libro de incidencias que constará de hojas por duplicado, habilitado a tal efecto.

Será facilitado por el colegio profesional que vise el acta de aprobación del plan o la oficina de supervisión de proyectos u órgano equivalente cuando se trate de obras de las administraciones públicas.

El libro de incidencias deberá mantenerse siempre en la obra, en poder del Coordinador de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra, teniendo acceso la dirección facultativa de la obra, los contratistas y subcontratistas y los trabajadores autónomos, así como las personas u



órganos con responsabilidades en materia de prevención en las empresas intervinientes en la obra, los representantes de los trabajadores y los técnicos de los órganos especializados en materia de seguridad y salud en el trabajo de las administraciones públicas competentes, quienes podrán hacer anotaciones en el mismo.

El Coordinador de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra, deberá notificar al contratista afectado y a los representantes de los trabajadores de éste, sobre las anotaciones efectuadas en el libro de incidencias.

Cuando las anotaciones se refieran a cualquier incumplimiento de las advertencias u observaciones anteriores, se remitirá una copia a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social en el plazo de veinticuatro horas. En todo caso, deberá especificarse si la anotación se trata de una nueva observación o supone una reiteración de una advertencia u observación anterior.

3.1.6.6. LIBRO DE ÓRDENES.

En la obra existirá un libro de órdenes y asistencias, en el que la dirección facultativa reseñará las incidencias, órdenes y asistencias que se produzcan en el desarrollo de la obra. Las anotaciones así expuestas tienen rango de órdenes o comentarios necesarios de ejecución de obra y, en consecuencia, serán respetadas por el contratista de la obra.

3.1.6.7. LIBRO DE SUBCONTRATACIÓN.

El contratista deberá disponer de un libro de subcontratación, que permanecerá en todo momento en la obra, reflejando por orden cronológico desde el comienzo de los trabajos, todas y cada una de las subcontrataciones realizadas en una determinada obra con empresas subcontratistas y trabajadores autónomos.

Al libro de subcontratación tendrán acceso el promotor, la dirección facultativa, el Coordinador de Seguridad y Salud en fase de ejecución de la obra, las empresas y trabajadores autónomos intervinientes en la obra, los técnicos de prevención, los delegados de prevención, la autoridad laboral y los representantes de los trabajadores de las diferentes empresas que intervengan en la ejecución de la obra.

3.1.7. DISPOSICIONES ECONÓMICAS.

El marco de relaciones económicas para el abono y recepción de la obra se fija en el pliego de condiciones del proyecto o en el correspondiente contrato de obra entre el promotor y el contratista, debiendo contener al menos los puntos siguientes:

- Fianzas
- De los precios Precio básico
- Precio unitario
- Presupuesto de Ejecución Material (PEM) Precios contradictorios
- Reclamación de aumento de precios



- Formas tradicionales de medir o de aplicar los precios De la revisión de los precios contratados
- Acopio de materiales Obras por administración
- Valoración y abono de los trabajos Indemnizaciones Mutuas Retenciones en concepto de garantía Plazos de ejecución y plan de obra
- Liquidación económica de las obras Liquidación final de la obra

3.2. PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS PARTICULARES.

3.2.1. MEDIOS DE PROTECCIÓN COLECTIVA.

Los medios de protección colectiva se colocarán según las especificaciones del plan de seguridad y salud antes de iniciar el trabajo en el que se requieran, no suponiendo un riesgo en sí mismos.

Se repondrán siempre que estén deteriorados, al final del periodo de su vida útil, después de estar sometidos a solicitaciones límite, o cuando sus tolerancias sean superiores a las admitidas o aconsejadas por el fabricante.

El mantenimiento será vigilado de forma periódica (cada semana) por el Delegado de Prevención.

3.2.2. MEDIOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL.

Dispondrán de marcado CE, que llevarán inscrito en el propio equipo, en el embalaje y en el folleto informativo.

Serán ergonómicos y no causarán molestias innecesarias. Nunca supondrán un riesgo en sí mismos, ni perderán su seguridad de forma involuntaria.

El fabricante los suministrará junto con un folleto informativo en el que aparecerán las instrucciones de uso y mantenimiento, nombre y dirección del fabricante, grado o clase de protección, accesorios que pueda llevar y características de las piezas de repuesto, límite de uso, plazo de vida útil y controles a los que se ha sometido. Estará redactado de forma comprensible y, en el caso de equipos de importación, traducidos a la lengua oficial.

Serán suministrados gratuitamente por el empresario y se reemplazarán siempre que estén deteriorados, al final del periodo de su vida útil o después de estar sometidos a solicitaciones límite.

Se utilizarán de forma personal y para los usos previstos por el fabricante, supervisando el mantenimiento el Delegado de Prevención.



3.2.3. INSTALACIONES PROVISIONALES DE SALUD Y CONFORT.

Los locales destinados a instalaciones provisionales de salud y confort tendrán una temperatura, iluminación, ventilación y condiciones de humedad adecuadas para su uso. Los revestimientos de los suelos, paredes y techos serán continuos, lisos e impermeables, acabados preferentemente con colores claros y con material que permita la limpieza con desinfectantes o antisépticos.

El contratista mantendrá las instalaciones en perfectas condiciones sanitarias (limpieza diaria), estarán provistas de agua corriente fría y caliente y dotadas de los complementos necesarios para higiene personal, tales como jabón, toallas y recipientes de desechos.

3.2.3.1. VESTUARIOS.

Serán de fácil acceso, estarán próximos al área de trabajo y tendrán asientos y taquillas independientes bajo llave, con espacio suficiente para guardar la ropa y el calzado.

Se dispondrá una superficie mínima de 2 m² por cada trabajador destinada a vestuario, con una altura mínima de 2,30 m.

Cuando no se disponga de vestuarios, se habilitará una zona para dejar la ropa y los objetos personales bajo llave.

3.2.3.2. ASEOS Y DUCHAS.

Estarán junto a los vestuarios y dispondrán de instalación de agua fría y caliente, ubicando al menos una cuarta parte de los grifos en cabinas individuales con puerta con cierre interior. Las cabinas tendrán una superficie mínima de 2 m² y una altura mínima de 2,30 m. La dotación mínima prevista para los aseos será de:

- 1 ducha por cada 10 trabajadores o fracción que trabajen en la misma jornada 1 retrete por cada 25 hombres o fracción y 1 por cada 15 mujeres o fracción
- 1 lavabo por cada retrete
- 1 urinario por cada 25 hombres o fracción
- 1 secamanos de celulosa o eléctrico por cada lavabo 1 jabonera dosificadora por cada lavabo
- 1 recipiente para recogida de celulosa sanitaria
- 1 portarrollos con papel higiénico por cada inodoro

3.2.3.3. RETRETES.

Serán de fácil acceso y estarán próximos al área de trabajo. Se ubicarán preferentemente en cabinas de dimensiones mínimas 1,2x1,0 m con altura de 2,30 m, sin visibilidad desde el exterior y provistas de percha y puerta con cierre interior.



Dispondrán de ventilación al exterior, pudiendo no tener techo siempre que comuniquen con aseos o pasillos con ventilación exterior, evitando cualquier comunicación con comedores, cocinas, dormitorios o vestuarios.

Tendrán descarga automática de agua corriente y en el caso de que no puedan conectarse a la red de alcantarillado se dispondrá de letrinas sanitarias o fosas sépticas.

3.2.3.4. COMEDOR Y COCINA.

Los locales destinados a comedor y cocina estarán equipados con mesas, sillas de material lavable y vajilla, y dispondrán de calefacción en invierno. Quedarán separados de las áreas de trabajo y de cualquier fuente de contaminación ambiental.

En el caso de que los trabajadores lleven su propia comida, dispondrán de calentaplatos, prohibiéndose fuera de los lugares previstos la preparación de la comida mediante fuego, brasas o barbacoas.

La superficie destinada a la zona de comedor y cocina será como mínimo de 2 m² por cada operario que utilice dicha instalación.



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA

*Diseño de subestación secundaria híbrida, anillos de
media tensión y Centros de Transformación para el
polígono industrial "Las Quemadas", Córdoba*



Documento: Presupuesto

DOCUMENTO 6

PRESUPUESTOS



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA

*Diseño de subestación secundaria híbrida, anillos de
media tensión y Centros de Transformación para el
polígono industrial "Las Quemadas", Córdoba*



Documento: Presupuesto



ÍNDICE

1. PRESUPUESTO SUBESTACIÓN "LAS QUEMADAS".....	5
1.1. OBRA CIVIL Y ESTRUCTURAS.	5
1.2. INSTALACIONES 66 Kv.	6
1.3. TRANSFORMACIÓN.	6
1.4. INSTALACIONES 20 KV.....	7
1.5. SERVICIOS AUXILIARES.	7
1.6. SISTEMAS DE CONTROL Y PROTECCIÓN.	8
1.7. RED DE TIERRA.	9
PRESUPUESTO TOTAL SUBESTACIÓN	9
2. PRESUPUESTO ANILLOS DE DISTRIBUCIÓN MT.	10
3. PRESUPUESTO CT DE COMPAÑÍA.	11
3.1. OBRA CIVIL.....	11
3.2. EQUIPO DE MEDIA TENSIÓN.	11
3.3. EQUIPOS DE BAJA TENSIÓN.....	12
3.4. SISTEMA DE PUESTA A TIERRA.	12
3.5. VARIOS.....	12
PRESUPUESTO TOTAL CT DE COMPAÑÍA.	13
4. PRESUPUESTO CT DE CLIENTE: ALCOHOLES DEL SUR.	14
4.1. OBRA CIVIL.....	14
4.2. EQUIPO DE MEDIA TENSIÓN.	14
4.3. EQUIPO DE POTENCIA.	15
4.4. EQUIPOS DE BAJA TENSIÓN.....	15
4.5. SISTEMA DE PUESTA A TIERRA.	15
4.6. VARIOS.....	16
PRESUPUESTO TOTAL CT ALCOHOLES DEL SUR.	16
5. PRESUPUESTO CT DE CLIENTE: CERVEZAS ALHAMBRA.	17
5.1. OBRA CIVIL.....	17
5.2. EQUIPO DE MEDIA TENSIÓN.	17
5.3. EQUIPO DE POTENCIA.	18
5.4. EQUIPOS DE BAJA TENSIÓN.....	18
5.5. SISTEMA DE PUESTA A TIERRA.	18
5.6. VARIOS.....	19
PRESUPUESTO TOTAL CT ALCOHOLES DEL SUR.	19
6. RESUMEN PRESUPUESTOS. CONSIDERACIONES FINALES.	20



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA

Diseño de subestación secundaria híbrida, anillos de media tensión y Centros de Transformación para el polígono industrial "Las Quemadas", Córdoba



Documento: Presupuesto

**1. PRESUPUESTO SUBESTACIÓN "LAS QUEMADAS".****1.1. OBRA CIVIL Y ESTRUCTURAS.**

Partida	Ud	Definición	Medición	Precio ud. (€)	Total (€)
1.1.1	m3	Hormigón en masa HM-20/B/40/I, Hormigón en masa HM-20/B/40/I, de 20 N/mm ² ., consistencia blanda, T _{máx.} 40 mm. y ambiente normal, elaborado en central en relleno de zapatas y zanjas de cimentación, incluso vertido con grúa, vibrado, curado y colocado. Según EHE.			
		Total m3	301,000	80,16	24.128,16
1.1.2	kg	Acero UNE-EN 10025 S275JR Acero UNE-EN 10025 S275JR en vigas formadas por piezas simples de perfiles laminados en caliente de las series IPN, IPE, HEB, HEA, HEM o UPN, acabado con imprimación antioxidante, con uniones soldadas en obra, a una altura de hasta 3 m. El precio incluye las soldaduras, los cortes, los despuntes, las piezas especiales, los casquillos y los elementos auxiliares de montaje.			
		Total kg	29.316,000	2,22	65.081,52
1.1.3	m2	Compactación de explanada Compactación de explanada a cielo abierto, con medios mecánicos, hasta alcanzar una densidad seca no inferior al 95% de la máxima obtenida en el ensayo Proctor Modificado, realizado según UNE 103501. Incluye: Situación de los puntos topográficos. Humectación de las tierras. Compactación.			
		Total m2	2.912,000	1,92	5.591,04
1.1.4	m2	Hormigón HL-150/B/20 Hormigón HL-150/B/20, fabricado en central y vertido desde camión, para formación de capa de hormigón de limpieza y nivelado de fondos de cimentación, en el fondo de la excavación previamente realizada. Incluye: Replanteo. Colocación de toques y/o formación de maestras. Vertido y compactación del hormigón. Coronación y enrase del hormigón.			
		Total m2	460,000	64,27	29.564,20
1.1.5	ud	Puerta cancela Puerta cancela de carpintería metálica, de hoja corredera, dimensiones 500x220 cm, perfiles rectangulares en cerco zócalo inferior realizado con chapa grecada de 1,2 mm de espesor a dos caras, para acceso de vehículos. Apertura automática con equipo de automatismo recibido a obra para apertura y cierre automático de puerta.			
		Total ud	1,000	3.605,00	3.605,00
1.1.6	m	Vallado de parcela Vallado de parcela mediante panel de malla electrosoldada con pliegues de refuerzo, de 200x50 mm de paso de malla, reducido a 50x50 mm en las zonas de pliegue, y 5 mm de diámetro, enmarcada con tubos horizontales de 50x30x1,5 mm y tubos verticales de 40x30x1,5 mm, de 3,00x2,00 m, acabado galvanizado y plastificado en color verde RAL 6015 y postes de perfil hueco de sección rectangular, de 60x40x1,5 mm, empotrados en dados de hormigón o muretes de fábrica u hormigón.			
		Total m	208,000	101,15	21.039,20
1.1.7	m3	Excavación de zanjas para cimentaciones Excavación de zanjas para cimentaciones hasta una profundidad de 2 m, con medios mecánicos, y carga a camión. Incluye: Replanteo general y fijación de los puntos y niveles de referencia. Colocación de las camillas en las esquinas y extremos de las alineaciones. Excavación en sucesivas franjas horizontales y extracción de tierras. Carga a camión de sobrantes.			
		Total m3	301,000	9,13	2.748,13
1.1.8	m	Murete de vallado Formación de vallado de parcela con muro continuo de 0,5 m de altura y 30 cm de espesor de hormigón HAF-25/P-1,8-3,0/F/12/I/a fabricado en central, con un contenido de fibras con función estructural de 3 kg/m ³ , armado con malla electrosoldada ME 20x20 Ø 10-10 B 500 T 6x2,20 UNE-EN 10080. Incluso limpieza y preparación de la superficie de apoyo, montaje y desmontaje del sistema de encofrado recuperable metálico para acabado visto, formación de juntas, biselado de cantos y curado del hormigón.			
		Total m	208,000	45,59	9.482,72
1.1.9	m3	Grava superficial Zahorra natural caliza extendida en superficie de 15 cm de altura. entre cimentaciones y áreas fuera de vial y acera.			
		Total m3	405,000	10,53	4.264,65



1.2. INSTALACIONES 66 Kv.

Partida	Ud	Definición	Medición	Precio ud. (€)	Total (€)
1.2.1	ud	Autoválvulas 66 kV Pararrayos de varistores de óxidos metálicos en arrollamiento de fibra de vidrio con poliéster y envoltura polimérica. Tensión asignada 60 kV. 10 kA. Clase 2. Suministro y montaje. Incluye contador de descargas. Resto de características SNE020 y GSH005. Incluyendo el transporte, desembalaje (si fuera necesario), izado, nivelado, montaje de aisladores de anillo y contador de descargas y los cables de conexión de este último. Se incluyen pruebas, ensayos. Totalmente instalado en obra.			
		Total ud		15,000	568,32
					8.524,80
1.2.2	ud	Transformador de tensión Transformador de tensión, servicio exterior, tipo CPB-72, asilamiento 72,5 kV, relación 66.000/V3-110/V3-110/V3-110/V3 y precisión 0,5			
		Total ud		11,000	5.271,92
					57.991,12
1.2.3	ud	Aislador soporte Aislador vidriado, 66/72.5 kV, línea de fuga 2247.5 mm/kV con 4000 N de carga de rotura a flexión.			
		Total ud		75,000	591,63
					44.372,25
1.2.4	ud	Módulo híbrido Y1 Módulo híbrido Y1 PASS M00. Tensión nominal 72.5 kV. Interruptor automático: Corriente nominal 2500 A, Cortocircuito nominal 40 kA. Transformadores de intensidad 400-800/5-5-5 A. Seccionadores motorizados.			
		Total ud		4,000	252.350,00
					1.009.400,00
1.2.5	ud	Módulo híbrido Single Bay Módulo híbrido Single Bay PASS M00. Tensión nominal 72.5 kV. Interruptor automático: Corriente nominal 2500 A, Cortocircuito nominal 40 kA. Transformadores de intensidad 400-800/5-5-5 A. Seccionadores motorizados.			
		Total ud		1,000	191.580,00
					191.580,00
1.2.6	m	Tubo hueco Ø120/106 Al Conductor tubular de aleación de aluminio de diámetro exterior/interior 120/106 mm.			
		Total m		216,000	50,26
					10.856,16
1.2.7	m	Conductor LA-380 Conductor de aluminio trenzado con alma de acero sección 381 mm ² norma UNE-EN 50182			
		Total m		412,000	3,43
					1.413,16

1.3. TRANSFORMACIÓN.

1.3.1	ud	Transformador 63 MVA Transformador de potencia 66/20kV ONAN/ONAF, potencia 63 MVA			
		Total ud		2,000	252.350,00
					504.700,00
1.3.2	ud	Autoválvula 15kV Pararrayos de varistores de óxidos metálicos en arrollamiento de fibra de vidrio con poliéster y envoltura polimérica. Tensión asignada 15 kV. 10 kA. Clase 2. Incluye confección y conexión de terminal Pfisterer, montaje y pruebas			
		Total ud		6,000	652,30
					3.913,80
1.3.3	ud	Resistencia PAT Módulo de puesta a tierra con resistencia 42.7ohm 300A y accesorios. Incluye transporte montaje y pruebas.			
		Total ud		2,000	14.751,90
					29.503,80

**1.4. INSTALACIONES 20 kV.**

Partida	Ud	Definición	Medición	Precio ud. (€)	Total (€)
1.4.1	m	Conductor 630 mm² Cu Cable de media tensión de sección 630 mm ² de cobre, con aislamiento 12/20kV de polietileno XLPE			
		Total m		426,000	48,15 20.511,90
1.4.2	ud	Celda de línea/trafo 24kV Celda de 24 kV de tensión nominal, salida de línea, conteniendo interruptor tripolar no extraíble, SF6, 1250 A en embarrado simple, mando motorizado 125 Vcc, con bobina de cierre y disparo. Juego de transformadores de intensidad toroidales. Seccionadores tripolares de puesta a tierra. Compartimento de control.			
		Total ud		14,000	29.913,27 418.785,78
1.4.3	ud	Celda de BBCC Celda 24kV embarrado simple, Interruptor tripolar automático, seccionador tripolar de tres posiciones: conexión/desconexión a barra y puesta a tierra, 3 transformadores de intensidad de fase toroidales para protección, 3 detectores monofásicos de presencia de tensión con indicadores luminosos de estado sólido.			
		Total ud		2,000	28.122,67 56.245,34
1.4.4	ud	Celda trafo de SSAA Celda 24kV embarrado simple. Interruptor seccionador de apertura en carga por fusión fusibles, y cierre manual. 3 Fusibles de MT. 3 Transformadores de tensión, con un secundario de medida y protección y otro de protección. 3 Detectores monofásicos de presencia de tensión con indicadores luminosos de estado sólido.			
		Total ud		2,000	20.554,24 41.108,48
1.4.5	ud	Celda de remonte Celda 24kV embarrado simple. Seccionador tripolar de tres posiciones: conexión/desconexión a barra y puesta a tierra. Interruptor tripolar automático.			
		Total ud		2,000	14.072,54 28.145,08
1.4.6	ud	Celda de medida Celda 24kV embarrado simple. 3 transformadores de tensión, con un secundario de medida y otro de protección.			
		Total ud		2,000	21.117,38 42.234,76
1.4.7	ud	Módulo batería de condensadores Batería de condensadores 24kV 6MVAr doble estrella común, seccionador de puesta a tierra, dieléctrico libre de PCBs. Transformador toroidal 5/5A 10VA.			
		Total ud		2,000	27.855,00 55.710,00

1.5. SERVICIOS AUXILIARES.

Partida	Ud	Definición	Medición	Precio ud. (€)	Total (€)
1.5.1	ud	Transformador 20/0.4kV 250MVA Transformador de media a baja tensión de 250 KVA. de potencia, en baño de aceite, refrigeración natural, tensión primaria 20 kV., tensión secundaria 231/400 A., regulación +- 2,5% +- 5%; conexión DYn11; tensión de cortocircuito 4%. Termómetro de dos contactos y termostato, puentes entre módulo de protección y transformador con cables de A.T. 12/20 kV. unipolares de 1x95 mm ² . AI.			
		Total ud		2,000	8.377,35 16.754,70
1.5.2	ud	Armario SSAA en CA Suministro y montaje de los cuadros de distribución de los servicios auxiliares de C.C. Incluye: compra de todos los materiales (armario, UCPs de control, interruptores BT, etc), construcción en taller, embalaje, transporte con seguro, descarga, desembalaje, instalación en obra, nivelación anclaje y p.a.t., pruebas y p.e.s., según protocolos de la compañía distribuidora.			
		Total ud		1,000	4.278,21 4.278,21
1.5.3	ud	Armario SSAA en CC Suministro y montaje de equipos de control y protección de una posición cuadro S.A. de C.C. para dos distribuciones (Batería 1 y Batería 2). Incluye: suministro e instalación de un armario normalizado con la distribución de CC Batería 1 y Batería 2 (embalaje, transporte, descarga, desembalaje, instalación en obra, nivelación, anclaje y p.a.t.). Pruebas y puesta en marcha de la posición completa, locales y por telemando según protocolos de la compañía.			
		Total ud		2,000	4.266,08 8.532,16



1.5.4	ud	Equipos 48Vcc Baterías, rectificador y cargador para 48Vcc			
		Total ud	1,000	9.785,00	9.785,00
1.5.5	ud	Armario de contadores Construcción, instalación y p.e.s. de un armario de contadores y registradores para R.P.M. (incluye: embalaje, transporte, descarga, desembalaje, instalación en obra, nivelación, anclaje y p.a.t.) Pruebas y puesta en marcha de la posición completa, locales y por telemando según protocolos de la compañía distribuidora.			
		Total ud	1,000	850,00	850,00
1.5.6	ud	Instalaciones exteriores auxiliares Alumbrado, drenaje, antiintrusión, contra incendios.			
		Total ud	1,000	47.917,66	47.917,66

1.6. SISTEMAS DE CONTROL Y PROTECCIÓN.

Partida	Ud	Definición	Medición	Precio ud. (€)	Total (€)
1.6.1	ud	Unidad de Control de Subestación Suministro y montaje de la U.C.S. de Control según norma de compañía suministradora. Incluye: compra del armario construido y probado (el suministro incluye configuración, transporte con seguro y p.e.s.) descarga, desembalaje, instalación en obra, nivelación, anclaje y p.a.t. Se incluyen pruebas, ensayos. Totalmente instalado en obra.			
		Total ud	1,000	102.443,00	102.443,00
1.6.2	ud	Unidad Control de Posición de línea Suministro y montaje de equipos de control, protección, teleprotección y teledisparo de una posición de línea AT. Montaje de acuerdo con norma GE NNC002. Suministro e instalación de armario con todas las protecciones y el control de la posición montados y conexados. Ajuste, configuración y ensayo de protecciones. Cálculos de ajustes. Pruebas y puesta en marcha completa, locales y por telemando según protocolos de la compañía distribuidora.			
		Total ud	3,000	13.954,00	41.862,00
1.6.3	ud	Unidad de Control de Posición de transformador Suministro y montaje de equipos de control, protección, teleprotección y teledisparo de una posición de trafo AT/MT. Montaje de acuerdo con norma GE NNC002. Suministro e instalación de un armario con todas las protecciones y el control de la posición montados y conexados. Ajuste, configuración y ensayo de protecciones. Cálculos de ajustes. Pruebas y puesta en marcha de la posición completa, locales y por telemando según protocolos de la compañía distribuidora.			
		Total ud	2,000	13.931,78	27.863,56
1.6.4	ud	Armario de telecomunicaciones Suministro y montaje de un armario de telecomunicaciones con equipos fibra óptica de acuerdo a normativa compañía distribuidora. Incluye: compra equipos normalizados a suministrador homologado (el suministro incluye transporte con seguro y p.e.s.) descarga, desembalaje, instalación en obra, nivelación anclaje y p.a.t. Se incluyen, pruebas, ensayos. Totalmente instalado en obra.			
		Total ud	1,000	65.627,15	65.627,15

**1.7. RED DE TIERRA.**

1.7.1	ud	Red de tierra inferior Red de toma de tierra compuesta por 1456m de cable de cobre desnudo de 95 mm ² de la línea principal de toma de tierra, enterrado a 80 cm, 200 m de cable de cobre desnudo de 95 mm ² para la toma de tierra de las estructuras, soldaduras aluminotérmicas en cruz y T, registro de comprobación y puente de prueba. Totalmente montada, conexionada y probada.		
		Total ud	1,000	26.697,60
				26.697,60
1.7.2	ud	Protección contra el rayo Sistema externo de protección frente al rayo, formado por pararrayos tipo Franklin, con semiángulo de protección de 25° para un nivel de protección 1 según DB SUA Seguridad de utilización y accesibilidad (CTE), colocado en estructura sobre mástil telescópico de acero galvanizado en caliente. Incluye: Replanteo. Colocación del mástil. Ejecución de la toma de tierra. Montaje, conexionado y comprobación de su correcto funcionamiento.		
		Total ud	4,000	4.165,50
				16.662,00

PRESUPUESTO TOTAL SUBESTACIÓN**Presupuesto de ejecución material**

1 OBRA CIVIL CIMENTACIONES Y ESTRUCTURAS .	165.504,62 €
2 INSTALACIONES 66KV .	1.324.137,49 €
3 TRANSFORMACIÓN .	538.117,60 €
4 INSTALACIONES 20 KV .	662.741,34 €
5 SERVICIOS AUXILIARES .	88.117,73 €
6 SISTEMA DE CONTROL Y PROTECCIÓN .	237.795,71 €
7 RED DE TIERRA .	43.359,60 €
Total:	3.059.774,09 €

Asciende el presupuesto de ejecución material a la expresada cantidad de TRES MILLONES CINCUENTA Y NUEVE MIL SETECIENTOS SETENTA Y CUATRO EUROS CON NUEVE CÉNTIMOS.

El proyectista/estudiante:
José Antonio Hidalgo Rodríguez.

**2. PRESUPUESTO ANILLOS DE DISTRIBUCIÓN MT.**

Partida	Ud	Definición	Medición	Precio ud. (€)	Total (€)
2.1.1	m	Conductor 630 mm2 AI XLPE Conductor de aluminio de 630mm2 de sección, pantalla de cobre de 16mm2, 12/20kV, aislamiento de XLPE, norma UNE HD 620-9E, normalizado por la compañía distribuidora.			
		Total m	67161,000	15,24	1.020.847,20
2.1.2	m	Zanja canalizaciones de líneas Ejecución de zanja 70 cm de ancho, 112 cm de profundidad, alojamiento de tubos PE Ø200mm, tetratubo de control, con relleno de arena, placas PE de protección mecánica, tierra compactada, y cinta de señalización. Incluye reposición de pavimento o capa bituminosa asfalto.			
		Total m	11.965,000	152,22	1.831.312,30
2.1.3	m	Tubo PE Ø200mm Canalización subterránea de protección del cableado de MT, formada por tubo protector de polietileno de doble pared, de 200 mm de diámetro, resistencia a compresión mayor de 250 N, montada, conexionada y probada. Incluye: Replanteo. Colocación del tubo.			
		Total m	33.984,000	7,92	269.153,28
2.1.4	ud	Arqueta tipo A1 Ejecución de arquetas tipo A1 normalizadas por Endesa, con marco y tapa de fundición			
		Total ud	320,000	464,00	148.480,00
2.1.5	ud	Arqueta tipo A2 Ejecución de arquetas tipo A2 normalizadas por Endesa, con marco y tapa de fundición			
		Total ud	9,000	785,00	7.065,00
2.1.6	ud	Mano de obra Tendido de las líneas de los anillos por canalizaciones, conexión de pantallas método Solid Bonding, montaje de terminales enchufables.			
		Total m3	1,000	-	184.356,00

Presupuesto de ejecución material**TOTAL: 3.461.213,78 €****TRES MILLONES, CUATROCIENTOS SESENTA Y UN MIL, DOSCIENTOS TRECE EUROS CON 78 CÉNTIMOS.**El proyectista/estudiante:
José Antonio Hidalgo Rodríguez.



3. PRESUPUESTO CT DE COMPAÑÍA.

3.1. OBRA CIVIL.

Partida	Ud	Definición	Medición	Precio ud. (€)	Total (€)
3.1.1	ud	Edificio de transformación pfu.5/20 Edificio prefabricado constituido por una envolvente, de estructura monobloque, de hormigón armado, tipo pfu.5/20, de dimensiones generales aproximadas 6080 mm de largo por 2380 mm de fondo por 3045 mm de alto. Incluye el edificio y todos sus elementos exteriores según CEI 622171-202, transporte, montaje y accesorios.			
		Total m		1,000	11.825,00
					11.825,00

3.2. EQUIPO DE MEDIA TENSIÓN.

Partida	Ud	Definición	Medición	Precio ud. (€)	Total (€)
3.2.1	ud	E/S línea 1, E/S línea 2, Protección Transformador 1: cgmcosmos-2lp Equipo compacto de corte y aislamiento íntegro en gas, preparado para una eventual inmersión, fabricado por ORMAZABAL: Un = 24 Kv, In = 630 A, Icc = 16 kA / 40 kA, Dimensiones: 1190 mm / 735 mm / 1300 mm, Mecanismo de Maniobra 1: motorizado BM, Mecanismo de Maniobra 2: motorizado BM, Mecanismo de Maniobra (Prot. Fusibles): manual tipo BR. Incluye montaje y conexión			
		Total m		1,000	10.775,00
					10.775,00
3.2.2	ud	Protección transformador 2: cgmcosmos-p Módulo metálico de corte y aislamiento íntegro en gas, preparado para una eventual inmersión, fabricado por ORMAZABAL con las siguientes características: Un = 24 kV, In = 630 A, Icc = 16 kA / 40 kA, Dimensiones: 470 mm / 735 mm / 1300 mm, Mando (fusibles): manual BBR.. Incluye montaje y conexión.			
		Total m		1,000	3.612,50
					3.612,50
3.2.3	ud	Puentes MT 12/20 kV Cables MT 12/20 kV del tipo RH5Z1, unipolares, con conductores de sección y material 1x95 Al empleando 3 de 10 m de longitud, y terminaciones EUROMOLD de 24 kV del tipo enchufable acodada y modelo K158LR. En el otro extremo son del tipo enchufable recta y modelo K152SR.			
		Total m		2,000	1.175,00
					2.350,00
3.2.4	ud	Interconexión Enchufable apantallada no accesible de la función de protección MT y de la función transformador mediante conjuntos de unión unipolares de aislamiento 36 kV ORMALINK de Ormazabal			
		Total ud		1,000	1.175,00
					1.175,00
3.2.5	ud	Transformador 20/0'4kV 1000MVA Transformador trifásico reductor de tensión marca ORMAZABAL, según las normas citadas en la Memoria con neutro accesible en el secundario, de potencia 1000 kVA y refrigeración natural aceite, de tensión primaria 20 kV y tensión secundaria 420 V en vacío (B2), grupo de conexión Dyn11, de tensión de cortocircuito de 6% y regulación primaria de +/- 2,5%, +/- 5%, + 10%. Incluye protección por termómetro.			
		Total ud		2,000	30.292,81,00
					60.585,00,00
3.2.6	ud	Mano de obra Tendido de las líneas de los anillos por canalizaciones, conexión de pantallas método Solid Bonding, montaje de terminales enchufables.			
		Total m3		1,000	-
					184.356,00



3.3. EQUIPOS DE BAJA TENSIÓN.

Partida	Ud	Definición	Medición	Precio ud. (€)	Total (€)
3.3.1	ud	Cuadro BT Cuadro de Baja Tensión de distribución avanzado ADDIBO.URBAN, con 8 salidas con fusibles salidas trifásicas con fusibles en BTVC, y demás características descritas en la Memoria.			
		Total m		2,000	0,00
3.3.2	ud	Puentes BT Juego de puentes de cables de BT, de sección y material 0,6/1 kV tipo RZ1 de 1x240Al sin armadura, y todos los accesorios para la conexión, formados por un grupo de cables en la cantidad 4xfase + 2xneutro de 2,5 m de longitud.			
		Total m		2,000	1.300,00
					2.600,00

3.4. SISTEMA DE PUESTA A TIERRA.

Partida	Ud	Definición	Medición	Precio ud. (€)	Total (€)
3.4.1	ud	Tierras exteriores de protección: Anillo rectangular Instalación exterior de puesta a tierra de protección en el edificio de transformación, debidamente montada y conexonada, empleando conductor de cobre desnudo. El conductor de cobre está unido a picas de acero cobreado de 14 mm de diámetro. Geometría: Anillo rectangular. Profundidad: 0,5 m.· Número de picas: cuatro. Longitud de picas: 2 metros. Dimensiones del rectángulo: 7.0x2.5 m			
		Total m		1,000	1.285,00
3.4.2	ud	Tierras exteriores de servicio: Picas alineadas Tierra de servicio o neutro del transformador. Instalación exterior realizada con cobre aislado con el mismo tipo de materiales que las tierras de protección. Geometría: Picas alineadas. Profundidad: 0,5 m Número de picas: dos. Longitud de picas: 2 metros. Distancia entre picas: 3 metros			
		Total m		1,000	630,00
					630,00
3.4.3	ud	Tierras interiores de protección Instalación de puesta a tierra de protección en el edificio de transformación, con el conductor de cobre desnudo, grapado a la pared, y conectado a los equipos de MT y demás aparataje de este edificio, así como una caja general de tierra de protección según las normas de la compañía suministradora.			
		Total m		1,000	925,00
					925,00
3.4.4	ud	Tierras interiores de servicio Instalación de puesta a tierra de servicio en el edificio de transformación, con el conductor de cobre aislado, grapado a la pared, y conectado al neutro de BT, así como una caja general de tierra de servicio según las normas de la compañía suministradora.			
		Total ud		1,000	925,00
					925,00

3.5. VARIOS.

Partida	Ud	Definición	Medición	Precio ud. (€)	Total (€)
3.5.1	ud	Armario de telemando tipo CM-UP Cajón de control según norma GTRS001 descrito en la memoria. Incluye el conexionado y las pruebas de interoperabilidad de toda la solución.			
		Total m		1,000	10.775,00
					10.775,00
3.5.2	ud	Defensa de transformador Protección metálica para defensa del transformador.			
		Total m		2,000	233,00
					466,00
3.5.3	ud	Iluminación interior Equipo de alumbrado que permita la suficiente visibilidad para ejecutar las maniobras y revisiones necesarias en los equipos de MT. Equipo autónomo de alumbrado de emergencia y señalización.			
		Total m		1,000	600,00
					600,00
3.5.4	ud	Equipo de seguridad y maniobra Equipo de operación que permite tanto la realización de maniobras con aislamiento suficiente para proteger al personal durante la operación, tanto de maniobras como de mantenimiento, compuesto			



por: Banquillo aislante, par de guantes aislantes, extintor de eficacia 89B, una palanca de accionamiento y armario de primeros auxilios.

Total ud	1,000	700,00	700,00
----------------	-------	--------	---------------

PRESUPUESTO TOTAL CT DE COMPAÑÍA.

Presupuesto de ejecución material

1 OBRA CIVIL.	11.825,62 €
2 APARAMENTA MT.	16.737,50 €
3 EQUIPOS DE POTENCIA.	60.585,00 €
4 EQUIPOS BT.	2.600,00 €
5 SISTEMA DE TIERRAS.	3.765,00 €
6 VARIOS.	12.266,00 €
Total:	107.779,12 €

Asciende el presupuesto de ejecución material a la expresada cantidad de CIENTO SIETE MIL SETECIENTOS SETENTA Y NUEVE EUROS CON 12 CÉNTIMOS.

El proyectista/estudiante:
José Antonio Hidalgo Rodríguez.



4. PRESUPUESTO CT DE CLIENTE: ALCOHOLES DEL SUR.

4.1. OBRA CIVIL.

Partida	Ud	Definición	Medición	Precio ud. (€)	Total (€)
4.1.1	ud	Edificio de transformación pfu.7/20 Edificio prefabricado constituido por una envolvente, de estructura monobloque, de hormigón armado, tipo pfu.7/20, de dimensiones generales aproximadas 8080 mm de largo por 2380 mm de fondo por 3250 mm de alto. Incluye el edificio y todos sus elementos exteriores según CEI 622171-202, transporte, montaje y accesorios.			
		Total m		1,000	15.475,00
					15.475,00

4.2. EQUIPO DE MEDIA TENSIÓN.

Partida	Ud	Definición	Medición	Precio ud. (€)	Total (€)
4.2.1	ud	Entrada/Salida: cgmcosmos-I Módulo metálico de corte y aislamiento íntegro en gas, preparado para una eventual inmersión, fabricado por ORMAZABAL. Un = 24 kV, In = 630 A, Icc = 16 kA / 40 kA, Dimensiones: 365 mm / 735 mm / 1300 mm, Mando: motorizado tipo BM. Incluye montaje y conexión.			
		Total m		2,000	4.712,50
					9.425,00
4.2.2	ud	Seccionamiento de compañía: cgmcosmos-I Módulo metálico de corte y aislamiento íntegro en gas, preparado para una eventual inmersión, fabricado por ORMAZABAL. Un = 24 kV, In = 630 A, Icc = 16 kA / 40 kA, Dimensiones: 365 mm / 735 mm / 1300 mm, Mando: motorizado tipo BM. Incluye montaje y conexión.			
		Total m		1,000	4.712,50
					4.712,50
4.2.3	ud	Remonte a protección general: cgmcosmos-rc Módulo metálico para protección del remonte de cables al embarrado general, fabricado por ORMAZABAL. Un = 24 kV. Dimensiones: 365 mm / 735 mm / 1740 mm. Se incluyen el montaje y conexión.			
		Total m		1,000	1.350,00
					1.350,00
4.2.4	ud	Protección general:cgmcosmos-v Módulo metálico de corte en vacío y aislamiento íntegro en gas, preparado para una eventual inmersión, fabricado por ORMAZABAL. Un = 24 kV. In = 630 A. Icc = 16 kA / 40 kA. Dimensiones: 480 mm / 850 mm / 1740 mm. Mando (automático): manual RAV. Relé de protección: ekor.rpg-2001B. Incluye montaje y conexión.			
		Total ud		1,000	10.937,50
					10.937,50
4.2.5	ud	Medida: cgmcosmos-m Módulo metálico, conteniendo en su interior debidamente montados y conexiónados los aparatos y materiales adecuados, fabricado por ORMAZABAL. Un = 24 kV. Dimensiones: 800 mm / 1025 mm / 1740 mm. Se incluyen en la celda tres (3) transformadores de tensión y tres (3) transformadores de intensidad, para la medición de la energía eléctrica consumida. Incluye montaje y conexión.			
		Total ud		1,000	6.150,00
					6.150,00
4.2.6	ud	Protección de transformador: cgmcosmos-p Módulo metálico de corte y aislamiento íntegro en gas, preparado para una eventual inmersión, fabricado por ORMAZABAL. Un = 24 kV. In = 630 A. Icc = 16 kA / 40 kA. Dimensiones: 470 mm / 735 mm / 1740 mm. Mando (fusibles): manual tipo BR. Relé de protección: ekor.rpt-2001B. Incluye montaje y conexión.			
		Total m3		2,000	5.862,50
					11.725,00
4.2.7	ud	Puentes MT Cables MT 12/20 kV del tipo HEPRZ1, unipolares, con conductores de sección y material 1x95 Al empleando 3 de 10 m de longitud, y terminaciones EUROMOLD de 24 kV del tipo enchufable acodada y modelo K158LR. En el otro extremo son del tipo enchufable recta y modelo K152SR.			
		Total m		2,000	4.712,50
					9.425,00
4.2.8	ud	Interconexión Enchufable apantallada no accesible de la función de protección MT y de la función transformador mediante conjuntos de unión unipolares de aislamiento 36 kV ORMALINK de Ormazabal			
		Total ud		1,000	1.175,00
					Total ud



4.3. EQUIPO DE POTENCIA.

Partida	Ud	Definición	Medición	Precio ud. (€)	Total (€)
4.3.1	ud	Transformador transformador 24 Kv Transformador trifásico reductor de tensión marca ORMAZABAL, según las normas citadas en la Memoria con neutro accesible en el secundario, de potencia 1000 kVA y refrigeración natural éster biodegradable, de tensión primaria 20 kV y tensión secundaria 420 V en vacío (B2), grupo de conexión DYN11, de tensión de cortocircuito de 6% y regulación primaria de +/-2.5%, +/-5%, +10%.			
		Total m		2,000	33.664,06
					67.328,12

4.4. EQUIPOS DE BAJA TENSIÓN.

Partida	Ud	Definición	Medición	Precio ud. (€)	Total (€)
4.4.1	ud	Cuadro BT – B2 Cuadro de BT especialmente diseñado para esta aplicación. Interruptor manual de corte en carga 1600A. 1 salida formada por bases portafusibles. Tensión nominal 400V. Aislamiento 10kV. Dimensiones: Alto 1820 mm. Ancho 580 mm. Fondo 300 mm			
		Total m		2,000	3.600,00
					7.200,00
4.4.2	ud	Puentes BT Juego de puentes de cables de BT, de sección y material 0,6/1 kV tipo RZ1 de 1x240Al sin armadura, y todos los accesorios para la conexión, formados por un grupo de cables en la cantidad 4xfase + 2xneutro de 2,5 m de longitud.			
		Total m		2,000	1.300,00
					2.600,00
4.4.3	ud	Equipo de medida Contador tarifador electrónico multifunción, registrador electrónico y regleta de verificación.			
		Total m		1,000	3.288,00
					3.288,00

4.5. SISTEMA DE PUESTA A TIERRA.

Partida	Ud	Definición	Medición	Precio ud. (€)	Total (€)
4.4.1	ud	Tierras exteriores de protección: Picas alineadas Instalación exterior de puesta a tierra de protección en el edificio de transformación, debidamente montada y conexionada, empleando conductor de cobre desnudo. El conductor de cobre está unido a picas de acero cobreado de 14 mm de diámetro. Geometría: Picas alineadas. Profundidad: 0,5 m. Número de picas: cuatro. Longitud de picas: 2 metros. Distancia entre picas: 3m.			
		Total m		1,000	1.000,00
					1.000,00
4.4.2	ud	Tierras exteriores de servicio: Picas alineadas Instalación exterior de puesta a tierra de protección en el edificio de transformación, debidamente montada y conexionada, empleando conductor de cobre desnudo. El conductor de cobre está unido a picas de acero cobreado de 14 mm de diámetro. Geometría: Picas alineadas. Profundidad: 0,5 m. Número de picas: cuatro. Longitud de picas: 2 metros. Distancia entre picas: 3m.			
		Total m		1,000	630,00
					630,00
4.4.3	ud	Tierras interiores de protección Instalación de puesta a tierra de protección en el edificio de transformación, con el conductor de cobre desnudo, grapado a la pared, y conectado a los equipos de MT y demás aparataje de este edificio, así como una caja general de tierra de protección según las normas de la compañía suministradora.			
		Total m		1,000	925,00
					925,00
4.4.4	ud	Tierras interiores de servicio Instalación de puesta a tierra de servicio en el edificio de transformación, con el conductor de cobre aislado, grapado a la pared, y conectado al neutro de BT, así como una caja general de tierra de servicio según las normas de la compañía suministradora.			
		Total ud		1,000	925,00
					925,00

**4.6. VARIOS.**

Partida	Ud	Definición	Medición	Precio ud. (€)	Total (€)
4.5.1	ud	Armario de telemando tipo CM-UP Cajón de control según norma GTRS001 descrito en la memoria. Incluye el conexionado y las pruebas de interoperabilidad de toda la solución.			
		Total m		1,000	10.500,00
4.5.2	ud	Defensa de transformador Protección metálica para defensa del transformador.			
		Total m		2,000	283,00
4.5.3	ud	Iluminación interior Equipo de alumbrado que permita la suficiente visibilidad para ejecutar las maniobras y revisiones necesarias en los equipos de MT. Equipo autónomo de alumbrado de emergencia y señalización.			
		Total m		1,000	600,00
4.5.4	ud	Equipo de seguridad y maniobra Equipo de operación que permite tanto la realización de maniobras con aislamiento suficiente para proteger al personal durante la operación, tanto de maniobras como de mantenimiento, compuesto por: Banquillo aislante, par de guantes aislantes, extintor de eficacia 89B, una palanca de accionamiento y armario de primeros auxilios.			
		Total ud		1,000	550,00

PRESUPUESTO TOTAL CT ALCOHOLES DEL SUR.**Presupuesto de ejecución material**

1 OBRA CIVIL.	15.475,00 €
2 APARAMENTA MT.	47.825,00 €
3 EQUIPOS DE POTENCIA.	67.328,12 €
4 EQUIPOS BT.	13.088,00 €
5 SISTEMA DE TIERRAS.	3.480,00 €
6 VARIOS.	12.216,00 €
Total:	159.412,12 €

Asciende el presupuesto de ejecución material a la expresada cantidad de **CIENTO CINCUENTA Y NUEVE MIL CUATROCIENTOS DOCE EUROS CON 12 CÉNTIMOS**

El proyectista/estudiante:
José Antonio Hidalgo Rodríguez.

**5. PRESUPUESTO CT DE CLIENTE: CERVEZAS ALHAMBRA.****5.1. OBRA CIVIL.**

Partida	Ud	Definición	Medición	Precio ud. (€)	Total (€)
5.1.1	ud	Acondicionamiento de edificio Acondicionamiento de un edificio ya existente o fabricado en obra civil, para albergar la aparta- mentación, transformadores y demás elementos en las condiciones especificadas en Características de los Materiales.			
		Total m		1,000	3.810,00
					3.810,00

5.2. EQUIPO DE MEDIA TENSIÓN.

Partida	Ud	Definición	Medición	Precio ud. (€)	Total (€)
5.2.1	ud	Entrada/Salida: cgmcosmos-I Módulo metálico de corte y aislamiento íntegro en gas, preparado para una eventual inmersión, fabricado por ORMAZABAL. Un = 24 kV, In = 630 A, Icc = 16 kA / 40 kA, Dimensiones: 365 mm / 735 mm / 1300 mm, Mando: motorizado tipo BM. Incluye montaje y conexión.			
		Total m		2,000	4.712,50
					9.425,00
5.2.2	ud	Seccionamiento de compañía: cgmcosmos-I Módulo metálico de corte y aislamiento íntegro en gas, preparado para una eventual inmersión, fabricado por ORMAZABAL. Un = 24 kV, In = 630 A, Icc = 16 kA / 40 kA, Dimensiones: 365 mm / 735 mm / 1300 mm, Mando: motorizado tipo BM. Incluye montaje y conexión.			
		Total m		1,000	4.712,50
					4.712,50
5.2.3	ud	Remonte a protección general: cgmcosmos-rc Módulo metálico para protección del remonte de cables al embarrado general, fabricado por ORMAZABAL. Un = 24 kV. Dimensiones: 365 mm / 735 mm / 1740 mm. Se incluyen el montaje y conexión.			
		Total m		1,000	1.350,00
					1.350,00
5.2.4	ud	Protección general: cgmcosmos-v Módulo metálico de corte en vacío y aislamiento íntegro en gas, preparado para una eventual inmersión, fabricado por ORMAZABAL. Un = 24 kV. In = 630 A. Icc = 16 kA / 40 kA. Dimensiones: 480 mm / 850 mm / 1740 mm. Mando (automático): manual RAV. Relé de protección: ekor.rpg-2001B. Incluye montaje y conexión.			
		Total ud		1,000	10.937,50
					10.937,50
5.2.5	ud	Medida: cgmcosmos-m Módulo metálico, conteniendo en su interior debidamente montados y conexiónados los aparatos y materiales adecuados, fabricado por ORMAZABAL. Un = 24 kV. Dimensiones: 800 mm / 1025 mm / 1740 mm. Se incluyen en la celda tres (3) transformadores de tensión y tres (3) transformadores de intensidad, para la medición de la energía eléctrica consumida. Incluye montaje y conexión.			
		Total ud		1,000	6.150,00
					6.150,00
5.2.6	ud	Protección de transformador: cgmcosmos-p Módulo metálico de corte y aislamiento íntegro en gas, preparado para una eventual inmersión, fabricado por ORMAZABAL. Un = 24 kV. In = 630 A. Icc = 16 kA / 40 kA. Dimensiones: 470 mm / 735 mm / 1740 mm. Mando (fusibles): manual tipo BR. Relé de protección: ekor.rpt-2001B. Incluye montaje y conexión.			
		Total m3		4,000	5.862,50
					23.450,00
5.2.7	ud	Puentes MT Cables MT 12/20 kV del tipo HEPRZ1, unipolares, con conductores de sección y material 1x95 Al empleando 3 de 10 m de longitud, y terminaciones EUROMOLD de 24 kV del tipo enchufable acodada y modelo K158LR. En el otro extremo son del tipo enchufable recta y modelo K152SR.			
		Total m		4,000	1.175,00
					4.700,00
5.2.8	ud	Interconexión Enchufable apantallada no accesible de la función de protección MT y de la función transformador mediante conjuntos de unión unipolares de aislamiento 36 kV ORMALINK de Ormazabal			
		Total ud		1,000	1.175,00
					Total ud



5.3. EQUIPO DE POTENCIA.

Partida	Ud	Definición	Medición	Precio ud. (€)	Total (€)
5.3.1	ud	Transformador transformador 24 Kv Transformador trifásico reductor de tensión marca ORMAZABAL, según las normas citadas en la Memoria con neutro accesible en el secundario, de potencia 1000 kVA y refrigeración natural éster biodegradable, de tensión primaria 20 kV y tensión secundaria 420 V en vacío (B2), grupo de conexión DYN11, de tensión de cortocircuito de 6% y regulación primaria de +/-2.5%, +/-5%, +10%.			
		Total m		4,000	30.292,81
					121.171,24

5.4. EQUIPOS DE BAJA TENSIÓN.

Partida	Ud	Definición	Medición	Precio ud. (€)	Total (€)
5.4.1	ud	Cuadro BT – B2 Cuadro de BT especialmente diseñado para esta aplicación. Interruptor manual de corte en carga 1600A. 1 salida formada por bases portafusibles. Tensión nominal 400V. Aislamiento 10kV. Dimensiones: Alto 1820 mm. Ancho 580 mm. Fondo 300 mm			
		Total m		4,000	3.600,00
					14.400,00
5.4.2	ud	Puentes BT Juego de puentes de cables de BT, de sección y material 0,6/1 kV tipo RZ1 de 1x240Al sin armadura, y todos los accesorios para la conexión, formados por un grupo de cables en la cantidad 4xfase + 2xneutro de 2,5 m de longitud.			
		Total m		4,000	1.300,00
					5.200,00
5.4.3	ud	Equipo de medida Contador tarifador electrónico multifunción, registrador electrónico y regleta de verificación.			
		Total m		1,000	3.288,00
					3.288,00

5.5. SISTEMA DE PUESTA A TIERRA.

Partida	Ud	Definición	Medición	Precio ud. (€)	Total (€)
5.4.1	ud	Tierras exteriores de protección: Picas alineadas Instalación exterior de puesta a tierra de protección en el edificio de transformación, debidamente montada y conexionada, empleando conductor de cobre desnudo. El conductor de cobre está unido a picas de acero cobreado de 14 mm de diámetro. Geometría: Picas alineadas. Profundidad: 0,5 m. Número de picas: cuatro. Longitud de picas: 2 metros. Distancia entre picas: 3m.			
		Total m		1,000	630,00
					630,00
5.4.2	ud	Tierras exteriores de servicio: Picas alineadas Instalación exterior de puesta a tierra de protección en el edificio de transformación, debidamente montada y conexionada, empleando conductor de cobre desnudo. El conductor de cobre está unido a picas de acero cobreado de 14 mm de diámetro. Geometría: Picas alineadas. Profundidad: 0,5 m. Número de picas: cuatro. Longitud de picas: 2 metros. Distancia entre picas: 3m.			
		Total m		1,000	630,00
					630,00
5.4.3	ud	Tierras interiores de protección Instalación de puesta a tierra de protección en el edificio de transformación, con el conductor de cobre desnudo, grapado a la pared, y conectado a los equipos de MT y demás aparataje de este edificio, así como una caja general de tierra de protección según las normas de la compañía suministradora.			
		Total m		1,000	925,00
					925,00
5.4.4	ud	Tierras interiores de servicio Instalación de puesta a tierra de servicio en el edificio de transformación, con el conductor de cobre aislado, grapado a la pared, y conectado al neutro de BT, así como una caja general de tierra de servicio según las normas de la compañía suministradora.			
		Total ud		1,000	925,00
					925,00

**5.6. VARIOS.**

Partida	Ud	Definición	Medición	Precio ud. (€)	Total (€)
5.5.1	ud	Armario de telemando tipo CM-UP Cajón de control según norma GTRS001 descrito en la memoria. Incluye el conexionado y las pruebas de interoperabilidad de toda la solución.			
		Total m		1,000	10.500,00
					10.500,00
5.5.2	ud	Defensa de transformador Protección metálica para defensa del transformador.			
		Total m		4,000	283,00
					1.132,00
5.5.3	ud	Iluminación interior Equipo de alumbrado que permita la suficiente visibilidad para ejecutar las maniobras y revisiones necesarias en los equipos de MT. Equipo autónomo de alumbrado de emergencia y señalización.			
		Total m		1,000	600,00
					600,00
5.5.4	ud	Equipo de seguridad y maniobra Equipo de operación que permite tanto la realización de maniobras con aislamiento suficiente para proteger al personal durante la operación, tanto de maniobras como de mantenimiento, compuesto por: Banquillo aislante, par de guantes aislantes, extintor de eficacia 89B, una palanca de accionamiento y armario de primeros auxilios.			
		Total ud		1,000	700,00
					700,00

PRESUPUESTO TOTAL CT ALCOHOLES DEL SUR.**Presupuesto de ejecución material**

1 OBRA CIVIL.	3.810,00 €
2 APARAMENTA MT.	61.900,00 €
3 EQUIPOS DE POTENCIA.	121.171,24 €
4 EQUIPOS BT.	20.888,00 €
5 SISTEMA DE TIERRAS.	3.110,00 €
6 VARIOS.	12.932,00 €
Total:	225.819,24 €

Asciende el presupuesto de ejecución material a la expresada cantidad de DOSCIENTOS VEINTICINCO MIL OCHOCIENTOS DIECINUEVE EUROS CON VEINTICUATRO CÉNTIMOS.

El proyectista/estudiante:
José Antonio Hidalgo Rodríguez.



6. RESUMEN PRESUPUESTOS. CONSIDERACIONES FINALES.

En este apartado se hace un pequeño resumen y se expresan ciertas consideraciones sobre los presupuestos para cada una de las instalaciones diseñadas.

En los presupuestos de ejecución material hay que añadir partidas porcentuales como los impuestos, imprevistos, beneficios de las contratatas, seguros y coste del trabajo de ingeniería. En este trabajo se muestran estas condiciones en este apartado final, al ser unas instalaciones que raramente se incluirían en un proyecto común.

INSTALACIÓN	EJECUCIÓN (€)	IVA (21%)	BENEFICIO INDUSTRIAL (6%)	INGENIERÍA (3%)	TOTAL (€)
Subestación	3.059.774,09	642.552,56	183.586,45	91.793,22	3.977.706,32
Anillos MT	3.461.213,78	726.854,89	207.672,83	103.836,41	4.499.577,91
CT Compañía(*)	107.779,12	22.633,62	6.466,75	3.233,37	140.112,86
CT Alcoholes	159.412,12	33.476,55	9.564,73	4.782,36	207.235,76
CT Alhambra	225.819,24	47.422,04	13.549,15	6.774,58	293.565,01

(*) Por cada uno de los CT de compañía, teniendo en cuenta que son treinta y nueve en el diseño de los anillos de distribución MT.

Estudiante:
José Antonio Hidalgo Rodríguez.