

# Trabajo Fin de Grado

## Ingeniería de las Tecnologías Industriales

### Proyecto de electrificación e iluminación de una parcela industrial y de servicios en Jerez de la Frontera

Autor: Miguel Macías García

Tutor: Pedro Luis Cruz Romero

Dpto. Ingeniería Eléctrica  
Escuela Técnica Superior de Ingeniería  
Universidad de Sevilla

Sevilla, 2023





Trabajo Fin de Grado  
Ingeniería de las Tecnologías Industriales

# Proyecto de electrificación e iluminación de una parcela industrial y de servicios en Jerez de la Frontera

Autor:  
Miguel Macías García

Tutor:  
Pedro Luis Cruz Romero  
Profesor titular

Dpto. de Ingeniería Eléctrica  
Escuela Técnica Superior de Ingeniería  
Universidad de Sevilla  
Sevilla, 2023



Autor: Miguel Macías García

Tutor: Pedro Luis Cruz Romero

El tribunal nombrado para juzgar el Proyecto arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2023

El Secretario del Tribunal

*A mi familia*

*A mis maestros*

# Agradecimientos

---

Quiero agradecer a mi padre por el apoyo y la constancia para hacer de mi un ingeniero, a mi abuelo que arriba me acompaña que le quedaba pendiente celebrar el título conmigo y a toda mi familia y amigos que me han apoyado en todo momento, así como al profesorado y los compañeros cruzados por el camino que han hecho posible todo esto.

*Miguel Macías García*

*Sevilla, 2023*

---

# Resumen

---

Este estudio consiste en la realización de un proyecto para la electrificación de un nuevo polígono industrial, formado por una planta industrial, un centro comercial y diversos locales. Para ello realizaremos un estudio para valorar las necesidades de potencia requeridas al respecto, así como las instalaciones necesarias para la correcta ejecución. Por un lado, tendremos la potencia solicitada para cada nuevo suministro y por otro lado deberemos realizar el estudio para la iluminación de todo el polígono.

<b>Agradecimientos</b>	<b>7</b>
<b>Resumen</b>	<b>8</b>
<b>Índice</b>	<b>9</b>
<b>MEMORIA</b>	<b>11</b>
<b>1.1 ANTECEDENTES</b>	<b>11</b>
<b>1.2 OBJETO DEL PROYECTO</b>	<b>11</b>
<b>1.3 LEGISLACIÓN APLICABLE</b>	<b>12</b>
<b>1.4 PREVISIÓN DE CARGAS</b>	<b>13</b>
<b>1.5 LÍNEA SUBTERRÁNEA DE MEDIA TENSIÓN</b>	<b>14</b>
<b>1.6 CENTROS DE TRANSFORMACIÓN</b>	<b>16</b>
<b>1.7 CENTRO DE MANIOBRA Y MEDIDA</b>	<b>20</b>
<b>1.8 CARACTERÍSTICAS DE LA RED DE BAJA TENSIÓN</b>	<b>28</b>
<b>1.9 CONCLUSIÓN</b>	<b>30</b>
<b>2 CÁLCULOS</b>	<b>31</b>
<b>3 PLANOS</b>	<b>54</b>
<b>4 REFERENCIAS</b>	<b>77</b>



# MEMORIA

## 1.1 ANTECEDENTES

El presente proyecto se redacta con el fin de atender la solicitud de nuevo suministro para el futuro polígono industrial a ejecutar en el término municipal de Jerez de la Frontera, en él contemplaremos los cálculos y la descripción de los trabajos a realizar para cumplir con las necesidades demandadas. Para dotar de suministro este polígono deberemos realizar una previsión de cargas y valorar la ejecución de nuevos centros de distribución y las conexiones correspondientes.

En este estudio se realizarán las estimaciones y cálculos referentes a los 3 siguientes puntos: Líneas subterráneas de media tensión, centros de distribución y características de la red de baja tensión.

## 1.2 OBJETO DEL PROYECTO

Es objeto del presente proyecto la extensión de la red aérea de media tensión a 20 kV desde el apoyo metálico T06 existente a través de una conversión aéreo-subterránea al plan del polígono industrial.

A tal efecto se proyecta en media tensión el desmontaje del tramo aéreo que discurre por las parcelas objeto de este proyecto, así como la instalación de una conversión aéreo-subterránea para la ampliación de la red de manera soterrada con el fin de instalar un nuevo centro de transformación, destinado al suministro de potencia para los diversos locales y el alumbrado público, y un centro de maniobra y medida para alimentar una planta de fabricación de alimentos y un centro comercial, para finalizar dando continuidad a la red aérea existente a través de otra conversión aéreo subterránea.

Por otro lado, en baja tensión, se proyecta la instalación de varias líneas subterráneas desde el centro de distribución (*a partir de ahora CD*) y el centro de maniobra y medida (*a partir de ahora CMM*) hasta las distintas subparcelas.

Se realizarán las siguientes actuaciones:

- Por parte de la empresa promotora:
  - Instalación de dos nuevas conversiones aéreo-subterráneas en los apoyos existentes.
  - Instalación de nuevas líneas subterráneas de media tensión (*a partir de ahora LSMT*) mediante cable RH5Z1 12/20 kV 3x1x240 mm<sup>2</sup> Al.
  - Instalación de nuevo centro de distribución prefabricado tipo PFU-4 con celdas modulares SF6, siendo 2 celdas de línea motorizadas y telemandadas, y un transformador de 630 kVA.
  - Instalación de nuevo centro de maniobra y medida prefabricado tipo PFU-4 con celdas modulares SF6, siendo 2 celdas de línea motorizadas y telemandadas, y un transformador de 630 kVA.
  - Instalación de nuevas líneas subterráneas de baja tensión (*a partir de ahora LSBT*) mediante cable XZ1 0.6/1 kV 3x1x240 mm<sup>2</sup> XLPE.
  - Instalación de centros de distribución urbana y cajas de seccionamiento (*a partir de ahora CDU y CS respectivamente*), así como los equipos correspondientes para las diversas necesidades existentes.
- Por parte de la empresa distribuidora para la adecuación del punto de conexión:
  - Desmontaje del tramo aéreo comprendido entre los apoyos.
  - Conexión de la Línea Aérea de Media Tensión (*a partir de ahora LAMT*) existente con la LSMT proyectada.

Dicho Proyecto deberá posibilitar asimismo la consecución de las autorizaciones correspondientes por parte de

organismos oficiales, para lo cual se realiza de acuerdo con la legislación vigente.

## 1.3 LEGISLACIÓN APLICABLE

- 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.
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión e instrucciones complementarias.
- Real Decreto 337/2014, de 8 de mayo de 2014, por el que se aprueba el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión sus instrucciones técnicas complementarias ITC-RAT 01 a 023.
- Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de Riesgos Laborales y normas reglamentarias que la desarrollan.
- 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.
- Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción.
- Instrucción Técnica Complementaria ITC-LAT 06 del Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en las líneas eléctricas de Alta Tensión.
- Normas UNE de obligado cumplimiento según se desprende de los Reglamentos y sus correspondientes revisiones y actualizaciones.
- Normas UNE, que no siendo de obligado cumplimiento, definan características de elementos integrantes de los CT.
- Normas Particulares de la Compañía Suministradora de Energía, EDISTRIBUCIÓN REDES DIGITALES, S.L.U.
- Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector eléctrico
- Normas UNE y Recomendaciones UNESA que sean de aplicación
- Normas particulares de Compañía Suministradora
- Condiciones impuestas por las entidades públicas afectadas

## 1.4 PREVISIÓN DE CARGAS

Para prever la distribución y demanda de nuestro proyecto vamos a contextualizar la situación y, posteriormente, realizaremos la estimación y valoración oportuna.

El nuevo polígono industrial va a estar formado por 21 parcelas, 2 de las parcelas tendrán una mayor dimensión y estarán destinadas a alojar un centro comercial y una planta de fabricación de alimentos. Estas dos parcelas pertenecen a la misma entidad y demandarán una potencia elevada, por lo que se ha considerado la instalación de un CMM (Público/Privado) para el suministro de ambas parcelas.

Por otro lado, la previsión de las 19 parcelas restantes está basado en la ocupación de estas por locales comerciales, talleres de reparación de vehículos, almacenes, etc. Además de las potencias demandadas por las diversas parcelas deberemos tener en consideración la potencia prevista para la iluminación del polígono y los servicios generales. Para poder dar suministro a este conjunto de parcelas e iluminar el polígono destinaremos un nuevo CT.

Para el cálculo de la potencia total hemos estimado que, por un lado, la potencia demandada por talleres de reparación de vehículos, almacenes, talleres de carpintería metálica y de madera, etc, es de 30 kW, por otro lado, el centro comercial y la fábrica de alimentación demandarán 150 kW cada uno. Todo esto lo desglosamos en la siguiente tabla:

PARCELA	USO	CARGA (kW)
1-19	Talleres, comercios, almacenes...	$30 \cdot 19 = 570$
20	FÁBRICA DE ALIMENTOS	150
21	CENTRO COMERCIAL	150
-	SERVICIOS GENERALES	30
<b>POTENCIA DEMANDADA TOTAL</b>		<b>900</b>

Tabla 1. Demanda de potencia

### CT

El centro de transformación alimentará las parcelas 1-19 y los servicios generales. A la potencia demandada por los diversos locales habrá que aplicarle su coeficiente de simultaneidad obteniendo la siguiente potencia total prevista:

$$\text{Potencia parcelas 1-19} = 19 \cdot 30 \cdot 0,8 = 456 \text{ kW}$$

$$\text{Potencia servicios comunes} = 30 \text{ kW}$$

$$\text{Potencia total CT} = 456 + 30 = 486 \text{ kW}$$

### CMM

El centro de maniobra y medida estará destinado para el suministro eléctrico de la fábrica de alimentos y del centro comercial, teniendo la siguiente potencia total prevista:

$$\text{Potencia total CMM} = 150 + 150 = 300 \text{ kW}$$

## 1.5 LÍNEA SUBTERRÁNEA DE MEDIA TENSIÓN

### 1.5.1. Descripción de la línea

Se proyecta la realización de tres nuevas líneas subterráneas de media tensión a 20 kV, todas ellas con origen en las celdas de línea del nuevo centro de maniobra y medida, objeto de este proyecto. Procedo a la descripción de las líneas, las cuales pueden observarse en el plano N°2 adjunto al proyecto:

- La primera línea tendrá su origen en la celda de línea 1 del CMM. Desde este punto, se realizará el tendido del nuevo conductor subterráneo, protegido bajo tubo con dado de hormigón, por la parcela del solicitante hasta la celda de línea 1 del CT a instalar en la rotonda.
- La segunda línea tendrá su origen en la celda de línea 2 del CMM a instalar en la parcela del centro comercial. Desde este punto, se realizará el tendido del nuevo conductor subterráneo, protegido bajo tubo con dado de hormigón, cruzando el camino asfaltado hasta la conversión aéreo-subterránea en el apoyo metálico T06.
- La tercera línea tendrá su origen en la celda de línea 3 del CMM. Desde este punto, se realizará el tendido del nuevo conductor subterráneo, protegido bajo tubo con dado de hormigón, por la parcela del solicitante hasta la conversión aéreo-subterránea en el apoyo metálico T07.

Se cumplirá lo especificado en la Instrucción Técnica Complementaria ITC-LAT06 del Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en las líneas eléctricas de Alta Tensión y en la Norma DYZ10000 Línea Subterránea de Media Tensión.

### 1.5.2. Descripción del trazado

Todos los nuevos tendidos se realizarán mediante cable tipo RH5Z1 12/20 kV 3x1x240 mm<sup>2</sup> Al a instalar bajo tubo con dado de hormigón.

El trazado subterráneo indicado quedará reflejado en los planos adjuntos, este será lo más rectilíneo posible, paralelo en toda su longitud a bordillos o fachadas de los edificios principales.

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

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 llevarán bitubos 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.

### 1.5.3. 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.

En todos los casos, deberá estudiarse por el Proyectista el número de arquetas y su distribución, en base a las características del cable y, sobre todo, al trazado, cruces, obstáculos, cambios de dirección, etc., que serán realmente los que determinarán las necesidades para hacer posible el adecuado tendido del cable.

#### 1.5.4. Cruzamientos, proximidades y paralelismos

Los cables subterráneos deberán cumplir los requisitos señalados en el apartado 5 de la ITC-LAT 06, las correspondientes Especificaciones Particulares de EDE aprobadas por la Administración y las condiciones que pudieran imponer otros órganos competentes de la Administración o empresas de servicios, cuando sus instalaciones fueran afectadas por tendidos de cables subterráneos de MT.

Cuando no se puedan respetar aquellas distancias, deberán añadirse las protecciones mecánicas especificadas en el propio reglamento.

#### 1.5.5. Conversiones aéreo-subterráneas

Para la conexión del cable subterráneo con la línea aérea en general se seguirá lo indicado en el Proyecto Tipo de LAMT AYZ10000.

En el tramo de subida hasta la línea aérea, el cable subterráneo irá protegido dentro de un tubo o bandeja cerrada de hierro galvanizado o de material aislante con un grado de protección contra daños mecánicos no inferior a IK10 según la norma UNE-EN 50102. El tubo o bandeja se obturará por su parte superior para evitar la entrada de agua y se empotrará en la cimentación del apoyo. Sobresaldrá 2,5 m por encima del nivel del terreno. En el caso de tubo, su diámetro interior será como mínimo 1,5 veces el diámetro aparente de la terna de cables unipolares, y en el caso de bandeja, su sección tendrá una profundidad mínima de 1,8 veces el diámetro de un cable unipolar, y una anchura de unas tres veces su profundidad. Los detalles constructivos de la conversión corresponden al plano informativo DYZ10104 Conversión Aéreo-Subterránea.

Deberán instalarse protecciones contra sobretensiones mediante pararrayos. La conexión a tierra de los pararrayos no se realizará a través de la estructura del apoyo metálico, se colocará una línea de tierra a tal efecto, a la que además se conectarán, cortocircuitadas, las pantallas de los cables subterráneos. Se instalará una arqueta cerca del apoyo en el caso de que exista previsión de instalación de fibra óptica, para realizar la conversión aérea subterránea de la fibra. La arqueta se dejará lo más próxima al apoyo con una distancia máxima de 5 m, y conectada mediante tubo de protección del cable de fibra que ascenderá por el lado opuesto al que ascienden los cables eléctricos hasta una altura de 2,5 m.

#### 1.5.6. Puesta a tierra

Las pantallas metálicas de los cables de Media Tensión se conectarán a tierra en cada uno de sus extremos.

## 1.6 CENTROS DE TRANSFORMACIÓN

### 1.6.1. DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES

El nuevo Centro de Distribución a instalar será del tipo prefabricado de superficie, modelo PFU-4, con acceso directo desde vial público y ubicado según planos adjuntos.

La instalación tendrá capacidad para albergar un transformador de hasta 1000 kVA, cuatro celdas de línea y una celda de protección.

Dadas las características de la red de distribución de Media Tensión se instalará un transformador tipo B2 de 630 kVA y un conjunto de celdas modulares 3L + P con aislamiento SF6, motorizadas y telemandadas.

Seguidamente se describen las características de los equipos indicados, acompañándose de planos y esquemas correspondientes.

### 1.6.2. CARACTERÍSTICAS BÁSICAS

El nuevo local destinado al centro de distribución, de dimensiones interiores 4,28 x 2,20 x 2,55 m, contará con acceso directo desde la vía pública, tal y como se indica en los planos que se acompañan.

El nuevo Centro de Distribución previsto será de caseta prefabricada aislada, con previsión para un transformador de potencia de 630 kVA y la relación de transformación 20/0,42 kV, estando prevista, en caso necesario, su sustitución por el de potencia inmediata superior, según la escala normalizada, y de acuerdo con las exigencias que el Reglamento permite.

El nuevo centro dispondrá de un equipo bajo envolvente metálica tipo compacto, aislado con gas SF6, con tres funciones de línea motorizadas y telemandadas, y una de protección alimentada mediante una nueva línea subterránea de un circuito.

A continuación, y en los planos adjuntos, se especifican los materiales a utilizar, y detalle de la obra civil y del montaje eléctrico del Centro de Distribución que se instala.

### 1.6.3. OBRA CIVIL Y VENTILACIÓN DEL LOCAL

#### **Obra Civil**

El local destinado a la estación transformadora cumple las siguientes condiciones:

- Estar construido con materiales autoextinguibles
- Las estructuras, soportes, vigas y columnas tendrán una resistencia al fuego de acuerdo con la DB-SI Seguridad en caso de Incendio, así como los herrajes metálicos que además irán protegidos contra la oxidación. Los elementos en contacto con el exterior tales como rejillas, marcos o puertas llevarán un tratamiento galvanizado en caliente.
- No estar atravesado por canalización ajena al C.D., tales como agua, gas, teléfono, etc.
- Las compuertas quedarán situadas en la acera, con acceso desde zona pública.

#### **Ventilación**

Para la ventilación se establece una circulación natural de aire por el interior de la caseta, con la finalidad de evacuar el calor.

Las rejillas de ventilación se situarán en fachada, o zona pública, y dispuesta de forma que la cota entre entrada y salida de aire sea la mayor posible.

### 1.6.4. PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

Dadas las características del transformador que en un futuro se pueda instalar, o aparatos, cuyo dieléctrico es aceite mineral, y tendrá un volumen inferior a los 600 L, no será preciso instalar sistema fijo de extinción automática de incendios.

Debido a que no habrá personal permanente en la instalación, el personal de mantenimiento llevará en su

vehículo dos extintores de eficacia 144 B.

### 1.6.5. EQUIPO MODULAR BAJO ENVOLVENTE METÁLICA AISLADA CON SF6

#### **Generalidades**

La aparamenta está constituida por 3 celdas de línea y una de protección, que forman un sistema de equipo compacto con una función específica por cada celda.

Cada función dispone de su propia envolvente metálica que alberga una cuba rellena de gas SF6, a una presión absoluta de 1'3 bares, en la cual se encuentran los aparatos de maniobra y el embarrado.

La tensión nominal es de 20 kV y el nivel de aislamiento del conjunto de 60/145 kV.

El equipo que se instala está formado por una celda compacta, con tres funciones de interruptor de línea, y una con interruptor de línea combinado con fusibles, destinado a protección del aparato transformador.

Cada interruptor está compuesto por un equipo móvil, que se desplaza en traslación vertical o rotativa, formando un conjunto tripolar de contactos móviles situados entre dos conjuntos de contactos fijos, los contactos principales, conectados al circuito de potencia del interruptor, y los contactos de puesta a tierra, conectados al circuito de tierra. Una conexión flexible une eléctricamente cada polo del equipo móvil a su borne de conexionado.

El mecanismo de mando de los interruptores permite tres posiciones estables: interruptor cerrado, interruptor-seccionador abierto y seccionador de tierra cerrado. Al abrirse los interruptores la extinción del arco se produce por autosoplado de SF6.

Los mandos de los interruptores están agrupados en la parte frontal bajo un frontis, sobre el cual está representado el esquema sinóptico del aparato.

#### **Tipo de aparamenta**

El equipo instalado tiene tres posiciones de línea y una de protección.

La posición de línea corresponde a los cables de alimentación al centro, mientras que la posición de protección se usa para maniobra y protección del transformador, mediante un interruptor combinado con fusibles, con dispositivos de señalización que garanticen la ejecución de la maniobra, bases para los fusibles, pasatapas y detectores de tensión.

Tanto la posición de línea, como la de protección, están provistas de seccionadores de puesta a tierra, situados en el interior de la cuba rellena de SF6. En la protección de línea estos seccionadores se sitúan entre los terminales enchufables y el interruptor-seccionador, mientras que en la de protección se colocan 2 seccionadores, accionados por un mismo mando, que ponen a tierra ambos extremos del cartucho fusible.

#### **Enclavamiento**

El equipo incorpora una serie de enclavamientos que garantiza las siguientes condiciones:

El interruptor de línea y los seccionadores de tierra no podrán estar cerrados simultáneamente.

Los interruptores de línea y los seccionadores de tierra disponen de dispositivo de bloqueo de maniobra, tanto en la posición de abierto como en la de cerrado.

En la posición de línea la envolvente de los terminales estará enclavada con el correspondiente seccionador de puesta a tierra, si estuviera prevista la instalación de terminales no provistos de pantallas equipotenciales.

La celda estará motorizada.

El equipo a instalar cumple con las condiciones de servicio impuestas en la MIE-RAT 18 del vigente Reglamento.

### 1.6.6. INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA

Las instalaciones de puesta a tierra estarán realizadas de acuerdo con la MIE-RAT 13 del vigente "Reglamento de Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación".

Estarán constituidas por:

- Electrodo de puesta a tierra.
- Líneas de tierra.
- Tratamiento del neutro del transformador
- Medidas complementarias de seguridad

Se describe a continuación cada una de ellas:

### **Electrodos de puesta a tierra**

Los electrodos están formados por piquetas hincadas en el terreno, constituidas por redondos de acero o acero cobre de  $25 \text{ mm}^2$  y 2 m de longitud.

### **Líneas de tierra**

Es la instalación que permite la puesta a tierra de todos los herrajes, aparatos, tabiques y paneles metálicos del centro, así como las autoválvulas cuando existan.

Esta instalación está constituida por una varilla de cobre de 6 mm de diámetro, como mínimo, con sus elementos de conexión, unida al electrodo de puesta a tierra mediante cable, entubado, de la misma naturaleza que la del electrodo.

### **Medidas complementarias de seguridad**

Para evitar la aparición de tensiones de contacto en el interior del centro se colocará en el pavimento de este un mallazo de construcción de 150 x 150 mm de cuadrícula y 5 mm de diámetro mínimo, soldado a los marcos metálicos de separación de celdas. Este mallazo estará recubierto por una capa de hormigón de 3 cm como mínimo.

Las puertas y rejillas metálicas que dan al exterior no tendrán contacto eléctrico con masas conductoras susceptibles de quedar sometidas a tensión debido a defectos de averías.

#### 1.6.7. TRANSFORMADOR

Así pues, las características del transformador a instalar son las siguientes:

Transformador trifásico en baño de aceite, equipado con ruedas, termómetro de esfera en la cuba, conservador de aceite, válvula de vaciado y conmutador de tensión exterior, con neutro accesible a la parte de baja tensión, siendo la relación de transformación 20/0,42 kV y 630 kVA de potencia, y será de Alta Eficiencia Energética.

#### 1.6.8. CUADRO B.T. Y ENLACE TRAF0-CUADRO

El cuadro de B.T. a instalar será de 1600 A de intensidad nominal, de tipo modular, según RU 6302, con 4 salidas protegidas con bases de 400 A.

Estará compuesto de materiales autoextinguibles y su grado de producción será IP2x7.

La unión del transformador con los cuadros B.T. se realizará con cables unipolares de aluminio de  $240 \text{ mm}^2$  de sección, 6 por fase y 2 para el neutro y aislamiento PRC.

#### 1.6.9. INSTALACIÓN DE ALUMBRADO

La estación transformadora está provista de instalación eléctrica de baja tensión para iluminación del recinto. Es de superficie, con tubos PVC de  $16 \text{ mm}^2$  y cajas de empalme.

Está constituida por caja de fusibles, interruptor junto al portal y dos luminarias protegidas.

Junto al interruptor hay una base enchufe, con toma de tierra, de 15 A, 250 V.

#### 1.6.10. ELEMENTOS DE SEÑALIZACIÓN

La estación transformadora está provista de:

Triángulos señalizadores de riesgo eléctrico colocados en la parte de acceso de personal y del transformador.

#### 1.6.11. PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS

De acuerdo con la información contenida en las Normas GESA de montaje de centros de transformación.

#### 1.6.12. LIMITACIÓN DE LOS CAMPOS MAGNÉTICOS

Según establece el apartado 4.7. De la ITC-RAT 14 del Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión, en el diseño de las instalaciones se adoptarán las medidas adecuadas para minimizar, en el exterior de las instalaciones de alta tensión, los campos electromagnéticos creados por la circulación de corriente a 50 Hz, en los diferentes elementos de dichas instalaciones.

El Real Decreto 1066/2001, de 28 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento que establece condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a emisiones radioeléctricas, establece unos límites de exposición máximos que se deberán de cumplir en las zonas en las que puedan permanecer habitualmente las personas.

La comprobación de que no se supera el valor establecido en el Real Decreto 1066/2001, de 28 de septiembre, se realizará mediante los cálculos para el diseño correspondiente, antes de la puesta en marcha de las instalaciones que se ejecuten siguiendo el citado diseño y en sus posteriores modificaciones cuando éstas pudieran hacer aumentar el valor del campo magnético.

Particularmente, cuando los CT se encuentren en edificios habitables o anexos a los mismos se tendrán en cuenta las siguientes condiciones de diseño con objeto de minimizar los campos magnéticos generados:

- Las entradas y salidas al centro de transformación de la red de alta tensión se efectuarán por el suelo y adoptarán preferentemente la disposición en triángulo y formando ternas, o en atención a las circunstancias particulares del caso, aquella que el proyectista justifique que minimiza la generación de campos magnéticos.
- La red de baja tensión se diseñará 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 lo más posible de estos locales.

En el caso que por razones constructivas no se pudieran cumplir alguno de estos condicionantes de diseño, se adoptarán medidas adicionales para minimizar dichos valores, como por ejemplo el apantallamiento.

Con objeto de verificar que en la proximidad de las instalaciones de alta tensión no se sobrepasan los límites máximos admisibles, la Administración pública competente podrá requerir al titular de la instalación que se realicen las medidas de campos magnéticos por organismos de control habilitados o laboratorios acreditados en medidas magnéticas.

Las medidas deben realizarse en condiciones de funcionamiento con carga, y referirse al caso más desfavorable, es decir, a los valores máximos previstos de corriente.

## 1.7 CENTRO DE MANIOBRA Y MEDIDA

### 1.7.1. Ubicación del Centro de Maniobra y Medida CMM

El nuevo centro de maniobra y medida CMM tendrá acceso desde la vía pública y se garantizará el acceso las 24 h del día. Estará situado en superficie, dispondrá de una puerta independiente para la compañía distribuidora. Tendrá una acera perimetral exterior, para protección suplementaria frente a tensiones de contacto.

### 1.7.2. Obra civil prefabricada

El nuevo centro de seccionamiento estará ubicado en un edificio aislado de superficie y de construcción prefabricada monobloque tipo PFU-5 o equivalente, que consta únicamente de una envoltura, en el que se encuentra toda la paramenta eléctrica y otros equipos eléctricos.

Todos los lugares de paso tales como salas, pasillos, escaleras, rampas, salidas, etc., son de dimensiones y trazado adecuados y están correctamente señalizados y dispuestos de forma que su tránsito es cómodo y seguro y no se ve impedido por la apertura de puertas o por la presencia de objetos que puedan suponer riesgos o que dificulten la salida en caso de emergencia.

La aparamenta de media tensión se realizará con celdas modulares de envoltura metálica prefabricadas con corte y aislamiento integral en SF<sub>6</sub>, tal como indican los planos adjuntos.

El edificio prefabricado de hormigón proyectado está formado por las siguientes piezas principales: una que aglutina la base y las paredes, otra que forma la solera y una tercera que forma el techo. Adicionalmente, se incorporan otras pequeñas piezas para construir un centro de Medida de superficie y maniobra interior (tipo caseta), estando la estanqueidad garantizada por el empleo de las juntas de goma esponjosa entre las dos piezas principales exteriores.

Estas piezas son construidas en hormigón, con una resistencia característica de 300 kg / cm<sup>2</sup>, y tienen un armazón metálico, estando unidas entre sí mediante hilos de cobre, hay un colector de tierras, formando de esta manera una superficie equipotencial que envuelve completamente el edificio. Las puertas y rejas están aisladas eléctricamente, presentando una resistencia suficientemente elevada respecto a la tierra de la envoltura.

Las piezas metálicas expuestas a la climatología del exterior están tratadas adecuadamente contra la corrosión. El acabado estandarte del edificio se realiza con pintura acrílica rugosa, de color marrón en las paredes, techos, puertas y rejas.

En el diseño y construcción del edificio que alojará el CMM se tendrán en cuenta, con carácter general, los siguientes criterios constructivos:

- Los elementos delimitadores del CMM (muros exteriores e interiores, cubierta y solera), así como los estructurales en él contenidos (vigas, pilares, etc.) tendrán una resistencia al fuego mínima EI240 y R240 respectivamente y los materiales utilizados en el revestimiento interior de paramentos, pavimento y techo serán de clase de reacción al fuego A1, según la clasificación europea de los productos para la construcción.
- Ninguna abertura permitirá el paso de agua que caiga con una inclinación inferior a 60° respecto a la vertical.
- Con el fin de evitar que se produzcan humedades por capilaridad en las paredes, el CMM estará recubierto exteriormente por una capa impermeabilizante que evite la ascensión de la humedad.
- El edificio del CMM no contendrá canalizaciones ajenas al mismo, tales como agua, vapor, aire, gas, teléfonos, etc.

### **Cimentación**

Para la ubicación del edificio prefabricado es necesario realizar una excavación, sobre cuyo fondo se construirá una solera de hormigón capaz de soportar los esfuerzos verticales previstos, sobresaliendo 25 cm por cada lado. Estará construida con hormigón armado de 15 cm de grosor con varillas de 4 mm y cuadrado

20x20 cm e incorporará la instalación de tubos de paso para las puestas a tierra.

Tal y como se indica en los planos adjuntos, sobre la solera de hormigón, y para que el edificio se asiente correctamente, se dispondrá una capa de arena de 10 cm de grosor.

Las dimensiones de excavación del edificio objeto de este proyecto son las siguientes: 6.880 mm de longitud, 3.180 mm de ancho y 710 mm de profundidad.

### **Solera, pavimento y cerramientos exteriores**

Todos estos elementos están fabricados en una sola pieza de hormigón, tal como se ha indicado anteriormente. Sobre la placa base, y a una altura de unos 610 mm, se sitúa la solera, que se apoya en algunos soportes sobre la placa base, y en el interior de las paredes, permitiendo este espacio el paso de cables de media y baja tensión.

En la solera hay varios registros a fin de facilitar el montaje y conexión de celdas. Estas troneras se cubren, cuando no se utilizan, con unas losas rectangulares fácilmente extraíbles.

En la parte inferior de las paredes frontal y posterior se sitúan los agujeros para los cables de media y baja tensión. Estos agujeros están semiperforados, realizándose en obra la apertura del que sean necesarios para cada aplicación. De igual forma, dispone de unos agujeros semiperforados practicables para las salidas a las tierras exteriores.

En la pared frontal se sitúan las puertas de acceso de personal y material y rejillas de ventilación. Todos estos materiales están fabricados en chapa de acero.

Las puertas de acceso de personal tienen unas dimensiones de 900x2100 mm. La puerta puede abrirse 180 grados.

Las rejillas de ventilación se sitúan en la parte inferior de la puerta de acceso de este, y en la parte superior de la pared posterior. Estas rejillas tienen un área de 1200x677 mm. Todas estas rejillas están formadas por lamas en forma de "V" invertida, diseñadas para formar un laberinto que evita la entrada de agua de lluvia en el centro de seccionamiento, e interiormente se completa cada reja con una rejilla mosquitera.

Con el fin de no transmitir tensiones peligrosas en el exterior las rejillas y las puertas se encuentran aisladas eléctricamente, presentando una resistencia suficientemente elevada respecto a la tierra de la envoltura.

Estos elementos no podrán ponerse en tensión, por causa de defectos o averías.

### **Cubiertas**

Las cubiertas están formadas por piezas de hormigón, con inserciones en la parte superior para su manipulación. Estas evitan la acumulación de agua sobre las mismas y la caída de agua sobre los accesos, debido que tienen una leve inclinación hacia el lado posterior de edificio.

### **Varios**

Las sobrecargas admisibles en los PFU son:

- Sobrecarga de nieve: 250 kg/m<sup>2</sup>
- Sobrecarga del viento: 100 kg/m<sup>2</sup> (144 km/h)
- Sobrecarga en el pavimento: 400 kg/m<sup>2</sup>

Las temperaturas de funcionamiento, hasta a una humedad del 100% son:

- Mínima transitoria: -15°C
- Máxima transitoria: +50°C
- Máxima media diaria: +35°C

Características detalladas del PFU-5

- Puertas de acceso: 3
- Tensión nominal: 18/30 kV
- Dimensiones exteriores

- Longitud: 6.080 mm
- Fondo: 2.380 mm
- Atura: 3.250 mm
- Altura vista: 2.790 mm
- Dimensiones interiores
  - Longitud: 5.900 mm
  - Fondo: 2.200 mm
  - Altura: 2.450 mm
  - Superficie: 14,45 m<sup>2</sup>
- Dimensiones de la excavación
  - Longitud: 6.880 mm
  - Fondo: 3.180 mm
  - Profundidad: 710 mm

#### Tubos de entrada y salida de conductores

Los tubos de entrada de conductores al CM serán de polietileno de alta densidad, su superficie interna será lisa y no se admitirán curvas. Se tomará como referencia la norma informativa CNL002 Tubos de polietileno (libre de halógenos) para canalizaciones subterráneas.

Se instalarán, el número de tubos necesarios para los requerimientos de la instalación y previsiones de crecimiento, y como mínimo:

- 4 tubos para los cables de MT (diámetro 200 mm): entrada, salida, y reservas para posible ampliación de línea.

Los tubos que no se utilicen se sellarán convenientemente con espumas impermeables y expandibles.

Cuando se disponga de pasamuros estancos para el paso de los cables de redes de MT y BT al exterior del CM, la parte metálica de los mismos se instalará de modo que no esté en contacto con el sistema de puesta a tierra general del CM ni con ningún elemento metálico conectado a dicho sistema.

#### 1.7.3. Características descriptivas de las celdas de Alta Tensión y el armario de telemando

##### Celda de Línea

En el nuevo CMM proyectado se instalará tres celdas de media tensión con función de línea, para la entrada, y salida de la línea subterránea de Media Tensión y otra de entrega a cliente. Estas tres celdas se cederán a la compañía distribuidora.

Las celdas de línea están provistas de un interruptor-seccionador de corte en carga y un seccionador de puesta a tierra ambos con dispositivos de señalización de posición que garantizan la ejecución de la maniobra. Asimismo, dispondrá de pasatapas y de detectores de tensión que sirvan para comprobar la correspondencia entre fases y la presencia de tensión.

Las celdas estarán motorizadas, de modo que posteriormente sea posible instalar el sistema de telemando con tensión de servicio y sin modificar la posición abierto/cerrado del interruptor.

Todos los equipos y aparatos empleados en el centro de transformación para las instalaciones de alta Tensión cumplirán con la ITC RAT – 03, referente a la declaración de conformidad.

A continuación, se adjuntan las características eléctricas de las celdas a instalar:

<b>Características eléctricas de las celdas de línea</b>	<b>Valor asignado</b>
<b>Tensión asignada</b>	20 kV
<b>Intensidad asignada</b>	630 A
<b>Nivel de aislamiento:</b>	
Frecuencia industrial (1 min)	
- a tierra y entre fases	50 kV
- a la distancia de seccionamiento	60 kV
<b>Nivel de aislamiento:</b>	
Impulso tipo rayo	
- a tierra y entre fases	125 kV
- a la distancia de seccionamiento	145 kV
<b>Intensidad de corta duración (1 o 3s), eficaz</b>	16/20**
<b>Intensidad de corta duración (1 o 3s), cresta</b>	40/52**
<b>Capacidad corte</b>	
- Corriente principalmente activa	630
<b>Capacidad de cierre (cresta)</b>	40/52**

**\*\* Ensayos realizados con corriente 21 kA / 52,5 kA**

Tabla 2. Características de las celdas

#### Celda de Remonte de Cables

La celda RC de remonte de cables, estará constituida por un módulo metálico con aislamiento y corte en gas, que incorpora en su interior un embarrado superior de cobre. La celda modular de remonte de cables (hasta el embarrado principal) con aislamiento en se usa para alojamiento de los cables de acometida hasta el embarrado principal del centro de transformación en el lado derecho (RCd) o en el lado izquierdo (RCi).

#### Celda de Interruptor automático

Estará provista con un interruptor automático de corte en vacío en serie con un interruptor-seccionador de tres posiciones. Asimismo, dispondrá de pasatapas y de detectores de tensión que sirvan para comprobar la correspondencia entre fases y la presencia de tensión.

La celda estará preparada para motorizar, de modo que posteriormente sea posible instalar el sistema de telemando con tensión de servicio y sin modificar la posición abierto/cerrado del interruptor, cuenta con bobina biestable y se puede usar para protección general y protección de transformador, línea, batería de condensadores, etc., así como maniobras de conexión o desconexión.

Todos los equipos y aparatos empleados en el centro de transformación para las instalaciones de alta Tensión cumplirán con la ITC RAT – 03, referente a la declaración de conformidad.

### Celda de Medida

La celda de medida estará constituida por un módulo metálico donde albergará los transformadores de potencial y de intensidad para realizar la medición correspondiente en de facturación.

En el interior de la celda de medida se instalarán los transformadores de tensión e intensidad. Transformadores de medida: 3 T.T. y 3 T.I. de aislamiento seco y construidos atendiendo a las correspondientes normas UNE y CEI, con las siguientes características:

- Transformadores de tensión:
  - Relación de transformación:  $16500/\sqrt{3}-110/\sqrt{3}$  V
  - Sobretensión admisible en permanencia: 1,2 Un en permanencia y 1,9 Un durante 8 horas
  - Medida Potencia: 25 VA Clase de precisión: 0,5
- Transformadores de intensidad:
  - Relación de transformación: 30 - 60/5 A
  - $F_s \leq 5$  Medida
  - Potencia: 15 VA
  - Clase de precisión: 0,5 s

### Transformador

En el nuevo CMM se instalará un nuevo transformador de tensión, siendo la entrada de 15kV y la tensión a la salida en vacío de 420 V, según UNE-21428-1.

Se realizará la instalación del transformador:

	<b>Transformador</b>
<b>Potencia (kVA)</b>	630
<b>Tensión Primaria (kV)</b>	20
<b>Tensión secundaria (V)</b>	400 V - B2

Tabla 3. Características del transformador

Sus características mecánicas y eléctricas se ajustarán a la Norma UNE-21428-1 y a la Norma UNE-EN 60076 y a las normas particulares de la compañía suministradora.

Este transformador cumplirá las siguientes características:

- Transformadores trifásicos, 50 Hz para instalación en interior.
- Sumergidos en aceite éster vegetal de acuerdo con la norma IEC 61100.
- Cuba de aletas de 600 L con termómetro de esfera.
- Refrigeración natural (ONAN), según norma UNE-EN 60076-1.
- El color de la capa exterior será azul verdoso muy oscuro del tipo 8010-B10G según norma UNE 48103.

Dicho transformador cumple con los valores máximos permitidos para pérdidas debidas a la carga y pérdidas en vacío o los valores del índice de eficiencia máxima (PEI) para transformadores de potencia trifásicos medianos sumergidos con una bobina según lo establecido en el cuadro I.1 del Anexo I del Reglamento (UE) N°548/2014 de la Comisión.

### Cuadro de control para el telemando

Se colocará un armario sobre celda de control, preparado para telecontrol de hasta 8 posiciones, con el siguiente equipamiento interior:

- Baterías de plomo de 24 Vcc.
- (PSBC): Fuente de alimentación y cargador de baterías.
- (UE) Unidad de proceso.
- (COMMs) Módem de comunicación GSM.

### Baterías

Las baterías tienen una tensión nominal de 12 V y una capacidad de 25 Ah. Se instalarán en cada armario 2 de estas baterías en serie para conseguir una tensión de alimentación a los equipos de telemando y comunicaciones de 24 V. Su esperanza de vida mínima es de 10 años (en condiciones de ensayo). Esta esperanza de vida se reducirá en función de las condiciones ambientales existentes y de los ciclos de trabajo requeridos.

### Fuente de alimentación y cargador de baterías

Las características eléctricas de la fuente de alimentación, encargada de rectificar la tensión de 230 V CA a 24 Vcc para cargar las baterías, y controlar la carga de las mismas, son:

- Tensión de entrada CA de 100/230 V CA (selector en la parte trasera), rango - 10% + 20%
- Frecuencia 50/60 Hz
- Tensión de salida 24 Vdc (23 ÷ 28 Vdc)
- Máxima corriente de salida 5 A ± 5%
- Tensión de carga de la batería compensada con la temperatura  $V_{ch}(T) = (27,96 - 0,036T) \pm 1\%$
- Test de estado de las baterías.
- Funciones de autodiagnóstico.

Exteriormente la fuente de alimentación tiene detrás un conmutador de tensión de alimentación, para usarse con transformador de tensión en intemperie que dan sólo 110 Vca y posición de 220 Vca para el caso de alimentación desde el CBT de un CT interior.

### Unidad de proceso (UE)

Las funciones de la unidad principal, llamada Unidad de Proceso (UE), serán:

- Control del IMS (control del Interruptor de la celda, posición doble y mando)
- 8 IMS (hasta 8 posiciones a controlar)
- Comunicación con centro de control de operación de la red
- Informe de pasos de falta (DPF externo)
- Informe de medidas
- Automatismo local por aislamiento de red en defecto
- Funciones auxiliares:
  - Autodiagnóstico
  - Registro de eventos
  - Configuración/actualización de firmware local ya distancia

### Cables de conexión entre las unidades

Los puentes de conexión entre las diferentes unidades del cuadro de control se realizan con manguitos especiales de cables con conectores amovibles con pines de conexión que harán que sólo se pueda conectar de una posición. En el suministro del cuadro se dispondrá de esquema de conexión y numeración de estos.

Y en la parte inferior del cuadro de control, se dispone de un regletero de conexión rotulado donde se conectarán los hilos de cables de alimentación de los motores de interruptores de las celdas, señales de control, cables en los RGDAT, etc. Igualmente, el suministro del cuadro dispondrá de esquema de conexión y numeración de estos.

### Detectores de paso de falta direccionales

Los detectores de paso de falta direccionales van instalados sobre las celdas de línea, y permiten la detección de los siguientes eventos.

- Sobrecarga en fases.
- Sobrecarga homopolar y dirección de la falta.
- Adicionalmente, dispone de temporización y de diversas opciones de configuración, de detección de sobretensiones/subtensiones y de salida analógica de medida de corriente.

Los diferentes eventos detectados por el RGDAT son comunicados a la UP2015 a través de contactos. Igualmente, la UP2015 puede configurar el sentido direccional del RGDAT a través de una señal cableada.

Las señales se conectan al regletero que dispone RGDAT, accesible después de la tapa abatible. El RGDAT se suministra con una manguera de cables ya embornados.

### Protección contra cortocircuitos, sobreintensidades y faltas a tierra

La protección contra cortocircuitos y sobreintensidades queda asegurada con la instalación de protecciones electrónicas programables, incorporados a las cabinas SF6, alimentadas a través de una fuente de alimentación con baterías, que protegen las tres fases y el neutro, ajustadas y reguladas (regulación s/E-DISTRIBUCIÓN REDES DIGITALES, SLU y precintado en el caso del interruptor automático general según la potencia contratada) según las potencias instaladas aguas abajo. Se instalará también los transformadores de intensidad auxiliares necesarios.

Según datos de la Compañía suministradora, la potencia máxima de cortocircuito en el punto donde se ha instalado el centro es de 500 MVA. La intensidad máxima de cortocircuito será:

$$I_{cc} = \frac{P_{cc}}{V \cdot \sqrt{3}} ; I_{cc} = \frac{500 \text{ MVA}}{20 \cdot \sqrt{3}} = 14.43 \text{ kA}$$

### Protección contra contactos directos accidentales

La protección contra contactos accidentales con elementos en tensión queda garantizada con la instalación de celdas prefabricadas, al existir enclaves mecánicos que impiden el acceso al interior mientras no se conecte el correspondiente seccionador de puesta a tierra, según se describe a continuación:

- Enclavamiento de puertas: impide su apertura cuando el aparato principal está cerrado o la puesta a tierra está desconectada.
- Enclavamiento de maniobra: impide la maniobra del aparato principal y la apertura de la puesta a tierra, con la puerta abierta.
- Enclavamiento de tierra: impide el cierre de la puesta a tierra con el interruptor cerrado o al revés.

Se instalarán letreros de las secuencias de maniobras para evitar accidentes. En el interior del centro de transformación habrá un rótulo que indique que antes de cambiar fusibles, se debe abrir interruptor-seccionador, y poner tierras a ambos lados.

Las rejillas de ventilación accesibles serán de perfil en "V", de forma que impida la introducción de objetos

desde el exterior. Se ha previsto unas rejas en la parte inferior de la puerta de entrada al edificio y una ventilación superior, tal como indican los planos adjuntos.

#### Instalación de puesta a tierra del nuevo CM

Se realizará una instalación de puesta a tierra para herrajes en el Centro de Seccionamiento, de acuerdo con el punto 6 de la ITC-RAT 13 del RD 337/2014.

La instalación de tierras interior se realizará con conductor de cobre desnudo de  $1 \times 50 \text{ mm}^2$ . Se conectarán a estas tierras todas las partes metálicas de la instalación, exceptuándose las que sean accesibles desde el exterior (puertas, ventanas, bandejas BT, estructuras, etc.).

#### Instalaciones auxiliares

Se realizará una instalación de alumbrado interior en el Centro de Seccionamiento, alimentado desde cuadro de servicios auxiliares del centro de seccionamiento, a través de protección magnetotérmica y diferencial adecuadas. Se accionará automáticamente por apertura de la puerta de acceso, mediante un final de carrera, o bien mediante interruptor. Se protegerá con interruptor magnetotérmico 10A / II y diferencial 40A / II / 30mA.

No saldrá del recinto del centro de seccionamiento ningún elemento metálico (bandejas, tubos, rejas, etc.) a parte de los cables de media y baja tensión.

La alimentación de los servicios auxiliares del CM (equipo de telemando) se realizará con las protecciones adecuadas.

#### Ventilación

La evacuación del calor generado en el interior del CT se efectúa según lo indicado en la ITC-RAT 14 apartado 4.4, utilizándose preferentemente el sistema de ventilación natural.

Al tratarse de un edificio prefabricado, el fabricante lo ha ensayado y homologado para transformadores de hasta 1000 kVA con rejillas de ventilación auxiliares.

La ubicación de las rejas de ventilación se elige procurando que la circulación de aire haga un barrido sobre el transformador, colocando las rejas de entrada y salida, preferentemente, sobre fachadas opuestas del CT.

Están formadas por lamas en forma de “V” invertida, diseñadas para formar un laberinto para evitar la entrada de agua de lluvia, el paso de pequeños animales y la introducción de pequeños objetos que puedan provocar contactos accidentales con partes en tensión.

#### Contra incendios

Para la determinación de las protecciones contra incendios que se pueden dar lugar dentro de esta instalación se ha tenido en cuenta que se trata de una instalación de uso privado y se ha tomado de referencia la instrucción MIE RAT 14.4. Se dotará a la instalación de un extintor móvil, que se encargará de llevar el equipo de mantenimiento, con un nivel de eficacia mínimo de 89B, apropiado para combatir fuegos en presencia de tensión eléctrica superior a 1000 V (hasta 25 kV).

## 1.8 CARACTERÍSTICAS DE LA RED DE BAJA TENSIÓN

### 1.8.1. Compañía suministradora

La instalación una vez ejecutada se cederá a la ENDESA Distribución Eléctrica S.L.U., según lo establecido en las condiciones de suministro de la Compañía y se encargará de dar suministro en baja tensión desde el centro de seccionamiento y transformación a ejecutar y objeto de este proyecto.

### 1.8.2. Características generales de la red de baja tensión

La red se explotará, en régimen permanente, con corriente alterna trifásica, 50 Hz de frecuencia, a la tensión nominal de 400 V.

Se tenderá enterrada, bajo tubo por discurrir bajo calzada, con cableado de aluminio de tipo XZ1 S 0,6/1 kV XLPE.

### 1.8.3. Descripción de la distribución

Como se muestra en planos, se ha previsto un centro de seccionamiento y transformación en la rotonda que dará acceso al polígono y de un centro de maniobra y medida en la parcela comercial.

Desde el cuadro de baja tensión del Centro de Transformación se tenderán tres circuitos para alimentar las 19 parcelas destinadas para locales, tal y como se muestra en planos. Los servicios generales también se alimentarán con estos circuitos. El circuito 2, alimentará los servicios generales de la urbanización, que corresponden esencialmente a los sistemas de bombeo de agua, al cuadro de regulación y al mando del alumbrado previsto para los viales.

### 1.8.4. Propiedades y características de la red propuesta

Las líneas discurrirán canalizaciones subterráneas bajo tubo, en una primera parte bajo acera y bajo calzada en la zona de los viales interiores.

Según las prescripciones de la ITC-BT-07, las instalaciones:

Serán conformes con las especificaciones del apartado 1.2.4. de la ITC-BT-21. No se instalará más de un circuito por tubo.

Se evitarán, en lo posible, los cambios de dirección de los tubos. En los puntos donde se produzcan y para facilitar la manipulación de los cables, se dispondrán arquetas con tapa, registrables o no. Para facilitar el tendido de los cables, en los tramos rectos se instalarán arquetas intermedias, registrables, ciegas o simplemente calas de tiro, como máximo cada 40 m. Esta distancia podrá variarse de forma razonable, en función de derivaciones, cruces u otros condicionantes viarios. A la entrada en las arquetas, los tubos deberán quedar debidamente sellados en sus extremos para evitar la entrada de roedores y de agua.

Los tubos cumplirán con lo establecido en la UNE-EN 61386-2-4:2011.

El diámetro exterior mínimo de los tubos en función del número y la sección de los conductores se recoge en la tabla 9 de la ITC-BT-21 apartado 1.2.4. El tubo a instalar será de 160 mm de diámetro mínimo.

Se ha procurado que la longitud del cable sea lo más corta posible, mediante tramos rectos o curvas suaves y evitando ángulos pronunciados, de fácil acceso y que discurra por terrenos de acceso público, bajo aceras o calzadas.

Los conductores de los cables utilizados en las líneas subterráneas según se indica en la instrucción técnica complementaria ITC-BT-07 podrán ser de cobre o de aluminio y estarán aislados con mezclas apropiadas de compuestos poliméricos. Estarán además debidamente protegidos contra la corrosión que pueda provocar el terreno donde se instalen y tendrán la resistencia mecánica suficiente para soportar los esfuerzos a que puedan estar sometidos.

Asimismo, se indica que los cables podrán ser de uno o más conductores y de tensión asignada no inferior a 0,6/1 kV, y deberán cumplir los requisitos especificados en la parte correspondiente de la Norma UNE-HD 603. La sección de estos conductores será la adecuada a las intensidades y caídas de tensión previstas.

Estarán debidamente protegidos contra la corrosión que pueda provocar el terreno donde se instalen o la producida por corrientes vagabundas, y tendrán suficiente resistencia para soportar los esfuerzos a que puedan ser sometidos durante el tendido.

#### 1.8.5. Circuitos

El cálculo de la sección de los conductores se ha realizado de forma que la caída de tensión máxima no exceda del 5% de la tensión nominal de la línea y verificando que la intensidad máxima admisible de los conductores quede garantizada en todo momento. Las secciones asignadas a cada circuito se muestran en la siguiente tabla:

CIRCUITO	PARCELAS / SUMINISTROS	SECCIÓN DEL CONDUCTOR
CMM – 1	FÁBRICA DE ALIMENTOS	3x1x240 mm <sup>2</sup> Al
CMM – 2	CENTRO COMERCIAL	3x1x240 mm <sup>2</sup> Al
CT – 1	PARCELAS: 1,2,3,4,5	3x1x240 mm <sup>2</sup> Al
CT – 2	PARCELAS: 10,11,12,13,14,15, SS.GG.	3x1x240 mm <sup>2</sup> Al
CT – 3	PARCELAS: 6,7,8,9,16,17,18,19	3x1x240 mm <sup>2</sup> Al

Tabla 4. Circuitos red de baja tensión

#### 1.8.6. Canalizaciones

Las líneas discurrirán enterradas bajo tubo. Las canalizaciones sobre las que se tenderá serán de dos tipos: zanjas bajo aceras y zanjas en calzada.

La profundidad de estas zanjas, hasta la parte inferior del cable, no será menor de 0,60m en acera, ni de 0,80m en calzada.

En aceras o jardines el cable se dispondrá sobre lecho de limo de 3 cm de espesor sobre la que se depositarán los tubos a instalar. Encima se situará otra capa de limo de idénticas características con un espesor de 10 cm. Sobre ésta se colocará como protección mecánica placas de plástico sin halógenos (PPC) según especificación técnica Grupo ENDESA correspondiente, colocadas longitudinalmente al sentido del tendido del cable.

En cruces de calzada, el cable irá bajo tubo rígido de polietileno de doble pared, corrugado exteriormente y liso interiormente, de 160 mm de diámetro. El tubo irá embutido en un dado de hormigón en masa H-200 cuando provenga de planta o con una dosificación del cemento de 200 kg/m<sup>3</sup> cuando se realice a pie de obra y no hará falta en este caso rasilla de protección. En cada uno de los tubos no se instalará más de un circuito y se dejarán tubos de reserva.

En todos los casos, a continuación, se extenderá otra capa, con tierra procedente de la excavación, de 20 cm de espesor, apisonada por medios manuales. Esta capa de tierra estará exenta de piedras o cascotes, en general serán tierras nuevas. Sobre esta capa, se instalará la cinta de señalización según especificación técnica Grupo ENDESA correspondiente, que servirá para indicar la presencia de los cables durante eventuales trabajos de excavación. A continuación, se rellenará la zanja con tierra apta para compactar por capas sucesivas de 15 cm de espesor, debiendo utilizar para su apisonado y compactación medios mecánicos, con el fin de que el terreno quede suficientemente consolidado. En la compactación del relleno debe alcanzar una densidad mínima del 98% sobre el próctor modificado.

Las canalizaciones tubulares deberán quedar debidamente selladas en sus extremos.

Si la anchura de la zanja es superior al 50% de la anchura de la acera la reposición del pavimento se extenderá a la totalidad de la acera.

En el caso de tendido de cables unipolares se colocará cada 1,50 m una sujeción que agrupe a los tres conductores.

En las zanjas bajo acera además del relleno a base de tierras se completarán los últimos 20 cm de la zanja con hormigón HM-200, cubriendo la anchura total de la zanja.

La anchura y profundidad de las zanjas vendrán determinadas por el número de cables alojados.

Los detalles constructivos quedan reflejados en los planos adjuntos.

#### 1.8.7. Cruzamientos, proximidades y paralelismos

Los cables subterráneos deberán cumplir los requisitos señalados en el apartado 2.2 de la ITCBT-07, los indicados en las presentes Especificaciones Particulares y las condiciones que pudieran imponer otros órganos competentes de la Administración o empresas de servicios, cuando sus instalaciones fueran afectadas por tendidos de cables subterráneos de BT.

Cuando no se puedan respetar aquellas distancias, deberán añadirse las protecciones mecánicas especificadas en el propio reglamento.

#### 1.8.8. Armarios y cajas de protección y medida

Para la acometida a cada parcela se dispone de una CDU y una CPM individual. En casos en los que se atiendan a dos suministros se colocará un CDU y dos CPM, según instrucciones particulares de la empresa distribuidora. Para la parcela comercial y la planta de alimentos se dispondrá de una CS y una CPM para cada una.

Cada parcela dispondrá de un equipo de medida monofásico de medida directa o indirecta según la potencia prevista. Ambos elementos serán conformes con la normativa de la compañía suministradora.

Las envolventes de los DGP cumplirán con el REBT 842/2002.

Todos los conjuntos de caja de seccionamiento y protección y equipo de medida se colocarán empotrados en las fachadas de las naves y se cerrarán con una puerta preferentemente metálica, con grado de protección IK10, revestida exteriormente de acuerdo con las características del entorno y estará protegida contra la corrosión, disponiendo de una cerradura o candado normalizado por la empresa suministradora.

La distribución de estos elementos se puede observar en los planos adjuntos.

## **1.9 CONCLUSIÓN**

---

Con todo lo expuesto en este documento y demás de que consta este Proyecto se considera suficientemente expuestas las instalaciones a realizar en la edificación, por lo cual se solicita sean concedidas las oportunas licencias. No obstante, se queda a disposición de los Servicios Técnicos Competentes para aclarar, ampliar y/o modificar cuantas dudas pudieran presentarse.

# 2 CÁLCULOS

## 2.1. Red Subterránea de Media Tensión

La determinación de los cálculos justificativos se realizará teniendo en cuenta las características del conductor a emplear, suponiendo una sección normalizada de  $150 \text{ mm}^2$ :

1. Resistencia del conductor =  $0,264 \Omega/\text{km}$ .
2. Reactancia del cable =  $0,114 \Omega/\text{km}$ .
3. Intensidad máxima admisible =  $245 \text{ A}$

Para la determinación de la intensidad máxima admisible para el cable en cortocircuito de cortocircuito (tiempo del orden de  $0,9$  segundos) se tiene que cumplir que el valor de la integral de Joule durante el cortocircuito tiene que ser menor al valor máximo de la integral de Joule admisible en el conductor.

$$I_{cc3}^2 * t_{cc} \leq I_{cc3Adm}^2 * t_{cc} = (K \cdot S)^2$$

Siendo,

$$I_{cc3Adm} = K \frac{S}{\sqrt{t_{cc}}}$$

Donde:

- $I_{cc3Adm}$ : Intensidad de cortocircuito trifásico calculada con hipótesis adiabática en el conductor, en amperios.
- $I_{cc3} = 14,43 \text{ kA}$  como calculamos con anterioridad
- $S$ : Sección del conductor =  $150 \text{ mm}^2$
- $K$ : Coeficiente que depende de la naturaleza del conductor y del tipo de aislamiento. Representa la densidad de corriente admisible para un cortocircuito de  $1$  segundo y para el caso del conductor de Al con aislamiento XLPE.  $K=94 \text{ A/mm}^2$  suponiendo temperatura inicial antes del cortocircuito de  $90 \text{ °C}$  y máxima durante el cortocircuito de  $250 \text{ °C}$ .
- $t_{cc}$ : Duración del cortocircuito, en segundos.

Obtenemos como resultado que  $t_{cc} \leq 0,98 \text{ s}$ .

Observando la siguiente tabla contemplamos los valores de la intensidad de cortocircuito en amperios (A) según la sección del conductor en  $\text{mm}^2$  y la duración de cortocircuito en s.

Sección del conductor $\text{mm}^2$	Duración del cortocircuito (s)									
	0,1	0,2	0,3	0,5	0,6	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
150	44,6	31,5	25,7	19,9	18,2	14,1	11,5	10,0	8,9	8,1
240	71,3	50,4	41,2	31,9	29,1	22,6	18,4	16,0	14,3	13,0
400	118,9	84,1	68,6	53,2	48,5	37,6	30,7	26,6	23,8	21,7

Tabla 5. Corrientes de cortocircuito admisibles en los conductores de secciones normalizadas, en kA

Caída de tensión

Vendrá dada por la expresión:

$$U_c = \frac{P \cdot L}{U} * (R_{90} + X * tg(\varphi)) \text{ en valor absoluto}$$

$$U_c(\%) = \frac{P \cdot L}{10 \cdot U^2} * (R_{90} + X * tg(\varphi)) \text{ en valor porcentual}$$

*Fórmulas normalizadas según DYZ10000.*

Donde:

- **P** = Potencia a transportar en kW
- **L** = longitud de la línea en km
- **U** = Tensión nominal de la línea en kV
- **R<sub>90</sub>** = Resistencia del conductor en  $\Omega/\text{km}$  a 90°C, incluido el efecto piel y el efecto proximidad.
- **X** = Reactancia de la línea en  $\Omega/\text{km}$ .

Pérdida de potencia

Vendrá dada por la expresión:

$$P_p = \frac{P^2 \cdot L \cdot R_{90}}{U^2 \cdot \cos^2(\varphi)} \text{ en valor absoluto}$$

$$P_p(\%) = \frac{P \cdot L \cdot R_{90}}{10 \cdot U^2 \cdot \cos^2(\varphi)} \text{ en valor porcentual}$$

*Fórmulas normalizadas según DYZ10000.*

Donde:

- **P** = Potencia a transportar en kW
- **L** = Longitud de la línea en km
- **U** = Tensión nominal de la línea en kV
- **R<sub>90</sub>** = Resistencia del conductor en  $\Omega/\text{km}$  a 90°C, incluido el efecto piel y el efecto proximidad.

Los resultados obtenidos en los cálculos se mostrarán en la tabla de la página 34 junto a los resultados en baja tensión.

## **2.2. Red Subterránea de Baja Tensión**

La red eléctrica de alimentación a las subparcelas será subterránea de explotación radial constituida por conductores de aluminio unipolares tipo XZ1 S, tensión 0,6/1 kV, aislamiento polietileno reticulado XLPE y cubierta de PVC.

Según el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, la caída de tensión máxima admitida es de un 5% desde el origen a cualquier punto de suministro.

De acuerdo con las características eléctricas del cable, se adjuntan los cálculos eléctricos correspondientes al tramo de red en proyecto.

Suponemos una sección de  $150 \text{ mm}^2$

<b>Conductor</b>	Al
<b>Aislamiento</b>	0,6/1 kV
<b>Resistencia a 90°C</b>	0,264 $\Omega/\text{km}$
<b>Reactancia</b>	0,087 $\Omega/\text{km}$
<b>Intensidad máxima admisible</b>	253 A

Tabla 6. Características del cable

La determinación de la intensidad máxima admisible de cortocircuito es igual que para la media tensión y las fórmulas empleadas para la caída de tensión y las pérdidas de potencia son las mismas que en media tensión.

A continuación, se adjunta tabla con los resultados obtenidos. Para su correcta comprensión deberán observar la presente tabla junto al esquema unifilar del proyecto mostrado en el plano N°13.

**Como podemos observar en la tabla mostrada para la sección empleada los cálculos realizados otorgan validez a la instalación, ya que cumplimos el criterio de caída de tensión al ser en todos los tramos inferior a 5%. Por tanto, podemos realizar la ejecución de los tramos con la sección del cable  $150 \text{ mm}^2$ .**

BAJA TENSIÓN

CIRCUITO	INICIO	FINAL	L (Km)	P (KW)	P. TRAMO (KW)	coef. simultaneidad	U (Kv)	I (A)	COS( $\phi$ )	Pp(W) tramo	Pp(W) final	Pp(%) tramo	e(V) tramo	e(V) final	e(%) tramo
CT-1	CT	PCL 1	0,016	30	150	0,8	0,4	203,77	0,85	822,15	822,15	0,5481	1,91	1,91	0,48
CT-1	PCL 1	PCL 2-3	0,024	60	120	0,8	0,4	163,02	0,85	789,26	1611,40	0,6577	2,29	4,20	0,57
CT-1	PCL 2-3	PCL 4-5	0,031	60	60	0,8	0,4	81,51	0,85	254,87	1866,27	0,4248	1,48	5,68	0,37
CT-2	CT	PCL 10-11	0,043	60	210	0,8	0,4	285,28	0,85	4330,65	4330,65	2,0622	7,18	7,18	1,79
CT-2	PCL 10-11	PCL 12-13	0,018	60	150	0,8	0,4	203,77	0,85	924,91	5255,56	0,6166	2,15	9,32	0,54
CT-2	PCL 12-13	SS.GG	0,018	30	120	0,8	0,4	163,02	0,85	591,94	5847,50	0,4933	1,72	11,04	0,43
CT-2	SS.GG	PCL 14-15	0,017	60	60	0,8	0,4	81,51	0,85	139,76	5987,26	0,2329	0,81	11,85	0,20
CT-3	CT	PCL 9-8	0,047	60	240	0,8	0,4	326,03	0,85	6182,53	6182,53	2,5761	8,97	8,97	2,24
CT-3	PCL 9-8	PCL 7-6	0,021	60	180	0,8	0,4	244,52	0,85	1553,85	7736,39	0,8633	3,00	11,97	0,75
CT-3	PCL 7-6	PCL 16-17	0,053	60	120	0,8	0,4	163,02	0,85	1742,95	9479,34	1,4525	5,05	17,02	1,26
CT-3	PCL 16-17	PCL 18-19	0,039	60	60	0,8	0,4	81,51	0,85	320,64	9799,98	0,5344	1,86	18,88	0,46
CMM-1	CMM	CS	0,007	150	150	0,8	0,4	203,77	0,85	359,69	359,69	0,2398	0,83	0,83	0,21
CMM-2	CMM	CS	0,047	150	150	0,8	0,4	203,77	0,85	2415,05	2415,05	1,6100	5,60	5,60	1,40

Datos del cable	
R(90°C) Ω/km	0,264
X (Ω/km)	0,087
$\phi$ (rad)	0,554811033

Siendo:

- R: Resistencia del cable en Ω/km
- X: Reactancia del cable en Ω/km
- $\phi$ : Ángulo de desfase
- cos( $\phi$ ): Factor de potencia
- CT ≈ Centro de transformación
- CMM ≈ Centro de maniobra y medida
- CS ≈ Caja de seccionamiento
- PCL ≈ Parcela
- SS.GG ≈ Servicios Generales

MEDIA TENSIÓN

CIRCUITO	INICIO	FINAL	L (Km)	P (KW)	P. TRAMO (KW)	coef. simultaneidad	U (Kv)	I (A)	COS( $\phi$ )	Pp(W) tramo	Pp(W) final	Pp(%) tramo	e(V) tramo	e(V) final	e(%) tramo
LSMT	APOYO 06	CMM	0,056	567	1134	1	20	38,51	0,85	4,24	4,24	0,0004	0,06	0,06	0,01
LSMT	CMM	APOYO 07	0,072	1134	1134	1	20	38,51	0,85	5,45	5,45	0,0005	0,07	0,07	0,02
LSMT	CMM	CT	0,108	567	567	1	20	19,26	0,85	2,04	2,04	0,0004	0,06	0,06	0,01

Datos del cable	
R(90°C) Ω/km	0,264

## **2.3. Centro de Maniobra y Medida**

### **Dimensionado del embarrado de alta tensión**

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 las celdas.

Sin embargo, las justificaremos según las siguientes consideraciones:

- Capacidad de transporte en régimen permanente.
- Resistencia frente esfuerzos térmicos y dinámicos.

### **Capacidad de transporte en régimen permanente.**

La comprobación por densidad de corriente o de transporte en régimen permanente tiene por objeto verificar que el conductor indicado es capaz de conducir la corriente nominal máxima sin superar la densidad máxima permitida por el material del embarrado.

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.

Para las celdas del sistema CGM la certificación correspondiente que cubre el valor necesitado se ha obtenido con el protocolo 93101901 realizado por los laboratorios ORMAZABAL (Laboratorio de Alta Tensión de I + D) en Bizkaia.

### **Resistencia frente esfuerzos térmicos y dinámicos.**

La comprobación térmica tiene por objeto comprobar que no se producirá un calentamiento excesivo de la celda por efecto de un cortocircuito. Esta comprobación se puede realizar mediante cálculos teóricos, pero preferentemente se debe realizar un ensayo según la normativa en vigor. La intensidad dinámica de cortocircuito se valora en aproximadamente 2,5 veces la intensidad eficaz de cortocircuito. La intensidad considerada es la eficaz de cortocircuito que se refleja en la siguiente tabla de la norma FYZ3000:

<b>Intensidad asignada de corta duración 1s. (Límite térmico) (kA)</b>	<b>Valor de cresta de la intensidad de cortocircuito admisible asignada (Límite dinámico) (kA)</b>
16	40
20 (*)	50 (*)

(\*) Cuando las características de la red así lo requieran, se utilizarán celdas cuyas intensidades serán de 20 kA, con valor de cresta de 50 kA.

Tabla 7. Intensidades de cortocircuito admisibles

Con el fin de no repetir contenido y simplificar en el centro de maniobra y medida realizaremos los cálculos de los campos electromagnéticos y en el centro de transformación realizaremos los cálculos de las instalaciones de puesta a tierra.

### Cálculo de los campos electromagnéticos

Tal y como se establece en el apartado 4.7 de la ITC-RAT 14, se ha de verificar que en la proximidad del centro no se sobrepasen los límites máximos admisibles de emisión de campos electromagnéticos, establecido en el Real Decreto 1066/2001, y que se muestran en la siguiente tabla:

Gama de frecuencia	Intensidad de campo E (V/m)	Intensidad de campo H (A/m)	Campo B (μT)	Densidad de potencia equivalente de onda plana (W/m <sup>2</sup> )
0-1 Hz		$3,2 \times 10^4$	$4 \times 10^4$	
1-8 Hz	10.000	$3,2 \times 10^4/f^2$	$4 \times 10^4/f^2$	
8-25 Hz	10.000	$4.000/f$	$5.000/f$	
0,025-0,8 kHz	$250/f$	$4/f$	$5/f$	
0,8-3 kHz	$250/f$	5	6,25	
3-150 kHz	87	5	6,25	
0,15-1 MHz	87	$0,73/f$	$0,92/f$	
1-10 MHz	$87/f^{1/2}$	$0,73/f$	$0,92/f$	
10-400 MHz	28	0,073	0,092	2

Tabla 8. Límites máximos admisibles de emisión de campos eléctricos

Para la frecuencia de 50 Hz, estos valores límites son:

Valores RMS límite para 0,050 kHz		
E (kV/m)	H (A/m)	B(μT)
5	80	100

Tabla 9. Resultados obtenidos

El valor del campo magnético en un punto p(xi, yi), situado a una distancia “r” de un conductor rectilíneo infinito por el cual circula una corriente de intensidad “i”, se determina con la siguiente expresión:

$$B = \mu_0 * H = \frac{\mu_0 * i}{2\pi r}$$

Donde:

**B** es el campo magnético [μT]

**r** es la distancia del punto al conductor [m]

**i** es la intensidad de corriente que circula por el conductor [A]

**μ<sub>0</sub>** es la permeabilidad magnética en el vacío [μT·m/A]

La dirección del campo magnético, “B”, en el punto P(xi, yi), es perpendicular a la línea que une el conductor y el punto, como se muestra en la figura siguiente.

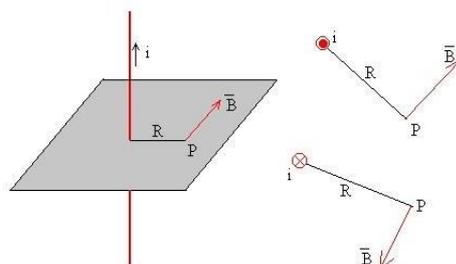


Figura 1. Dirección campo magnético

Para determinar el sentido del vector del campo magnético se tendrá en cuenta la regla de la mano derecha.

El campo magnético creado en un punto por varios cables será la suma vectorial del campo creado por cada conductor independientemente.

Dado que la intensidad de cada fase varía con el tiempo según la expresión:

$$i = I * \sin(\omega t + \varphi)$$

Se tendrá en cuenta, para el cálculo del campo magnético de cada fase, el valor de la intensidad en un instante determinado "t", el ángulo de desfase entre las intensidades del sistema trifásico "φ", y el desfase entre las intensidades de MT y BT provocado por el grupo de conexión del transformador.

El valor del campo magnético, "B", se expresará en valor eficaz (RMS), que es el valor cuadrático medio de un ciclo.

El campo magnético creado por el transformador varía con el cuadrado de las distancias. Así para determinar el valor del campo en un punto P(xi, yi), situado a una distancia "r" del transformador, se utilizará la expresión:

$$B_{pi} = \frac{B_0}{r^2}$$

Donde:

**B<sub>0</sub>** es el campo provocado por el transformador a un metro de distancia [μT]

**r** es la distancia del punto al transformador [m]

**B<sub>pi</sub>** es el campo en el punto [μT]

La dirección del campo magnético, "B", en el punto p(xi, yi), es perpendicular a la línea que une el transformador y el punto, y se suma vectorialmente al campo creado por los conductores.

El valor del campo eléctrico en un punto p(xi, yi), situado a una distancia "r" de un conductor se calcula por la expresión:

$$E = \frac{1}{2\pi\epsilon} * \frac{q}{r}$$

Donde:

**E** es el campo eléctrico [V/m]

**r** es la distancia del punto al conductor [m]

**q** es la densidad de carga superficial del conductor [C]

**ε** es la capacidad específica de inducción del aire [C<sup>2</sup>·N<sup>-1</sup>·m<sup>-2</sup>]

La densidad de carga superficial del conductor se determina con la expresión:

$$q = C' * U$$

Donde

**C'** es la capacidad por unidad de longitud del conductor [F/m]

**U** es la tensión entre conductores [V]

La capacidad lineal del conductor, considerado que hay aire como dieléctrico se determina con la expresión:

$$C' = \pi * \epsilon * \frac{1}{\ln \left[ \frac{DMG}{r_{eq}} \right]}$$

Donde

**DMG** es la distancia media geométrica entre conductores de fase [m]

$r_{eq}$  es el radio equivalente de los conductores de fase, para un conductor por fase es igual al radio de un conductor [m]

La dirección del campo eléctrico, “E”, en el punto p(xi, yi), es la misma que la de la línea que une el conductor y el punto, como se muestra en la siguiente figura.

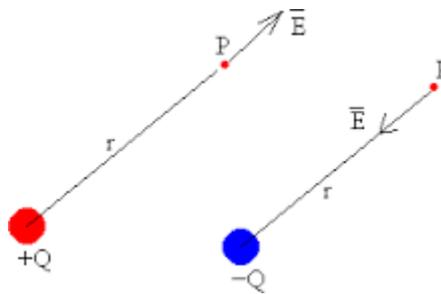


Figura 2. Dirección del campo eléctrico

Para determinar el sentido del vector del campo eléctrico se entra en cuenta el signo de la carga superficial del conductor.

El campo eléctrico creado en un punto por varios cables será la suma vectorial del campo creado para cada conductor independientemente.

Dado que la tensión de cada fase varía con el tiempo según la siguiente expresión:

$$u = U * \sin(\omega t + \varphi)$$

Se tendrá en cuenta, para el cálculo del campo eléctrico de cada fase, el valor de la tensión en un instante determinado “t”, el ángulo de desfase entre tensiones del sistema trifásico  $\varphi$ , y el desfase entre tensiones de MT y BT provocado por el grupo de conexión del transformador.

El valor del campo magnético “E”, se expresará en valor eficaz (RMS), que es el valor cuadrático medio de un ciclo.

### Resultados Campos Electromagnéticos del CM

<b>Potencia (kVA) trafo</b>	1x630
<b>U primario (kV)</b>	20
<b>I primario (A)</b>	18,18

Tabla 10. Valores del transformador

Geometría de la sección A-A' de estudio

MEDIDAS SECCIÓN CRM					
Grosor paredes	0,08	Coordenadas esquinas			
Grosor techo	0,08	A	B	C	D
Anchura (X)	6,08	0	6,08	6,08	0
Altura (Y)	2,58	0	0	2,58	2,58

Tabla 11. Medidas del centro de maniobra y medida

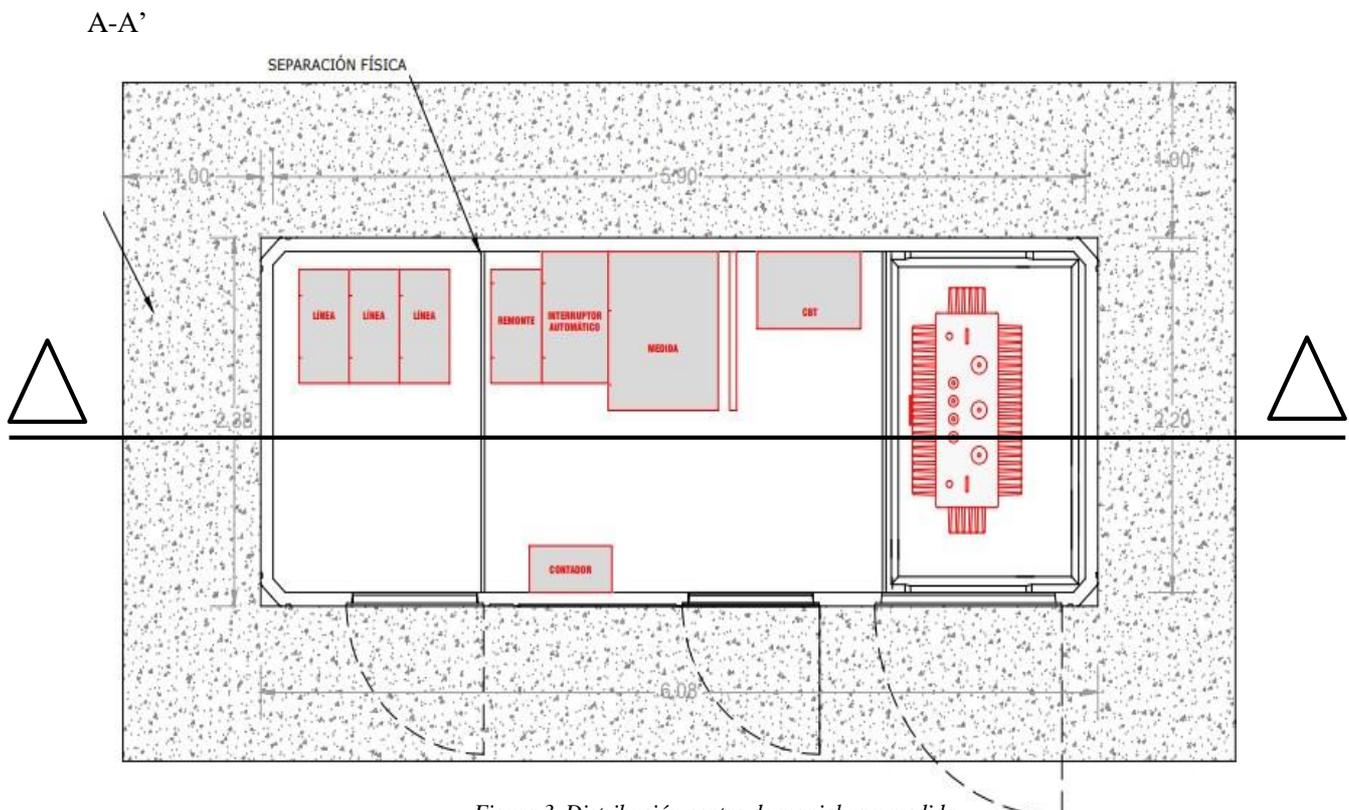


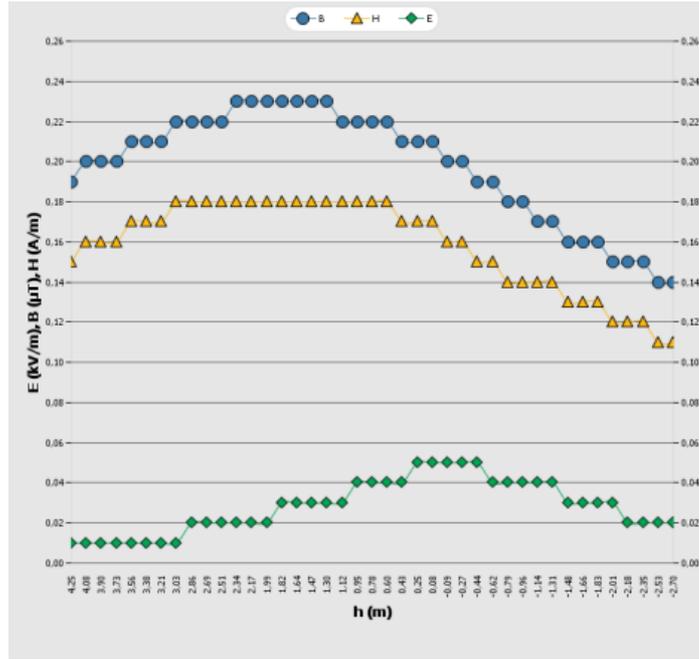
Figura 3. Distribución centro de maniobra y medida

Resultados obtenidos

**Pared izquierda**

Valores RMS máximos		
E	0,173	kV/m
B	5,28	μT
H	4,2	A/m

Tabla 12. Valores máximos obtenidos

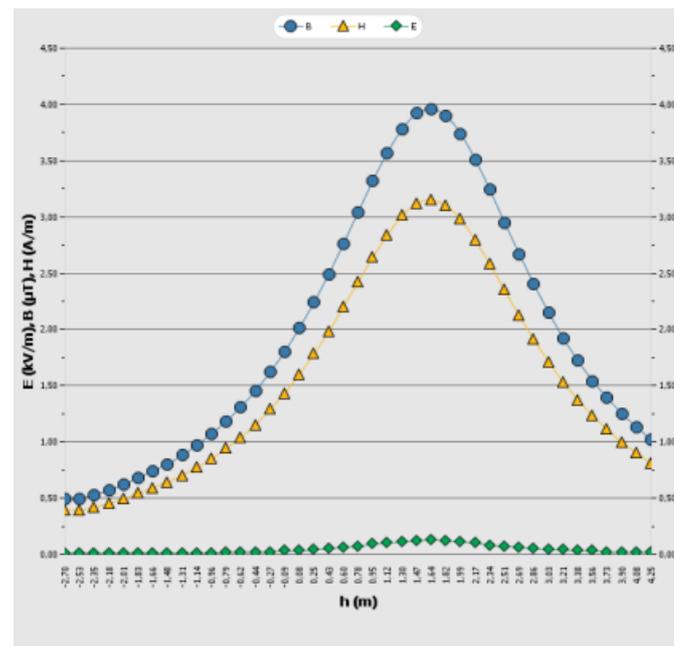


Gráfica 1. Valores de B, E y H en la pared izquierda

**Pared derecha**

Valores RMS máximos		
<b>E</b>	0,067	<b>kV/m</b>
<b>B</b>	0,307	<b>µT</b>
<b>H</b>	0,24	<b>A/m</b>

Tabla 13. Valores máximos obtenidos de E, B y H



Gráfica 2. Valores de B, E y H en la pared derecha

## **2.1. Centro de distribución**

Las principales características de la red en este punto son:

- Tensión nominal de la red ( $U_n$ ): 20 kV.
- Tensión máxima de la red ( $U_{max}$ ): 24 kV.
- Potencia de cortocircuito ( $P_{cc}$ ): 500 MVA.
- Intensidad de cortocircuito ( $I_{cc}$ ): aproximadamente 20 kA
- Intensidad máxima de defecto a tierra ( $I_{dmax}$ ): 300 A, limitada por reactancia de puesta a tierra en subestación.
- Tiempo máximo de despeje ( $t_{ds}$ ): 0,8 s.

### **Cálculo de la puesta a tierra general**

#### **Investigación de las características del suelo:**

Para instalaciones de tercera categoría y de intensidad de cortocircuito a tierra menor o igual a 1,5 kA, el apartado 4.1 de la ITC-RAT 13 admite, que además de medir, se pueda estimar la resistividad del terreno. Para ello, se puede emplear la tabla que se muestra en la norma en la que se dan valores orientativos de la misma en función de la naturaleza del suelo.

En nuestro caso, se estima el valor de resistividad en  $150 \Omega \cdot m$ .

#### **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.

La intensidad de la puesta a tierra  $I_E$ , es la parte de la intensidad de defecto que circula por el electrodo de puesta a tierra general del CT y por lo tanto provoca la elevación del potencial de la instalación de tierra:

$$I_E = r * I_d$$

Donde  $r$  es el factor de reducción, que depende del número de instalaciones con las puestas a tierra conectadas en paralelo a la instalación proyectada y del tipo de conductor de tierra o cable aislado utilizado (como las pantallas de los cables aislados MT).

En caso de que haya un defecto a tierra, la sobretensión originada no debe ser superior al nivel de aislamiento de la instalación de BT del CT, es decir, se debe verificar que:

$$I_E * R_t \leq U_{bt}$$

En el caso de redes con el neutro a tierra, la intensidad de defecto la podemos calcular considerando únicamente la impedancia de la puesta a tierra del neutro y la resistencia del electrodo de puesta a tierra. Esto supone estimar nula la impedancia homopolar de las líneas o cables, por lo que el cálculo no depende de las modificaciones en la red.

La intensidad del defecto se calcula de la siguiente forma:

$$I_d = (c * U) / (\sqrt{3} * \sqrt{(R_t)^2 + X_{LTH}^2})$$

donde:

$I_d$  corriente de defecto a tierra del CT en A

c factor de tensión, de valor 1,1

U tensión de servicio [V]

$R_t$  resistencia de la puesta a tierra de la protección del CT [Ohm]

$X_{LTH}$  impedancia equivalente (Ohm)

Por lo tanto, conociendo el valor de la corriente máxima de la red se obtiene la impedancia equivalente de la red (suponiendo  $R_t = 0$ )

$$X_{LTH} = \frac{c * U}{\sqrt{3} * I_{maxd}}$$

En cuanto al tiempo de eliminación del defecto, las líneas de media tensión disponen de los dispositivos necesarios para despejar, en su caso, los posibles defectos a tierra mediante la apertura del interruptor que actúa por la orden transmitida por un relé que controla la intensidad de defecto.

Existen dos variantes normales:

- Relés a tiempo independiente (actúa después de un tiempo determinado, sin depender del valor de la sobreintensidad).
- Relés a tiempo dependiente (actúa después de un tiempo que es función del valor de la sobreintensidad).

En nuestro caso, ya hemos indicado que el tiempo de despeje será de 0,8 s.

### Diseño preliminar de la instalación de puesta a tierra. Selección del electrodo.

Para seleccionar el electrodo seguiremos las tablas del Anexo 2 del Método de Unesa según la dimensión del centro.

#### INDICE GENERAL

Figura		Lados en m	Nº página
Cuadrado	de	2'0 x 2'0	A2-3
Rectángulo	de	2'0 x 2'5	A2-4
Rectángulo	de	2'0 x 3'0	A2-5
Cuadrado	de	2'5 x 2'5	A2-6
Rectángulo	de	3'0 x 2'5	A2-7
Cuadrado	de	3'0 x 3'0	A2-8
Rectángulo	de	3'0 x 3'5	A2-9
Rectángulo	de	4'0 x 2'5	A2-10
Rectángulo	de	4'0 x 3'0	A2-11
Rectángulo	de	4'0 x 3'5	A2-12
Cuadrado	de	4'0 x 4'0	A2-13
Rectángulo	de	5'0 x 2'5	A2-14
Rectángulo	de	5'0 x 3'0	A2-15
Rectángulo	de	5'0 x 3'5	A2-16
Rectángulo	de	5'0 x 4'0	A2-17
Cuadrado	de	5'0 x 5'0	A2-18
Rectángulo	de	6'0 x 2'5	A2-19
Rectángulo	de	6'0 x 3'0	A2-20
Rectángulo	de	6'0 x 3'5	A2-21
Rectángulo	de	6'0 x 4'0	A2-22
Cuadrado	de	6'0 x 6'0	A2-23
Rectángulo	de	7'0 x 2'5	A2-24
Rectángulo	de	7'0 x 3'0	A2-25
Rectángulo	de	7'0 x 3'5	A2-26
Rectángulo	de	7'0 x 4'0	A2-27
Rectángulo	de	8'0 x 2'5	A2-28
Rectángulo	de	8'0 x 3'0	A2-29
Rectángulo	de	8'0 x 3'5	A2-30
Rectángulo	de	8'0 x 4'0	A2-31
Electrodo longitudinal	con picas de 2 m		A2-32
Electrodo longitudinal	con picas de 4 m		A2-33
Electrodo longitudinal	con picas de 6 m		A2-34
Electrodo longitudinal	con picas de 8 m		A2-35

Tabla 14. Configuraciones tipo de electrodos de tierra

Una vez seleccionado el tipo de electrodo, se obtiene de las tablas anteriores los parámetros característicos:

**Kr** valor unitario de la resistencia de puesta a tierra ( $\Omega/\Omega \cdot m$ )

**Kp** valor unitario que representa la máxima tensión de paso unitaria en la instalación ( $V/\Omega \cdot m \cdot A$ )

**Kc** valor unitario que representa la máxima tensión de contacto unitaria en la instalación ( $V/\Omega \cdot m \cdot A$ )

En función de la geometría del electrodo se obtendrá el factor de resistencia de tierra  $K_r$  y el valor de resistencia de dicho electrodo será:

$$R'_t = \rho \cdot K_r$$

Cálculo de la resistencia de puesta a tierra, intensidad de defecto y tensiones de paso para el electrodo seleccionado

Dadas las dimensiones de nuestro EP, vamos a suponer que se instalará un electrodo en anillo cerrado a una profundidad de 0,71 m bajo la solera de hormigón. A este anillo, formado por conductor de cobre desnudo de  $50 \text{ mm}^2$ , se conectará al menos 4 piquetas de puesta a tierra de 2 metros cada una, hasta garantizar un valor de tensión de contacto aplicada inferior al valor reglamentarios.

Consideraremos los valores de 0,5 de profundidad por ser más restrictivos que los de 0,8 m. Según el Anexo 2 del método Unesa, para el tipo 40-25/5/42 este tipo de puesta a tierra tiene los siguientes parámetros:

$$K_r = 0,105 \Omega$$

$$K_p = 0,0244 \Omega.$$

$$K_c = 0,0534 \Omega.$$

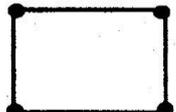
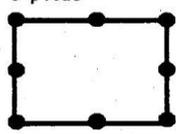
CONFIGURACION	L <sub>p</sub> (m)	RESISTENCIA K <sub>r</sub>	TENSION DE PASO K <sub>p</sub>	TENSION DE CONTACTO EXT K <sub>c</sub> = K <sub>p</sub> (acc)	CODIGO DE LA CONFIGURACION
Sin picas	-	0.146	0.0309	0.0924	40-25/5/00
4 picas 	2	0.105	0.0244	0.0534	40-25/5/42
	4	0.083	0.0185	0.0370	40-25/5/44
	6	0.069	0.0148	0.0280	40-25/5/46
	8	0.060	0.0123	0.0223	40-25/5/48
8 picas 	2	0.092	0.0211	0.0420	40-25/5/82
	4	0.070	0.0149	0.0261	40-25/5/84
	6	0.057	0.0114	0.0185	40-25/5/86
	8	0.049	0.0092	0.0142	40-25/5/88

Tabla 15. Parámetros de electrodo tipo rectángulo 4x2,5m y profundidad 0,5 m

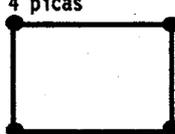
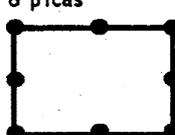
CONFIGURACION	L <sub>p</sub> (m)	RESISTENCIA K <sub>r</sub>	TENSION DE PASO K <sub>p</sub>	TENSION DE CONTACTO EXT K <sub>c</sub> = K <sub>p</sub> (acc)	CODIGO DE LA CONFIGURACION
Sin picas	-	0.139	0.0215	0.0879	40-25/8/00
4 picas 	2	0.101	0.0168	0.0517	40-25/8/42
	4	0.080	0.0129	0.0362	40-25/8/44
	6	0.067	0.0104	0.0275	40-25/8/46
	8	0.058	0.0087	0.0221	40-25/8/48
8 picas 	2	0.088	0.0151	0.0407	40-25/8/82
	4	0.067	0.0108	0.0257	40-25/8/84
	6	0.055	0.0083	0.0184	40-25/8/86
	8	0.047	0.0068	0.0143	40-25/8/88

Tabla 16. Parámetros de electrodo tipo rectángulo 4x2,5m y profundidad 0,8 m

Por lo tanto, particularizando, el valor de puesta a tierra de nuestro sistema es:

$$R'_t = \rho * K_r = 150 * 0,105 = 15,75 \Omega$$

Suponiendo el valor de Intensidad de defecto máximo de la red de 300 A, se puede calcular la impedancia equivalente mediante la expresión ya vista:

$$X_{LTH} = \frac{c * U}{\sqrt{3} * I_{maxd}} = \frac{1,1 * 20000}{\sqrt{3} * 300} = 42,34 \Omega$$

La intensidad de defecto será, suponiendo r=1:

$$I_E = \frac{c * U}{\sqrt{3} * \sqrt{(R'_t)^2 + \left(\frac{X_{LTH}}{r}\right)^2}} = \frac{1,1 * 20000}{\sqrt{3} * \sqrt{(15,75)^2 + \left(\frac{42,34}{1}\right)^2}} = 281,17 A$$

La tensión de defecto será:

$$U'_d = R'_t * I_E = 15,75 * 281,17 = 4.428,43 V$$

En general, la tensión de paso en el exterior U'p y la tensión de contacto U'c se calculan mediante las expresiones:

$$U'_p = K_p * \rho * I_E = 0,0244 * 150 * 281,17 = 1.029,08 V$$

$$U'_c = K_c * \rho * I_E = 0,0534 * 150 * 281,17 = 2.252,17 V$$

Además, al existir un mallazo equipotencial en la solera del CT conectado al electrodo de puesta a tierra, la tensión de paso de acceso será equivalente al valor de la tensión de contacto en el exterior, por lo tanto, la tensión de paso máxima en el acceso U'pacc será:

$$U'_{pacc} = K_c * \rho * I_E = 2.252,17 V$$

Se considerará que en el interior del CT las tensiones de paso y contacto serán prácticamente nulas, dado que existen un mallazo equipotencial. También se considera nula la tensión de contacto en el exterior puesta que las partes metálicas accesibles no están conectadas a la red de tierra de protección, adoptándose las medidas necesarias para evitar la puesta a tierra de estas partes metálicas accesibles por causa de un defecto a avería.

### Valores máximos de tensión admisibles

De acuerdo con la ITC-RAT-13, la tensión máxima admisible por el cuerpo humano depende de la duración de la corriente de falta, según la siguiente tabla incluida en dicha ITC.

Duración de la falta $t_F$ (s)	Tensión de contacto aplicada admisible $U_{ca}$ (V)
0,05	735
0,1	633
0,2	528
0,3	420
0,4	310
0,5	204
1	107
2	90
5	81
10	80
>10	50

Tabla 17. Tensión máxima admisible por el cuerpo humano según la duración de la falta.

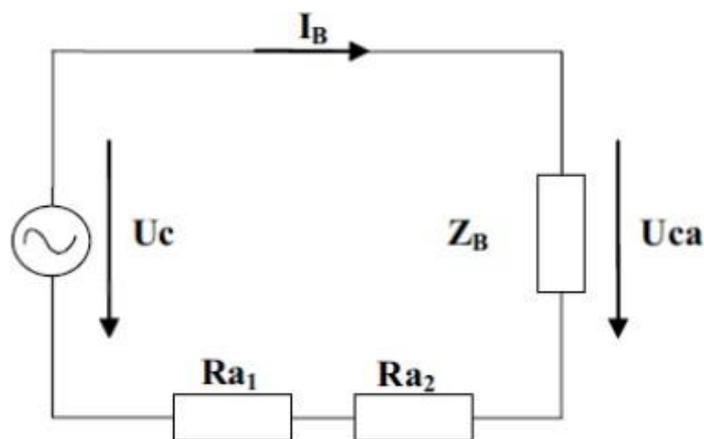


Figura 4. Circuito empleado para el cálculo de la tensión de contacto

Donde:

- $U_c$  tensión de contacto máxima admisible en V
- $U_{ca}$  valor admisible de la tensión de contacto aplicada que es función de la duración de la corriente de falta en V (interpolando para 0,8 segundos, tiene un valor de 145,8V).
- $R_{a1}$  resistencia del calzado, que será “0” cuando las personas puedan estar descalzas. En caso de calzado, puede considerarse  $2.000 \Omega$
- $R_{a2}$  resistencia a tierra del punto de contacto con el terreno, con valor para los 2 pies de  $1,5 \cdot \rho$

- ZB impedancia del cuerpo humano que puede considerarse 1.000  $\Omega$
- U<sub>pa</sub> valor admisible de la tensión de paso que será 10 veces la U<sub>ca</sub> en V, según ICT-RAT-13

$$U_c = U_{ca} * \frac{1 + (R_{a1} + R_{a2})}{2Z_B} = U_{ca} * \left( 1 + \frac{(0,5 * R_{a1} + 1,5\rho)}{1000} \right)$$

$$= 145,8 * \left( 1 + \frac{(0,5 * 2000 + 1,5 * 150)}{1000} \right) = 324,41 V$$

$$U_p = U_{pa} * \frac{1 + (2R_{a1} + 2R_{a2})}{2Z_B} = 10 * U_{ca} * \left( 1 + \frac{(2 * R_{a1} + 6\rho)}{1000} \right)$$

$$= 10 * 145,8 * \left( 1 + \frac{(2 * 2000 + 6 * 150)}{1000} \right) = 8602,2 V$$

#### Comprobación de que con el electrodo seleccionado se satisfacen las condiciones exigidas

- Tensiones de paso y contacto en el interior del CT: la solera del CT estará dotada del correspondiente mallazo equipotencial, por lo tanto, no existirá riesgo por tensiones de paso o contacto en el interior, ya que serán prácticamente nulas.
- Tensiones de contacto en el exterior del CT: Las puertas y rejillas metálicas que dan al exterior del CT no tienen contacto eléctrico con ningún elemento susceptible de quedar en tensión como consecuencia de un defecto a tierra, por lo que no es necesario realizar el cálculo de la tensión de contacto exterior que será prácticamente nula.
- Tensión de paso en exterior: La tensión de paso en el exterior del CT, calculada para el electrodo seleccionado (U'<sub>p</sub>) debe ser menor o igual que el máximo valor admisible de la tensión de paso (U<sub>p</sub>). En nuestro caso:

$$U'_p = 1.029,08 V$$

$$U_p = 8.602,20 V$$

#### **Por lo tanto, se comprueba que se cumple esta condición**

- Tensión de paso en acceso al CT: calculada para el electrodo seleccionado (U'<sub>pacc</sub>) debe ser menor o igual que el máximo valor admisible de la tensión de paso en el acceso (U<sub>pacc</sub>). En nuestro caso:

$$U'_{pacc} = 2.252,17 V$$

$$U_p = 8.602,20 V$$

#### **Por lo tanto, se comprueba que se cumple esta condición**

- Para que el material esté protegido, la tensión de defecto debe ser menor o igual que el nivel de aislamiento a frecuencia industrial de los equipos de BT del CT, es decir:

$$U'_d \leq U_{bt}$$

**Ya habíamos calculado que U'<sub>d</sub> = 4.428,43 V que es menos que el valor U<sub>bt</sub> que es de 10.000 V, por lo que se satisface esta condición**

- La intensidad de arranque de las protecciones tendrá que ser superior a la intensidad de defecto que hemos calculado en 281,17 A.

### Cálculo de la puesta a tierra del neutro

Como ya se ha descrito anteriormente, se adopta un valor máximo de la resistencia a tierra del neutro de  $37 \Omega$ .

Por lo tanto, el valor unitario máximo de la resistencia de puesta a tierra de neutro será:

$$K'_r = \frac{37}{\rho} = \frac{37}{150} = 0.247$$

Se seleccionará la configuración del electrodo de puesta a tierra con pica en hilera de manera que su valor unitario  $K''_r$  sea menor que  $K'_r$ .

**Se elige el sistema lineal con 2 picas, con valor  $K''_r = 0,201$**

NUMERO DE PICAS	RESISTENCIA $K_r$	TENSION DE PASO $K_p$	CODIGO DE LA CONFIGURACION
2	0,201	0,0392	5/22
3	0,135	0,0252	5/32
4	0,104	0,0184	5/42
6	0,073	0,0120	5/62
8	0,0572	0,00345	5/82

Tabla 18. Parámetros con picas en hilera sección conductor  $50 \text{ mm}^2$ , longitud de pica 2 metros y profundidad 0,5 m

De esta manera, se cumplirá que el valor de resistencia de puesta a tierra del neutro de BT  $R'_{bt}$  sea menor que 37 ohmios:

$$R'_{bt} = K''_r * \rho = 0,201 * 150 = 30,15 \Omega < 37 \Omega$$

### Separación entre los sistemas de puesta a tierra general y de neutro

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 separación D se calcula mediante la fórmula:

$$D > \frac{\rho * I_E}{2\pi * U_i} \approx \frac{\rho * I_E}{6.283}$$

Donde  $U_i$  es la tensión inducida sobre el electrodo de puesta a tierra del neutro cuyo valor se considera igual a 1.000V.

NUMERO DE PICAS	RESISTENCIA $K_r$	TENSION DE PASO $K_p$	CODIGO DE LA CONFIGURACION
2	0,201	0,0392	5/22
3	0,135	0,0252	5/32
4	0,104	0,0184	5/42
6	0,073	0,0120	5/62
8	0,0572	0,00345	5/82

Tabla 19. Parámetros con picas en hilera sección conductor 50 mm<sup>2</sup>, longitud de pica 2 metros y profundidad 0,5 m

Suponiendo el valor de Intensidad de defecto máximo de la red de 300 A, se puede calcular la impedancia equivalente mediante la expresión ya vista:

$$X_{LTH} = \frac{c * U}{\sqrt{3} * I_{maxd}} = \frac{1,1 * 20000}{\sqrt{3} * 300} = 42,34 \Omega$$

La intensidad de defecto será, suponiendo  $r = 1$ :

$$I_E = \frac{c * U}{\sqrt{3} * \sqrt{(R''_{BT})^2 + \left(\frac{X_{LTH}}{r}\right)^2}} = \frac{1,1 * 20000}{\sqrt{3} * \sqrt{(30,15)^2 + \left(\frac{42,34}{1}\right)^2}} = 244,37 A$$

$$D > \frac{\rho * I_E}{2\pi * U_i} \approx \frac{\rho * I_E}{6.283} = \frac{150 * 244,37}{6.283} = 5,834 m$$

Por mayor seguridad, la distancia estándar que se suele adoptar de distancia entre dichos sistemas de puesta a tierra es de 20 metros.

Si a la hora de ejecutar las instalaciones de puesta a tierra se cumple que la elevación de potencia, como consecuencia de un eventual defecto a tierra en las instalaciones de MT y CT es inferior o igual a 1000V, se podrá prescindir de la tierra de neutro y conectar el neutro de la baja tensión del transformador a la tierra general del CT.

La intensidad de defecto que hemos calculado es de 281,17 A.

**Para que esto ocurra, la resistencia real del sistema debería ser  $R_t \leq \frac{1.000}{281,17} = 3,56 \Omega$**

## Dimensionamiento puentes MT y BT

### Intensidad Media Tensión

La intensidad primaria en un transformador trifásico viene dada por la expresión:

$$I_p = \frac{S}{\sqrt{3} * U_p}$$

Donde:

- S potencia del transformador [kVA]
- $U_p$  tensión primaria [kVA]
- $I_p$  intensidad primaria [kVA]

En el caso que nos ocupa, la tensión primaria de alimentación es de 20 kV.

Para el único transformador de este Centro de Transformador, la potencia es de 630 kVA.

$$I_p = 18,18 A$$

Para el puente MT se emplearán cables unipolares aislados con aislamiento de polietileno reticulado tomando como referencia la norma informativa DND001. Se emplearán cables de aluminio de  $150 \text{ mm}^2$  de sección para el caso de tensión más elevada del material de 24 kV, como ocurre en este proyecto. En la tabla siguiente se muestran los valores típicos de intensidades máximas, que son muy superiores a los que tendremos en condiciones normales en nuestra instalación.

Sección nominal de los conductores $\text{mm}^2$	Instalación al aire	Instalación directamente enterrada
	Cable aislado con XLPE	Cable aislado con XLPE
95	255	205
150	335	260
Temperatura máxima en el conductor: 90° C	- Temperatura del aire: 40° C - Una terna de cables unipolares en contacto mutuo. - Disposición que permita una eficaz renovación del aire.	- Temperatura del terreno: 25° C - 3 cables unipolares en tresbolillo - Profundidad de instalación: 1 m - Resistividad térmica del terreno: 1,5 K·m/W - Temperatura aire ambiente: 40°C

Tabla 20. Intensidades máximas admisibles del conductor

Para el cálculo de la corriente de cortocircuito admisible en el conductor, se utiliza la expresión siguiente, donde se ha supuesto que el proceso es adiabático, es decir, que el calor desprendido durante el proceso es absorbido por los conductores:

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

K tiene el valor de  $94 \text{ A/mm}^2$  para el tipo de conductor empleado y  $S = 150 \text{ mm}^2$ , por lo que:

$$I_{ccadm} = K * \frac{S}{\sqrt{t_{cc}}} = 94 * \frac{150}{\sqrt{0,8}} = 15,76 \text{ kA}$$

En la tabla siguiente se muestran estos valores para los cables de 95 y  $150 \text{ mm}^2$ .

Sección del conductor $\text{mm}^2$	Duración del cortocircuito (s)						
	0,01	0,1	0,2	0,3	0,5	0,6	1,0
95	89,3	28,2	20,0	16,3	12,6	11,5	8,9
150	141,0	44,6	31,5	25,7	19,9	18,2	14,1

Tabla 21. Intensidades de cortocircuito admisibles en los conductores de secciones normalizadas en kA

Se puede comprobar que este valor es inferior al previsto en la instalación, que es de 16 kA pero la protección existente mediante los fusibles de la celda de protección actúa en un tiempo inferior a 10 ms y para este tiempo la intensidad máxima admisible del cable MT es muy superior a la intensidad de cortocircuito esperada, por lo que se da por buena la prescripción de este cable para el puente MT.

Para la pantalla, se considerará un espesor de 0,3 mm con una temperatura inicial de 70°C y final de 180°C.

En la tabla siguiente, se indican valores admitidos por las pantallas para una duración del cortocircuito de 1s:

Sección del conductor mm <sup>2</sup>	Intensidad máxima admisible durante 1 segundo (kA)
95 mm <sup>2</sup> - 12/20 kV	2,56
150 mm <sup>2</sup> - 18/30 kV	2,90

Tabla 22. Intensidades de cortocircuito admisible en pantallas en kA

Igual que lo ya comentado para el núcleo del cable, el disparo de la protección garantizará que no se provocan daños en el puente MT.

#### Intensidad de Baja Tensión

Para el único transformador de este Centro de Transformador, la potencia es de 400 kVA, y la tensión secundaria es de 400 V en vacío.

La intensidad secundaria en un transformador trifásico viene dada por la expresión:

$$I_s = \frac{S}{\sqrt{3} * U_s}$$

Donde:

- S potencia del transformador [kVA]
- $U_s$  tensión del secundario [kV]
- $I_s$  intensidad del secundario [A]

La intensidad en las salidas de 420 V en vacío puede alcanzar el valor

$$I_s = 866,025 A$$

Tensión nominal del secundario (kV)	Potencia del transformador (kVA)	Intensidad nominal del secundario (A)
B1 - 0,23	50	94 (*)
	100	188 (*)
	160	301 (*)
	250	471 (*)
	400	753 (*)
	630	1.186 (*)
B2 - 0,40	50	72
	100	144
	160	231
	250	361
	400	578
	630	910
	1000	1.443

Tabla 23. Valores de intensidades en el secundario para los transformadores normalizados

(\*) En transformadores clase B1B2 se ha considerado un 75% de la potencia nominal para el nivel de tensión B1 (230 V).

Para el único transformador de este centro de transformación, la potencia es de 630 kVA, y la tensión

secundaria es de 420 V en vacío.

Las intensidades máximas admisibles en servicio permanente para el cable de sección  $150 \text{ mm}^2$  de aluminio se corresponden a lo indicado en la Instrucción ITC-BT-07 y la norma UNE 21144 y coeficientes correctores de la UNE 20435/90. Los valores se indican en la tabla siguiente:

SECCIÓN DE LOS CONDUCTORES (aislamiento XLPE)	Intensidad máxima admisible a 25° C		Intensidad a 40° C	Resistencia ohm/Km	Reactancia ohm/Km
	Enterrado	Bajo tubo	al aire	a 25° C	a 25° C
4x1x150 Al	330	264	300	0,21	0,08
4x1x240 Al	430	344	420	0,13	0,08

Tabla 24. Intensidades máximas admisibles en servicio permanente según la sección.

La intensidad máxima admisible es de 300 A al aire a 40°C.

Aplicando coeficientes por considerar la temperatura de 50°C, se muestran a continuación los puentes normalizados por EDE en función de la potencia del transformador:

Potencia del trafo (kVA)	Tensión del secundario				
	B2 (400 V)				
	Composición del puente - $\text{mm}^2$ Al (fases+neutro)	$I_n$ (A)	$I_{m\acute{a}x}$ (A)	$f_1$	$I_{adm}$ (A) $I_{adm} = f_1 \cdot I_{m\acute{a}x}$
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 25. Puentes de BT

**En nuestro caso se instalará el puente normalizado  $3x3x240+2x240 \text{ mm}^2$**

Se comprueba que el valor de intensidad admisible es mayor que la nominal en el secundario del transformador, de 866,025 A.

Para el único transformador de este Centro de Transformación, la potencia es de 630 kVA, la tensión porcentual del cortocircuito del 4%, y la tensión secundaria es de 420 V en vacío. Se va a considerar que la potencia de cortocircuito disponible es la teórica de los transformadores,

$$I_{cc} = \frac{100 * S}{\sqrt{3} * E_{cc} * U_v} = \frac{100 * 630}{\sqrt{3} * 4 * 420} = 21,65 \text{ kA}$$

### Dimensionado del embarrado

Las celdas fabricadas por Ormazábal 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. Este hecho, 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 400 A.

### **Comprobación por solicitud electrodinámica**

La intensidad dinámica de cortocircuito se valora en aproximadamente 2,5 veces la intensidad eficaz de cortocircuito calculada, por lo que:

$$I_{cc}(din) = 2,5 * 14,43 = 36,075 \text{ kA}$$

### **Comprobación por solicitud térmica**

La comprobación térmica tiene por objeto comprobar que no se producirá un calentamiento excesivo de la aparatamenta 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:

$$I_{cc}(ter) = 14,43 \text{ kA}$$

### Dimensionamiento de la ventilación del EP

El edificio empleado en este proyecto ha sido homologado según los protocolos obtenidos en laboratorio Labein (Vizcaya - España):

- 97624-1-E, para ventilación de transformador de potencia hasta 1000 kVA.
- 960124-CJ-EB-01, para ventilación de transformador de potencia hasta 1600 kVA

Por esta razón, no se considera necesario la comprobación del cálculo de la ventilación, una vez que nuestro transformador está debajo del rango máximo de ensayo.

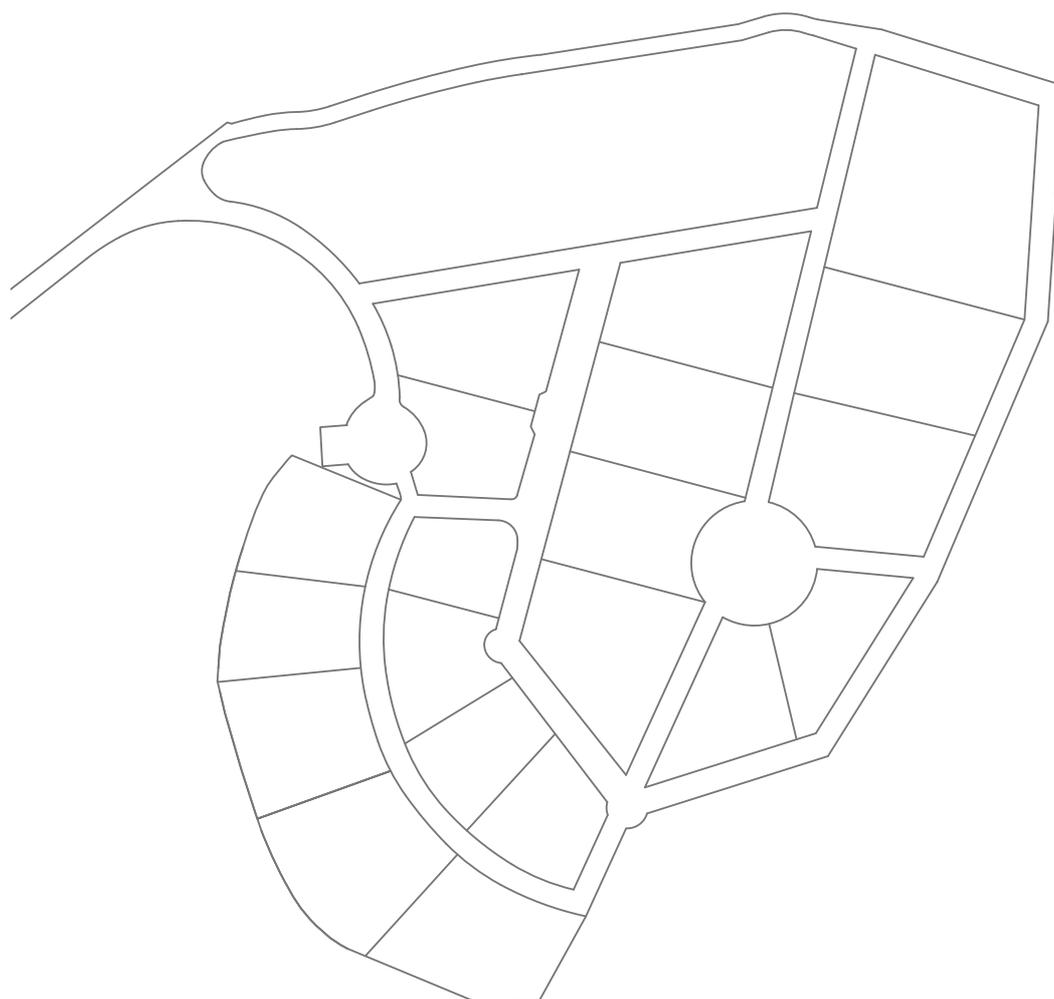
### Dimensionamiento del pozo apagafuegos

Se dispone de un foso de recogida de aceite de 600 l de capacidad para el transformador cubierto de grava para la absorción del fluido y para prevenir el vertido del mismo hacia el exterior y minimizar el daño en caso de fuego.

# 3 PLANOS

---

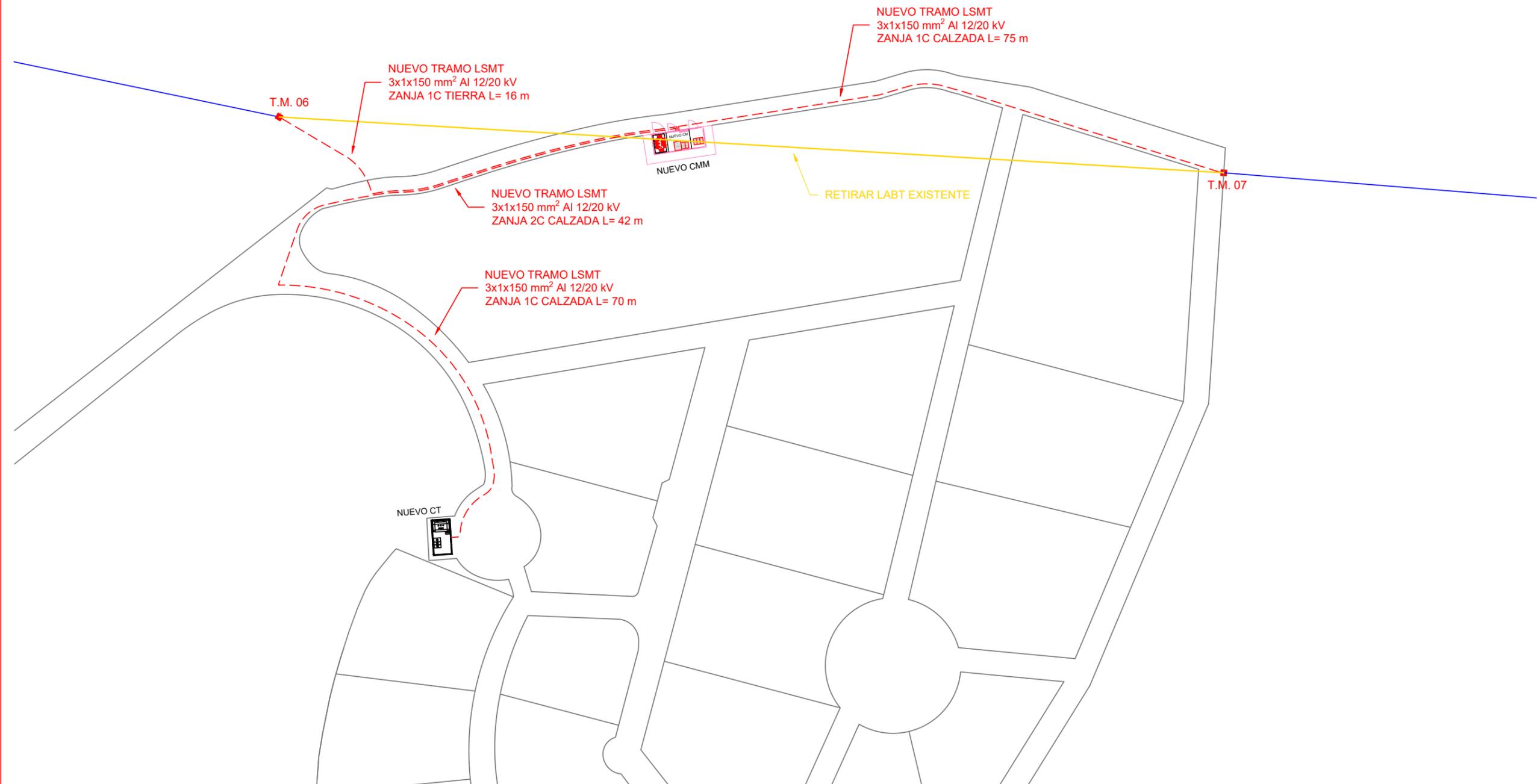
# T.M. DE JEREZ DE LA FRONTERA



Proyecto de electrificación e iluminación de una parcela industrial y de servicios en Jerez de la Frontera

Núm. EXP:	230423	Tensión:	15 KV	CD:	290798	Fecha:	23/05/2023
Núm. ITER:	191222	Promotor:	Miguel Macías García	Emplazamiento:	PL 4 PCL 25 T.M. DE JEREZ DE LA FRONTERA	Formato:	DIN-A4
		PLANO SITUACIÓN			Escala:	1/1000	
					Nº Plano:	1	

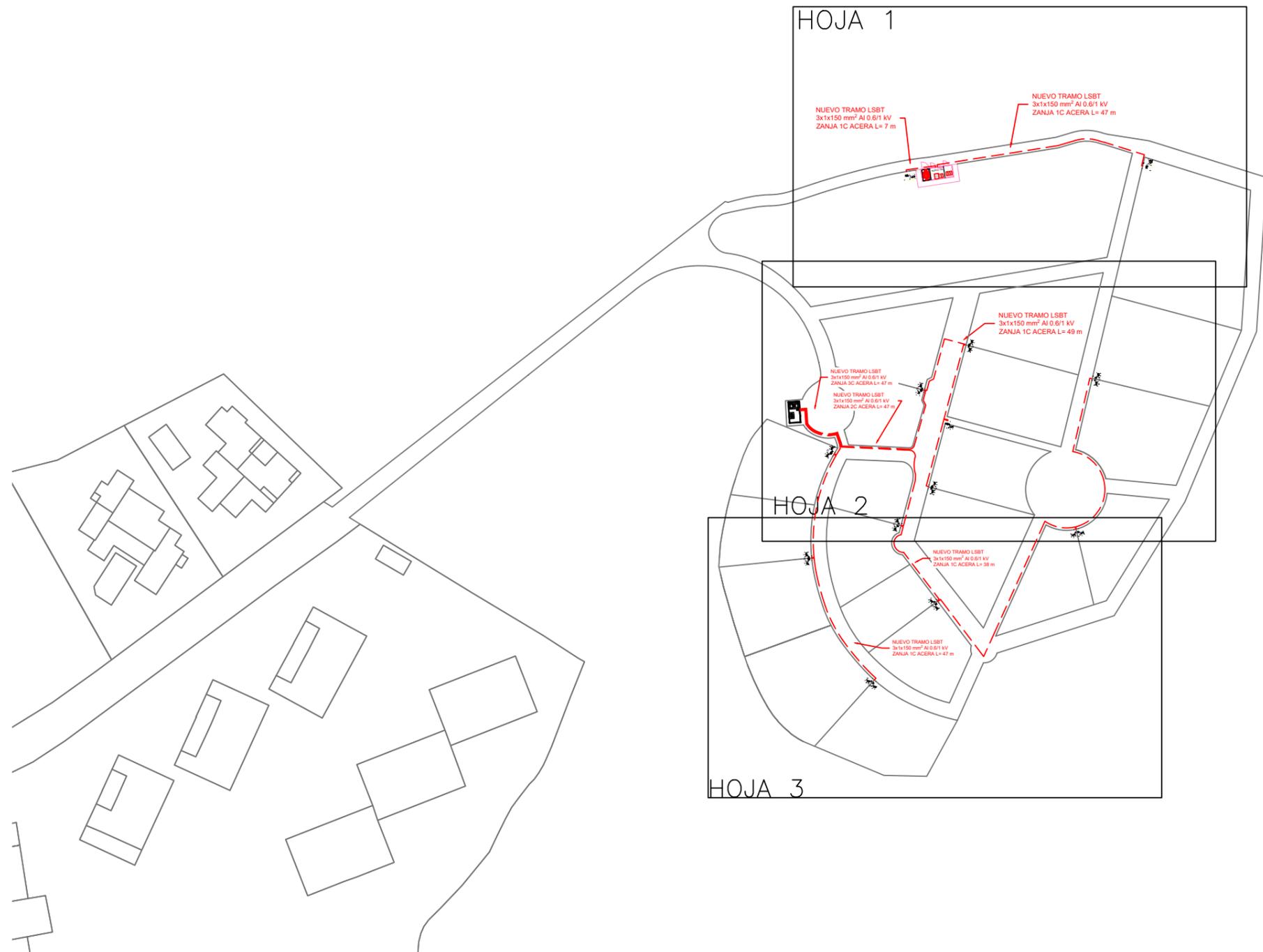
# T.M. DE JEREZ DE LA FRONTERA



arxiu: plano MT DEFINITIVO.dwg

SIMBOLOGIA	
<span style="color: yellow;">■</span>	RED EXISTENTE A RETIRAR
<span style="color: red;">■</span>	TRABAJOS NECESARIOS PARA LA NUEVA EXTENSION DE RED
<span style="color: blue;">■</span>	RED EXISTENTE
•	CONVERSION AEREO/SUBT.
—■—	T.M. (TORRE METALICA)
- - -	LINEA SUBTERRANEA
—	LINEA AEREA CONVENCIONAL

Proyecto de electrificación e iluminación de una parcela industrial y de servicios en Jerez de la Frontera		
Núm. EXP:	230423	Tensión: 15 KV
Núm. ITER:	191222	Fecha: 23/05/2023
Promotor: Miguel Macías García		Formato: DIN-A3
Emplazamiento: PL 4 PCL 25 T.M. DE JEREZ DE LA FRONTERA		Escala: 1/500
<b>e-distribución</b>		Nº Plano: 2
PLANO LSMT-LAMT		



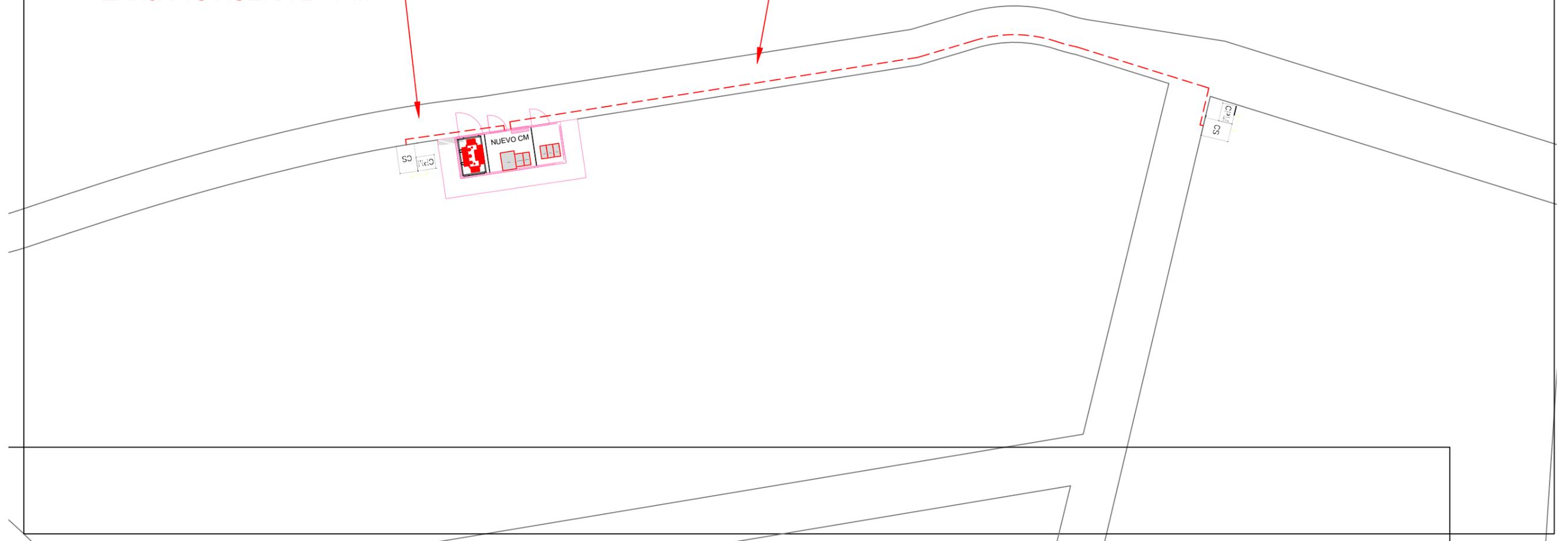
SIMBOLOGIA	
C.P.M (CAJA DE PROTECCIÓN Y MEDIDA)	■ TRABAJOS NECESARIOS PARA LA NUEVA EXTENSIÓN DE RED
C.S (CAJA DE SECCIONAMIENTO)	— — — LÍNEA SUBTERRÁNEA
C.D.U. (CAJA DE DISTRIBUCIÓN URBANA)	

Proyecto de electrificación e iluminación de una parcela industrial y de servicios en Jerez de la Frontera			
Núm. EXP:	230423	Tensión:	400 V
Núm. ITER:	191222	CD:	290798 CMM:230611
		Fecha:	06/09/2023
		Cliente:	Miguel Macías García
		Formato:	DIN-A3
		Emplazamiento	PL 4 PCL 25
			T.M. DE Jerez de la Frontera
		Escala:	1/1000
		N° Plano:	3
e-distribución		PLANTA GENERAL BT	



NUEVO TRAMO LSBT  
3x1x150 mm<sup>2</sup> AI 0.6/1 kV  
ZANJA 1C ACERA L= 7 m

NUEVO TRAMO LSBT  
3x1x150 mm<sup>2</sup> AI 0.6/1 kV  
ZANJA 1C ACERA L= 47 m

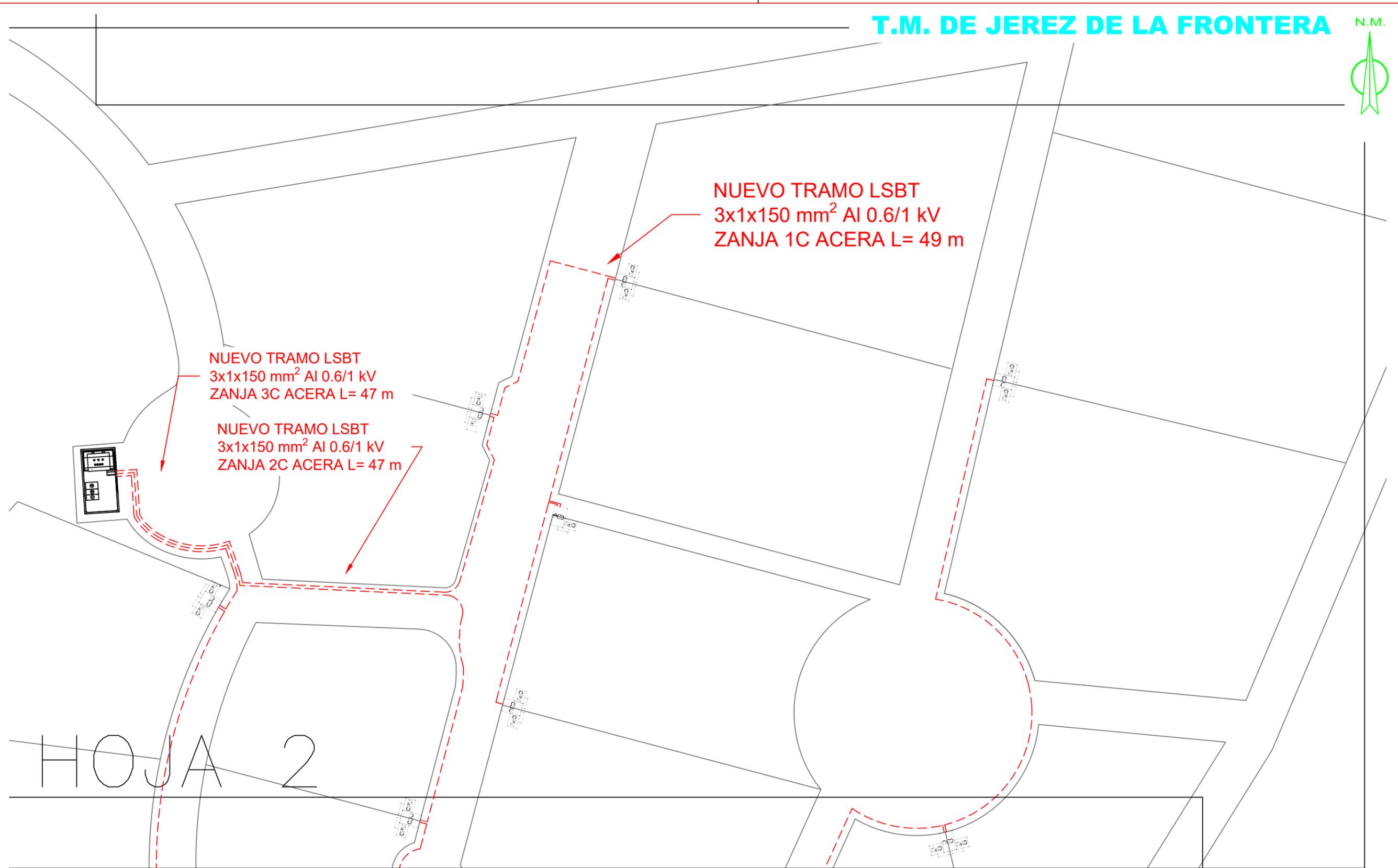


### SIMBOLOGIA

- C.P.M (CAJA DE PROTECCIÓN Y MEDIDA)
- C.S (CAJA DE SECCIONAMIENTO)
- C.D.U. (CAJA DE DISTRIBUCIÓN URBANA)
- TRABAJOS NECESARIOS PARA LA NUEVA EXTENSIÓN DE RED
- - - LÍNEA SUBTERRÁNEA

### Proyecto de electrificación e iluminación de una parcela industrial y de servicios en Jerez de la Frontera

Núm. EXP:	230423	Tensión:	400 V	CD:290798 CMM:230611	Fecha:	06/09/2023
Núm. ITER:	191222	Cliente:	Miguel Macías García		Formato:	DIN-A3
<b>e-distribución</b>		Emplazamiento	PL 4 PCL 25 T.M. DE Jerez de la Frontera		Escala:	1/250
		PLANTA BT 1				Nº Plano:



HOJA 2

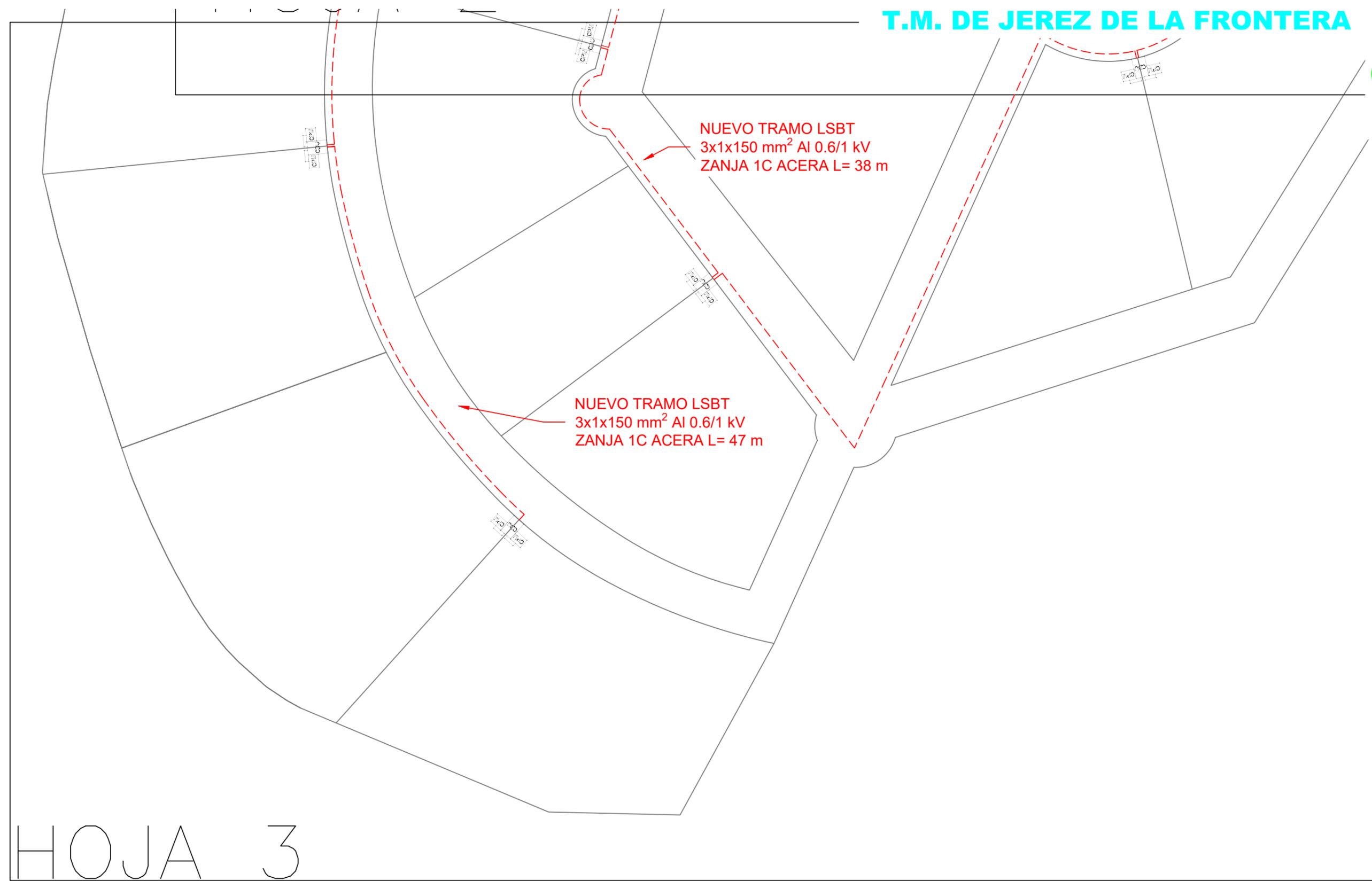
arxiu: plano BT DEFINITIVO.dwg

**SIMBOLOGIA**

- C.P.M (CAJA DE PROTECCIÓN Y MEDIDA)
- C.S (CAJA DE SECCIONAMIENTO)
- C.D.U. (CAJA DE DISTRIBUCIÓN URBANA)
- TRABAJOS NECESARIOS PARA LA NUEVA EXTENSIÓN DE RED
- - - LÍNEA SUBTERRÁNEA

Proyecto de electrificación e iluminación de una parcela industrial y de servicios en Jerez de la Frontera

Núm. EXP:	230423	Tensión:	400 V	CD:290798 CMM:230611	Fecha:	06/09/2023
Núm. ITER:	191222	Cliente:	Miguel Macías García		Formato:	DIN-A3
<b>e-distribución</b>		Emplazamiento	PL 4 PCL 25 T.M. DE Jerez de la Frontera		Escala:	1/250
		PLANTA GENERAL BT				Nº Plano:



HOJA 3

arxiu: plano BT DEFINITIVO.dwg

**SIMBOLOGIA**

- C.P.M (CAJA DE PROTECCIÓN Y MEDIDA)
- C.S (CAJA DE SECCIONAMIENTO)
- C.D.U. (CAJA DE DISTRIBUCIÓN URBANA)
- TRABAJOS NECESARIOS PARA LA NUEVA EXTENSIÓN DE RED
- - - LÍNEA SUBTERRÁNEA

Proyecto de electrificación e iluminación de una parcela industrial y de servicios en Jerez de la Frontera

Núm. EXP:	230423	Tensión:	400 V	CD:290798 CMM:230611	Fecha:	06/09/2023
Núm. ITER:	191222	Cliente:	Miguel Macías García		Formato:	DIN-A3
<b>e-distribución</b>		Emplazamiento	PL 4 PCL 25 T.M. DE Jerez de la Frontera		Escala:	1/250
		PLANTA GENERAL BT				N° Plano:

# T.M. DE JEREZ DE LA FRONTERA

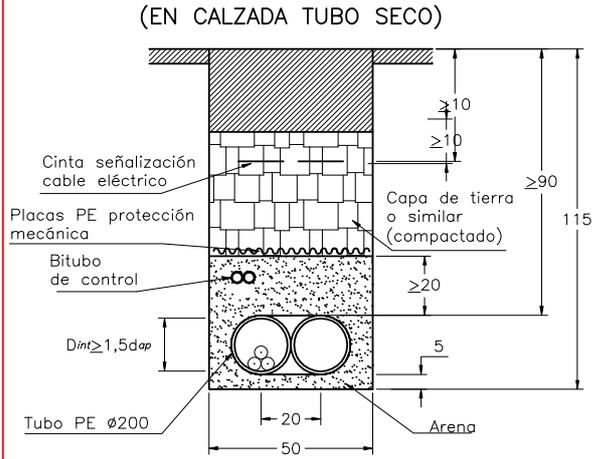
<h3>1 CIRCUITO EN CALZADA</h3>	<h3>2 CIRCUITOS EN CALZADA</h3>
<h3>1 CIRCUITO EN ACERA</h3>	<h3>2 CIRCUITOS EN ACERA</h3>
<h3>1 CIRCUITO EN TIERRA</h3>	<h3>2 CIRCUITOS EN TIERRA</h3>

Proyecto de electrificación e iluminación de una parcela industrial y de servicios en Jerez de la Frontera

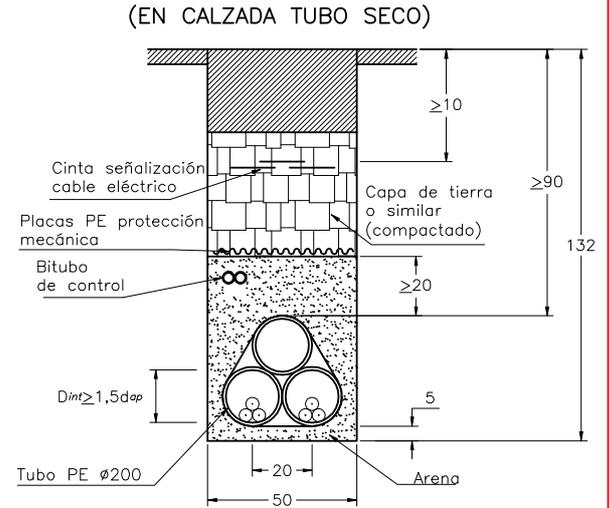
Núm. EXP:	230423	Promotor:	Miguel Macías García	Fecha:	18/06/2023
Núm. ITER:	191222	Emplazamiento	PL 4 PCL 25 T.M. DE Jerez de la Frontera	Formato:	DIN-A4
				Escala:	SA
		ZANJAS BT			Nº Plano:

# T.M. DE JEREZ DE LA FRONTERA

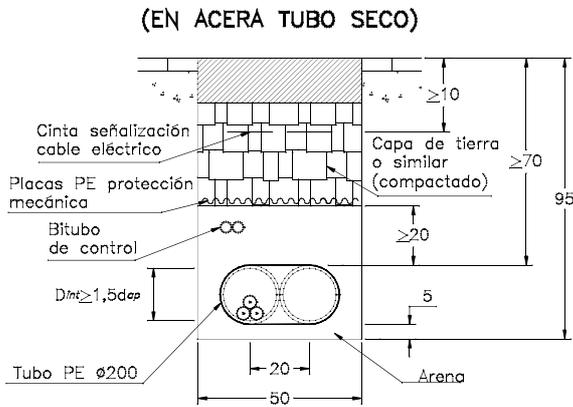
## 1 CIRCUITO EN CALZADA



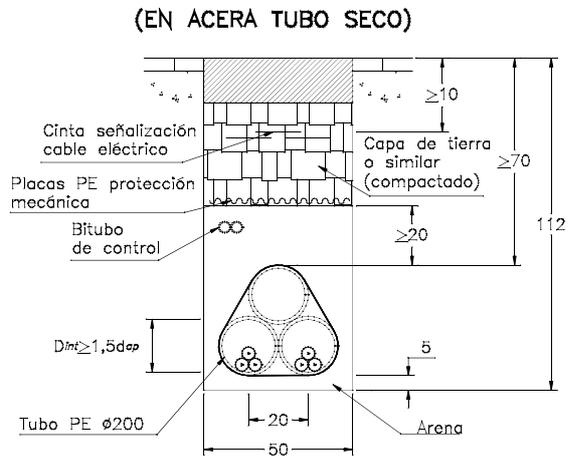
## 2 CIRCUITOS EN CALZADA



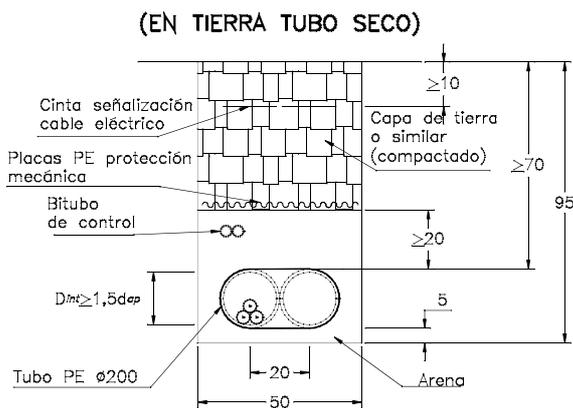
## 1 CIRCUITO EN ACERA



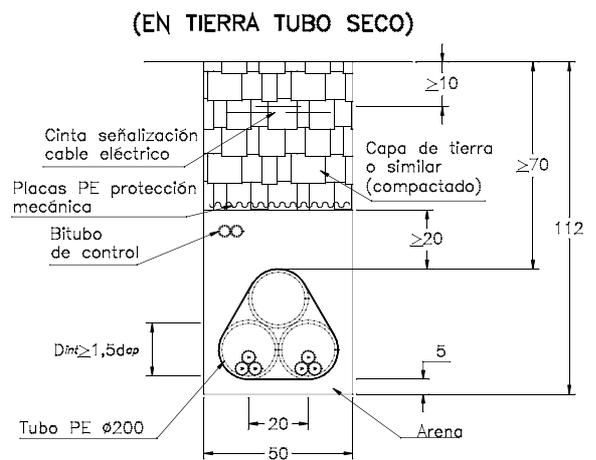
## 2 CIRCUITOS EN ACERA



## 1 CIRCUITO EN TIERRA



## 2 CIRCUITOS EN TIERRA



Proyecto de electrificación e iluminación de una parcela industrial y de servicios en Jerez de la Frontera

Núm. EXP: 230423

Promotor: Miguel Macías García

Fecha: 18/06/2023

Núm. ITER: 191222

Emplazamiento PL 4 PCL 25  
T.M. DE Jerez de la Frontera

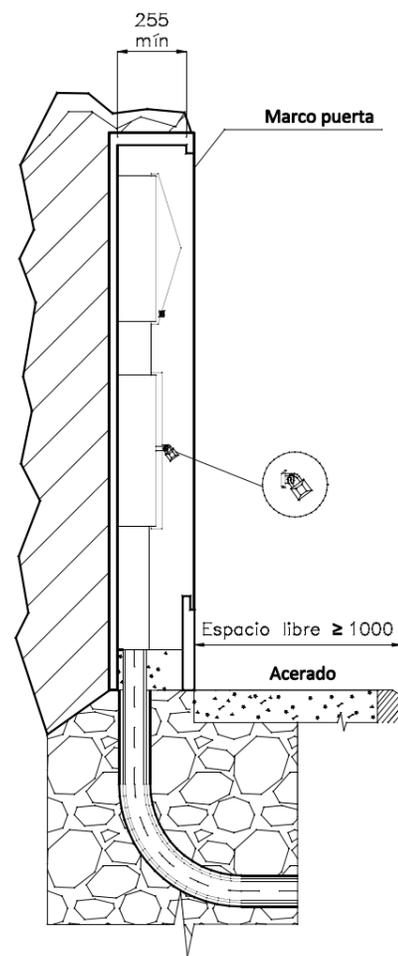
Formato: DIN-A4

**e-distribución**

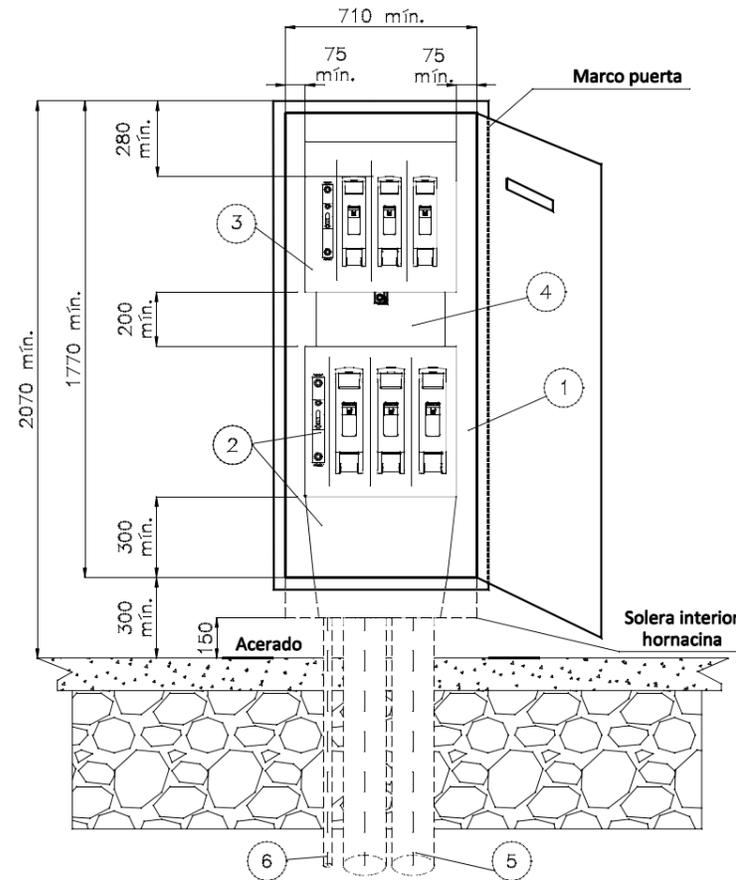
ZANJAS MT

Escala: SA

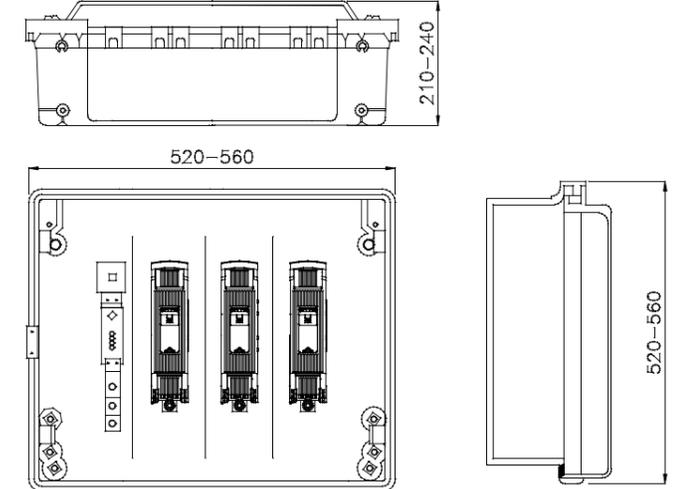
Nº Plano: 8



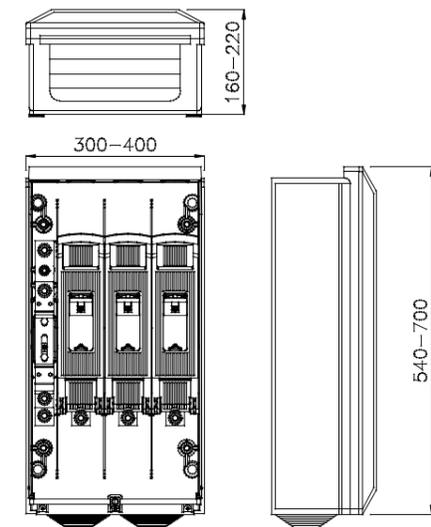
**MONTAJE VERTICAL**



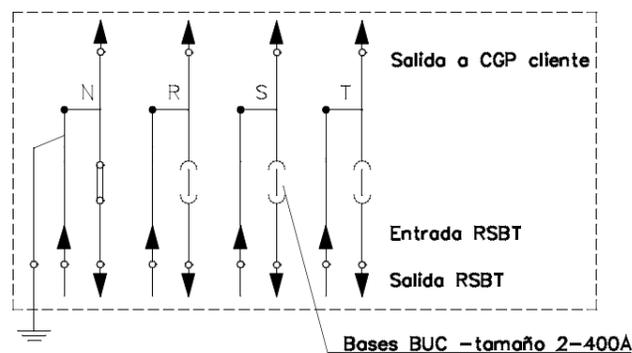
**CAJA SECCIONAMIENTO TIPO ANCHA**  
s/norma informativa CNL003  
(USO GENERAL)



**CAJA SECCIONAMIENTO TIPO ESTRECHA**  
s/norma informativa CNL003  
(USO EXCEPCIONAL)



**ESQUEMA CAJA SECCIONAMIENTO**  
CON ACOMETIDA PARTE SUPERIOR



POSICIÓN	MATERIALES
1	Hornacina (de obra) + puerta preferentemente metálica
2	Caja de seccionamiento CS-400 acometida parte superior (tipo ancha) y canal de protección
3	Caja general de protección CGP-9
4	Canal o tubos aislantes de protección
5	Tubo PE Ø 160 mm (mínimo)
6	Tubo aislante M32 para pat neutro (si procede)

Cotas en milímetros.

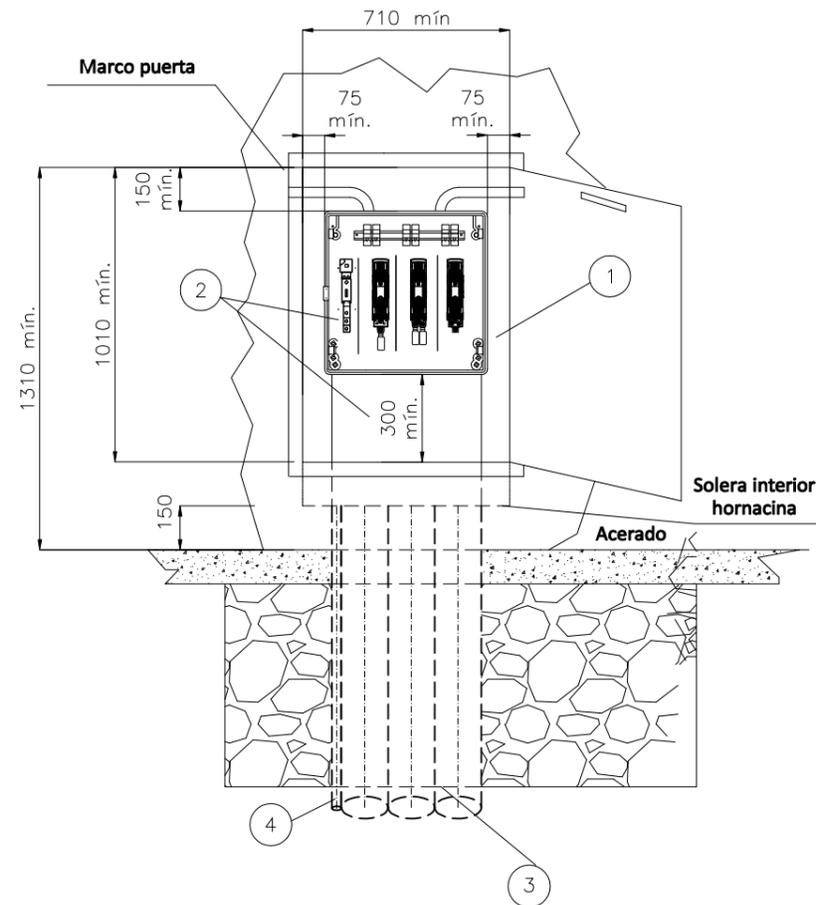
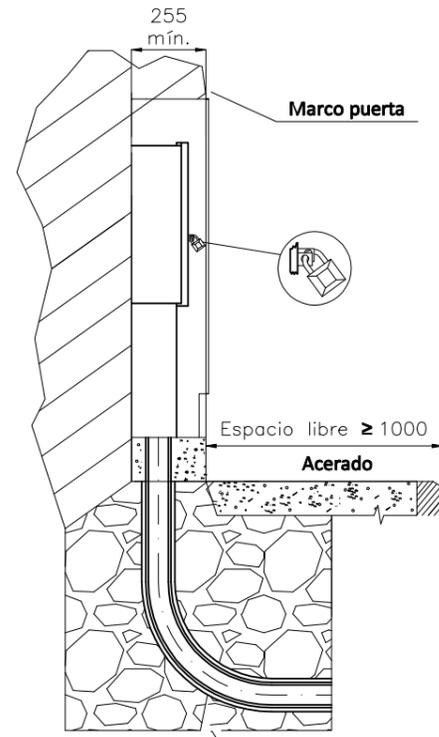
NOTA 1: Las imágenes representadas son orientativas y no prejuzgan el diseño final de la aparamenta.

Proyecto de electrificación e iluminación de una parcela industrial y de servicios en Jerez de la Frontera

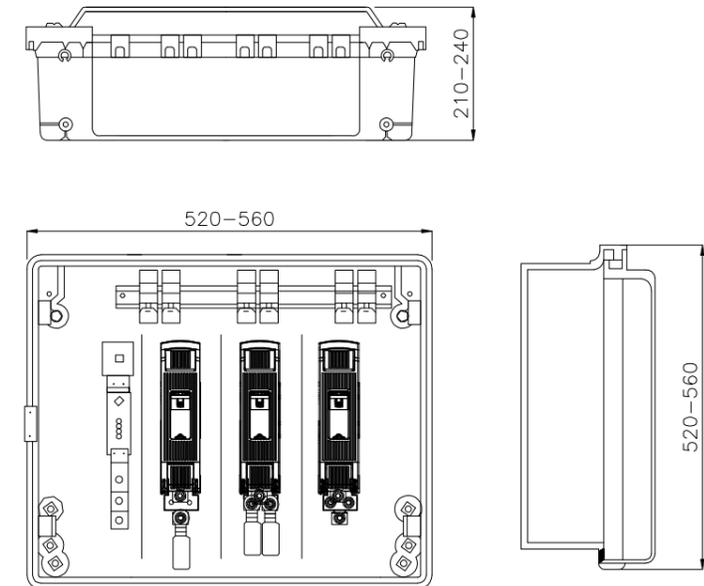
Núm. EXP:	230423	Promotor:	Miguel Macías García	Fecha:	18/06/2023
Núm. ITER:	191222	Emplazamiento:	PL 4 PCL 25 T.M. DE Jerez de la Frontera	Formato:	DIN-A3
<b>e-distribución</b>			CAJA DE SECCIONAMIENTO ACOMETIDA SUPERIOR	Escala:	SA
				Nº Plano:	9



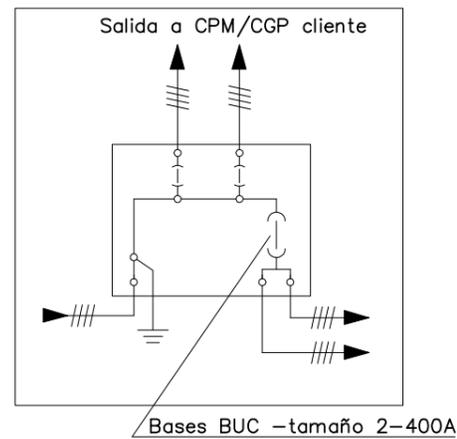
**MONTAJE VERTICAL**



**CAJA DISTRIBUCIÓN URBANA (CDU)**  
s/norma informativa CNL004



**ESQUEMA UNIFILAR CAJA DE DISTRIBUCIÓN URBANA**



POSICIÓN	MATERIALES
1	Hornacina (de obra o prefabricada) + puerta preferentemente metálica
2	Caja de distribución urbana y canal de protección
3	Tubo PE Ø 160 mm (mínimo)
4	Tubo aislante M32 para pat neutro (si procede)

Cotas en milímetros.

NOTA 1: Las imágenes representadas son orientativas y no prejuzgan el diseño final de la apartamentada.

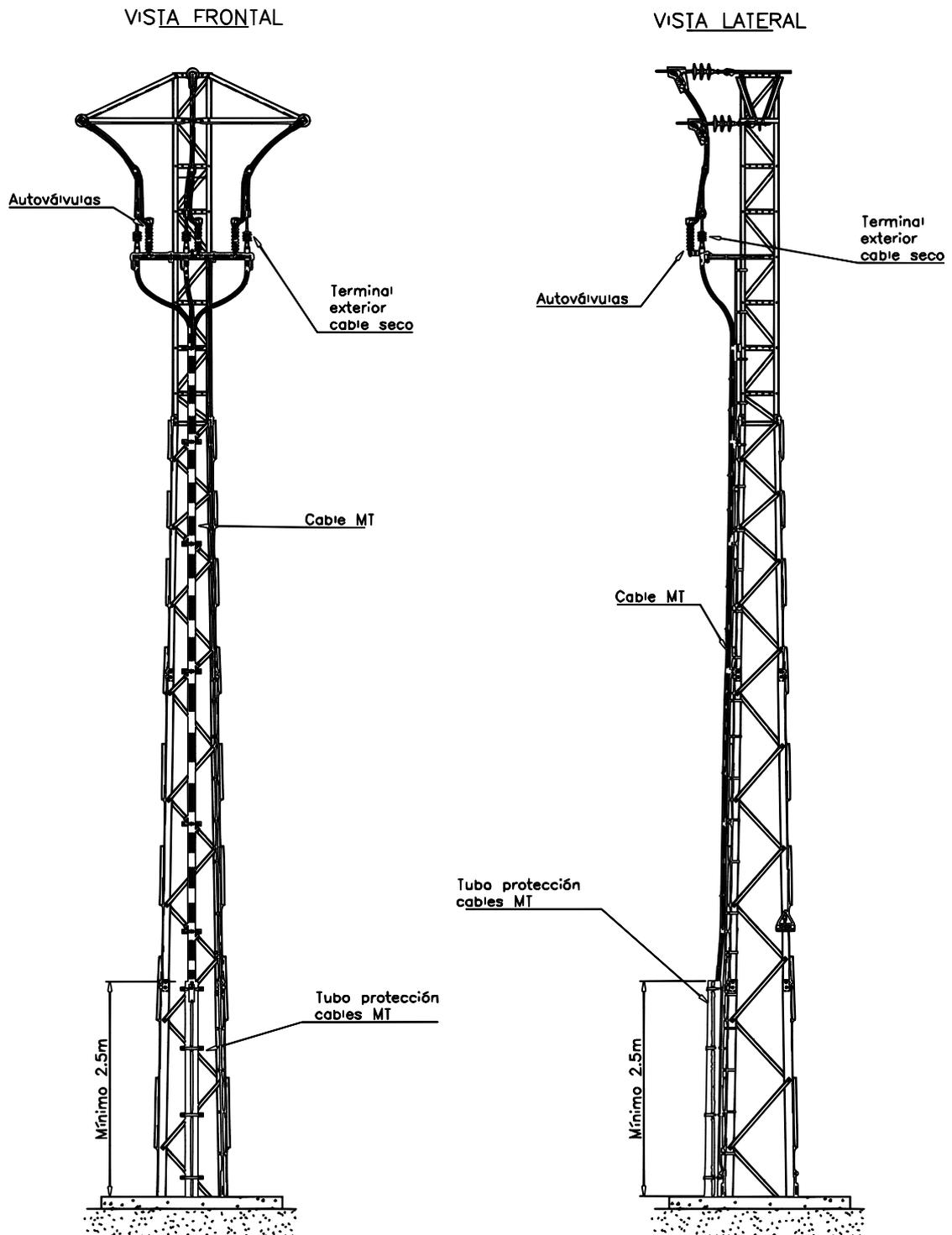
NOTA 2: En caso de hornacinas prefabricadas, su empotramiento deberá ser de al menos 700 mm y acorde a las indicaciones del fabricante.

Proyecto de electrificación e iluminación de una parcela industrial y de servicios en Jerez de la Frontera

Núm. EXP:	230423	Promotor:	Miguel Macías García	Fecha:	18/06/2023
Núm. ITER:	191222	Emplazamiento:	PL 4 PCL 25 T.M. DE Jerez de la Frontera	Formato:	DIN-A3
e-distribución			CAJA DE DISTRIBUCIÓN URBANA	Escala:	SA
				Nº Plano:	10

# T.M. DE JEREZ DE LA FRONTERA

## CONVERSIÓN AÉREA/SUBTERRÁNEA



Proyecto de electrificación e iluminación de una parcela industrial y de servicios en Jerez de la Frontera

Núm. EXP:	230423	Promotor:	Miguel Macías García	Fecha:	18/06/2023
Núm. ITER:	191222	Emplazamiento	PL 4 PCL 25 T.M. DE Jerez de la Frontera	Formato:	DIN-A4
			CONVERSIÓN AÉREO SUBTERRÁNEA EN APOYO	Escala:	SA
				Nº Plano:	11

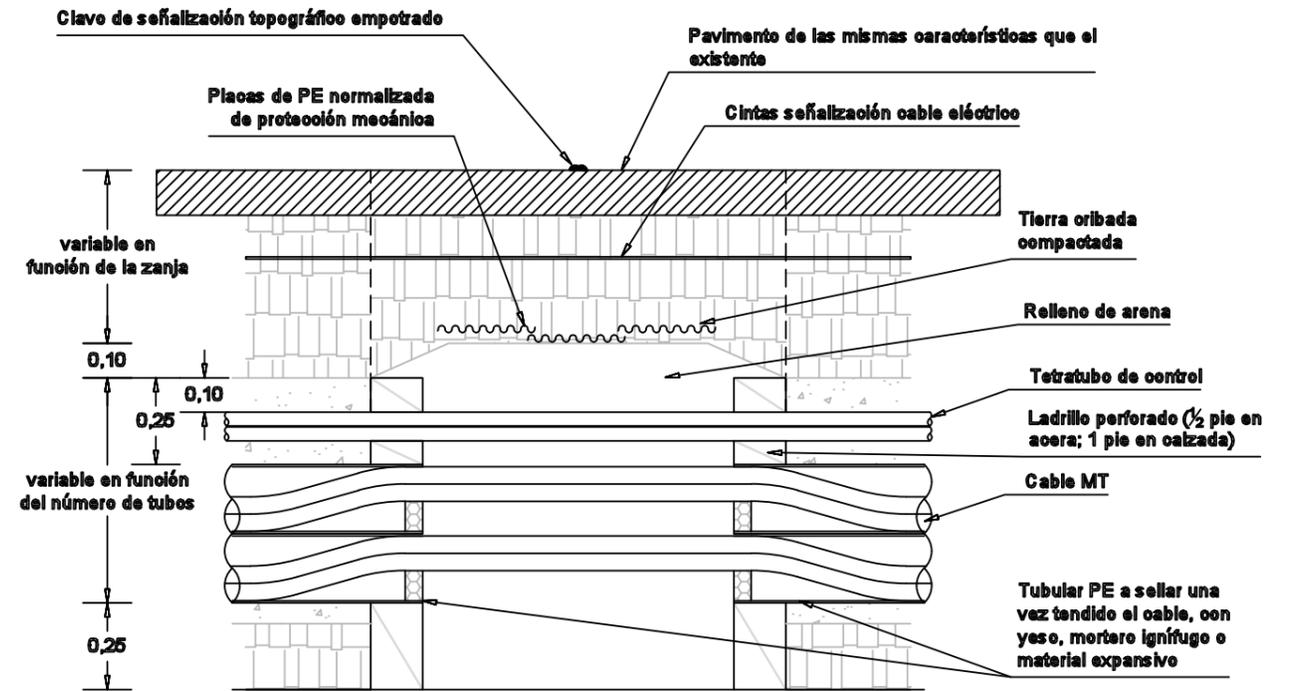
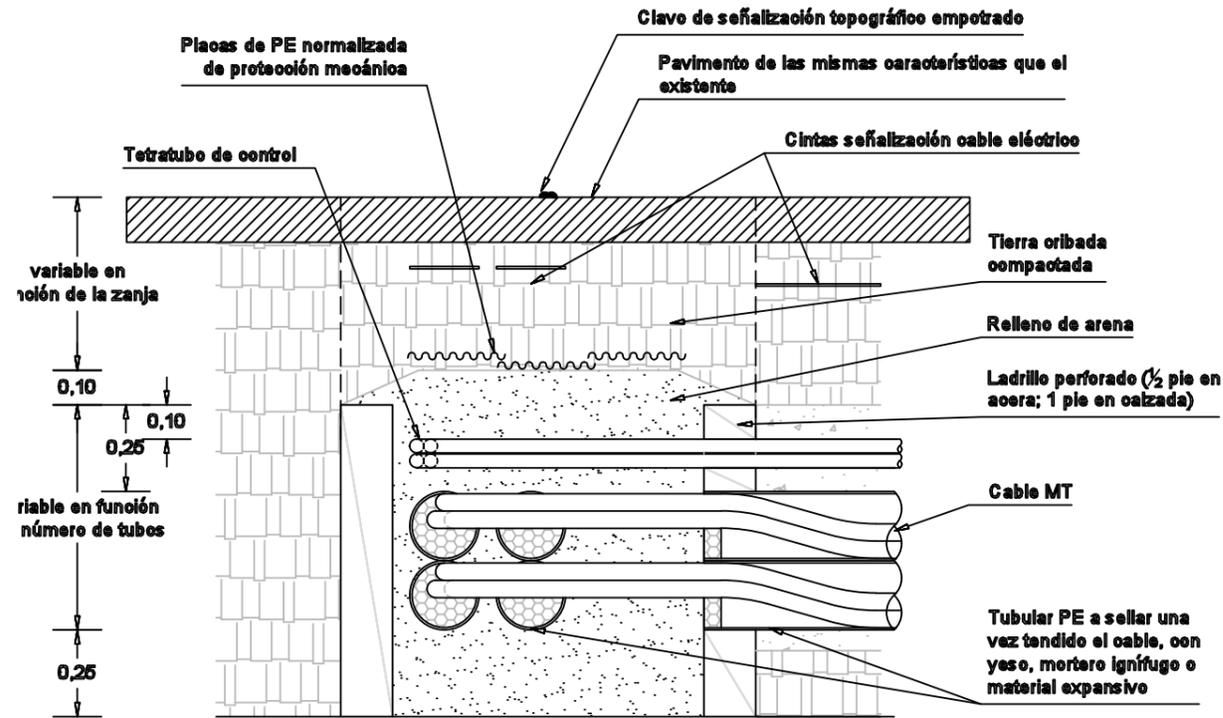


ARQUETA CAMBIO DE SENTIDO

ARQUETA EN ALINEACIÓN

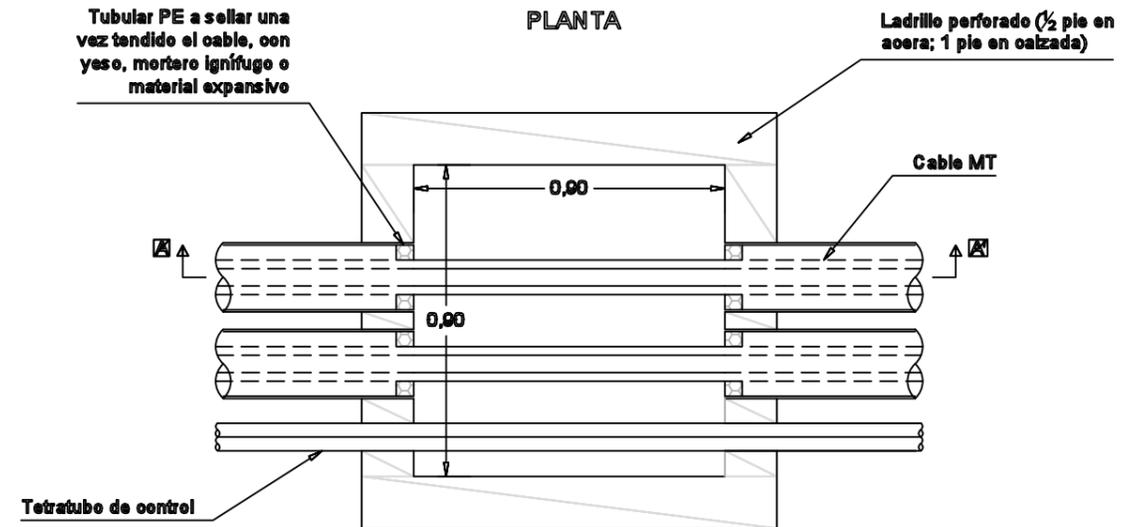
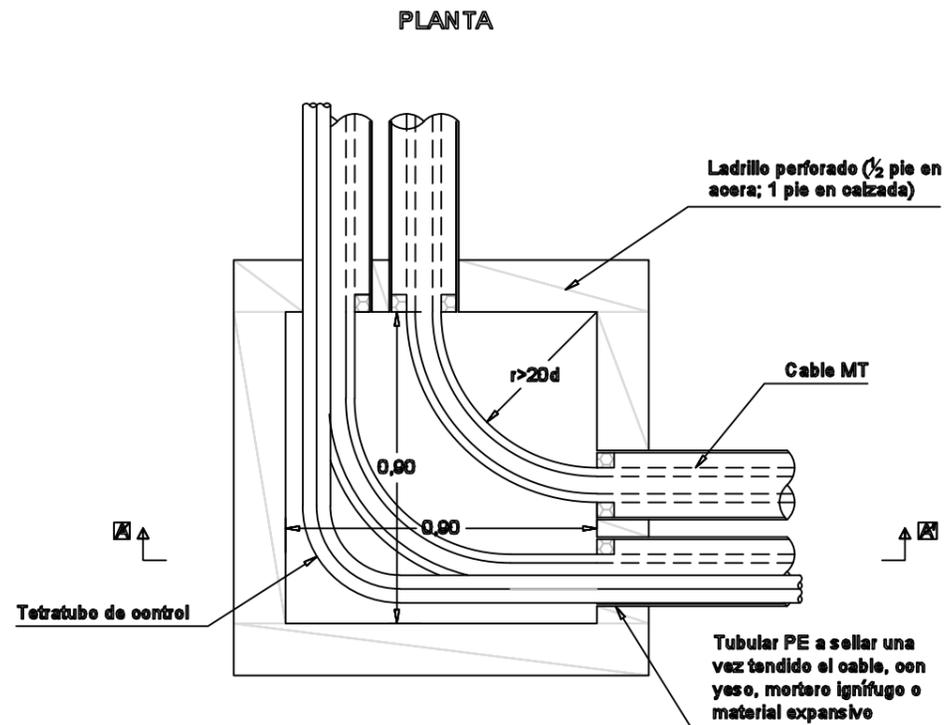
SECCIÓN A-A'

SECCIÓN A-A'



PLANTA

PLANTA

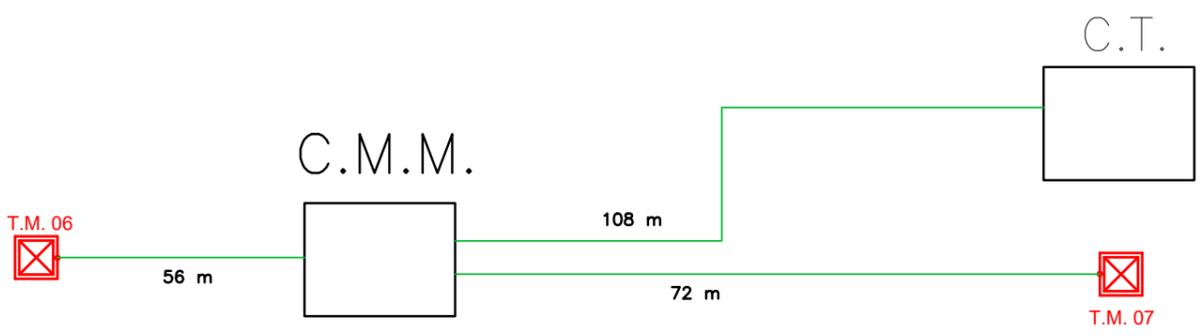


Proyecto de electrificación e iluminación de una parcela industrial y de servicios en Jerez de la Frontera

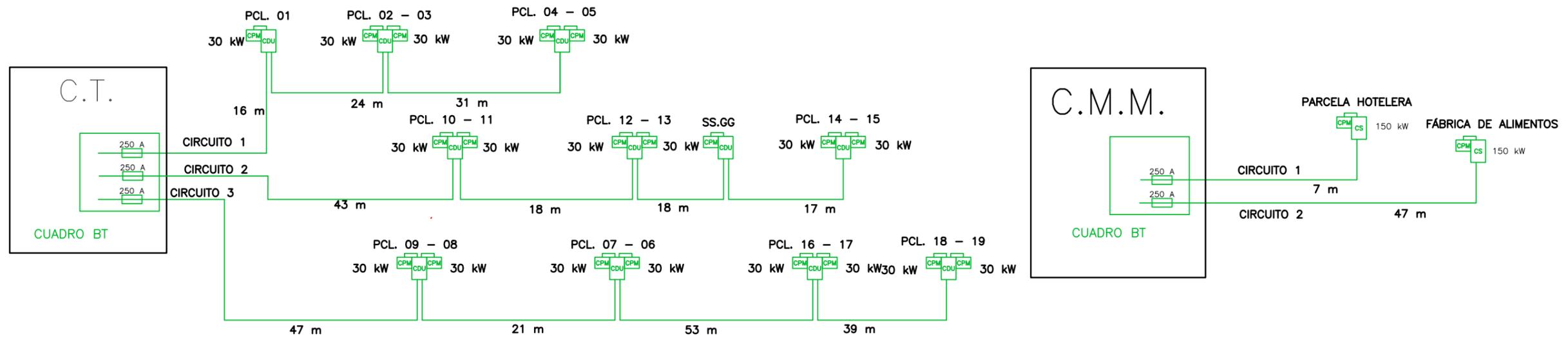
Núm. EXP:	230423	Promotor:	Miguel Macías García	Fecha:	18/06/2023
Núm. ITER:	191222	Emplazamiento:	PL 4 PCL 25 T.M. DE Jerez de la Frontera	Formato:	DIN-A3
e-distribución			ARQUETA CIEGA	Escala:	SA
				Nº Plano:	12



ESQUEMA GENERAL DE LA RED DE MEDIA TENSIÓN

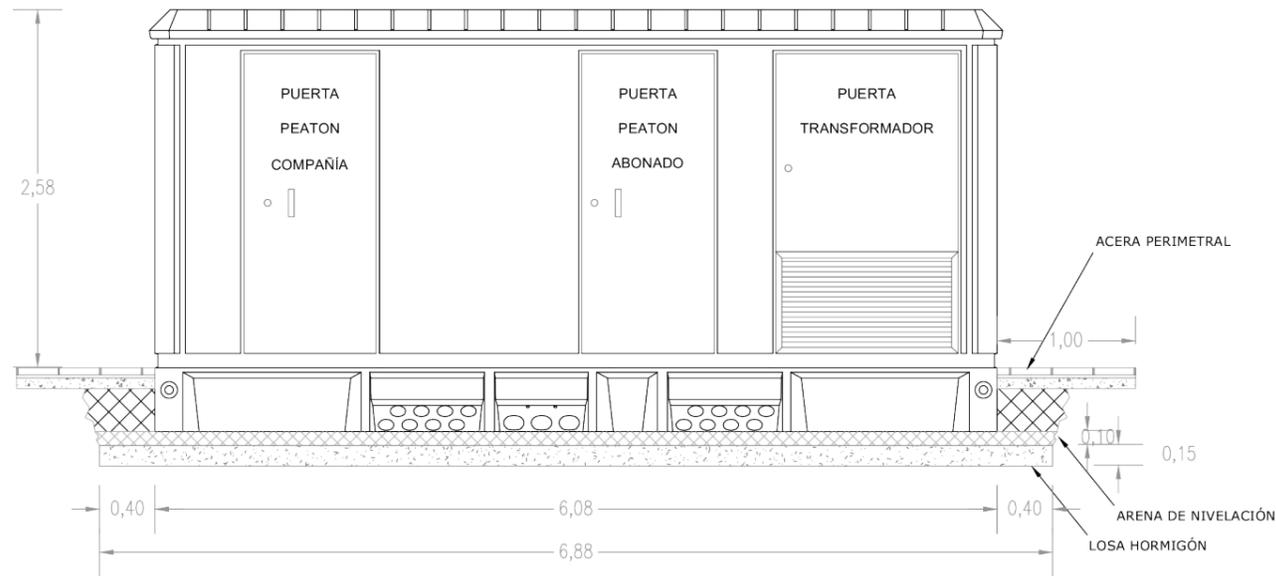


ESQUEMA GENERAL DE LA RED DE BAJA TENSIÓN

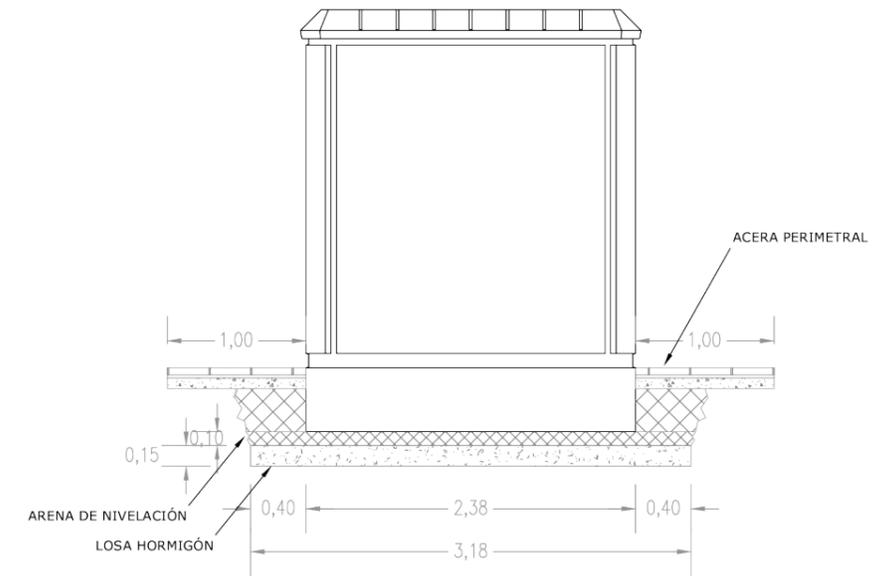


Proyecto de electrificación e iluminación de una parcela industrial y de servicios en Jerez de la Frontera

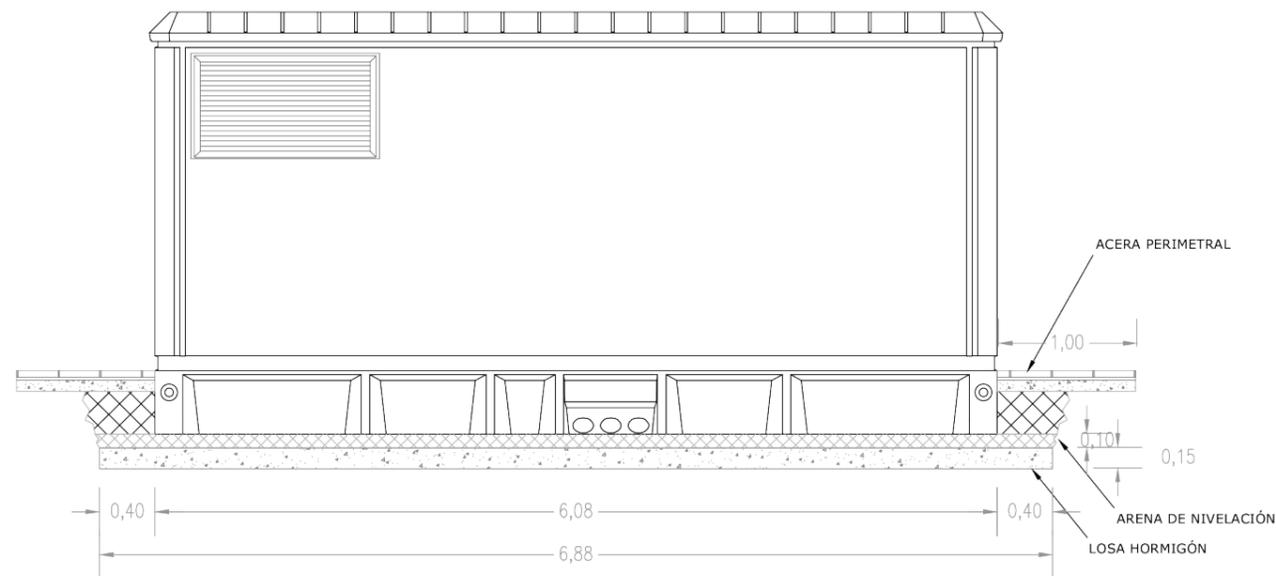
Núm. EXP:	230423	CD:	290798	CMM:	230611	Fecha:	23/05/2023
Núm. ITER:	191222	Promotor:	Miguel Macías García			Formato:	DIN-A3
e-distribución		Emplazamiento:	PL 4 PCL 25 T.M. DE JEREZ DE LA FRONTERA			Escala:	1/500
		ESQUEMA UNIFILAR BT-MT					Nº Plano:



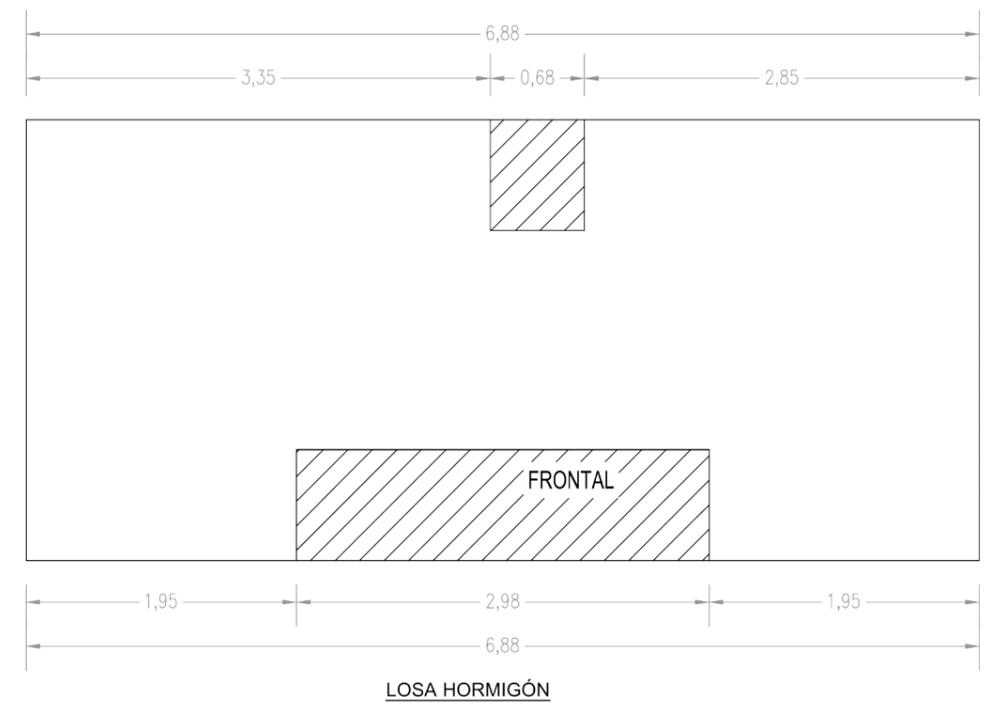
VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL



VISTA POSTERIOR



LOSA HORMIGÓN

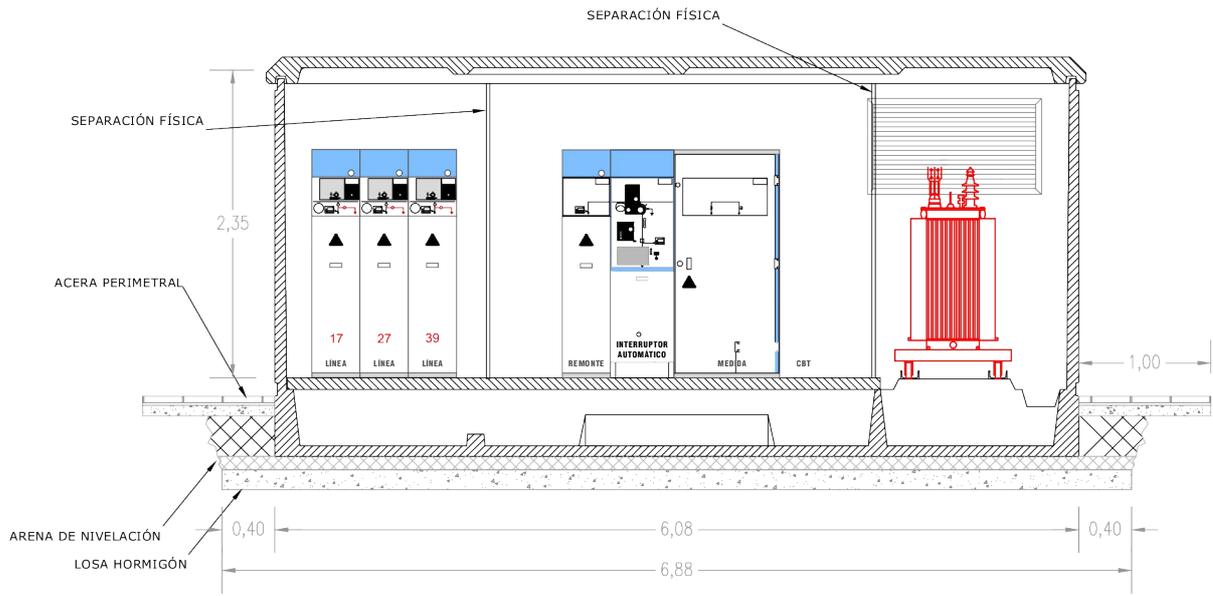
NOTA:

- Grosor de 15 cm y armado según características del terreno.
- Varillas de 4 mm y ancho 20x20 cm

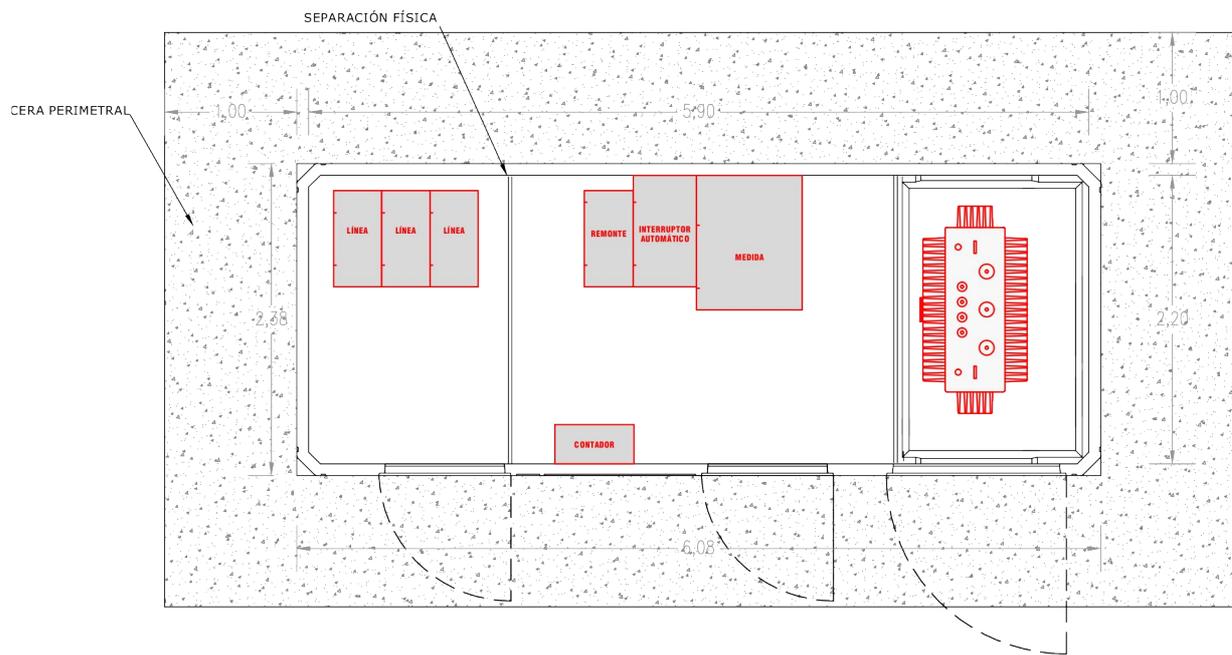
## Proyecto de electrificación e iluminación de una parcela industrial y de servicios en Jerez de la Frontera

Núm. EXP:	230423	Promotor:	Miguel Macías García	Fecha:	18/06/2023
Núm. ITER:	191222	Emplazamiento:	PL 4 PCL 25 T.M. DE Jerez de la Frontera	Formato:	DIN-A3
e-distribución			CENTRO DE MANIOBRA Y MEDIDA. OBRA CIVIL	Escala:	SA
				Nº Plano:	14

# T.M. DE JEREZ DE LA FRONTERA



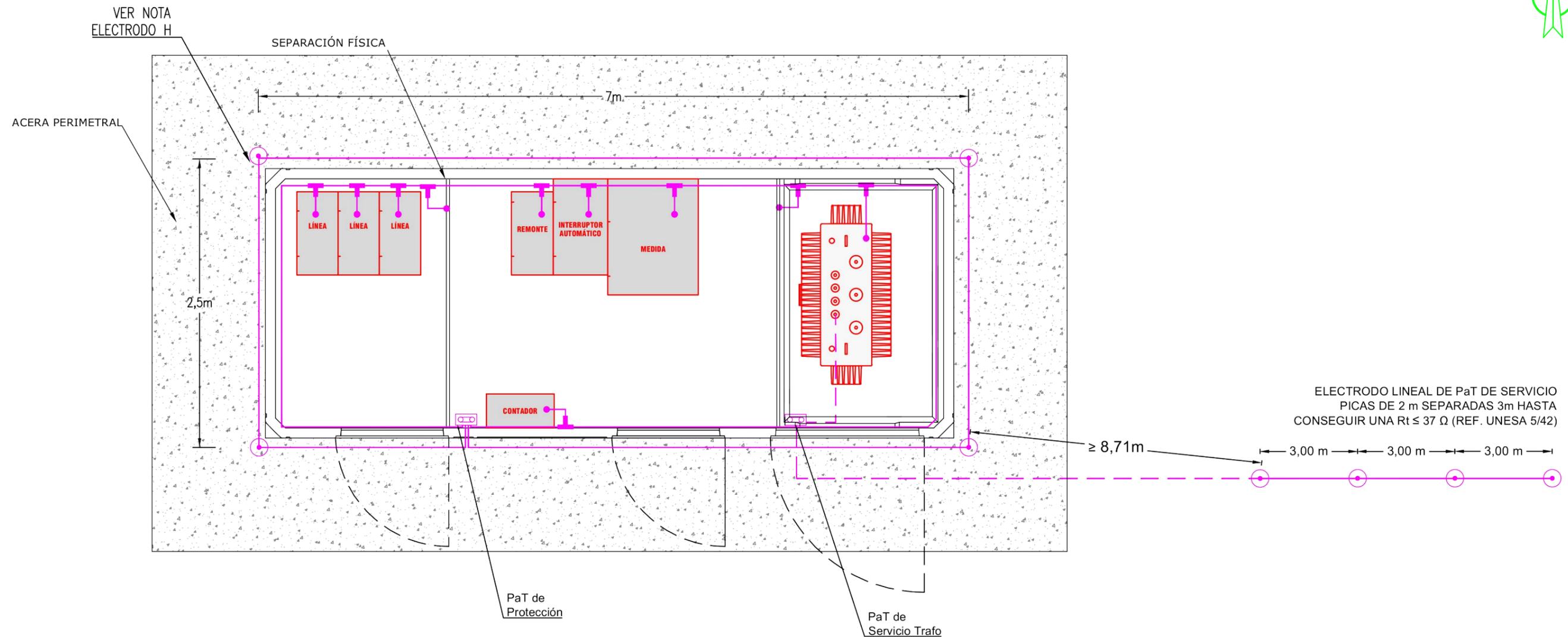
ALZADO



PLANTA

Proyecto de electrificación e iluminación de una parcela industrial y de servicios en Jerez de la Frontera

Núm. EXP:	230423	Promotor:	Miguel Macías García	Fecha:	18/06/2023
Núm. ITER:	191222	Emplazamiento	PL 4 PCL 25 T.M. DE Jerez de la Frontera	Formato:	DIN-A4
e-distribución			CMM. DISPOSICIÓN ELÉCTRICA	Escala:	SA
				Nº Plano:	15



## LEYENDA

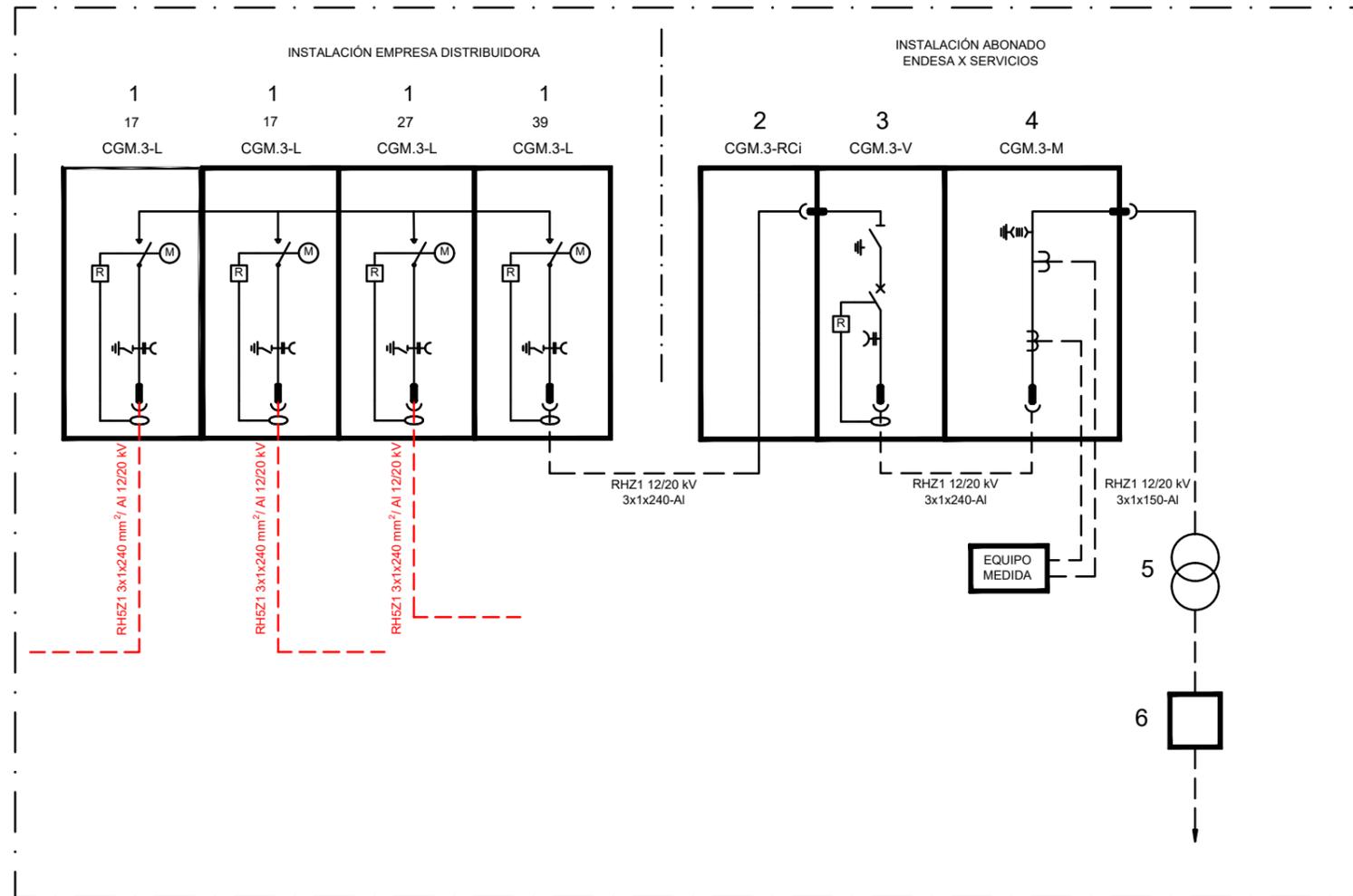
- CABLE DE TIERRA AISLADO RV 0,6/1 kV Cu 50mm<sup>2</sup>
- CABLE DE TIERRA DESNUDO Cu 50mm<sup>2</sup>
- ⊙ PICA DE CONEXIÓN A TIERRA
- └ DERIVACIÓN
- PUNTO DE CONEXIÓN A TIERRA
- PUENTE DE SECCIONAMIENTO. PaT
- APARAMENTA A INSTALAR

## Proyecto de electrificación e iluminación de una parcela industrial y de servicios en Jerez de la Frontera

Núm. EXP:	230423	Promotor:	Miguel Macías García	Fecha:	18/06/2023
Núm. ITER:	191222	Emplazamiento	PL 4 PCL 25 T.M. DE Jerez de la Frontera	Formato:	DIN-A3
<b>e-distribución</b>			CMM. RED DE TIERRAS	Escala:	SA
				Nº Plano:	16



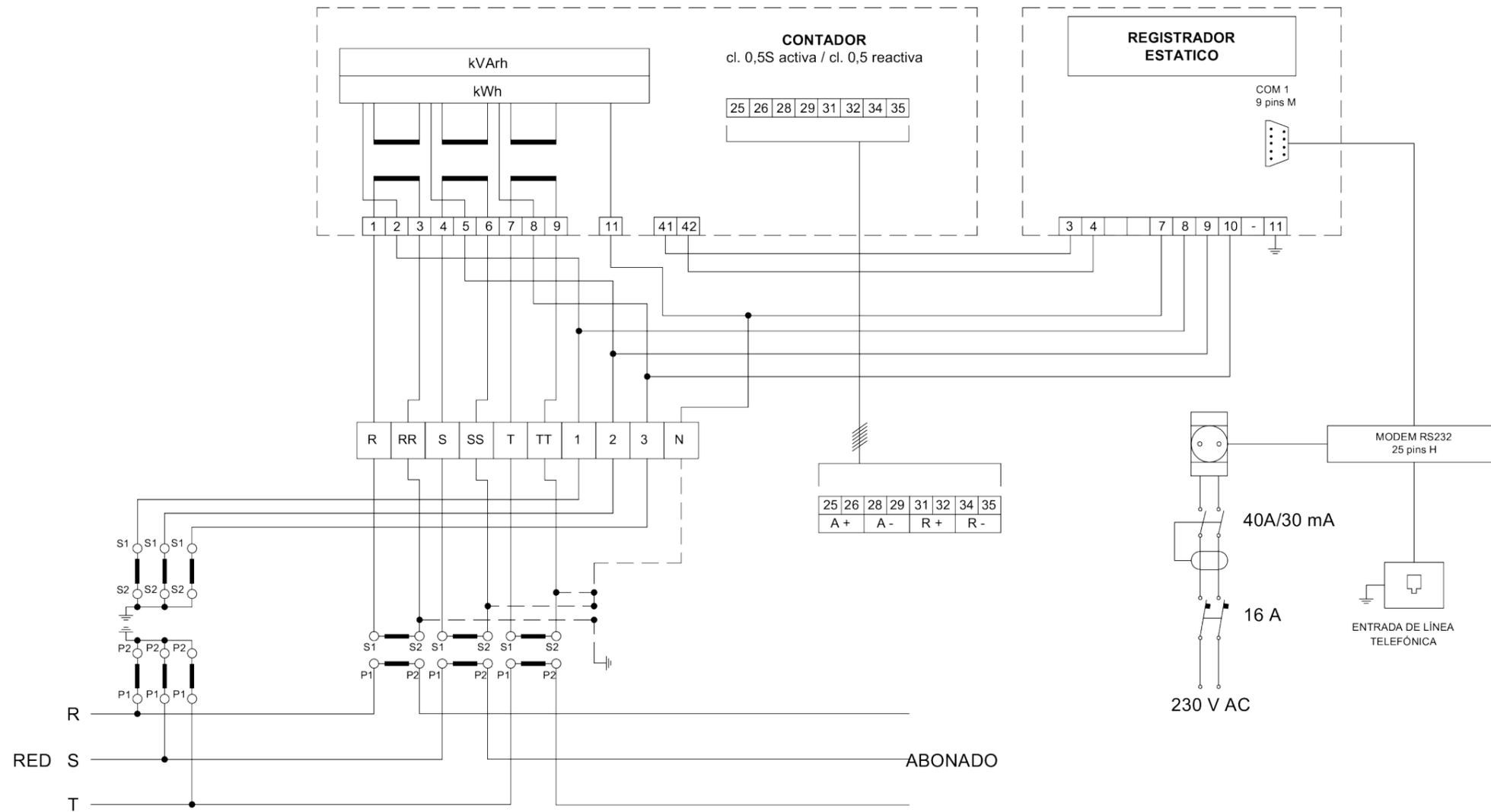
CM



DESCRIPCIÓN APARELAGE	
1	Celda modular función de línea tipo CGM.3-L 630 A/20 kA de corte y aislamiento íntegro con SF6 provista de interruptor-seccionador rotativo de tres posiciones (conectado, seccionado y puesto a tierra) y mando motorizado.
2	Celda modular de remonte de cables tipo CGM.3-RCi
3	Celda modular función de interruptor automático tipo CGM.3-V 630 A/20 kA, de protección general, provista de un interruptor automático de corte en vacío en serie con el seccionador a barras de tres posiciones (conectado, seccionado y puesto a tierra). Mando manual y relé ekor-RPG, con 3 TT.II. de fase, 0,18 VA, 300/1 A, clase 5P20, para protección de sobreintensidad de fases (50-51) y un TT.II. homopolar, 0,2 VA, 300/1, clase 5P10 para protección de sobreintensidad de fuga a tierra (50N-51N).
4	Celda modular función de medida tipo CGM.3-M, con 3 TT.II. 10 VA, 30-60/5 A conectados a 30/5 A, clase 0,5S, y 3 TT.TT. 25 VA, 16500√3/110√3, clase 0,5.
5	Transformador de potencia hermético de llenado integral con aislamiento en baño de éster vegetal, refrigeración ONAN, de potencia nominal 1250 kVA, relación de transformación 15/0,400 kV, según requisitos de la directiva de Ecodiseño de la Comisión Europea (Nº 548/2014) A <sub>0</sub> º. Con pantalla electrostática.
6	Cuadro de Baja Tensión

Proyecto de electrificación e iluminación de una parcela industrial y de servicios en Jerez de la Frontera

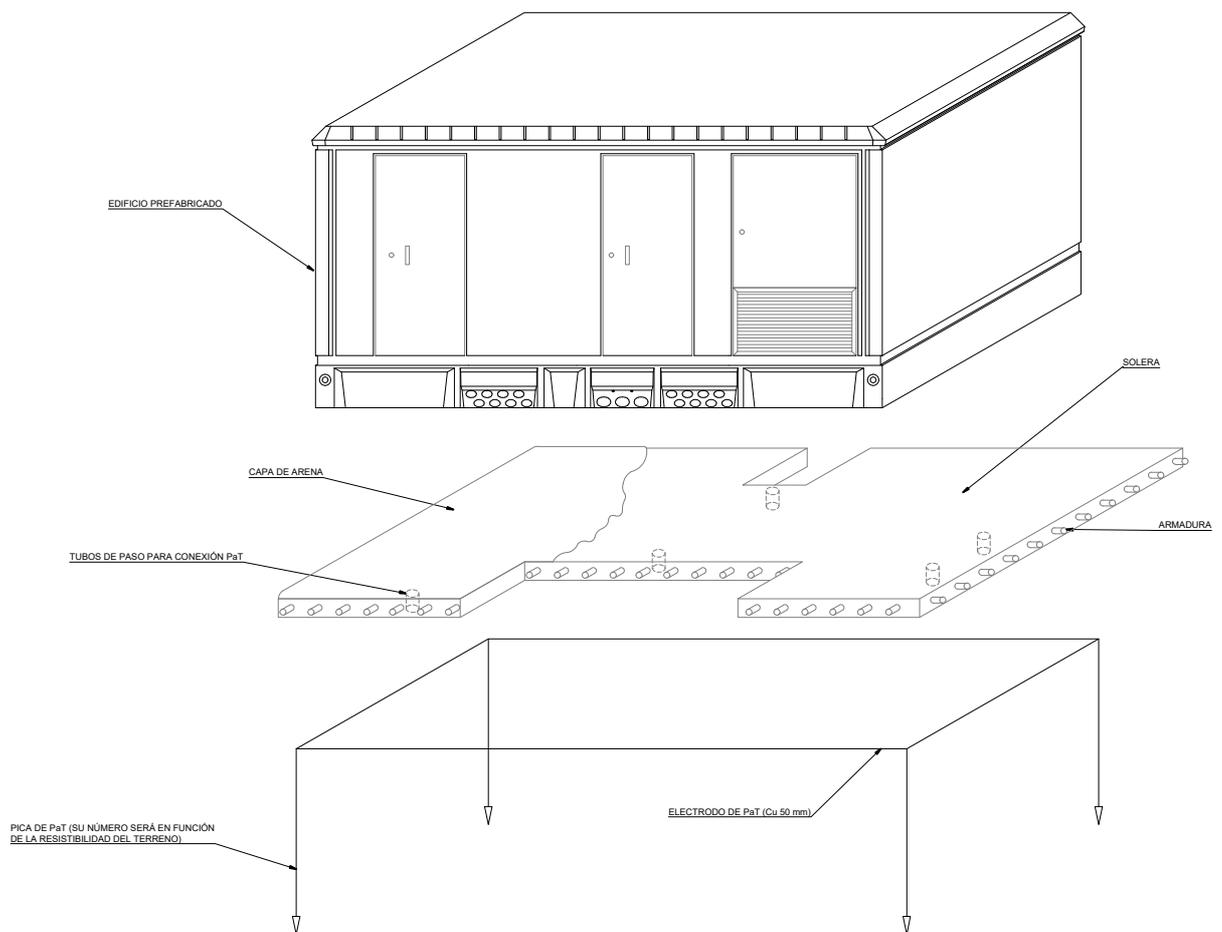
Núm. EXP:	230423	Promotor:	Miguel Macías García	Fecha:	01/09/2023
Núm. ITER:	191222	Emplazamiento	PL 4 PCL 25 T.M. DE Jerez de la Frontera	Formato:	DIN-A3
e-distribución			CMM. ESQUEMA UNIFILAR	Escala:	SA
				Nº Plano:	17



## Proyecto de electrificación e iluminación de una parcela industrial y de servicios en Jerez de la Frontera

Núm. EXP:	230423	Promotor:	Miguel Macías García	Fecha:	18/06/2023
Núm. ITER:	191222	Emplazamiento	PL 4 PCL 25 T.M. DE Jerez de la Frontera	Formato:	DIN-A3
e-distribución			CMM. EQUIPOS DE MEDIDA	Escala:	SA
				Nº Plano:	18

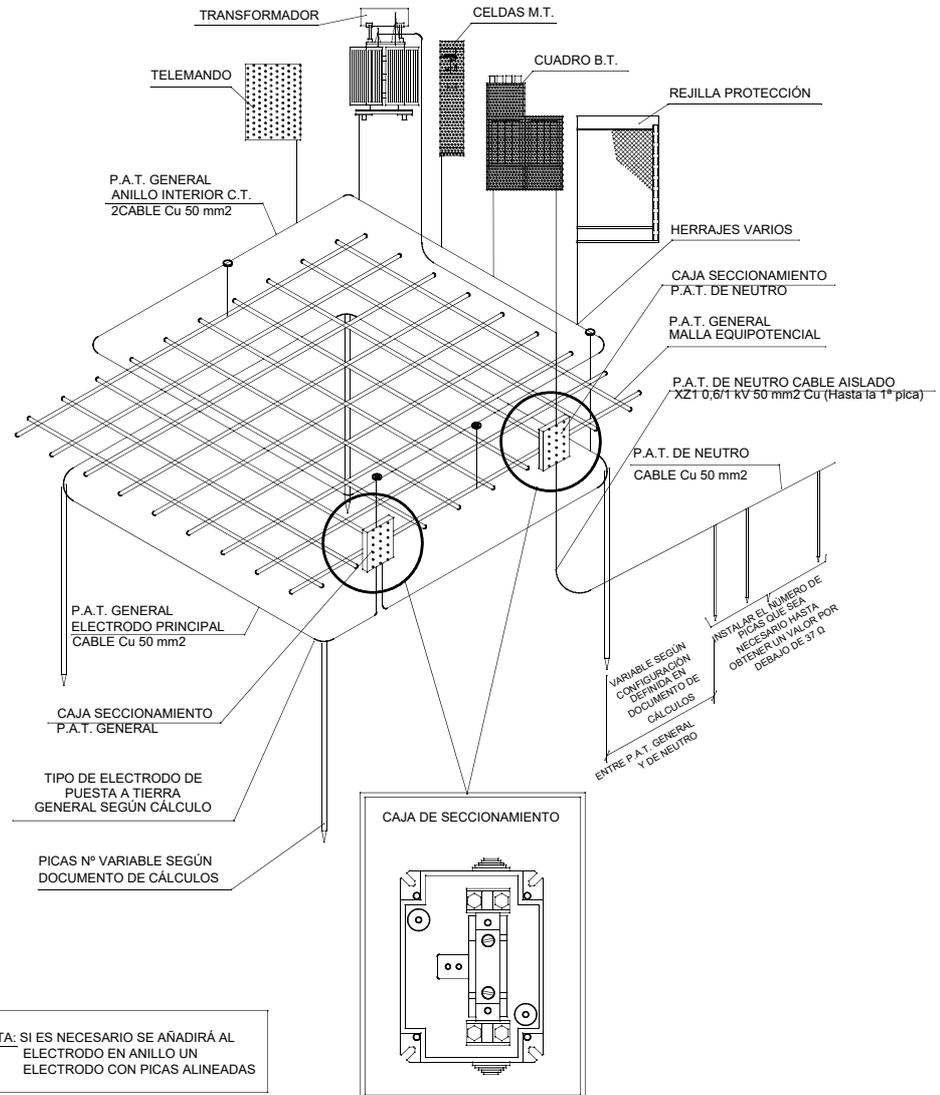
# T.M. DE JEREZ DE LA FRONTERA



Proyecto de electrificación e iluminación de una parcela industrial y de servicios en Jerez de la Frontera

Núm. EXP:	230423	Promotor:	Miguel Macías García	Fecha:	18/06/2023
Núm. ITER:	191222	Emplazamiento	PL 4 PCL 25 T.M. DE Jerez de la Frontera	Formato:	DIN-A4
			CMM CIMENTACIÓN	Escala:	SA
				Nº Plano:	19

# T.M. DE JEREZ DE LA FRONTERA



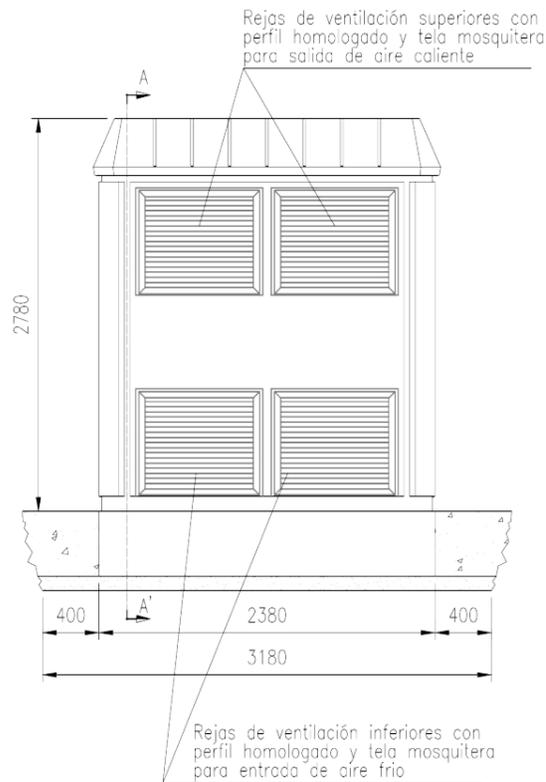
Proyecto de electrificación e iluminación de una parcela industrial y de servicios en Jerez de la Frontera

Núm. EXP:	230423	Promotor:	Miguel Macías García	Fecha:	18/06/2023
Núm. ITER:	191222	Emplazamiento	PL 4 PCL 25 T.M. DE Jerez de la Frontera	Formato:	DIN-A4
			ESQUEMA RED DE TIERRAS	Escala:	SA
				Nº Plano:	20

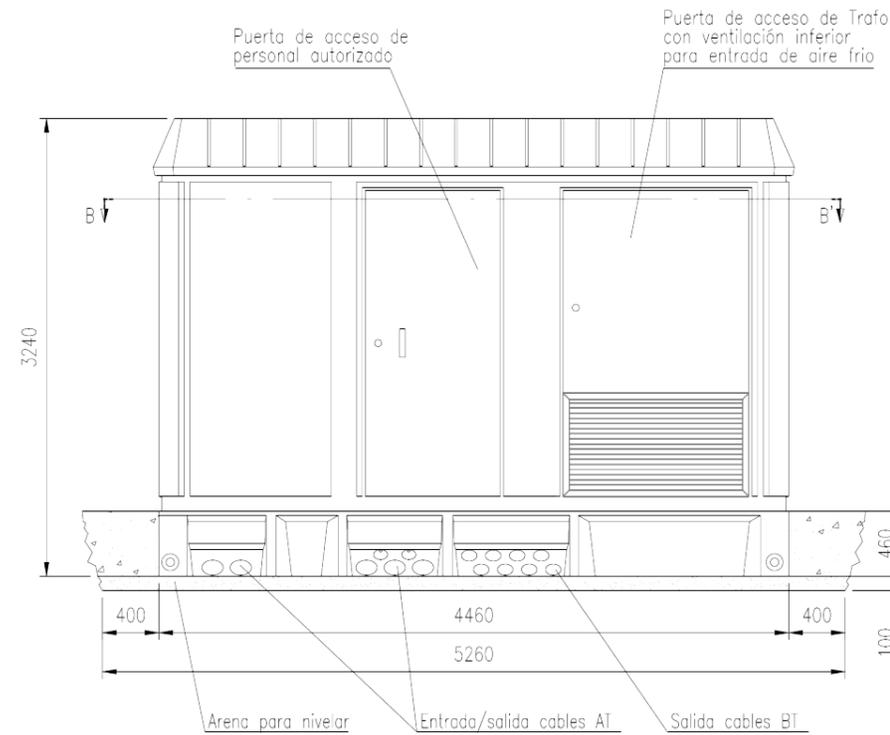


DETALLE CONSTRUCTIVO DEL NUEVO C.T.  
PREFABRICADO ORMAZABAL PFU-4

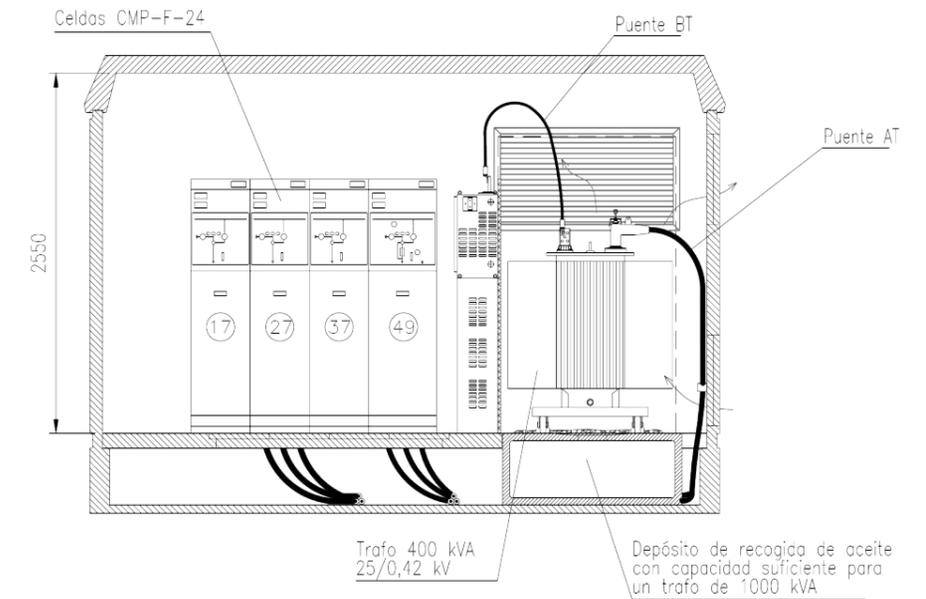
PERFIL NUEVO CT



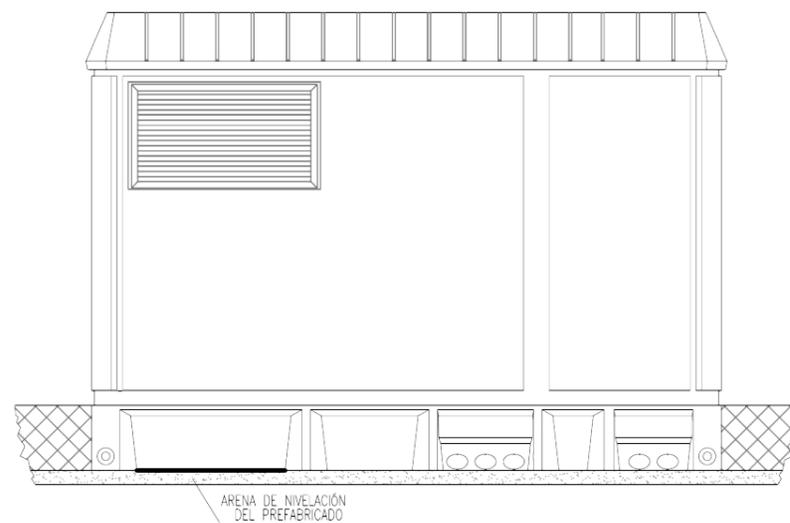
ALZADO NUEVO CT



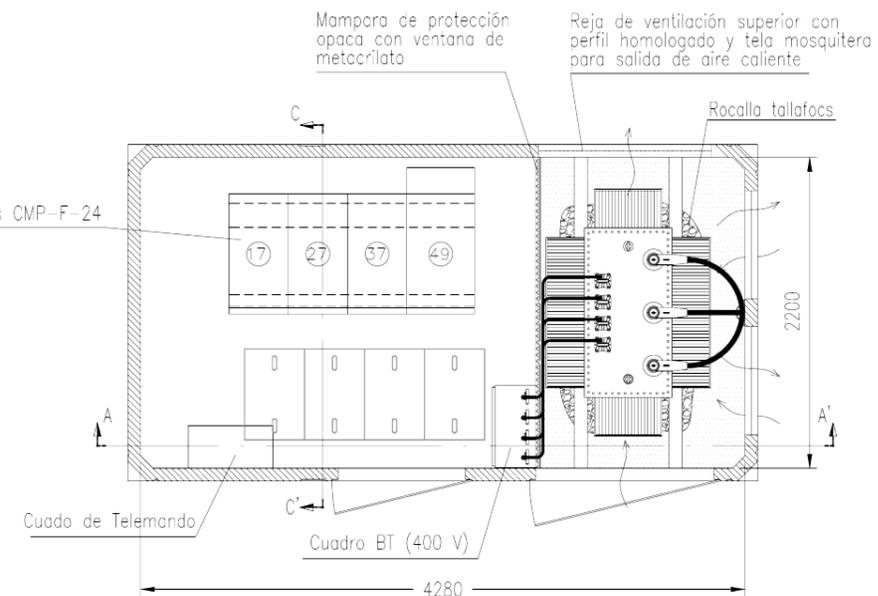
SECCIÓN A-A'



SECCIÓN C-C'



SECCIÓN B-B'



OBSERVACIONES:

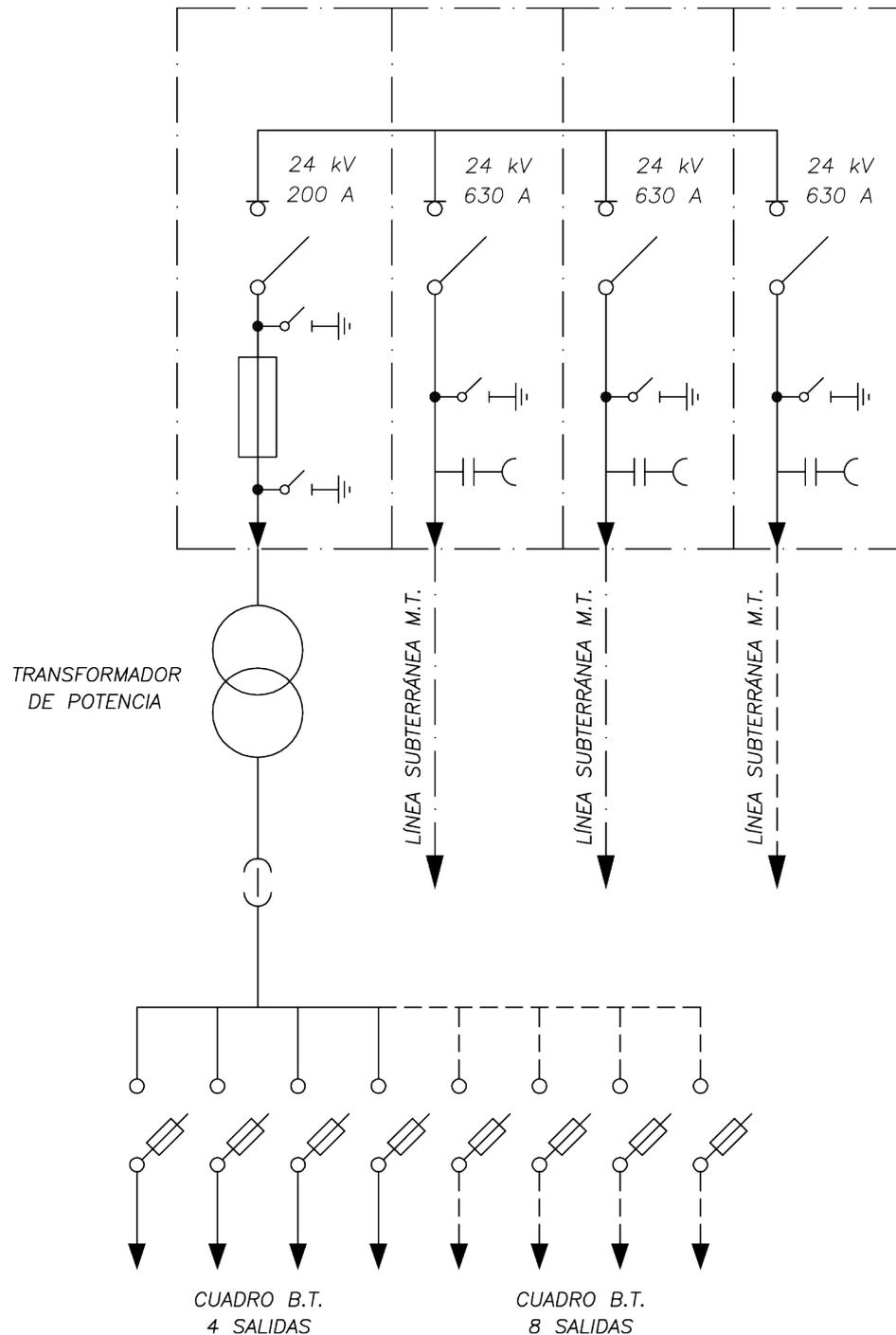
- \* CT tipo edificio independiente prefabricado de superficie, modelo PFU-4 de Ormazabal con doble ventilación.
- \* Celdas tipo SF<sub>6</sub>, sistema modular CGM de Ormazabal.
- \* Acotaciones en mm.

Proyecto de electrificación e iluminación de una parcela industrial y de servicios en Jerez de la Frontera

Núm. EXP:	230423	Promotor:	Miguel Macías García	Fecha:	18/06/2023
Núm. ITER:	191222	Emplazamiento	PL 4 PCL 25 T.M. DE Jerez de la Frontera	Formato:	DIN-A3
e-distribución			CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	Escala:	SA
				Nº Plano:	21

# T.M. DE JEREZ DE LA FRONTERA

## ESQUEMA UNIFILAR TIPO (ESQUEMA A – 24 kV)



Proyecto de electrificación e iluminación de una parcela industrial y de servicios en Jerez de la Frontera

Núm. EXP:	230423	Promotor:	Miguel Macías García	Fecha:	18/06/2023
Núm. ITER:	191222	Emplazamiento	PL 4 PCL 25 T.M. DE Jerez de la Frontera	Formato:	DIN-A4
e-distribución			CT. ESQUEMA UNIFILAR	Escala:	SA
				Nº Plano:	22

# 4 REFERENCIAS

---

- FYZ30000 Proyecto Tipo CT Interior Prefabricado de Superficie\_sellado LCOE
- Guía de Interpretación DYZ10000 Línea Subterránea Media Tensión v1 completa
- Guía NRZ002 EP Líneas Baja Tensión edición 2 completa\_28122021
- 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.
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión e instrucciones complementarias.
- Real Decreto 337/2014, de 8 de mayo de 2014, por el que se aprueba el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión sus instrucciones técnicas complementarias ITC-RAT 01 a 023.
- Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de Riesgos Laborales y normas reglamentarias que la desarrollan.
- 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.
- Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción.
- Instrucción Técnica Complementaria ITC-LAT 06 del Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en las líneas eléctricas de Alta Tensión.
- Normas UNE de obligado cumplimiento según se desprende de los Reglamentos y sus correspondientes revisiones y actualizaciones.
- Normas UNE, que no siendo de obligado cumplimiento, definen características de elementos integrantes de los CT.
- Normas Particulares de la Compañía Suministradora de Energía, EDISTRIBUCIÓN REDES DIGITALES, S.L.U.
- Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector eléctrico
- Normas UNE y Recomendaciones UNESA que sean de aplicación
- Normas particulares de Compañía Suministradora
- Condiciones impuestas por las entidades públicas afectadas