

ANEJO N°11 ENERGÍA ELÉCTRICA. MEDIA TENSIÓN

ÍNDICE

1. OBJETO DEL PROYECTO	2
2. EMPLAZAMIENTO.....	2
3. REGLAMENTACIÓN Y DISPOSICIONES OFICIALES	2
4. SUMINISTRO DE ENERGÍA.....	4
5. PREVISIÓN DE CARGAS	4
6. INFRAESTRUCTURAS ELÉCTRICAS A REALIZAR	6
7. RED SUBTERRÁNEA DE MEDIA TENSIÓN.....	6
7.1 CONDUCTORES	6
7.2 ZANJAS.....	6
7.3 CRUZAMIENTOS, PARALELISMOS Y PROXIMIDADES.....	7
7.4 TENDIDO DE CONDUCTORES DE POTENCIA	8
7.5 CROQUIZADO DE REDES SUBTERRÁNEAS Y PLANOS AS BUILT	8
7.6 EMPLAZAMIENTOS, EMPALMES Y TERMINALES	9
7.7 ENSAYO DE CONDUCTORES.....	10
7.8 PROTECCIONES DE LAS INSTALACIONES.....	10
8. CENTROS DE DISTRIBUCIÓN Y TRANSFORMACIÓN	10
8.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS CENTROS DE DISTRIBUCIÓN Y TRANSFORMACIÓN.....	11
8.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS CELDAS	12
8.3 CELDAS DE LÍNEA	12
8.4 CELDAS DE PROTECCIÓN (CON FUSIBLES).....	13
8.5 CELDAS DE UNIÓN DE BARRAS	14
8.6 TRANSFORMADORES.....	15
8.7 CUADROS DE BAJA TENSIÓN.....	15
9. EDIFICIOS PREFABRICADOS.....	16
10. PUESTAS A TIERRA	18
10.1 CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA.....	19
11. CONCLUSIONES	26

ANEXO N°1 CÁLCULOS ELÉCTRICOS

1. OBJETO DEL PROYECTO

El objeto del presente estudio es la descripción y justificación técnica de las instalaciones en M.T. para el suministro, montaje, pruebas y puesta en marcha de la instalación eléctrica para la construcción de redes subterráneas, Centros de Distribución y Transformación y su toma de tierra correspondiente, destinado al suministro de energía eléctrica de la Milla del Conocimiento Margarita Salas, así como la Legalización ante los Servicios de Industria y demás Organismos Oficiales, para obtener las autorizaciones necesarias.

2. EMPLAZAMIENTO

La instalación está ubicada en:

- EMPLAZAMIENTO: MILLA DEL CONOCIMIENTO MARGARITA SALAS
- LOCALIDAD: GIJÓN | XIXÓN

3. REGLAMENTACIÓN Y DISPOSICIONES OFICIALES

Normas generales:

- Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09. Aprobado por Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero. Corrección de errores en B.O.E. 174 del 19 de julio de 2008 y B.O.E. 120 del 17 de mayo de 2008.
- 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 (B.O.E. de 27 de Diciembre de 2000).
- Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23., B.O.E. 9-6-2014.
- Ley 24/2013 de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico.
- Real Decreto 842/2002 de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión y sus instrucciones técnicas complementarias.
- Modificaciones a las Instrucciones Técnicas Complementarias.
- Ley 40/1994, de 30 de diciembre, de ordenación del Sistema Eléctrico Nacional.
- 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.
- Condiciones impuestas por los organismos Públicos afectados.
- NTE-IEP. Norma tecnológica del 24-03-73, para Instalaciones Eléctricas de Puesta a Tierra.
- Normas UNE y recomendaciones UNESA.

- Condiciones impuestas por los Organismos Públicos afectados.
- Ordenanzas municipales del ayuntamiento de Gijón | Xixón.
- Condicionados que puedan ser emitidos por organismos afectados por las instalaciones.
- Normas particulares de la compañía suministradora.
- Cualquier otra normativa y reglamentación de obligado cumplimiento para este tipo de instalaciones.

Normas y recomendaciones de diseño del edificio:

- CEI 61330 - UNE-EN 61330: Centros de Transformación prefabricados.
- RU 1303A: Centros de Transformación prefabricados de hormigón.
- Código Técnico de la Edificación.

Normas y recomendaciones de diseño de aparamenta eléctrica:

- UNE-EN 62271. Aparamta de alta tensión.
- CEI 61000-4-X - UNE-EN 61000-4-X: Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 4: Técnicas de ensayo y de medida.
- RU 6407B: Aparamta prefabricada bajo envolvente metálica con dieléctrico de Hexafloruro de Azufre SF6 para Centros de Transformación de hasta 36 kV.

Normas y recomendaciones de diseño de transformadores:

- CEI 60076-X - UNE-EN 60076-X: Transformadores de potencia.
- UNE 20101-X-X: Transformadores de potencia.

Normas y recomendaciones de diseño de transformadores (aceite):

- RU 5201D: Transformadores trifásicos sumergidos en aceite para distribución en Baja Tensión.
- UNE 21428-X-X: Transformadores trifásicos sumergidos en aceite para distribución en Baja Tensión de 50 kVA a 2.500 kVA, 50 Hz, con tensión más elevada para el material de hasta 36 kV.

4. SUMINISTRO DE ENERGÍA

El suministro de energía eléctrica en cuanto a su distribución se refiere, se realizará de acuerdo a las condiciones de la compañía E-REDES Distribución Eléctrica, a la tensión de 20 kV trifásica y frecuencia 50 Hz.

Se conectará la red de distribución del ámbito a dos centros de seccionamiento cercanos existentes.

5. PREVISIÓN DE CARGAS

En este punto se establece la previsión de cargas (potencia) asignada a cada parcela.

Se prevé la construcción de 5 centros de distribución y transformación (de 2x630 kVA) para dar servicio a las parcelas y a los servicios comunes del ámbito de actuación.

Se realizará una interconexión entre los centros para tener la posibilidad de alimentar por dos acometidas diferentes en caso de avería.

Para el cálculo de la previsión de cargas se sigue lo indicado en las ITC, donde se establece una potencia de 100 W por metro cuadrado edificable.

Los ratios mínimos aplicables por metro cuadrado se aplicarán sobre superficie total.

A continuación figura la previsión de potencias:

PARCELA	SUPERFICIE SUELO	POTENCIA TOTAL A INSTALAR (kW)	POTENCIA TOTAL A INSTALAR (kVA)
PCT-1			
M3	1.975 m ²	257 kW	285 kVA
M4	1.975 m ²	257 kW	285 kVA
M5	2.923 m ²	380 kW	422 kVA
PCT-2			
M6	4.283 m ²	257 kW	286 kVA
M7	2.826 m ²	170 kW	188 kVA
M8	5.386 m ²	323 kW	359 kVA
M9	3.559 m ²	214 kW	237 kVA
M10	10.045 m ²	603 kW	670 kVA
M11	3.792 m ²	228 kW	253 kVA
M16	1.578 m ²	96 kW	213 kVA
PCT-3			
M12	2.107 m ²	126 kW	140 kVA
M13	6.658 m ²	400 kW	444 kVA
M14	3.175 m ²	191 kW	212 kVA
M15	3.175 m ²	191 kW	212 kVA
PCT-4			
M1-A	9.630 m ²	1.560 kW	1.734 kVA
M1-B	4.010 m ²	650 kW	722 kVA
PCT-5			
M2	4.457 m ²	655 kW	728 kVA
EQ			
EQ1	3.162 m ²	316 kW	351 kVA
EQ2	1.496 m ²	150 kW	166 kVA
EQ3	847 m ²	85 kW	94 kVA
EQ4	2.267 m ²	227 kW	252 kVA
EQ5	3.231 m ²	323 kW	359 kVA

6. INFRAESTRUCTURAS ELÉCTRICAS A REALIZAR

Como consecuencia de las dotaciones de potencias estimadas a las parcelas y debido a las características de las mismas, se prevé que los consumidores tomen energía en baja tensión, al igual que la alimentación a los servicios comunes (alumbrado público). A tal efecto, el presente proyecto dotará de centros de transformación de las siguientes potencias:

- Cinco (5) Centros de Distribución y transformación de 2x630 kVA en caseta prefabricada de superficie.

7. RED SUBTERRÁNEA DE MEDIA TENSIÓN

7.1 CONDUCTORES

Para la red de media tensión se usarán conductores s/Norma UNE 21123, con aislamiento de etileno-propileno de alto módulo HEPRZ1 12/20 kV 3x240KAI+H16, con las siguientes características:

Aislamiento etileno-propileno de alto módulo con denominación HEPRZ1 12/20 kV 3x240KAI+H16		
Sección:	240	mm ²
Diámetro exterior:	36,9	mm
Peso:	1,635	kg/m
Nivel de aislamiento a impulsos (Up):	125	kV
Temperatura máxima conductor	105	°C
Temperatura terreno	25	°C

7.2 ZANJAS

Las infraestructuras de obra civil están constituidas por zanjas de paredes verticales o en talud, en función de las profundidades de las mismas o entubadas en el caso que la naturaleza del terreno lo haga necesario, y de acuerdo al estudio de seguridad específico de esta obra.

Las líneas se colocarán entubadas en tubo de PEAD de 160 mm de diámetro consolidados por prismas de hormigón, en zanjas de dimensiones variables según se encuentren bajo acera, bajo aparcamiento o bajo calzada.

Bajo acera, los cables se alojarán bajo tubo, en zanjas de 0,80 m de profundidad mínima y una achura mínima de 0,45 m para la canalización de 2 tubos. Para la canalización de 4 tubos, la zanja tendrá una anchura mínima de 0,45 m y una profundidad mínima de 0,96 m. En el caso de la canalización de 6 tubos, la zanja tendrá una anchura mínima de 0,61 m y una profundidad mínima de 0,96 m.

Para la canalización de 9 tubos, la zanja tendrá una anchura mínima de 0,61 m y una profundidad mínima de 1,12 m. Por último, en la canalización de 12 tubos, la zanja tendrá una anchura mínima de 0,77 m y una profundidad mínima de 1,12 m. El lecho de la zanja debe ser liso y estar libre de aristas vivas, cantos piedras, etc. La zanja de entrada al CT alojará 12 tubos, teniendo como mínimo 0,92 m de ancho y 0,96 m de profundidad. En el fondo de la zanja y en toda su extensión se ejecutará una solera de 4 cm de espesor de hormigón HM-20/B/20/I, sobre la que se colocarán 2, 4 tubos a 2 con separadores, 6 ó 9 tubos a 3, con separadores ó 12 tubos a 4 o 5 con separadores. Sobre los tubos se colocará hormigón HM-20/B/20/I con un espesor mínimo de 10 cm medidos sobre la generatriz superior de los tubos superiores, envolviéndolos completamente. El resto de la zanja se rellenará con suelo seleccionado procedente de préstamo, en capas de máximo 25 cm de espesor, compactado al 98% del ensayo Proctor Modificado, dejando libre el espesor del pavimento.

En el caso de que la red discurra bajo aparcamiento, la canalización cumplirá las mismas condiciones que las descritas para la canalización bajo acera, salvo para 6 y 9 tubos que la profundidad se aumentará hasta 1,06 y 1,22 m, respectivamente.

En los cruces bajo calzada, los cables se alojarán bajo tubo, en zanjas de 1,00 m de profundidad mínima y una anchura mínima de 0,45 m para la canalización de 2 tubos. Para la canalización de 4 tubos, la zanja tendrá una anchura mínima de 0,45 m y una profundidad mínima de 1,16 m. En el caso de la canalización de 6 tubos, la zanja tendrá una anchura mínima de 0,61 m y una profundidad mínima de 1,16 m. Por último, para la canalización de 9 tubos, la zanja tendrá una anchura mínima de 0,61 m y una profundidad mínima de 1,32 m. En el fondo de la zanja y en toda la extensión se colocará una solera de 4 cm de espesor de hormigón HM-20/B/20/I, sobre la que se depositarán los tubos. A continuación se rellenará la zanja en su totalidad con el mismo hormigón hasta la capa de firme.

En todos los casos, la canalización se realizará con tubo de PEAD de 160 mm de diámetro. Además de incluirá un tritubo de PE de 50 mm de diámetro. Al menos 40 cm por debajo de la cota de rasante se colocará una cinta señalizadora de polietileno en color amarillo, de 15 cm de ancho, con la inscripción "¡ATENCIÓN CABLES ELÉCTRICOS!" y la señal de riesgo eléctrico. Además, se incluirá una guía de polipropileno en los tubos.

En el Documento PLANOS quedan reflejadas las secciones tipo de zanja para cada caso en condiciones de ejecución normales.

7.3 CRUZAMIENTOS, PARALELISMOS Y PROXIMIDADES

Las distancias a cumplir en cruzamientos con otros servicios, proximidades y paralelismos de las redes en proyecto, se fijan como mínimas las siguientes:

CRUZAMIENTOS	CONDICIONES
Con cables de telecomunicaciones	La distancia entre cables será como mínimo 20 cm.
Con canalizaciones de agua y gas	La distancia entre cables y tuberías será como mínimo 40 cm.
Gasoductos / Oleoductos	A definir específicamente con la compañía distribuidora

PARALELISMOS	CONDICIONES
Con cables de telecomunicaciones	La distancia entre cables será como mínimo 20 cm
Con canalizaciones de agua y gas	La distancia entre cables y tuberías será como mínimo 40 cm
Gasoductos / Oleoductos	A definir específicamente con la compañía distribuidora

Se ha previsto una canalización conjunta para cables de media tensión y baja tensión. Los cables de media tensión se dispondrán en los tubos a mayor profundidad y los de baja tensión en los más superficiales.

7.4 TENDIDO DE CONDUCTORES DE POTENCIA

El tendido de conductores se efectuará bajo tubo, de forma que se garantice la vida útil para la que fueron diseñados.

El tendido de cables se practicará con sumo cuidado, evitándose la formación de cocas y torceduras, así como arañoses o roces que puedan perjudicarlo.

Sólo se permitirá la tracción del cable en los pasos por las tuberías previamente instaladas en la red viaria.

Dicha tracción se hará suavemente y será dirigida por el Técnico encargado.

7.5 CROQUIZADO DE REDES SUBTERRÁNEAS Y PLANOS AS BUILT

- Para la ejecución del croquis del trazado de la red se dibujará la línea de fachadas y aceras, así como los medianiles de fincas y números de portal, nombre singular del inmueble si lo hubiera; plano de la calle a escala 1:250, o 1:500, acotándose sobre dicho plano, las distancias existentes desde éstos a eje de tendido, así como la anchura de la zanja en la que se encuentren.
- La totalidad de las implantaciones de elementos fijos, tales como CTs y Cs y el trazado de las redes se realizarán mediante georreferencia en formato CAD. (U.T.M. HUSO 30).

- Todas las medidas se acotarán a eje de zanja y a dos medianiles o elementos fijos perdurables, quedando triangulada la cota, marcándose los cambios de dirección que haga la misma respecto a medianiles o distancia de fachadas.
- Todos los puntos de giro de la zanja tendrán como mínimo dos medidas para su localización.
- En los tramos entubados se acotarán como mínimo los dos extremos del tubo, indicando además el número de tubos y su ocupación así como su longitud y diámetro.
- En los cruces con otros servicios se indicará distancia a medianil, naturaleza del servicio que se cruza y si el servicio en cuestión está por encima o por debajo de la posición en que quedarán los cables eléctricos.
- Aunque éstas medidas se refieren a zanja y tendido lineal, en el mismo croquis se acotará el lugar donde se sitúe el empalme los circuitos que así lo requieran.
- Todas las medidas se redondearán a un decimal (por ejemplo 10,62 y 11,79 se redondearán a 10,6 y 11,8 respectivamente), indicándose en metros.
- Aparte se realizará un esquema de red, de manera que quede reflejado el número de cables que transcurre por la zanja, indicando origen y destino de cada uno de estos cables, además de las características: tensión, tipo y longitud aproximada de tendido.
- Se dibujarán secciones de zanja realizada indicando profundidad y anchura, y situación de cables.
- Los planos "as built" se deberán entregar a la dirección facultativa con un mes de antelación a la solicitud por parte del promotor de la puesta en servicio de las redes y centro de transformación, para tramitar esta documentación en EDE, deberá ser aportada en formato papel y también una copia del archivo con extensión dwg correspondiendo cada CD a un solo plano con objeto de controlar su transferencia a la base de datos de planos digitalizados. De esta documentación se deberán entregar cuatro (4) copias.

7.6 EMPLAZAMIENTOS, EMPALMES Y TERMINALES

Se procurarán efectuar el mínimo número de empalmes posibles.

Para poder ejecutar los empalmes será necesaria la construcción de un emplazamiento de dimensiones mínimas:

- Profundidad 160 cm
- Anchura 160 cm
- Longitud 200 cm

Una vez ejecutado el empalme, el tratamiento del tapado será el mismo que si de un conductor se tratase.

Los empalmes serán adecuados a la naturaleza, composición y sección de los cables y no deberán de aumentar la resistencia eléctrica del conductor y siempre según normas de la compañía distribuidora,

debiendo ser realizados por personal que pueda acreditar documentalmente su homologación para este tipo de trabajos.

Las terminaciones o terminales deberán ser adecuadas a la naturaleza de los conductores, y de acuerdo a las características del aparellaje de maniobra al cual conectar. Estos deberán ser siempre de acuerdo a las normas de la compañía distribuidora, siendo ejecutados por empalmadores homologados.

Asimismo las pantallas de los conductores en sus terminaciones, irán conectadas al circuito de tierras de herrajes del aparellaje de maniobra.

No se realizarán arquetas registrables para los empalmes de media tensión.

7.7 ENSAYO DE CONDUCTORES

Con carácter previo a la puesta en servicio de las líneas subterráneas de Media Tensión se ensayarán los conductores de acuerdo a lo indicado en la ITC-LAT 05 y 06. Estos ensayos se tendrán que presentar a E-REDES Distribución Eléctrica.

7.8 PROTECCIONES DE LAS INSTALACIONES

Para proteger las instalaciones en las cabeceras de salida de potencia, se instalarán dentro de éstas interruptores automáticos regulados a las características definidas por la compañía distribuidora, estando éstos integrados en los proyectos de las Subestaciones correspondientes. Estos interruptores y los elementos de protección adecuados, los dimensionará E-REDES de acuerdo a sus criterios de explotación del sistema.

Respecto a la red de distribución de media tensión diseñada en malla a través de cinco centros de distribución y transformación, éstos se diseñan para una intensidad máxima de cortocircuito de 20 kA, para todo el aparellaje de celdas.

Una vez confeccionado este proyecto, no obstante, será sometido a las consideraciones que estime oportunas la compañía distribuidora en cuanto a criterios lógicos de explotación en cuanto a la compatibilidad con sus instalaciones y sistemas se refiere.

8. CENTROS DE DISTRIBUCIÓN Y TRANSFORMACIÓN

Se proyecta la instalación de 5 centros de distribución y transformación M.T./B.T. para abastecer a los servicios generales de la urbanización y a las parcelas.

Los centros de distribución y transformación garantizan con el sistema de red de distribución mallada, un suministro estable y de transferencia de potencia ante cualquier corte de energía en los cables o

averías fortuitas que pudieran surgir, siempre que éstos estén comprendidos dentro de casuísticas normales.

El diseño previsto para estos centros es de edificios prefabricados en superficie. La ubicación de estos centros se puede apreciar en el Documento Planos, así como sus detalles constructivos y de equipamiento de elementos de control y maniobra.

Así pues, el presente proyecto dotará de centros de distribución y transformación de las siguientes potencias:

- CT1: 2 de 630 kVA en CT prefabricado en superficie.
- CT2: 2 de 630 kVA en CT prefabricado en superficie.
- CT3: 2 de 630 kVA en CT prefabricado en superficie.
- CT4: 2 de 630 kVA en CT prefabricado en superficie.
- CT5: 2 de 630 kVA en CT prefabricado en superficie.

8.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS CENTROS DE DISTRIBUCIÓN Y TRANSFORMACIÓN

A continuación se detalla la aparamenta que poseerá cada uno de los Centros de Transformación.

CENTRO DE DISTRIBUCIÓN Y TRANSFORMACIÓN CT1, CT2, CT3, CT4 Y CT5	
Celdas de Línea	4
Celdas de Unión de Barras	2
Celda de Protección de Transformador	2
Nº de transformadores (630 kVA)	2
Cuadros de Baja Tensión	1

A continuación se detallan las descripciones técnicas generales de las cabinas de Línea, Protección y el Centro de Transformación.

8.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS CELDAS

Datos Técnicos

Tensión nominal	24 kV
Tensión de servicio	20 kV
Tensión de prueba tipo rayo	125 kV
Tensión de prueba a 50 Hz	50 KV
Frecuencia nominal	50 Hz
Intensidad de corta duración, 1 s.	16 kA
Intensidad de cortocircuito, onda de choque	63 kA
Corriente asignada a barras	630 A
Aislamiento	Integral SF6
Sistema de barras generales	Simple barra
Tipo de compartimentación	Encapsulado Integral metálico

Terminales de conexión en celdas acodados.

En los puntos siguientes se detalla la aparamenta que poseerán los centros de transformación.

8.3 CELDAS DE LÍNEA

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

Tensión Nominal	24	kV
Intensidad Asignada	630	A
Intensidad de corta duración (1 s) (kA)	16	kA
Nivel de Aislamiento (1 min) a tierra y entre fases	50	kV
Nivel de Aislamiento (1 min) a distancia de seccionamiento (kv)	60	kV
Impulso tipo rayo a tierra y entre fases (kV) cresta	125	kV

Impulso tipo rayo a distancia de seccionamiento (kV) cresta	145	kV
Capacidad de cierre (kA) cresta	40	kA
Capacidad de corte	630	A
Marca	Ormazabal o Similar	
Modelo	ACEPTADO POR E-REDES	
Sistema	ACEPTADO POR E-REDES	

8.4 CELDAS DE PROTECCIÓN (CON FUSIBLES)

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

Tensión Nominal	24	kV
Intensidad Asignada al embarrado	630	A
Intensidad Asignada a la derivación	200	A
Intensidad de corta duración (1 s) (kA)	16	kA
Nivel de Aislamiento (1 min) a tierra y entre fases	50	kV
Nivel de Aislamiento (1 min) a distancia de seccionamiento (kV)	60	kV
Impulso tipo rayo a tierra y entre fases (kV) cresta	125	kV
Impulso tipo rayo a distancia de seccionamiento (kV) cresta	145	kV
Capacidad de cierre (kA) cresta(antes-después de fusibles)	40	kA
Capacidad de corte	630	A
Marca	Ormazabal o Similar	
Modelo	ACEPTADO POR E-REDES	
Sistema	ACEPTADO POR E-REDES	

8.5 CELDAS DE UNIÓN DE BARRAS

La celda de interruptor pasante está constituida por un módulo metálico con aislamiento y corte en gas, que incorpora en su interior un embarrado superior de cobre, interrumpido por un interruptor-seccionador rotativo, con capacidad de corte y aislamiento, para aislar las partes izquierda y derecha del mismo y puede llevar un sistema de alarma sonora de puesta a tierra, que suena cuando habiendo tensión en la línea se introduce la palanca en el eje del seccionador de puesta a tierra. Al introducir la palanca en esta posición, un sonido indica que puede realizarse un cortocircuito o un cero en la red si se efectúa la maniobra.

Tensión Nominal	24	kV
Intensidad Asignada al embarrado	630	A
Intensidad Asignada a la derivación	200	A
Intensidad de corta duración (1 s) (kA)	16	kA
Nivel de Aislamiento (1 min) a tierra y entre fases	50	kV
Nivel de Aislamiento (1 min) a distancia de seccionamiento (kv)	60	kV
Impulso tipo rayo a tierra y entre fases (kV) cresta	125	kV
Impulso tipo rayo a distancia de seccionamiento (kV) cresta	145	kV
Capacidad de cierre (kA) cresta(antes-después de fusibles)	40	kA
Capacidad de corte	630	A
Marca	Ormazabal o Similar	
Modelo	ACEPTADO POR E-REDES	
Sistema	ACEPTADO POR E-REDES	

8.6 TRANSFORMADORES

Los transformadores instalados tienen una potencia de 630 kVA y las siguientes características:

Tensión de Aislamiento	24	kV
Tensión Nominal Primaria	20	kV
Tensión Nominal Secundaria	420	V
Grupo conexión	Dyn11	
Tensión de CortoCircuito	4	%
Marca	COTRADIS o similar	
Aislamiento	Aceite	

8.7 CUADROS DE BAJA TENSIÓN

Cada Centro de Transformación irá dotado de cuadros de distribución modular para baja tensión, según RU 6302, cuya función es recibir el circuito de Baja Tensión procedente del transformador y distribuirlo en circuitos individuales, según normas E-REDES.

Para cada transformador se instalará un cuadro de 4 salidas y un módulo de ampliación de 4 salidas, constituido por bastidor metálico, sobre el que van montados el embarrado y los fusibles, así como los transformadores de intensidad del amperímetro de máxima.

El módulo principal llevará incorporado un maxímetro.

En la zona de salidas se aloja exclusivamente el embarrado y los elementos de protección de cada circuito de salida, que son cuatro. Esta protección se encomienda a fusibles de la intensidad máxima necesaria, dispuestos en bases trifásicas pero maniobradas fase a fase, pudiéndose realizar las maniobras de apertura y cierre en carga.

Tensión Nominal	440	V
Intensidad Asignada	1600	A
Nivel de aislamiento (1 min) entre tierra y fases	10	kV
Nivel de aislamiento (1 min) entre fases	2,5	kV
Impulso tipo rayo a tierra y entre fases	20	kV
Intensidad nominal salidas	400	A

9. EDIFICIOS PREFABRICADOS

El edificio prefabricado proyectado para los cinco centros de distribución y transformación es del tipo PF-204 de Ormazabal o similar. Este edificio está preparado para albergar un máximo de tres transformadores de potencia.

Descripción

Los Centros de Transformación PF, de superficie y maniobra interior (tipo caseta), están formados por distintos elementos prefabricados de hormigón, que se ensamblan en obra para constituir un edificio, en cuyo interior se incorporan todos los componentes eléctricos, desde la apartada de MT hasta los cuadros de BT, incluyendo los transformadores, dispositivos de Control e interconexiones entre los diversos elementos. Estos Centros de Transformación pueden ser fácilmente transportados para ser instalados en lugares de difícil acceso gracias a su estructura modular.

La fabricación seriada de todos los elementos empleados en la construcción y el Sistema de Calidad de Ormazabal garantizan una calidad uniforme en todos los Centros de Transformación.

Envolvente

Los paneles que forman la envolvente están compuestos por hormigón armado vibrado y tienen las inserciones necesarias para su manipulación.

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

El transformador va ubicado sobre una "Meseta de Transformador" diseñada específicamente para distribuir el peso del mismo uniformemente sobre la placa base y recoger el volumen de líquido refrigerante del transformador ante un eventual derrame.

La placa base está formada por una losa de forma rectangular con una serie de bordes elevados, que se une en sus extremos con las paredes. En su perímetro se sitúan los orificios de paso de los cables de MT y BT. Estos orificios están semiperforados, realizándose en obra la apertura de los que sean necesarios para cada aplicación. De igual forma, dispone de unos orificios semiperforados practicables para las salidas a las tierras exteriores.

Placa piso

Sobre la placa base, y a una altura de unos 500 mm, se sitúa la placa piso, que se apoya en un resalte interior de las paredes, permitiendo este espacio el paso de cables de MT y BT, a los que se accede a través de unas troneras cubiertas con losetas.

Accesos

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

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

Ventilación

Las rejillas de ventilación 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 Transformación, e interiormente se complementa con una rejilla con malla mosquitera.

Acabado

El acabado de las superficies exteriores se efectúa con pintura de color blanco en las paredes, y marrón en el perímetro de las cubiertas o techo, puertas y rejillas de ventilación. Las piezas metálicas expuestas al exterior están tratadas adecuadamente contra la corrosión.

Varios

Sobrecargas admisibles y condiciones ambientales de funcionamiento según normativa vigente.

Cimentación

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

Se ejecutará también una losa de HA-25 de dimensiones 12x4 m y un espesor de 25 cm, incluso mallazo superior e inferior de 15x15 y diámetro 10 mm.

Características Detalladas

- N° de transformadores: 2
- N° reserva de celdas: 1
- N° reserva de transformadores: 1
- Tipo de ventilación: Doble
- Puertas de acceso peatón: 1 puerta

Dimensiones exteriores:

- Longitud: 9.600 mm
- Fondo: 2.620 mm
- Altura: 3.195 mm
- Altura vista: 2.595 mm
- Peso: 30.850 kg

Dimensiones interiores

- Longitud: 9.440 mm
- Fondo: 2.460 mm
- Altura: 2.285 mm

Dimensiones de la excavación

- Longitud: 12.000 mm
- Fondo: 4.000 mm
- Profundidad: 350 mm

10. PUESTAS A TIERRA

Se dispondrán dos circuitos de puesta a tierra:

- Circuito de puesta a tierra de masas.
- Circuito de puesta a tierra de neutros de transformadores.

Tierra de masas

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

Se medirán las tensiones de paso y contacto en cada uno de los Centros de Transformación.

Tierra de neutros de transformadores

Para la puesta a tierra de los neutros de cada uno de los transformadores se instalará un circuito con conductor de cobre de 50 mm² de sección.

Este conductor estará aislado, de tipo 0,6/1 kV, hasta la primera pica de puesta a tierra situada a una distancia mínima de 24 m del punto más próximo de la tierra de herrajes. Este conductor se unirá con

la borna de neutro del transformador a través de una caja con pletina de seccionamiento, donde deberá de figurar la identificación de la tierra, su resistencia óhmica y la fecha de medida.

Se instalará en una zanja de 1,00 m de profundidad, disponiéndose las picas necesarias hasta obtener una resistencia de la puesta a tierra inferior a 10 Ohmios.

10.1 CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA

Investigación de las características del suelo

El Reglamento de Alta Tensión indica que para instalaciones de tercera categoría, y de intensidad de cortocircuito a tierra inferior o igual a 16 kA no será imprescindible realizar la citada investigación previa de la resistividad del suelo, bastando el examen visual del terreno y pudiéndose estimar su resistividad, siendo necesario medirla para corrientes superiores.

Según la investigación previa del terreno donde se instalarán estos Centros de Transformación, se determina la resistividad media en 150 Ohm-m.

Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y del tiempo máximo correspondiente a la eliminación del defecto

En las instalaciones de MT de tercera categoría, los parámetros que determinan los cálculos de faltas a tierra son las siguientes:

De la red:

- Tipo de neutro. El neutro de la red puede estar aislado, rígidamente unido a tierra, unido a esta mediante resistencias o impedancias. Esto producirá una limitación de la corriente de la falta, en función de las longitudes de líneas o de los valores de impedancias en cada caso.
- Tipo de protecciones. Cuando se produce un defecto, éste se eliminará mediante la apertura de un elemento de corte que actúa por indicación de un dispositivo relé de intensidad, que puede actuar en un tiempo fijo (tiempo fijo), o según una curva de tipo inverso (tiempo dependiente). Adicionalmente, pueden existir reenganches posteriores al primer disparo, que sólo influirán en los cálculos si se producen en un tiempo inferior a los 0,5 segundos.

No obstante, y dada la casuística existente dentro de las redes de cada compañía suministradora, en ocasiones se debe resolver este cálculo considerando la intensidad máxima empírica y un tiempo máximo de ruptura, valores que, como los otros, deben ser indicados por la compañía eléctrica.

Diseño preliminar de la instalación de tierra

El diseño preliminar de la instalación de puesta a tierra se realiza basándose en las configuraciones tipo presentadas en el Anexo 2 del método de cálculo de instalaciones de puesta a tierra de UNESA, que esté de acuerdo con la forma y dimensiones del Centro de Transformación, según el método de cálculo desarrollado por este organismo.

Cálculo de la resistencia del sistema de tierra

Características de la red de alimentación:

- Tensión de servicio: $U_r = 20 \text{ kV}$

Puesta a tierra del neutro:

- Limitación de la intensidad a tierra $I_{dm} = 10 \text{ A}$

Nivel de aislamiento de las instalaciones de BT:

- $V_{bt} = 8000 \text{ V}$

Características del terreno:

- Resistencia de tierra $R_o = 150 \text{ Ohm}\cdot\text{m}$
- Resistencia del hormigón $R'_o = 3000 \text{ Ohm}$

La resistencia máxima de la puesta a tierra de protección del edificio, y la intensidad del defecto salen de:

$$I_d \cdot R_t \leq V_{bt} \quad (2.9.4.a)$$

Dónde:

I_d intensidad de falta a tierra [A]

R_t resistencia total de puesta a tierra [Ohm]

V_{bt} tensión de aislamiento en baja tensión [V]

La intensidad del defecto se calcula de la siguiente forma:

$$I_d = I_{dm} \quad (2.9.4.b)$$

Dónde:

I_{dm} limitación de la intensidad de falta a tierra (A)

I_d intensidad de falta a tierra [A]

Operando en este caso, el resultado preliminar obtenido es:

- $I_d = 10 \text{ A}$

La resistencia total de puesta a tierra preliminar:

- $R_t = 800 \text{ Ohm}$

Se selecciona el electrodo tipo (de entre los incluidos en las tablas, y de aplicación en este caso concreto, según las condiciones del sistema de tierras) que cumple el requisito de tener una K_r más cercana inferior o igual a la calculada para este caso y para este centro.

Valor unitario de resistencia de puesta a tierra del electrodo:

$$K_r \leq \frac{R_t}{R_o} \quad (2.9.4.c)$$

Dónde:

R_t resistencia total de puesta a tierra [Ohm]

R_o resistividad del terreno en [Ohm·m]

K_r coeficiente del electrodo

Para los dos Centros de Distribución y Transformación CT1 y CT2.

Para estos casos particulares, y según los valores antes indicados:

- $K_r \leq 5,3333$

La configuración adecuada para este caso tiene las siguientes propiedades:

- Configuración seleccionada: 5/22
- Geometría del sistema: Picas alineadas
- Distancia entre picas: 3 m
- Profundidad del electrodo horizontal: 0,5 m
- Número de picas: dos
- Longitud de las picas: 2 metros

Parámetros característicos del electrodo:

- De la resistencia $K_r = 0,201$
- De la tensión de paso $K_p = 0,0186$
- De la tensión de contacto $K_c = 0$

Medidas de seguridad adicionales para evitar tensiones de contacto.

Para que no aparezcan tensiones de contacto exteriores ni interiores, se adaptan las siguientes medidas de seguridad:

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

En el piso del Centro de Transformación se instalará un mallazo cubierto por una capa de hormigón de 10 cm, conectado a la puesta a tierra del mismo.

En el caso de instalar las picas en hilera, se dispondrán alineadas con el frente del edificio.

El valor real de la resistencia de puesta a tierra del edificio será:

$$R'_t = K_r \cdot R_o \quad (2.9.4.d)$$

Dónde:

K_r coeficiente del electrodo

R_o resistividad del terreno en [Ohm·m]

R'_t resistencia total de puesta a tierra [Ohm]

Por lo que para estos Centros:

- $R'_t = 30,15$ Ohm

Y la intensidad de defecto real, tal y como indica la fórmula (2.9.4.b):

- $I'_d = 10$ A

Cálculo de las tensiones de paso en el interior de la instalación

Adoptando las medidas de seguridad adicionales, no es preciso calcular las tensiones de paso y contacto en el interior en los edificios de maniobra interior, ya que éstas son prácticamente nulas.

La tensión de defecto vendrá dada por:

$$V'_d = R'_t \cdot I'_d \quad (2.9.5.a)$$

Dónde:

R'_t resistencia total de puesta a tierra [Ohm]

I'_d intensidad de defecto [A]

V'_d tensión de defecto [V]

Por lo que:

- $V'_d = 301,5$ V

La tensión de paso en el acceso será igual al valor de la tensión máxima de contacto siempre que se disponga de una malla equipotencial conectada al electrodo de tierra según la fórmula:

$$V'_c = K_c \cdot R_o \cdot I'_d \quad (2.9.5.b)$$

Dónde:

K_c coeficiente

R_o resistividad del terreno en [Ohm·m]

I'_d intensidad de defecto [A]

V'_c tensión de paso en el acceso [V]

En este caso, al estar las picas alineadas frente a los accesos al Centro de Transformación paralelas a la fachada, la tensión de paso en el acceso va a ser prácticamente nula por lo que no la consideraremos.

Cálculo de las tensiones de paso en el exterior de la instalación

Adoptando las medidas de seguridad adicionales, no es preciso calcular las tensiones de contacto en el exterior de la instalación, ya que éstas serán prácticamente nulas.

Tensión de paso en el exterior:

$$V'_p = K_p \cdot R_o \cdot I'_d \quad (2.9.6.a)$$

Dónde:

K_p coeficiente

R_o resistividad del terreno en [Ohm·m]

I'_d intensidad de defecto [A]

V'_p tensión de paso en el exterior [V]

Por lo que, para este caso:

- $V'_p = 58,8 \text{ V}$

Cálculo de las tensiones aplicadas

Los valores admisibles son para una duración total de la falta igual a:

- $t = 1 \text{ seg}$

- $K = 78,5$

- $n = 0,78$

Tensión de paso en el exterior:

$$V_p = \frac{10 \cdot K}{t^n} \cdot \left(1 + \frac{6 \cdot R_o}{1000} \right) \quad (2.9.7.a)$$

Dónde:

K coeficiente

t tiempo total de duración de la falta [s]

n coeficiente

R_o resistividad del terreno en [Ohm·m]

V_p tensión admisible de paso en el exterior [V]

Por lo que, para este caso

$$- V_p = 1491,5 \text{ V}$$

La tensión de paso en el acceso al edificio:

$$V_{p(acc)} = \frac{10 \cdot K}{t^n} \cdot \left(1 + \frac{3 \cdot R_o + 3 \cdot R'_o}{1000} \right) \quad (2.9.7.b)$$

Dónde:

K coeficiente

t tiempo total de duración de la falta [s]

n coeficiente

R_o resistividad del terreno en [Ohm·m]

R'_o resistividad del hormigón en [Ohm·m]

$V_{p(acc)}$ tensión admisible de paso en el acceso [V]

Por lo que, para este caso

$$- V_{p(acc)} = 8203,25 \text{ V}$$

Comprobamos ahora que los valores calculados para el caso de estos centros son inferiores a los valores admisibles:

Tensión de paso en el exterior del centro:

$$- V'_p = 58,8 \text{ V} < V_p = 1491,5 \text{ V}$$

Tensión de paso en el acceso al centro:

$$- V'_{p(acc)} = 0 \text{ V} < V_{p(acc)} = 8203,25 \text{ V}$$

Tensión de defecto:

$$- V'_d = 301,5 \text{ V} < V_{bt} = 8000 \text{ V}$$

Intensidad de defecto:

$$- I_a = 5 \text{ A} < I_d = 10 \text{ A} < I_{dm} = 10 \text{ A}$$

Investigación de las tensiones transferibles al exterior

Para garantizar que el sistema de tierras de protección no transfiera tensiones al sistema de tierra de servicio, evitando así que afecten a los usuarios, debe establecerse una separación entre los electrodos más próximos de ambos sistemas, siempre que la tensión de defecto supere los 1000V.

Aunque no es preciso mantener la separación entre ambos sistemas de tierra, según se deduce de los cálculos, se desea mantener voluntariamente esta separación.

La distancia mínima de separación entre los sistemas de tierras viene dada por la expresión:

$$D = \frac{R_o \cdot I'_d}{2000 \cdot \pi} \quad (2.9.8.a)$$

Dónde:

R_o resistividad del terreno en [Ohm·m]

I'_d intensidad de defecto [A]

D distancia mínima de separación [m]

Para estos centros:

- D = 0,24 m

Se conectará a este sistema de tierras de servicio el neutro del transformador, así como la tierra de los secundarios de los transformadores de tensión e intensidad de la celda de medida.

Las características del sistema de tierras de servicio son las siguientes (para todos centros):

- Identificación: 5/22 (según método UNESA)
- Geometría: Picas alineadas
- Número de picas: dos
- Longitud entre picas: 2 metros
- Profundidad de las picas: 0,5 m

Los parámetros según esta configuración de tierras son:

- $K_r = 0,201$
- $K_c = 0,0392$

El criterio de selección de la tierra de servicio es no ocasionar en el electrodo una tensión superior a 24 V cuando existe un defecto a tierra en una instalación de BT protegida contra contactos indirectos por un diferencial de 650 mA. Para ello la resistencia de puesta a tierra de servicio debe ser inferior a 37 Ohm.

$$R_{tserv} = K_r \cdot R_o = 0,201 \cdot 150 = 30,15 < 37 \text{ Ohm}$$

Para mantener los sistemas de puesta a tierra de protección y de servicio independientes, la puesta a tierra del neutro se realizará con cable aislado de 0,6/1 kV, protegido con tubo de PVC de grado de protección 7 como mínimo, contra daños mecánicos.

Corrección y ajuste del diseño inicial

Según el proceso de justificación del electrodo de puesta a tierra seleccionado, no se considera necesaria la corrección del sistema proyectado.

No obstante, se puede ejecutar cualquier configuración con características de protección mejores que las calculadas, es decir, atendiendo a las tablas adjuntas al Método de Cálculo de Tierras de UNESA, con valores de "K_r" inferiores a los calculados, sin necesidad de repetir los cálculos, independientemente de que se cambie la profundidad de enterramiento, geometría de la red de tierra de protección, dimensiones, número de picas o longitud de éstas, ya que los valores de tensión serán inferiores a los calculados en este caso.

11. CONCLUSIONES

Con todo lo expuesto en este anejo, se consideran suficientemente detalladas las instalaciones, así como los cálculos correspondientes a efectos de licitación.

Si bien habrá que tener en cuenta dos puntos muy importantes:

- 1º.-Las instalaciones diseñadas deberán de hacerse con materiales según normas E-REDES.
- 2º.-Una vez confeccionado el proyecto, éste será sometido a la **APROBACIÓN**, por parte de la compañía distribuidora, quien podrá rebatir o modificar los criterios constructivos observados o modificar el sistema de distribución en media tensión, pudiendo ser este estudio invalidado en cuanto a los criterios de distribución y de explotación se refieren.

ANEXO N°1 CÁLCULOS ELÉCTRICOS

RED DE DISTRIBUCIÓN DE MEDIA TENSIÓN

Se muestran a continuación los resultados basados en dos hipótesis distintas:

- Cálculo de la red de acuerdo a la previsión de cargas.
- Cálculo de la red de acuerdo a la previsión de cargas con sección mínima de cable 240 mm².

Fórmulas Generales

Emplearemos las siguientes:

$$I = S \times 1000 / 1,732 \times U = \text{Amperios (A)}$$

$$e = 1.732 \times I [(L \times \text{Cos}\phi / k \times s \times n) + (X_u \times L \times \text{Sen}\phi / 1000 \times n)] = \text{voltios (V)}$$

En donde:

I = Intensidad en Amperios.

e = Caída de tensión en Voltios.

S = Potencia de cálculo en kVA.

U = Tensión de servicio en voltios.

s = Sección del conductor en mm².

L = Longitud de cálculo en metros.

K = Conductividad.

Cos ϕ = Coseno de ϕ . Factor de potencia.

X_u = Reactancia por unidad de longitud en m Ω /m.

n = N^o de conductores por fase.

Fórmula Conductividad Eléctrica

$$K = 1/\rho$$

$$\rho = \rho_{20} [1 + \alpha (T - 20)]$$

$$T = T_0 + [(T_{\max} - T_0) (I/I_{\max})^2]$$

Siendo,

K = Conductividad del conductor a la temperatura T.

ρ = Resistividad del conductor a la temperatura T. $\Sigma s / \rho$, siendo ρ y s la resistividad y sección de los distintos metales que componen el conductor)

$$C_u = 0.017241 \text{ ohmios}\cdot\text{mm}^2/\text{m}$$

$$A_l = 0.028264 \text{ ohmios}\cdot\text{mm}^2/\text{m}$$

$$A_{MgSi} = 0.03250 \text{ ohmios}\cdot\text{mm}^2/\text{m}$$

$$A_c (\text{Acero}) = 0.192 \text{ ohmios}\cdot\text{mm}^2/\text{m}$$

$$A_{c-Al} (\text{Acero recubierto Al}) = 0.0848 \text{ ohmios}\cdot\text{mm}^2/\text{m}$$

α = Coeficiente de temperatura:

$$C_u = 0.003929$$

$$A_l \text{ y demás conductores} = 0.004032$$

T = Temperatura del conductor (°C).

T₀ = Temperatura ambiente (°C):

Cables enterrados = 25°C

Cables al aire = 40°C

T_{max} = Temperatura máxima admisible del conductor (°C):

XLPE, EPR = 90°C

HEPR = 90°C (105°C, $U_0/U \leq 18/30$ kv)

PVC = 70°C

Conductores Recubiertos = 90°C

Conductores Desnudos = 85°C

I = Intensidad prevista por el conductor (A).

I_{max} = Intensidad máxima admisible del conductor (A).

CIRCUITO COMPLETO

Las características generales de la red son:

Tensión (V): 20000

C.d.t. máx (%): 5

Cos ϕ 0,8

Coef. Simultaneidad: 1

A continuación se presentan los resultados obtenidos para las distintas ramas y nudos:

Línea	Nudo Orig.	Nudo Dest.	Long. (m)	Metal/ Xu (m Ω /m)	Canal.	Designación	I. Cálculo (A)	Sección (mm ²)	I. Admisi. (A)/Fci
1	P1	CT1	88	Al/0,15	En.B.Tu.	HEPRZ1 12/20 H16	103,14	3x95	200/1
3	CT1	8	283	Al/0,15	En.B.Tu.	HEPRZ1 12/20 H16	52,97	3x95	200/1
12	CT3	CT4	305	Al/0,15	En.B.Tu.	HEPRZ1 12/20 H16	-36,09	3x95	200/1
16		P2	196	Al/0,15	En.B.Tu.	HEPRZ1 12/20 H16	-83,2	3x95	200/1
20	P2	30	282	Al/0,15	En.B.Tu.	HEPRZ1 12/20 H16	20,99	3x95	200/1
12	30	CT3	81	Al/0,15	En.B.Tu.	HEPRZ1 12/20 H16	3,98	3x95	200/1
8	8	27	39	Al/0,15	En.B.Tu.	HEPRZ1 12/20 H16	52,97	3x95	200/1
9	27	28	14	Al/0,15	En.B.Tu.	HEPRZ1 12/20 H16	52,97	3x95	200/1
10	28	CT2	36	Al/0,15	En.B.Tu.	HEPRZ1 12/20 H16	52,97	3x95	200/1
11	CT2	30	37	Al/0,15	En.B.Tu.	HEPRZ1 12/20 H16	3,98	3x95	200/1
12	CT4		24	Al/0,15	En.B.Tu.	HEPRZ1 12/20 H16	-83,2	3x95	200/1
15	32	P1	230	Al/0,15	En.B.Tu.	HEPRZ1 12/20 H16	-24,88	3x95	200/1
13	30	CT5	62	Al/0,15	En.B.Tu.	HEPRZ1 12/20 H16	20,99	3x95	200/1

14	CT5	32	60	Al/0,15	En.B.Tu.	HEPRZ1 12/20 H16	-24,88	3x95	200/1
----	-----	----	----	---------	----------	------------------	--------	------	-------

Nudo	C.d.t. (V)	Tensión Nudo (V)	C.d.t. (%)	Carga Nudo
P1	0	20.000	0	128,016 A(4.434,591 kVA)
CT1	5,553	19.994,447	0,028	-50,172 A(-1.738 KVA)
8	14,333	19.985,666	0,072	0 A(0 kVA)
CT3	17,365	19.982,635	0,087*	-40,068 A(-1.388 KVA)
CT4	10,973	19.989,027	0,055	-47,112 A(-1.632 KVA)
	9,776	19.990,225	0,049	0 A(0 kVA)
P2	0	20.000	0	104,195 A(3.609,409 kVA)
30	3,421	19.996,578	0,017	0 A(0 kVA)
27	15,543	19.984,457	0,078	0 A(0 kVA)
28	15,978	19.984,021	0,08	0 A(0 kVA)
CT2	17,095	19.982,904	0,085	-48,988 A(-1.697 KVA)
30	17,18	19.982,82	0,086	0 A(0 kVA)
CT5	4,174	19.995,826	0,021	-45,87 A(-1.589 KVA)
32	3,31	19.996,689	0,017	0 A(0 kVA)

NOTA:

- * Nudo de mayor c.d.t.

A continuación se muestran las pérdidas de potencia activa en kW.

Línea	Nudo Orig.	Nudo Dest.	Pérdida Potencia Activa Rama. $3RI^2$ (kW)
1	P1	CT1	0,924
3	CT1	8	0,739
12	CT3	CT4	0,365
16		P2	1,303
20	P2	30	0,114

Línea	Nudo Orig.	Nudo Dest.	Pérdida Potencia Activa Rama. $3RI^2(kW)$
12	30	CT3	0,001
8	8	27	0,102
9	27	28	0,037
10	28	CT2	0,094
11	CT2	30	0,001
12	CT4		0,16
15	32	P1	0,13
13	30	CT5	0,025
14	CT5	32	0,034

CIRCUITO FASE 1.1

Las características generales de la red son:

Tensión (V): 20000

C.d.t. máx (%): 5

Cos ϕ 0,8

Coef. Simultaneidad: 1

A continuación se presentan los resultados obtenidos para las distintas ramas y nudos:

Línea	Nudo Orig.	Nudo Dest.	Long. (m)	Metal/ Xu (m Ω /m)	Canal.	Designación	I. Cálculo (A)	Sección (mm ²)	I. Admisi. (A)/Fci
1	P1	CT1	85	Al/0,15	En.B.Tu.	HEPRZ1 12/20 H16	51,89	3x95	200/1
3	CT1	P1	88	Al/0,15	En.B.Tu.	HEPRZ1 12/20 H16	-50,17	3x95	200/1

Nudo	C.d.t. (V)	Tensión Nudo (V)	C.d.t. (%)	Carga Nudo
P1	0	20.000	0	50,172 A(1.738 kVA)
CT1	2,582	19.997,418	0,013*	-50,172 A(-1.738 KVA)

NOTA:

- * Nudo de mayor c.d.t.

A continuación se muestran las pérdidas de potencia activa en kW.

Línea	Nudo Orig.	Nudo Dest.	Pérdida Potencia Activa Rama. $3RI^2(kW)$
1	P1	CT1	0,213
3	CT1	P1	0,206

CIRCUITO FASE 1.2

Las características generales de la red son:

Tensión (V): 20000

C.d.t. máx (%): 5

Cos ϕ 0,8

Coef. Simultaneidad: 1

A continuación se presentan los resultados obtenidos para las distintas ramas y nudos:

Línea	Nudo Orig.	Nudo Dest.	Long. (m)	Metal/ Xu (m Ω /m)	Canal.	Designación	I. Cálculo (A)	Sección (mm ²)	I. Admisi. (A)/Fci
1	P1	CT1	86	Al/0,15	En.B.Tu.	HEPRZ1 12/20 H16	89,17	3x95	200/1
3	CT1	8	281	Al/0,15	En.B.Tu.	HEPRZ1 12/20 H16	39	3x95	200/1
4	CT3	P1	424	Al/0,15	En.B.Tu.	HEPRZ1 12/20 H16	-50,06	3x95	200/1
9	24	CT3	79	Al/0,15	En.B.Tu.	HEPRZ1 12/20 H16	-9,99	3x95	200/1
5	8	21	41	Al/0,15	En.B.Tu.	HEPRZ1 12/20 H16	38,99	3x95	200/1
6	21	22	14	Al/0,15	En.B.Tu.	HEPRZ1 12/20 H16	38,99	3x95	200/1
7	22	CT2	37	Al/0,15	En.B.Tu.	HEPRZ1 12/20 H16	39	3x95	200/1
8	CT2	24	37	Al/0,15	En.B.Tu.	HEPRZ1 12/20 H16	-9,99	3x95	200/1

Nudo	C.d.t. (V)	Tensión Nudo (V)	C.d.t. (%)	Carga Nudo
P1	0	20.000	0	139,228 A(4.823 kVA)
CT1	4,623	19.995,377	0,023	-50,172 A(-1.738 KVA)
8	10,995	19.989,006	0,055	0 A(0 kVA)
CT3	12,412	19.987,588	0,062	-40,068 A(-1.388 KVA)

21	11,925	19.988,076	0,06	0 A(0 kVA)
22	12,242	19.987,758	0,061	0 A(0 kVA)
CT2	13,081	19.986,918	0,065*	-48,988 A(-1.697 KVA)
24	12,868	19.987,133	0,064	0 A(0 kVA)

NOTA:

- * Nudo de mayor c.d.t.

A continuación se muestran las pérdidas de potencia activa en kW.

Línea	Nudo Orig.	Nudo Dest.	Pérdida Potencia Activa Rama. $3RI^2(kW)$
1	P1	CT1	0,662
3	CT1	8	0,394
4	CT3	P1	0,987
9	24	CT3	0,007
5	8	21	0,057
6	21	22	0,02
7	22	CT2	0,052
8	CT2	24	0,003

CIRCUITO COMPLETO (D.240)

Las características generales de la red son:

Tensión (V): 20000

C.d.t. máx (%): 5

Cos ϕ 0,8

Coef. Simultaneidad: 1

A continuación se presentan los resultados obtenidos para las distintas ramas y nudos:

Línea	Nudo Orig.	Nudo Dest.	Long. (m)	Metal/ Xu (m Ω /m)	Canal.	Designación	I. Cálculo (A)	Sección (mm ²)	I. Admisi. (A)/Fci
1	P1	CT1	88	Al/0,15	En.B.Tu.	HEPRZ1 12/20 H16	103,18	3x240	345/1
3	CT1	8	283	Al/0,15	En.B.Tu.	HEPRZ1 12/20 H16	53,01	3x240	345/1
12	CT3	CT4	305	Al/0,15	En.B.Tu.	HEPRZ1 12/20 H16	-36,05	3x240	345/1
16		P2	196	Al/0,15	En.B.Tu.	HEPRZ1 12/20 H16	-83,16	3x240	345/1
20	P2	30	282	Al/0,15	En.B.Tu.	HEPRZ1 12/20 H16	20,98	3x240	345/1
12	30	CT3	81	Al/0,15	En.B.Tu.	HEPRZ1 12/20 H16	4,02	3x240	345/1
8	8	27	39	Al/0,15	En.B.Tu.	HEPRZ1 12/20 H16	53,01	3x240	345/1
9	27	28	14	Al/0,15	En.B.Tu.	HEPRZ1 12/20 H16	53,01	3x240	345/1
10	28	CT2	36	Al/0,15	En.B.Tu.	HEPRZ1 12/20 H16	53,01	3x240	345/1
11	CT2	30	37	Al/0,15	En.B.Tu.	HEPRZ1 12/20 H16	4,02	3x240	345/1
12	CT4		24	Al/0,15	En.B.Tu.	HEPRZ1 12/20 H16	-83,16	3x240	345/1
15	32	P1	230	Al/0,15	En.B.Tu.	HEPRZ1 12/20 H16	-24,89	3x240	345/1
13	30	CT5	62	Al/0,15	En.B.Tu.	HEPRZ1 12/20 H16	20,98	3x240	345/1
14	CT5	32	60	Al/0,15	En.B.Tu.	HEPRZ1 12/20 H16	-24,89	3x240	345/1

Nudo	C.d.t. (V)	Tensión Nudo (V)	C.d.t. (%)	Carga Nudo
P1	0	20.000	0	128,067 A(4.436,366 kVA)
CT1	2,97	19.997,031	0,015	-50,172 A(-1.738 kVA)
8	7,824	19.992,176	0,039	0 A(0 kVA)

Nudo	C.d.t. (V)	Tensión Nudo (V)	C.d.t. (%)	Carga Nudo
CT3	9,504	19.990,496	0,048*	-40,068 A(-1.388 KVA)
CT4	5,953	19.994,047	0,03	-47,112 A(-1.632 KVA)
	5,304	19.994,695	0,027	0 A(0 kVA)
P2	0	20.000	0	104,143 A(3.607,634 kVA)
30	1,909	19.998,092	0,01	0 A(0 kVA)
27	8,493	19.991,506	0,042	0 A(0 kVA)
28	8,733	19.991,268	0,044	0 A(0 kVA)
CT2	9,351	19.990,648	0,047	-48,988 A(-1.697 KVA)
30	9,399	19.990,602	0,047	0 A(0 kVA)
CT5	2,328	19.997,672	0,012	-45,87 A(-1.589 KVA)
32	1,847	19.998,154	0,009	0 A(0 kVA)

NOTA:

- * Nudo de mayor c.d.t.

A continuación se muestran las pérdidas de potencia activa en kW.

Línea	Nudo Orig.	Nudo Dest.	Pérdida Potencia Activa Rama. $3RI^2$ (kW)
1	P1	CT1	0,347
3	CT1	8	0,289
12	CT3	CT4	0,143
16		P2	0,497
20	P2	30	0,045
12	30	CT3	0
8	8	27	0,04
9	27	28	0,014
10	28	CT2	0,037
11	CT2	30	0

Línea	Nudo Orig.	Nudo Dest.	Pérdida Potencia Activa Rama. $3RI^2(kW)$
12	CT4		0,061
15	32	P1	0,051
13	30	CT5	0,01
14	CT5	32	0,013

CIRCUITO FASE 1.1 (D.240)

Las características generales de la red son:

Tensión (V): 20000

C.d.t. máx (%): 5

Cos ϕ 0,8

Coef. Simultaneidad: 1

A continuación, se presentan los resultados obtenidos para las distintas ramas y nudos:

Línea	Nudo Orig.	Nudo Dest.	Long. (m)	Metal/ Xu (m Ω /m)	Canal.	Designación	I. Cálculo (A)	Sección (mm ²)	I. Admisi. (A)/Fci
1	P1	CT1	85	Al/0,15	En.B.Tu.	HEPRZ1 12/20 H16	51,93	3x240	345/1
3	CT1	P1	88	Al/0,15	En.B.Tu.	HEPRZ1 12/20 H16	-50,17	3x240	345/1

Nudo	C.d.t. (V)	Tensión Nudo (V)	C.d.t. (%)	Carga Nudo
P1	0	20.000	0	50,172 A(1.738 kVA)
CT1	1,428	19.998,572	0,007*	-50,172 A(-1.738 kVA)

NOTA:

- * Nudo de mayor c.d.t.

A continuación se muestran las pérdidas de potencia activa en kW.

Línea	Nudo Orig.	Nudo Dest.	Pérdida Potencia Activa Rama. $3RI^2(kW)$
1	P1	CT1	0,083

3	CT1	P1	0,08
---	-----	----	------

CIRCUITO FASE 1.2 (D.240)

Las características generales de la red son:

Tensión (V): 20000

C.d.t. máx (%): 5

Cos ϕ 0,8

Coef. Simultaneidad: 1

A continuación se presentan los resultados obtenidos para las distintas ramas y nudos:

Línea	Nudo Orig.	Nudo Dest.	Long. (m)	Metal/ Xu (m Ω /m)	Canal.	Designación	I. Cálculo (A)	Sección (mm ²)	I. Admisi. (A)/Fci
1	P1	CT1	86	Al/0,15	En.B.Tu.	HEPRZ1 12/20 H16	89,3	3x240	345/1
4	CT3	P1	424	Al/0,15	En.B.Tu.	HEPRZ1 12/20 H16	-49,93	3x240	345/1
9	24	CT3	79	Al/0,15	En.B.Tu.	HEPRZ1 12/20 H16	-9,86	3x240	345/1
5	8	21	41	Al/0,15	En.B.Tu.	HEPRZ1 12/20 H16	39,12	3x240	345/1
6	21	22	14	Al/0,15	En.B.Tu.	HEPRZ1 12/20 H16	39,12	3x240	345/1
7	22	CT2	37	Al/0,15	En.B.Tu.	HEPRZ1 12/20 H16	39,12	3x240	345/1
8	CT2	24	37	Al/0,15	En.B.Tu.	HEPRZ1 12/20 H16	-9,86	3x240	345/1
4	CT3	P1	424	Al/0,15	En.B.Tu.	HEPRZ1 12/20 H16	-49,93	3x240	345/1

Nudo	C.d.t. (V)	Tensión Nudo (V)	C.d.t. (%)	Carga Nudo
P1	0	20.000	0	139,228 A(4.823 kVA)
CT1	2,503	19.997,498	0,013	-50,172 A(-1.738 KVA)
8	6,054	19.993,945	0,03	0 A(0 kVA)
CT3	6,848	19.993,152	0,034	-40,068 A(-1.388 KVA)
21	6,572	19.993,428	0,033	0 A(0 kVA)
22	6,749	19.993,25	0,034	0 A(0 kVA)
CT2	7,217	19.992,783	0,036*	-48,988 A(-1.697 KVA)
24	7,099	19.992,9	0,035	0 A(0 kVA)

NOTA:

- * Nudo de mayor c.d.t.

A continuación se muestran las pérdidas de potencia activa en kW.

Línea	Nudo Orig.	Nudo Dest.	Pérdida Potencia Activa Rama. $3RI^2$ (kW)
1	P1	CT1	0,252
3	CT1	8	0,156
4	CT3	P1	0,384
9	24	CT3	0,003
5	8	21	0,023
6	21	22	0,008
7	22	CT2	0,02
8	CT2	24	0,001

CENTROS DE DISTRIBUCIÓN Y TRANSFORMACIÓN

Los centros de distribución y transformación proyectados son todos de las mismas características.

INTENSIDAD DE MEDIA TENSIÓN

En un sistema trifásico, la intensidad primaria I_p viene determinada por la expresión:

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

Siendo:

S: Potencia de transformador en kVA.

U: Tensión compuesta primaria en kV = 20 kV.

I_p : Intensidad primaria en Amperios.

Para cada transformador, la intensidad primaria será la siguiente:

TRAFO	POT. (kVA)	I_p (A)
1	630	18,19
2	630	18,19

INTENSIDAD DE BAJA TENSIÓN

Para cada transformador de este proyecto, la tensión secundaria es de 420 V en vacío.

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

$$I_s = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_s}$$

Donde:

P potencia del transformador [kVA]

U_s tensión en el secundario [kV]

I_s intensidad en el secundario [A]

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

TRAFO	POT. (kVA)	I _s (A)
1	630	866
2	630	866

CORTOCIRCUITOS

Cortocircuito en alta tensión:

Suponiendo una potencia de cortocircuito de 519,6 MVA, en la red de distribución de la compañía suministradora. La Intensidad de cortocircuito en el primario viene determinada por la expresión:

$$I_{ccp} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} * U}$$

Siendo:

S_{cc}: Potencia de cortocircuito de la red en kVA = 519,6 MVA

U: Tensión primaria en kV = 20 kV

Sustituyendo valores tenemos una I_{ccp} de 15 kA.

Cortocircuito en baja tensión:

Para los cortocircuitos secundarios, se va a considerar que la potencia de cortocircuito disponible es la teórica de los transformadores de MT-BT, siendo por ello más conservadores que en las consideraciones reales.

La corriente de cortocircuito del secundario de un transformador trifásico, viene dada por la expresión:

$$I_{ccs} = \frac{100 \cdot P}{\sqrt{3} \cdot E_{cc} \cdot U_s}$$

Donde:

P potencia de transformador [kVA]

E_{cc} tensión de cortocircuito del transformador [%]

U_s tensión en el secundario [V]

I_{ccs} corriente de cortocircuito [kA]

Considerando la tensión porcentual del cortocircuito del 4%, la intensidad de cortocircuito en el lado de BT con 420 V en vacío será, según la fórmula:

TRAFO	POT. (kVA)	I _{ccs} (kA)
1	630	21,7
2	630	21,7

DIMENSIONADO DEL EMBARRADO

El fabricante de las celdas aportará los ensayos que justifiquen los valores y que garanticen las celdas en:

Comprobación por densidad de corriente: La comprobación por densidad de corriente tiene por objeto verificar que el conductor indicado es capaz de conducir la corriente nominal máxima sin superar la densidad máxima posible para el material conductor. Esto, además de mediante cálculos teóricos, puede comprobarse realizando un ensayo de intensidad nominal, que con objeto de disponer de suficiente margen de seguridad, se considerará que es la intensidad del bucle, que en este caso es de 630 A.

Comprobación por sollicitación electrodinámica: La intensidad dinámica de cortocircuito se valora en aproximadamente 2,5 veces la intensidad eficaz de cortocircuito antes calculada, por lo que:
 $I_{cc(din)} = 50 \text{ kA}$

Comprobación por sollicitación térmica: La comprobación térmica tiene por objeto comprobar que no se producirá un calentamiento excesivo de la aparamenta por defecto de un cortocircuito. Esta comprobación se puede realizar mediante cálculos teóricos, pero preferentemente se debe realizar un ensayo según la normativa en vigor. En este caso, la intensidad considerada es la eficaz de cortocircuito, cuyo valor es:

- $I_{cc(ter)} = 20 \text{ kA}$.

PROTECCIÓN CONTRA SOBRECARGAS Y CORTOCIRCUITOS

Los transformadores están protegidos tanto en MT como en BT. En MT la protección la efectúan las celdas asociadas a esos transformadores, mientras que en BT la protección se incorpora en los cuadros de las líneas de salida.

Transformador

La protección en M.T. de este transformador se realiza utilizando una celda de interruptor con fusibles, siendo éstos los que efectúan la protección ante eventuales cortocircuitos.

Estos fusibles realizan su función de protección de forma ultrarrápida (de tiempos inferiores a los de los interruptores automáticos), ya que su fusión evita incluso el paso del máximo de las corrientes de cortocircuitos por toda la instalación.

Los fusibles se seleccionan para:

- Permitir el funcionamiento continuado a la intensidad nominal, requerida para esta aplicación.
- No producir disparos durante el arranque en vacío de los transformadores, tiempo en el que la intensidad es muy superior a la nominal y de una duración intermedia.
- No producir disparos cuando se producen corrientes de entre 10 y 20 veces la nominal, siempre que su duración sea inferior a 0,1 s, evitando así que los fenómenos transitorios provoquen interrupciones del suministro.
- Sin embargo, los fusibles no constituyen una protección suficiente contra las sobrecargas, que tendrán que ser evitadas incluyendo un relé de protección de transformador, o si no es posible, una protección térmica del transformador. La intensidad nominal de estos fusibles es de 50 A.

Termómetro

El termómetro verifica que la temperatura del dieléctrico del transformador no supera los valores máximos admisibles.

Protecciones en Baja Tensión.

Las salidas de BT cuentan con fusibles en todas las salidas, con una intensidad nominal igual al valor de la intensidad nominal exigida a esa salida y un poder de corte como mínimo igual a la corriente de cortocircuito correspondiente, según lo anteriormente calculado.

DIMENSIONADO DE LA VENTILACIÓN DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

Para calcular la superficie de la reja de entrada de aire en el edificio se utiliza la siguiente expresión:

$$S_r = \frac{W_{cu} + W_{fe}}{0,24 * k * \sqrt{h * \Delta t^3}}$$

Siendo:

W_{cu} : Perdidas en el cobre del transformador [kW].

W_{fe} : Perdidas en el hierro del transformador [kW].

h : Distancia vertical entre centros de rejillas de entrada y salida [m].

Δt : Diferencia de temperatura entre entrada y salida de aire [°C].

k : Coeficiente de forma de la reja de entrada de aire, entre 0,35 y 0,40.

S_r : Superficie mínima de la reja de entrada [m²].

Para el caso particular de este edificio, el resultado obtenido es, aplicando la expresión arriba indicada.

DIMENSIONADO DEL POZO APAGAFUEGOS

Para el caso de edificios de obra civil anexos o dentro de edificios destinados a otros usos, el Reglamento de Alta Tensión prescribe la utilización de fosas colectoras de aceite de suficiente capacidad para la recogida del mismo. Por ello, se construirán los fosos adecuados para recoger el aceite de cada transformador.

En estos Centros, la potencia unitaria máxima con refrigerante de aceite es de 630 kVA con un contenido en aceite inferior a la capacidad del foso de recogida de aceite dispuesto en estos Centros de Distribución y Transformación.