

1.2.6.- CALCULOS JUSTIFICATIVOS DE LA RED DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN

INDICE

1. REDES SUBTERRÁNEAS DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN
 - 1.1. Conductores
 - 1.2. Intensidades admisibles
 - 1.3. Intensidades de cortocircuito admisibles en los conductores
 - 1.4. Intensidades de cortocircuitos admisibles en las pantallas
 - 1.5. Accesorios
 - 1.6. Cálculo eléctrico
 - 1.7. Canalizaciones para Línea Subterránea (directamente enterrados en zanja)
 - 1.8. Condiciones generales para cruzamientos y paralelismos
 - 1.9. Tomas de tierra
 - 1.10. Derivaciones
 - 1.11. Secciones a utilizar según tramos
2. CENTROS DE TRANSFORMACION
 - 2.1. Características Generales
 - 2.2. Edificios
 - 2.3. Transformadores de Potencia
 - 2.4. Intensidades de cortocircuito
 - 2.5. Aparamenta de Media Tensión
 - 2.6. Protecciones en Baja Tensión
 - 2.7. Barras y Conexionado en Media Tensión
 - 2.8. Barras y Conexionado en Baja Tensión
 - 2.9. Instalación de Puesta a Tierra
 - 2.9.1. Magnitudes a Considerar
 - 2.9.2. Diseño de la Instalación de Tierras.
 - 2.10. Tensiones de Paso y de Contacto
 - 2.10.1. Cálculo de las Tensiones de Paso y Contacto en la Instalación.
 - 2.11. Protección contra Incendios
 - 2.12. Alumbrado
 - 2.13. Señalización y Medidas de Seguridad
 - 2.14. Materiales
 - 2.15. Resumen detalle de composición de cada uno de los CT's
3. RED DE BAJA TENSIÓN

1. REDES SUBTERRÁNEAS DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN

Tal y como se describe en la memoria, se construirá una línea subterránea de media tensión para dar servicio a los nuevos centros de transformación que se implantarán en este P.I., y una serie de líneas subterráneas de M.T. que actualmente están en aéreo y se les precisaría de soterrar, y que actualmente están destinadas a:

- Línea Aérea de Media Tensión en D.C. propiedad de la Confederación Hidrográfica del Segura.
- Línea Aérea de Media Tensión denominada "Sondeos" propiedad de Iberdrola Distribución Eléctrica, S.A.U.
- Línea Aérea de Media Tensión con una ramificación denominada "de penetración a la localidad de Hellín" propiedad de Iberdrola Distribución Eléctrica, S.A.U.
- Línea Aérea de Media Tensión de alimentación a CTI particular denominado CTI García.
- Línea Aérea de Media Tensión de alimentación a CTI Los Pinos propiedad de Iberdrola Distribución Eléctrica, S.A.U.
- Línea Aérea de Media Tensión de alimentación a CTI propiedad del Excmo. Ayuntamiento de Hellín que a desaparecer.
- Línea Aérea de Media Tensión que dará servicio a un CTI existente de propiedad particular y denominado CTI Collado.

Las características de cada uno de ellos, se describirán en general para todos, y luego en particular para cada uno de ellos.

1.1. Conductores

Se utilizarán únicamente cables de aislamiento de dieléctrico seco, según NI 56.43.01 de las características esenciales siguientes:

Conductor :	Aluminio compacto, sección circular, clase 2 UNE 21-022
Pantalla sobre el conductor:	Capa de mezcla semiconductor aplicada por extrusión.
Aislamiento:	Mezcla a base de etileno propileno de alto módulo (HEPR)
Pantalla sobre el aislamiento:	Una capa de mezcla semiconductor pelable no metálica aplicada por extrusión, asociada a una corona de alambre y contraespira de cobre.
Cubierta:	Compuesto termoplástico a base de poliolefina y sin contenido de componentes clorados u otros contaminantes.

Tipo constructivo	Tensión Nominal kV	Sección Conductor mm ²	Sección pantalla mm ²
HEPRZ1	12/20	150 240	16 16

Algunas otras características más importantes son:

Sección Mm ²	Tensión Nominal kV	Resistencia Máx. a 105°C Ω /km	Reactancia por fase Ω /km	Capacidad μ F/km
150 240	12/20	0,277 0,169	0,112 0,105	0,368 0,453

Temperatura máxima en servicio permanente 105°C

Temperatura máxima en cortocircuito $t < 5s$ 250°C

1.2. Intensidades admisibles

Las intensidades máximas admisibles en servicio permanente dependen en cada caso de la temperatura máxima que el aislante pueda soportar sin alteraciones en sus propiedades eléctricas, mecánicas o químicas.

Esta temperatura es función del tipo de aislamiento y del régimen de carga. Para cables sometidos a ciclos de carga, las intensidades máximas admisibles serán superiores a las correspondientes en servicio permanente.

Las temperaturas máximas admisibles de los conductores, en servicio permanente y en cortocircuito, para este tipo de aislamiento, se especifican en siguiente tabla.

Temperatura máxima, en °C, asignada al conductor

Tipo de aislamiento	Tipo de condiciones	
	Servicio permanente	Cortocircuito $t \leq 5s$
Etileno Propileno de alto módulo (HEPR)	105	> 250

Las condiciones del tipo de instalaciones y la disposición de los conductores, influyen en las intensidades máximas admisibles.

Condiciones tipo de instalación enterrada: A los efectos de determinar la intensidad admisible, se consideran las siguientes condiciones tipo :

- Cables con aislamiento seco: Una terna de cables unipolares agrupadas a triángulo directamente enterrados en toda su longitud en una zanja de 1 m de profundidad en terreno de resistividad térmica media de 1 K.m/W y temperatura ambiente del terreno a dicha profundidad de 25° C.

En la siguiente tabla, se indican las intensidades máximas permanentes admisibles en los cables normalizados en ID para canalizaciones enterradas directamente.

Intensidad máxima admisible, en amperios, en servicio permanente y
con corriente alterna, de los cables con conductores de aluminio
con aislamiento seco (HEPR)

Tensión nominal Uo/U kV	Sección nominal de los conductores mm²	Intensidad
		3 unipolares
12/20	150	330
	240	435

1.3. Intensidades de cortocircuito admisibles en los conductores

En la que se refleja a continuación se indica la intensidad máxima admisible de cortocircuito en los conductores, en función de los tiempos de duración del cortocircuito.

Estas intensidades se han calculado partiendo de la temperatura máxima de servicio de 105 °C y como temperatura final la de cortocircuito > 250 °C, tal como se indica en la tabla 3. La diferencia entre ambas temperaturas es $\Delta\theta$. En el cálculo se ha considerado que todo el calor desprendido durante el proceso es absorbido por los conductores, ya que su masa es muy grande en comparación con la superficie de disipación de calor y la duración del proceso es relativamente corta (proceso adiabático). En estas condiciones :

$$\frac{I}{S} = \frac{K}{\sqrt{t}}$$

En donde :

I = corriente de cortocircuito, en amperios

S = sección del conductor, en mm²

K = coeficiente que depende de la naturaleza del conductor y de las temperaturas al inicio y final del cortocircuito

t = duración del cortocircuito, en segundo

Si se desea conocer la intensidad máxima de cortocircuito para un valor de t distinto de los tabulados, se aplica la fórmula anterior. K coincide con el valor de intensidad tabulado para t = 1s. Si, por otro lado, interesa conocer la densidad de corriente de cortocircuito correspondiente a un incremento $\Delta\theta'$ de temperatura distinto del tabulado $\Delta\theta=160^\circ\text{C}$, basta multiplicar el correspondiente valor de la tabla por el factor de corrección :

$$F = \sqrt{(\Delta\theta' / \Delta\theta)}$$

Intensidades de cortocircuito admisibles en los conductores, en kA
(Incremento de temperatura 160 θ en $^\circ\text{C}$)

Tipo de Aislamiento	Tensión kV	Sección mm ²	Duración del cortocircuito t en s								
			0,1	0,2	0,3	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
HEPR	12/20	150	44,7	31,9	25,8	19,9	14,1	11,5	9,9	8,8	8,1
		240	71,5	51,1	41,2	31,9	22,5	18,4	15,8	14,1	12,9

1.4. Intensidades de cortocircuitos admisibles en las pantallas

En la tabla siguiente se indican, a título orientativo, las intensidades admisibles en las pantallas metálicas, en función del tiempo de duración del cortocircuito.

Esta tabla corresponde a un proyecto de cable con las siguientes características:

- Pantalla de hilos de cobre de 0,75 mm de diámetro, colocada superficialmente sobre la capa semiconductora exterior (alambres no embebidos).
- Cubierta exterior poliolefina (Z1)
- Temperatura inicial pantalla: 70 $^\circ\text{C}$
- Temperatura final pantalla: 180 $^\circ\text{C}$.

Intensidades de cortocircuito admisible en la pantalla de cobre, en A

Sección Pantalla Mm ²	Duración del cortocircuito, en segundos								
	0,1	0,2	0,3	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
16	7.750	5.640	4.705	3.775	2.845	2.440	2.200	2.035	1.920

El cálculo se ha realizado siguiendo la guía de la norma UNE 21-193, aplicando el método indicado en la norma UNE 21-192.

1.5. Accesorios

Los empalmes y terminales serán adecuados a la naturaleza, composición y sección de los cables, y no deberán aumentar la resistencia eléctrica de éstos. Los terminales deberán ser, asimismo, adecuados a las características ambientales (interior, exterior, contaminación, etc.)

Los empalmes y terminales se realizarán siguiendo el MT-NEDIS correspondiente cuando exista, o en su defecto, las instrucciones del fabricante.

Terminales: Las características de los terminales serán las establecidas en la NI 56.80.02. Los conectores para terminales de AT quedan recogidos en NI 56.86.01.

En los casos que se considere oportuno el empleo de terminales enchufables, será de acuerdo con la NI 56.80.02

Empalmes: Las características de los empalmes serán las establecidas en la NI 56.80.02.

1.6. Cálculo eléctrico

Se tomarán las intensidades máximas admisibles dadas por el fabricante del cable y que se recogen en la norma NI 56.43.01.

Las características de los cables de AT vienen indicadas en los apartados anteriores.

Las tablas de intensidades máximas admisibles estarán preparadas en función de las condiciones siguientes:

- a) Si los cables son unipolares irán dispuestos en haz.
- b) Enterrados a una profundidad de 1 m en terrenos de resistencia térmica media.
- c) Temperatura máxima en el conductor 105° C.
- d) Temperatura del terreno 25°C.

Para determinar la sección de los conductores se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

- a) Intensidad máxima admisible por el cable.
- b) Caída de tensión.
- c) Intensidad máxima admisible durante un cortocircuito.
- d) La elección de la sección en función de la intensidad máxima admisible, se calculará partiendo de la potencia que ha de transportar el cable, calculando la intensidad correspondiente y eligiendo el cable adecuado de acuerdo con los valores de intensidades máximas..

La intensidad se determinará por la fórmula:

$$I = \frac{W}{\sqrt{3} \times U \cos \varphi}$$

La determinación de la sección en función de la caída de tensión se realizará mediante la fórmula :

$$\Delta U = \sqrt{3} \times I \times L (R \cos \varphi + X \sin \varphi)$$

en donde:

W = Potencia en kW

U = Tensión compuesta en kV

ΔU = Caída de tensión, en %

I = Intensidad en amperios

L = Longitud de la línea en km.

R = Resistencia del conductor en Ω/km a la temperatura de servicio

X = Reactancia a frecuencia 50 Hz en Ω/km .

$\cos \varphi$ = Factor de potencia

En ambos apartados, a) y b), se considerará un factor de potencia para el cálculo de $\cos \varphi = 0,9$

Para el cálculo de la sección mínima necesaria por intensidad de cortocircuito será necesario conocer la potencia de cortocircuito Pcc existente en el punto de la red donde ha de alimentar el cable subterráneo para obtener a su vez la intensidad de cortocircuito que será igual a :

$$I_{cc} = \frac{P_{cc}}{U \cdot \sqrt{3}}$$

1.7. Canalizaciones para Línea Subterránea (directamente enterrados en zanja)

Los cables aislados de la línea subterránea se instalarán directamente enterrados en zanja, teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

- La canalización discurrirá por terrenos de dominio público bajo acera, no admitiéndose su instalación bajo la calzada excepto en los cruces, y evitando siempre los ángulos pronunciados.
- El radio de curvatura después de colocado el cable será como mínimo, 15 veces el diámetro. Los radios de curvatura en operaciones de tendido será superior a 20 veces su diámetro.
- Los cruces de calzadas serán perpendiculares al eje de la calzada o vial, procurando evitarlos, si es posible sin perjuicio del estudio económico de la instalación en proyecto, y si el terreno lo permite.

Los cables se alojarán en zanjas de 0,8 m de profundidad mínima y una anchura mínima de 0,35 m que, además de permitir las operaciones de apertura y tendido, cumple con las condiciones de paralelismo, cuando lo haya.

El lecho de la zanja debe ser liso y estar libre de aristas vivas, cantos, piedras, etc. En el mismo se colocará una capa de arena de mina o de río lavada, limpia y suelta, exenta de sustancias orgánicas, arcilla o partículas terrosas, y el tamaño del grano estará comprendido entre 0,2 y 3 mm, de un espesor de 0,10 m, sobre la que se depositará el cable o cables a instalar. Encima irá otra capa de arena de idénticas características con un espesor mínimo de 0,10 m, y sobre ésta se instalará una protección mecánica a todo lo largo del trazado del cable, esta protección estará constituida por un tubo de plástico cuando existan 1 ó 2 líneas, y por un tubo y una placa cubrecables cuando el número

de líneas sea mayor, las características de las placas cubrecables serán las establecidas en las NI 52.95.01. Las dos capas de arena cubrirán la anchura total de la zanja teniendo en cuenta que entre los laterales y los cables se mantenga una distancia de unos 0,10 m. A continuación se tenderá una capa de tierra procedente de la excavación y con tierras de préstamo de, arena, todo-uno o zahorras, de 0,25 m de espesor, apisonada por medios manuales. Se cuidará que esta capa de tierra esté exenta de piedras o cascotes. Sobre esta capa de tierra, y a una distancia mínima del suelo de 0,10 m y 0,30 m de la parte superior del cable se colocará una cinta de señalización como advertencia de la presencia de cables eléctricos, las características, color, etc., de esta cinta serán las establecidas en la NI 29.00.01.

El tubo de 160 mm $\varnothing$ que se instalará como protección mecánica, podrá utilizarse, cuando sea necesario, como conducto para cables de control, red multimedia e incluso para otra línea de MT.

A continuación se terminará de rellenar la zanja con tierra procedente de la excavación y con tierras de préstamo de, arena, todo-uno o zahorras, debiendo de utilizar para su apisonado y compactación medios mecánicos. Después se colocará una capa de tierra vegetal o un firme de hormigón de H125 de unos 0,12 m de espesor y por último se repondrá el pavimento a ser posible del mismo tipo y calidad del que existía antes de realizar la apertura.

1.8. Condiciones generales para cruzamientos y paralelismos

La zanja tendrá una anchura mínima de 0,35 m para la colocación de dos tubos rectos de 160 mm $\varnothing$ aumentando la anchura en función del número de tubos a instalar.

Los tubos podrán ir colocados en uno, dos o tres planos.

La profundidad de la zanja dependerá del número de tubos, pero será la suficiente para que los situados en el plano superior queden a una profundidad aproximada de 0,60 m, tomada desde la rasante del terreno a la parte inferior del tubo.

En los casos de tubos de distintos tamaños, se colocarán de forma que los de mayor diámetro ocupen el plano inferior y los laterales.

En el fondo de la zanja y en toda la extensión se colocará una solera de limpieza de 0,05 m de espesor de hormigón H 125, sobre la que se depositarán los tubos dispuestos por planos. A continuación se colocará otra capa de hormigón H 125 con un espesor de 0,10 m por encima de los tubos y envolviéndolos completamente.

Y por último, se hace el relleno de la zanja, dejando libre el espesor del pavimento, para este relleno se utilizará hormigón H 125, en las canalizaciones que no lo exijan las Ordenanzas Municipales la zona de relleno será de todo-uno o zahorra.

Después se colocará un firme de hormigón de H125 de unos 0,30 m de espesor y por último se repondrá el pavimento a ser posible del mismo tipo y calidad del que existía antes de realizar la apertura.

Para cruzar zonas en las que no sea posible o suponga graves inconvenientes y dificultades la apertura de zanjas (cruces de ferrocarriles, carreteras con gran densidad de circulación, etc.), pueden utilizarse máquinas perforadoras "topos" de tipo impacto, hincadora de tuberías o taladradora de barrena, en estos casos se prescindirá del diseño de zanja descrito anteriormente puesto que se

utiliza el proceso de perforación que se considere más adecuado. Su instalación precisa zonas amplias despejadas a ambos lados del obstáculo a atravesar para la ubicación de la maquinaria, por lo que no debemos considerar este método como aplicable de forma habitual, dada su complejidad.

A continuación se fijan, para cada uno de los casos indicados, las condiciones a que deben responder los cruzamientos de cables subterráneos:

- Con calles, caminos y carreteras: En los cruces de calzada, carreteras, caminos, etc., deberán seguirse las instrucciones fijadas para canalizaciones entubadas. Los tubos irán a una profundidad mínima de 0,80 m. Siempre que sea posible el cruce se hará perpendicular al eje del vial. El número mínimo de tubos, será de tres y en caso de varios líneas, será preciso disponer como mínimo de un tubo de reserva.
- Con otras conducciones de energía eléctrica: La distancia mínima entre cables de energía eléctrica, será de 0,25 m. Cuando no pueda respetarse esta distancia, el cable que se tienda en último lugar se separará mediante tubo o divisorias constituidas por materiales incombustibles y de adecuada resistencia mecánica. Las características serán las establecidas en la NI 52.95.01 La distancia del punto de cruce a empalmes será superior a 1 m.
- Con cables de telecomunicación: La separación mínima entre los cables de energía eléctrica y los de telecomunicación será de 0,25 m. En el caso de no poder respetar esta distancia, la canalización que se tienda en último lugar, se separará mediante tubos, conductos o divisorias constituidas por materiales incombustibles y de adecuada resistencia mecánica. Las características serán las establecidas en la NI 52.95.01. La distancia del punto de cruce a empalmes, tanto en el cable de energía como en el de comunicación, será superior a 1m.
- Con canalizaciones de agua y gas: Los cables se mantendrán a una distancia mínima de estas canalizaciones de 0,25 m. Cuando no pueda respetarse esta distancia, la canalización que se tienda en último lugar se separará mediante tubos o placa separadora constituidas por materiales incombustibles y de adecuada resistencia mecánica, las características serán las establecidas en la NI 52.95.01. Se evitará el cruce por la vertical de las juntas de las canalizaciones de agua o gas, o los empalmes de la canalización eléctrica, situando unas y otros a una distancia superior a 1m del punto de cruce.
- Con conducciones de alcantarillado: Se procurará pasar los cables por encima de las alcantarillas. No se admitirá incidir en su interior. Si no es posible se pasará por debajo, disponiendo los cables con una protección de adecuada resistencia mecánica. Las características están establecidas en la NI 52.95.01.
- Con depósitos de carburante: Los cables se dispondrán dentro de tubos o conductos de suficiente resistencia y distarán como mínimo 1,20 m del depósito. Los extremos de los tubos rebasarán al depósito en 2 m por cada extremo.

Los cables subterráneos, cualquiera que sea su forma de instalación, deberán cumplir las condiciones y distancias de proximidad que se indican a continuación, y se procurará evitar que queden en el mismo plano vertical que las demás conducciones:

- Con otros conductores de energía eléctrica: Los cables de alta tensión podrán instalarse paralelamente a otros de baja o alta tensión, manteniendo entre ellos una distancia no inferior a 0,25m. Cuando no pueda respetarse esta distancia, la conducción que se establezca en último lugar se dispondrá separada mediante tubos, conductos o divisorias constituidas por materiales incombustibles de adecuada resistencia mecánica las características están establecidas en la NI 52.95.01.
- Con canalizaciones de agua y gas: Se mantendrá una distancia mínima de 0,25m, con excepción de canalizaciones de gas de alta presión (más de 4 bar) en que la distancia será de 1m. Cuando no puedan respetarse estas distancias, se adoptarán las siguientes medidas complementarias:
 - Conducción de gas existente: se protegerá la línea eléctrica con tubo de plástico envuelto con 0,10 m de hormigón, manteniendo una distancia mínima tangencial entre servicios de 0,20 m.
 - Línea eléctrica existente con conducción de gas de Alta Presión, se recubrirá la canalización del gas con manta antirroca interponiendo una barrera entre ambas canalizaciones formada con una plancha de acero; si la conducción del gas es de Media/Baja Presión se colocará entre ambos servicios una placa de protección de plástico. Las características vienen fijadas en la NI 52.95.01.
 - Si la conducción del gas es de acero, se dotará a la misma de doble revestimiento.

1.9. Tomas de tierra

Las pantallas metálicas de los cables se pondrán en perfecta comunicación con tierra.

En el extremo final de la línea subterránea se colocará un seccionador de puesta a tierra, incluido en el C.T., que permitirá poner a tierra los cables de Media Tensión en casos de trabajos o reparaciones de averías en esta línea, a fin de evitar posibles accidentes originados por la existencia de cargas por capacidad. No obstante, teniendo en cuenta que la puesta a tierra de los cables subterráneos mediante el seccionador del C.T. obliga a quitar el enclavamiento de este, y entonces una maniobra errónea puede producir accidentes o averías, se recomienda que antes de realizar trabajos en los cables de la línea subterránea estos se pongan a tierra en su extremo inicial situado en el apoyo de paso aéreo-subterráneo, después de abrir los seccionadores unipolares situados en dicho apoyo, y con ayuda de una pértiga. Todas estas operaciones deben ser efectuadas por personal especializado.

1.10. Derivaciones

No se admiten derivaciones en T en líneas subterráneas. Las derivaciones de estas líneas se realizarán desde celdas de línea situadas en centros de transformación o de reparto, haciendo entrada y salida.

1.11. Secciones a utilizar según tramos

Tramo de:	Longitud de línea (m.l.)	Conductor a emplear <i>Al/HEPRZ1 -12/20 KV.</i>
Soterramiento confederación hidrográfica del Segura en doble circuito	985 m.l. x 2 circuitos	3x(1x150 mm ² .)
Soterramiento LAMT Sondeos (Iberdrola)	903 m.l.	3x(1x240 mm ² .)
Línea de penetración a Hellín (Iberdrola) con 2 circuitos	(1.115 + 1.171) m.l.	3x(1x240 mm ² .)
Restitución servicio a CT García	178 m.l.	3x(1x150 mm ² .)
Restitución servicio a CTI Collado	187 m.l.	3x(1x150 mm ² .)
Circuito cerrado para servicio de los nuevos CT's del Polígono, incluso del CT Los Pinos	3.510 m.l.	3x(1x240 mm ² .)

2. CENTROS DE TRANSFORMACION

Vamos a describir las características de los Centros de Transformación a instalar en este Polígono Industrial. Tendremos 4 nuevos centros de transformación a instalar para el Polígono propiamente dicho, más además, se efectuará la instalación de un nuevo CT más de los previstos en sustitución de un CTI de Iberdrola existente denominado Los Pinos y que se ubicará en la misma parcela en la que esta actualmente. Las potencias de cada uno de ellos y su situación serán:

CT1	400 + 400 KVA.	Entre las parcelas 12 y 13
CT2	400 KVA.	Entre las parcelas 44 y 42
CT3	400 + 400 KVA.	Entre las parcelas 33 y 34
CT4	400 + 400 KVA.	Entre las parcelas 21 y 23
CT Los Pinos	160 KVA.	En la parcela 10 en sustitución del CTI existente y ocupando el espacio en su día se debió de ceder a Iberdrola a tal efecto.

2.1. Características Generales

Los Centros de Transformación estarán alimentados desde la línea subterránea de media tensión de 20 kV. que para dicho fin se realizará en este Polígono desde la Subestación. Dispondrán en principio de **los transformadores de las potencias nominales que se han indicado anteriormente**, siendo la tensión secundaria nominal de red de 400/230 V. De acuerdo con el artículo 3 del Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación, estos Centros están clasificados como de **Tercera Categoría**.

2.2. Edificios

Los Centros de Transformación se ubicarán en edificios independiente prefabricados de hormigón, diseñados y destinados únicamente para este uso, situados por encima de la red de alcantarillado, y con acceso directo y fácil desde la vía pública, tanto para las personas como para los vehículos necesarios para la explotación y mantenimiento de las instalaciones.

Los edificios soportarán un viento de 120 km/h de velocidad, y una sobrecarga de nieve de 100 kg/m². No contendrá canalizaciones ajenas a los Centros de Transformación, tales como agua, vapor, gas, teléfonos, etc.

El edificio será admitido y homologado por Iberdrola, con unas dimensiones exteriores aproximadas que serán las que se refleja en planos (dependerá según el fabricante). Estos edificios, la envolvente (base, paredes y techos), se fabrica de hormigón armado de tal manera que se carga sobre un camión como un sólo bloque en la fábrica. La envolvente está diseñada de tal forma que se garantiza una total impermeabilidad y equipotencialidad del conjunto, así como una elevada resistencia mecánica. En la base de la envolvente van dispuestos, tanto en los laterales como en la solera, los orificios para la entrada de cables de Alta y Baja Tensión. Estos orificios son partes debilitadas del hormigón que se deberán romper desde el interior del prefabricado para realizar la acometida de cables.

Los suelos están constituidos por elementos planos prefabricados de hormigón armado apoyados en un extremo sobre la pared frontal, y en el otro extremo sobre unos soportes metálicos en forma de U que constituyen los huecos que permiten la conexión de cables en las celdas. Los huecos que no quedan cubiertos por las celdas o cuadros eléctricos pueden taparse con unas placas fabricadas para tal efecto. En la parte central se disponen unas placas de peso reducido que permiten el acceso de personas a la parte inferior del prefabricado, a fin de facilitar las operaciones de conexión de los cables en las celdas, cuadros y transformadores.

Para la entrada y salida de los cables se dispondrán tubos lisos de 15 cm de diámetro interior como mínimo. Después de colocados los cables, los conductos quedarán debidamente sellados para evitar la entrada de roedores.

El edificio dispone de cubas de recogida de aceite, integradas en el propio diseño del edificio prefabricado, con una capacidad de 760 litros para cada transformador, por lo que aceptan transformadores de 1000 kVA. Las cubas están diseñadas para recoger en su interior el aceite de los

transformadores sin que éste se derrame por la base, y sobre ellas se disponen unas bandejas cortafuegos de acero galvanizado perforadas y cubiertas por grava.

Las rejillas de ventilación de los edificios prefabricados están fabricadas de chapa de acero galvanizado sobre la que se aplica una película de pintura epoxy poliéster. El grado de protección para el que han sido diseñadas las rejillas es IP-339. Estas rejillas están diseñadas y dispuestas sobre las paredes de manera que la circulación del aire, provocada por tiro natural, ventile eficazmente la sala de transformadores. Como base de diseño se han tomado los transformadores UNESA de 1000 kVA y el ensayo de calentamiento de la RU 1303A. Todas las rejillas de ventilación van provistas de una tela metálica mosquitera.

Las puertas de acceso están constituidas en chapa de acero galvanizado recubierta con pintura epoxy poliéster. Esta doble protección, galvanizado más pintura, las hace muy resistentes a la corrosión causada por los agentes atmosféricos. Las puertas están abisagradas para que se puedan abatir 180° hacia el exterior. Las puertas frontales de peatón de la sala de celdas permiten una luz de acceso de 1'30 m x 2'10 m (ancho x alto), mientras que las puertas laterales (en opción) permiten una luz de acceso de 0'91 m x 2'10 m (ancho x alto). Las puertas de acceso al transformador sólo se pueden abrir desde el interior mediante un dispositivo mecánico, existiendo, en opción, la posibilidad de colocar una cerradura para abrir desde el exterior. Las luces de acceso a la sala de transformadores son 1'30 m x 2'10 m (ancho x alto).

Existirán unas rejías metálicas, tabiques metálicos o mallas de protección, que impidan el acceso directo a la zona del transformador desde el interior del prefabricado. Dichas mallas admitirán la posibilidad de ser enclavadas mediante cerradura con el seccionador de puesta a tierra de la celda de protección correspondiente.

2.3. Transformadores de Potencia

Se dispondrán de varios transformadores de potencia en el interior de las casetas, con el núcleo y los arrollamientos sumergidos en aceite mineral, para instalación interior con servicio continuo, que cumplirá lo dispuesto en las normas UNE-20101 y UNE-20138, según lo dispuesto en la ITC MIE-RAT-07, así como la Recomendación UNESA 5201 D, y tendrá las características eléctricas siguientes:

Potencia nominal:	400 kVA ó 160 kVA. en el existente.
Frecuencia:	50 Hz
Tensiones nominales primarias:	
De servicio:	20 kV
Más elevada para el material:	24 kV
Aislamiento primario:	
Ensayo a frecuencia industrial:	50 kV
A impulsos tipo rayo:	125 kV
Intensidad nominal del primario:	18,19 A / 11,55 A
Tensión nominal secundaria en vacío:	420/241 V

Tensión nominal secundaria de la red:	400/230 V
Aislamiento secundario:	
Ensayo a frecuencia industrial:	10 kV
A impulsos:	30 kV
Intensidad nominal del secundario:	577 A.
Grupo de conexión:	Dyn11
Clase:	B2
Tensión de cortocircuito:	4%

Estará provisto de un dispositivo que permita variar la relación de transformación estando el transformador sin tensión. El mando de este dispositivo, que actuará sobre el arrollamiento de alta tensión, será accesible desde el exterior y tendrá cinco posiciones permitiendo unas variaciones de $\pm 2,5\%$ y $\pm 5\%$ de la principal.

Cada transformador estará protegido contra sobrecargas mediante un detector de la temperatura del refrigerante, que actuará sobre la bobina de disparo del interruptor correspondiente.

Durante el normal funcionamiento de los transformadores, las ruedas de los mismos deberán estar bloqueadas.

2.4. Intensidades de cortocircuito

Según las normas de la compañía suministradora de la energía, para el estudio, cálculo, diseño y explotación de las instalaciones de Media Tensión (20 kV), debe tenerse en cuenta una intensidad máxima de cortocircuito trifásico de 10 kA.

2.5. Aparamenta de Media Tensión

La tensión nominal de la línea de alimentación del C.T. es de 20 kV, siendo 24 kV la tensión más elevada para el material, excepto los transformadores de potencia.

Los elementos de maniobra y protección de Media Tensión se encontrarán en celdas modulares prefabricadas, equipadas con apartamenta fija bajo envolvente metálica, con hexafluoruro de azufre SF₆ como aislante y agente de corte y extinción del arco. Las celdas dispondrán de compartimentos diferenciados (aparellaje, juego de barras, conexión de cables, mando, y control) y, de acuerdo con lo indicado en la Instrucción MIE-RAT-16, habrán sido sometidas antes de salir de fábrica a los ensayos que se especifican en la norma UNE 20.099, y llevarán en lugar visible una placa de características con los siguientes datos:

- Nombre del fabricante o marca de identificación.
- Número de serie, o designación del tipo.
- Año de fabricación.
- Tensión, intensidad y frecuencia nominales.
- Intensidad máxima de cortocircuito.
- Nivel de aislamiento nominal.

Cada celda de línea dispondrá de un juego de barras tripolar, un interruptor-seccionador de corte en SF₆, un seccionador tripolar de puesta a tierra en SF₆, y embarrado de puesta a tierra. Tendrán las siguientes características:

Tensión máxima de servicio:	24 kV
Tensión de ensayo a frecuencia ind.:	50 kV _{ef}
Tensión a impulsos tipo rayo:	125 kV _{cr}
Intensidad nominal:	400 A
Intensidad límite térmica (1 s) :	16 kA
Poder de cierre del interruptor:	40 kA _{cr}
Poder de cierre de puesta a tierra:	40 kA _{cr}

y admitirán conexiones de cables unipolares con aislamiento seco hasta 240 mm² de sección.

La celda de protección de transformador dispondrá de un juego de barras tripolar, un interruptor-seccionador de corte en SF₆ equipado con bobina de disparo y tres cortacircuitos fusibles, señalización mecánica de fusión de fusibles, un seccionador tripolar de puesta a tierra en SF₆ de doble brazo (a ambos lados de los fusibles), y embarrado de puesta a tierra. Tendrán las siguientes características:

Tensión máxima de servicio:	24 kV
Tensión de ensayo a frecuencia ind.:	50 kV _{ef}
Tensión a impulsos tipo rayo:	125 kV _{cr}
Intensidad nominal:	400 A
Intensidad límite térmica (1 s) :	16 kA
Poder de corte (fusibles):	20 kA
Poder de cierre del interruptor:	40 kA _{cr}
Poder de cierre de puesta a tierra:	40 kA _{cr}
Fusibles:	
Tensión nominal:	24 kV
Intensidad nominal:	40 A
Poder de corte:	20 kA

y admitirán conexiones de cables unipolares con aislamiento seco hasta 95 mm² de sección.

Todas las celdas llevarán mirillas para la observación de la correcta ejecución de las maniobras, e indicadores de presencia de tensión.

2.6. Protecciones en Baja Tensión

Las salidas de Baja Tensión estarán protegidas con cuadros modulares de distribución homologados por la Compañía suministradora de la energía.

Los sistemas de protección en Baja Tensión estarán formados por:

- Un dispositivo de seccionamiento intercalado en la conexión de cada transformador a su cuadro de Baja Tensión.
- Bases portafusibles con dispositivos de corte (polo a polo).
- Circuitos auxiliares de control y señalización.
- Envolverte adecuada.

2.7. Barras y Conexionado en Media Tensión

Los embarrados de unión de las celdas serán de conductores de cobre o de aluminio, para una intensidad nominal de 400 A.

Las conexiones de las celdas a los transformadores se realizarán con cables unipolares de aluminio de 50 mm² de sección con aislamiento seco termoestable EPR de 12/20 kV, aptos para una intensidad de 150 A en instalación al aire.

2.8. Barras y Conexionado en Baja Tensión

Los cables de conexión entre los bornes del transformador y el Cuadro de Baja Tensión serán de aluminio, aislados, con las siguientes características:

Aislamiento:	RV 0,6/1 kV
Tensión de prueba:	3'5 kV
Sección de cada fase (mm ²):	3 x 240
Sección del neutro (mm ²):	2 x 240

La intensidad admisible será: $3 \times 420 \times 0'87 = 1.096 \text{ A}$.

2.9. Instalación de Puesta a Tierra

Con el sistema de puesta a tierra se pretende limitar las tensiones que puedan producirse por cualquier defecto de la instalación o de la red unida a ella, y permitir la actuación de las protecciones.

Esta instalación se realizará de forma que ningún punto del interior o del exterior del centro de transformación, que sea normalmente accesible, pueda resultar peligroso tanto para las personas como para los circuitos de menor tensión del centro de transformación, cumpliendo la Instrucción Técnica Complementaria MIE-RAT-13 sobre Instalaciones de Puesta a Tierra del vigente Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación (Orden de 6 de Julio de 1.984, del Ministerio de Industria y Energía, BOE 1-8-84).

2.9.1. Magnitudes a Considerar

2.9.1.1. Intensidades Máximas de Defecto a Tierra.

Según la compañía suministradora, la intensidad máxima de defecto a tierra en la red de media tensión está limitada a 500 A mediante reactancias de puesta a tierra de 76Ω . Se adopta como tiempo máximo de actuación de las protecciones de sobreintensidad para esta intensidad el de 0'7 segundos.

2.9.1.2. Aislamiento de los Circuitos de Baja Tensión.

Los valores mínimos de las tensiones soportadas a la onda de choque y a 50 Hz para el material de B.T. entre partes activas y masas, son los especificados en la siguiente tabla:

CIRCUITO B.T.	TENSIÓN SOPORTADA A IMPULSOS TIPO RAYO 1,2/50 μs (VALOR CRESTA) (V)	TENSIÓN SOPORTADA A 50 Hz DURANTE 1 MINUTO (VALOR EFICAZ) (V)
De utilización		1.500
Del C.T. (1)	20.000	10.000
(1) Queda incluida la línea de tierra del neutro.		

2.9.2. Diseño de la Instalación de Tierras.

Se adopta el sistema de puestas a tierra separadas, por lo que se instalarán dos tomas de tierra independientes, una de masas y otra para el neutro de baja tensión.

Al sistema de puesta a tierra de las masas se conectarán todas las masas metálicas de los distintos elementos del Centro de Transformación. Comprende las puestas a tierra de:

- Las masas de los circuitos de M.T.
- Las masas de los circuitos de B.T.
- Envolturas o pantallas conductoras de los cables de M.T.
- Pantallas, enrejados o puertas metálicas de protección contra contactos directos.
- Armaduras metálicas de la solera.
- Cuba del transformador.
- Seccionadores de puesta a tierra.
- Bornes de puesta a tierra de los detectores de tensión.

No se conectarán a la tierra de masas, ya que deben estar aisladas de ella, las puertas metálicas y las rejillas de ventilación que den al exterior del Centro de Transformación.

La conexión a tierra de las masas se efectuará mediante un anillo cerrado de cobre desnudo, cable de 50 mm^2 de sección o varilla de 8 mm de diámetro (50 mm^2 de sección), colocado en el fondo de la zanja de la cimentación bajo el perímetro del edificio, conectado a cuatro o más picas de acero-

cobre de 14 mm de diámetro y 2 m de longitud, o placas de acero galvanizado de 1000x500x3 mm colocadas en una fosa, hasta conseguir que la resistencia de tierra sea menor de 20 Ω .

El anillo se unirá eléctricamente a un conductor de cobre de 50 mm² de sección, que se unirá en el interior del C.T. a la línea de tierra de masas a la que se conectarán las masas de los distintos elementos indicados anteriormente, y tendrá al menos un borne accesible para medir la resistencia de tierra y la posibilidad de conectar dispositivos portátiles de puesta a tierra en lugar accesible en el exterior de las celdas sin riesgo para el operario.

La toma de tierra del neutro se efectuará conectando el neutro del transformador de potencia en el lado de baja tensión, preferentemente en la borna del transformador y en todo caso antes del dispositivo de seccionamiento de baja tensión, a varias picas cilíndricas de acero-cobre de 14 mm de diámetro y 2 m de longitud, o bien a placas de acero galvanizado de 1000x500x3 mm colocadas en una fosa adecuada, a través de un cable de cobre de 50 mm² de sección, hasta conseguir que la resistencia de tierra sea menor de 20 Ω . La conexión entre el Centro y la primera pica se realizará con cable aislado RV 0'6/1 kV de 50 mm² protegido contra daños mecánicos.

La distancia mínima entre los electrodos de ambas tomas de tierra será proporcional a la resistividad del terreno, e igual a 8 metros para una resistividad de 100 Ω /m.

El terreno donde se establecerán las tomas de tierra será húmedo, desplazándose las placas hasta encontrar terreno adecuado. En caso necesario se trabajará con sal común o carbón hasta conseguir la resistencia adecuada. Se dispondrá, a ser posible, una canalización que permita regar la tierra en estaciones calurosas.

2.10. Tensiones de Paso y de Contacto

De acuerdo con la ITC MIE RAC 13, las tensiones máximas de paso y contacto en voltios, para que la aplicada al cuerpo humano no sea peligrosa, se pueden estimar por las expresiones siguientes:

$$\text{Tensión de paso: } V_p = 10/U_h \cdot (1 + 0'006/\rho_s)$$

$$\text{Tensión de contacto: } V_c = U_h \cdot (1 + 0'0015/\rho_s)$$

en las que:

ρ_s = Resistividad del terreno en Ω /m.

U_h = Tensión soportada por el cuerpo humano, que en V está determinada por:

$$U_h = \frac{K}{t^n}$$

siendo $K = 72$ y $n = 1$ para tiempos de duración del defecto inferiores a 0'9 cuando este se expresa en segundos. En nuestro caso $t = 0'7$ y el valor de U_h es:

$$U_h = 72/0.7 = 102 \text{ V}$$

En la siguiente tabla se indican los valores de estas tensiones, deducidos de las expresiones anteriores, para distintos valores de la resistividad del terreno:

$\rho_s (\Omega/m)$	10	25	50	100	250	500	1.000	2.500
$U_p (V)$	1.090	1.183	1.337	1.646	2.571	4.114	7.200	16.457
$U_c (V)$	104	107	111	118	141	180	257	489

En el caso de faltas en baja tensión y dado que la falta se despeja en un tiempo no inferior a 5 segundos, se adoptará $U_h = 50 \text{ V}$.

2.10.1. Cálculo de las Tensiones de Paso y Contacto en la Instalación.

Para el cálculo de la resistencia de puesta a tierra y de las tensiones de contacto y de paso, se utilizará un procedimiento de cálculo sancionado por la práctica.

En los casos en los que las tensiones de contacto y paso sean difíciles de obtener dentro de los valores exigidos por el Reglamento, se tomarán medidas tales como:

- Establecer conexiones equipotenciales.
- Anillos difusores.
- Disponer suelos o pavimentos que aíslen suficientemente la zona del terreno afectada por la instalación de tierra.

2.11. Protección contra Incendios

Dadas las características del Centro considerado en este Proyecto, situados en edificio aislado con uno o dos transformadores cuyo volumen de líquido inflamable no supera los 600 litros para cada uno y por tanto el volumen total no supera los 2.400 litros, es suficiente aplicar un sistema pasivo de protección contra-incendios consistente en que las paredes, suelo y techo sean resistentes al fuego, y en la disposición de fosos de recogida de aceite con capacidad para 760 litros por cada transformador dotados con unos sistemas de cortafuegos constituidos por bandejas perforadas de acero galvanizado, situadas sobre ellos, y cubiertas por grava.

De acuerdo con el punto 4.1.b de la Instrucción MIE RAT 14 no es preciso que en estos Centros existan extintores portátiles, ya que su mantenimiento corresponderá a la Compañía suministradora de la energía, que dispone de personal itinerante con la misión de la vigilancia y control de estas y otras instalaciones y con la obligación a llevar en sus vehículos dos extintores de eficacia 89B como mínimo.

2.12. Alumbrado

Para el alumbrado interior del C.T. se instalarán dos o más puntos de luz incandescentes colocados sobre soportes rígidos, de manera que se obtenga una iluminación lo más uniforme posible

en todo el recinto del C.T., con un valor medio de 150 lux al menos, y que pueda efectuarse la sustitución de lámparas sin peligro de contacto con otros puntos en tensión. El interruptor será de corte omnipolar y estará situado junto a las bisagras de la hoja de la puerta de acceso que abra en primer lugar, a una altura de 1'20 m.

Se instalará un punto luminoso de alumbrado de emergencia, autónomo de una hora de funcionamiento como mínimo, con el fin de que en caso de avería puedan realizarse reparaciones aún con falta de energía. Antes del citado punto se instalará un interruptor para impedir que se ponga en funcionamiento al faltar la energía, lo que provocaría su descarga. El interruptor será accionado en el momento de su utilización.

Se instalará asimismo una toma de corriente monofásica.

La instalación se realizará con conductores de cobre aislados de 2'5 mm² bajo tubo blindado de PVC en montaje superficial. Este circuito, monofásico, estará protegido por un interruptor automático magnetotérmico tipo PIA F+N de 15 A de intensidad nominal y un interruptor diferencial bipolar de 25 A de intensidad nominal y 30 mA de sensibilidad.

2.13. Señalización y Medidas de Seguridad

Las puertas de acceso al Centro de Transformación, y las puertas y pantallas de protección de las celdas, tendrán un cartel con la señal distintiva de riesgo eléctrico.

En un lugar bien visible del interior del C.T. se situará un cartel con las instrucciones de primeros auxilios a prestar en caso de accidente. Su tamaño será como mínimo UNE A-3.

Salvo que en los propios aparatos figuren las instrucciones de maniobra, en el lugar correspondiente del C.T. habrá un cartel con las citadas instrucciones.

Las celdas tipo SM6 dispondrán de los siguientes enclavamientos funcionales, según la Norma UNE 20099 :

- a) Solo será posible cerrar el interruptor con el seccionador de tierra abierto y con el panel de acceso cerrado.
- b) El cierre del seccionador de puesta a tierra solo será posible con el interruptor abierto.
- c) La apertura del panel de acceso al compartimento de cables solo será posible con el seccionador de puesta a tierra cerrado.
- d) Con el panel delantero retirado, será posible abrir el seccionador de puesta a tierra para realizar el ensayo de cables, pero no será posible cerrar el interruptor.

El Centro de Transformación dispondrá de banqueta aislante y guantes de goma para la correcta ejecución de las maniobras.

2.14. Materiales

La elección de materiales, entre los que cumplan las características descritas en los apartados correspondientes a cada uno de ellos, se hará en base tanto a criterios técnico-económicos de instalación como de explotación, teniendo presente en este último caso los modelos instalados en la zona en que va a situarse el Centro de Transformación.

2.15. Resumen detalle de composición de cada uno de los CT's

Denominación	Potencia nominal	Composición - celdas
CT1	400 + 400 KVA.	2 de línea + 3 de protección
CT2	400 KVA.	2 de línea + 2 de protección
CT3	400 + 400 KVA.	2 de línea + 2 de protección
CT4	400 + 400 KVA.	2 de línea + 3 de protección
CT Los Pinos	160 KVA.	2 de línea + 1 de protección

3. RED DE BAJA TENSIÓN

Para la elección de un cable deben tenerse en cuenta, en general, cuatro factores principales, cuya importancia difiere en cada caso.

Dichos factores son :

- Tensión de la red y su régimen de explotación
- Intensidad a transportar en determinadas condiciones de instalación
- Caídas de tensión en régimen de carga máxima prevista
- Intensidades y tiempo de cortocircuito

Las características de los conductores en régimen permanente a título orientativo serán las siguientes :

Sección de fase en mm ²	R - 20° En Ω/km	X en Ω/km	Intensidad en A
		Cable RV	Cable RV
50	0,641	0,080	180
95	0,320	0,076	260
150	0,206	0,075	330
240	0,125	0,070	430

Conductores para redes subterráneas de Baja Tensión:

RV 0,6/1 kV	Im (A)	Datos de Iberdrola		Resistividad	Fusibles	
		R Ohm/km	X Ohm/km	Ohm*mm ² /m	I (A)	%Im
3x50 + 1x50 Al	180	0,641	0,080	0,03205	160	88,89
3x95 + 1x50 Al	260	0,320	0,076	0,03040	200	76,92
3x150 + 1x95 Al	330	0,206	0,075	0,03090	250	75,76
3x240 + 1x150 Al	430	0,125	0,070	0,03000	315	73,26
Valor medio :				0,03084		

Para justificar la sección de los conductores se tendrá en cuenta las siguientes consideraciones:

- a) Intensidad máxima admisible por el cable
- b) Caída de tensión

La elección de la sección del cable a adoptar está supeditada a la capacidad máxima del cable y a la caída de tensión admisible, que no deberá exceder del 5%.

a) La elección de la sección en función de la intensidad máxima admisible, se calculará partiendo de la potencia que ha de transportar el cable, calculando la intensidad correspondiente y eligiendo el cable adecuado, de acuerdo con los valores de las intensidades máximas.

La intensidad se determinará por la fórmula:

$$I = \frac{W}{\sqrt{3} \cdot U \cos \varphi}$$

- b) La determinación de la sección en función de la caída de tensión se realizará mediante la fórmula :

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I \cdot L (R \cos \varphi + X \sin \varphi)$$

en donde:

W = Potencia en kW

U = Tensión compuesta en kV

ΔU = Caída de tensión

I = Intensidad en amperios

L = Longitud de la línea en km.

R = Resistencia del conductor en Ω/km

X = Reactancia a frecuencia 50 Hz en Ω/km .

$\cos \varphi$ = Factor de potencia

La caída de tensión producida en la línea, puesta en función del momento eléctrico W.L., teniendo en cuenta las fórmulas anteriores viene dada por:

$$\Delta U \% = \frac{W \cdot L}{10 \cdot U^2} (R + X \operatorname{tg} \varphi)$$

Donde $\Delta U\%$ viene dada en % de la tensión compuesta U en voltios.

En la sección de gráficos y tablas se adjuntan los cálculos de la caída de tensión de cada una de las salidas de los centros de transformación, siendo el valor de k:

$$K = \frac{(R + X \cdot \operatorname{tg} \varphi)}{10 \cdot U^2}$$

POLIGONO INDUSTRIAL LA FUENTE DE HELLIN (Albacete)

Red Subterránea de Baja Tensión (Se realiza el cálculo para el caso más desfavorable)

DATOS DE PARTIDA:

P.Total (kW)	Longitud Total (m)	Tensión V	Intensidad Total (A.)	Aislamiento	Conductor (mm2)	Tipo	cos fi	R	X	K
100	285	400	160,4	RV 0,6/1 kV	150	AL	0,9	0,206	0,075	0,1515

RESULTADOS:

- **CAIDA DE TENSION** = 4,32 % < 5%

- **INTENSIDAD ADMISIBLE** con fusible de 160 A. tipo gG

Por calibre del fusible = $160 \times 1,4 =$ **224 A.** **> 160 A.**

Por agrupación de 4 ternas separadas 0,07 m. = $330 \times 0,68 =$ **224 A.** (Según REBT)

- **PROTECCIÓN CONTRA CORTOCIRCUITOS**

Con fusibles de 160 A. del tipo gG hasta una longitud máxima de 285 metros > que la longitud de cualquier circuito a realizar

Según norma MT-NEDIS 2.51.01