



Universidad de León



Escuela Superior y Técnica  
de Ingenieros de Minas

# GRADO EN INGENIERÍA DE LA ENERGÍA

TRABAJO FIN DE GRADO

LÍNEA ELÉCTRICA AÉREA DE ALTA  
TENSIÓN PARA EL SUMINISTRO DE  
ENERGÍA ELÉCTRICA A UNA NAVE  
INDUSTRIAL SITUADA EN POLÍGONO  
INDUSTRIAL DE VILLADANGOS.

León, septiembre de 2016

Autor: Toni Cristian Segarceanu  
Tutor: Alberto González Martínez

El presente proyecto ha sido realizado por D. Toni Cristian Segarceanu, alumno de la Escuela Superior y Técnica de Ingenieros de Minas de la Universidad de León para la obtención del título de Grado en Ingeniería de la Energía.

La tutoría de este proyecto ha sido llevada a cabo por D. Alberto González Martínez, profesor del Grado en Ingeniería de la Energía.

Visto Bueno

Fdo.: D. Toni Cristian Segarceanu,  
El autor del Trabajo Fin de Grado

Fdo.: D. Alberto González Martínez  
El Tutor del Trabajo Fin de Grado

## **RESUMEN**

En el siguiente proyecto se exponen todos los documentos necesarios para la colocación de una línea subterránea de 20 kV que realiza la conexión entre la infraestructura existente en el polígono industrial y un centro de seccionamiento de 250 kVA. También se presentan los datos necesarios para la construcción de una línea subterránea de características similares a la primera para realizar la conexión entre el centro de seccionamiento y el centro de transformación. El último componente de este proyecto es una instalación de baja tensión que cubre las necesidades de una nave industrial situada en la provincia de León.

## **ABSTRACT**

In the following project will be presented all the documents needed for the installation of an underground power line, 20 kV which will connect the infrastructure that exist in the industrial park with a distribution center of 250 kVA. Also will be presented the necessary data for the construction of an underground power line of similar characteristics to the first one that will connect the distribution center with the transformation center. The last component of this project consists of the low voltage installation which meets the necessity of an industrial warehouse located in Leon county.

# ÍNDICE

|  |    |
|--|----|
| RESUMEN .....  | 3  |
| ABSTRACT.....  | 3  |
| ÍNDICE .....   | I  |
| ÍNDICE DE FIGURAS.....   | V  |
| ÍNDICE DE TABLAS.....  | VI |
| 1 Memoria .....  | 1  |
| 1.1 Resumen.....   | 1  |
| 1.2 Antecedentes .....   | 3  |
| 1.3 Titular .....  | 3  |
| 1.4 Objeto.....  | 3  |
| 1.5 Justificación del proyecto.....                                  | 3  |
| 1.6 Emplazamiento.....   | 3  |
| 1.6.1 Características de la zona .....                               | 4  |
| 1.7 Descripción general.....   | 4  |
| 1.7.1 Potencia total.....  | 5  |
| 1.8 Reglamentos y disposiciones oficiales .....                      | 5  |
| 1.9 Resumen del presupuesto .....                                    | 5  |
| 1.10 Instalación de Baja Tensión .....                               | 5  |
| 1.10.1 Reglamentación y disposiciones oficiales y particulares ..... | 5  |
| 1.10.2 Empresa suministradora .....                                  | 6  |
| 1.10.3 Características de la energía .....                           | 6  |
| 1.10.4 La acometida .....  | 6  |
| 1.10.5 Instalación de enlace .....                                   | 7  |
| 1.10.6 Instalaciones interiores.....                                 | 10 |
| 1.10.7 Protección contra contacto .....                              | 20 |
| 1.10.8 Puesta a tierra.....  | 21 |
| 1.10.9 Receptores de alumbrado .....                                 | 25 |
| 1.10.10 Receptores a motor.....                                      | 25 |
| 1.10.11 Demanda de potencia .....                                    | 26 |
| 1.10.12 Zona 2.....  | 28 |

|        |   |    |
|--------|---|----|
| 1.11   | El centro de transformación .....                           | 30 |
| 1.11.1 | Objetivo.....   | 30 |
| 1.11.2 | Reglamento a seguir .....                                   | 30 |
| 1.11.3 | Características generales del centro de transformación..... | 30 |
| 1.11.4 | Instalación eléctrica .....                                 | 33 |
| 1.11.5 | Características materia vario de A.T .....                  | 37 |
| 1.11.6 | Mediad de la energía eléctrica .....                        | 37 |
| 1.11.7 | Puesta a tierra.....  | 38 |
| 1.11.8 | Instalaciones secundarias .....                             | 38 |
| 1.12   | Centro de seccionamiento.....                               | 39 |
| 1.12.1 | Objetivo.....   | 39 |
| 1.12.2 | Reglamento a seguir .....                                   | 39 |
| 1.12.3 | Características del centro .....                            | 39 |
| 1.12.4 | Instalación eléctrica .....                                 | 42 |
| 1.12.5 | Puesta a tierra.....  | 43 |
| 1.12.6 | Instalaciones secundarias .....                             | 44 |
| 1.13   | Línea subterránea a alta tensión .....                      | 44 |
| 1.13.1 | Objetivo.....   | 44 |
| 1.13.2 | Características de la red de alimentación.....              | 44 |
| 1.13.3 | Características de la línea subterránea.....                | 44 |
| 1.13.4 | Potencia a transportar .....                                | 45 |
| 1.13.5 | Descripción general de la instalación .....                 | 45 |
| 1.14   | Conclusiones.....   | 49 |
| 2      | Anexo I: Cálculos.....                                      | 50 |
| 2.1    | Instalación de B.T .....                                    | 50 |
| 2.1.1  | Ejemplo de cálculo .....                                    | 54 |
| 2.1.2  | Resultado del cálculo de la instalación B.T .....           | 55 |
| 2.1.3  | Cálculo de puesta a tierra .....                            | 64 |
| 2.2    | El centro de transformación .....                           | 64 |
| 2.2.1  | Intensidad de alta tensión .....                            | 64 |
| 2.2.2  | Intensidad de baja tensión .....                            | 65 |
| 2.2.3  | Cortocircuitos.....   | 65 |
| 2.2.4  | Dimensionado del embarrado .....                            | 66 |
| 2.2.5  | Selección de las protecciones en el lado de A.T y B.T ..... | 66 |

|        |   |     |
|--------|---|-----|
| 2.2.6  | Dimensionado de la ventilación de C.T.....          | 67  |
| 2.2.7  | Dimensiones del pozo apagafuegos .....              | 67  |
| 2.2.8  | Cálculo de la instalación de puesta a tierra .....  | 67  |
| 2.3    | EL centro de seccionamiento .....                   | 72  |
| 2.3.1  | Intensidad de A.T .....                             | 72  |
| 2.3.2  | Cortocircuitos.....                                 | 72  |
| 2.3.3  | Dimensionado de la ventilación del centro .....     | 73  |
| 2.3.4  | Dimensionado del embarrado .....                    | 73  |
| 2.3.5  | Cálculo de la instalación de puesta a tierra .....  | 74  |
| 2.4    | Cálculo de la línea de A.T .....                    | 76  |
| 2.4.1  | La intensidad máxima admisible.....                 | 77  |
| 2.4.2  | La calidad de tensión .....                         | 77  |
| 2.4.3  | La intensidad de cortocircuito .....                | 77  |
| 3      | Anexo II: Relación de afectados.....                | 79  |
| 4      | Anexo III: Programa de mantenimiento .....          | 79  |
| 4.1    | Mantenimiento de la instalación de A.T .....        | 79  |
| 4.1.1  | Mantenimiento de líneas de A.T.....                 | 80  |
| 4.1.2  | Mantenimiento del C.T y C.S .....                   | 81  |
| 5      | Anexo VI: Planos .....                              | 83  |
| 6      | Pliego de condiciones .....                         | 93  |
| 6.1    | Condiciones generales .....                         | 93  |
| 6.2    | Características eléctricas.....                     | 93  |
| 6.2.1  | Conductores aislados bajo tubo protectores .....    | 93  |
| 6.2.2  | Instalación en baja tensión .....                   | 98  |
| 6.2.3  | Aparamenta de mando y protección .....              | 108 |
| 6.2.4  | Receptores de alumbrado .....                       | 113 |
| 6.2.5  | Receptores a motor .....                            | 113 |
| 6.2.6  | Instalación de A.T, materiales y obra civil .....   | 116 |
| 6.2.7  | Puesta a tierra .....                               | 119 |
| 6.2.8  | Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad ..... | 121 |
| 6.2.9  | Certificados y documentación .....                  | 123 |
| 6.2.10 | Libro de órdenes .....                              | 123 |
| 7      | Presupuesto .....                                   | 124 |
| 7.1    | Instalación de A.T .....                            | 124 |

---

|       |  |     |
|-------|--|-----|
| 7.2   | Instalación de B.T .....   | 124 |
| 7.3   | Documentación de la instalación .....  | 125 |
| 7.4   | Centro de seccionamientos.....   | 125 |
| 7.5   | Centro de transformación .....   | 127 |
| 8     | Estudio básico de seguridad y salud .....  | 131 |
| 8.1   | Objetivo .....   | 131 |
| 8.2   | Ámbito de aplicación.....  | 131 |
| 8.3   | Normas de seguridad y salud aplicable a la obra.....   | 131 |
| 8.3.1 | Plan de seguridad y salud en el Trabajo .....  | 131 |
| 8.3.2 | Obligaciones del contratista y subcontratista .....  | 131 |
| 8.3.3 | Obligaciones de la dirección facultativa .....   | 132 |
| 8.3.4 | Obligaciones de los trabajadores autónomos .....   | 133 |
| 8.3.5 | Libros de incidencia .....   | 134 |
| 8.3.6 | Paralización de los trabajos .....   | 134 |
| 8.3.7 | Otras normas que se pueden aplicar a esta obra.....  | 134 |
| 8.4   | Los riesgos en la obra .....   | 136 |
| 8.4.1 | Identificar los riesgos laborales en la obra.....  | 136 |
| 8.4.2 | Propuesta de protecciones técnicas y medidas preventivas con el objetivo de controlar y reducir los riesgos laborales..... | 137 |
| 8.5   | Informe para los trabajadores posteriores de conservación y mantenimiento .  | 141 |
| 8.6   | Conclusión del Estudio básico de seguridad y salud .....   | 141 |
| 9     | Lista de referencias .....   | 142 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1.1 Cable subterráneo.....   | 46 |
| Figura 1.2 Características del cable .....  | 46 |
| Figura 2.1 Expresión para el cálculo de la intensidad primaria en un sistema trifásico.....   | 65 |
| Figura 2.2 Expresión para el cálculo de la intensidad secundaria en un sistema trifásico.   | 65 |
| Figura 2.3 Expresión para el cálculo de la intensidad primaria para cortocircuito en el lado a A.T .....                            | 65 |
| Figura 2.4 Expresión para el cálculo de la intensidad secundaria para cortocircuitos en el lado de baja tensión.....                | 66 |
| Figura 2.5 Fórmula para el cálculo de la impedancia del neutro.....   | 68 |
| Figura 2.6 Fórmula para el cálculo de la intensidad máxima de defecto .....   | 68 |
| Figura 2.7 Fórmula para el cálculo de la intensidad por defecto .....   | 69 |
| Figura 2.8 Tabla 1 que pertenece a la ITC-RAT 1n de la instalaciones de puesta a tierra..   | 71 |
| Figura 2.9 Fórmula para el cálculo de la tensión de paso en el exterior y en el acceso....  | 71 |
| Figura 2.10 Fórmula para el cálculo de la distancia mínima entre los elementos de puesta a tierra de protección y de servicio ..... | 72 |
| Figura 2.11 Fórmula de la intensidad nominal .....  | 77 |
| Figura 2.12 Fórmula de la intensidad de cortocircuito.....  | 77 |
| Figura 2.13 Intensidad admisible .....  | 78 |



## ÍNDICE DE TABLAS

|   |     |
|---|-----|
| Tabla 1.1 La sección mínima de los conductores de protección .....  | 10  |
| Tabla 1.2 Resistencia de aislamiento .....  | 11  |
| Tabla 1.3 Categoría que indique el nivel de tensión soportado a impulso .....   | 18  |
| Tabla 1.4 Sección de los conductores de tierra .....  | 22  |
| Tabla 1.5 La sección mínima de los conductores de protección .....  | 23  |
| Tabla 1.6 Relación entre la potencia del motor y tipo de protección necesaria.....  | 26  |
| Tabla 1.7 Resumen de la demanda de potencia.....  | 27  |
| Tabla 1.8 La potencia instalada correspondiente al C.S 1 .....  | 27  |
| Tabla 1.9 La potencia instalada correspondiente al C.S 2 .....  | 28  |
| Tabla 1.10 La potencia instalada correspondiente al C.S Nave .....  | 29  |
| Tabla 2.1 Resultado del cálculo del cuadro general de mando y portación.....  | 55  |
| Tabla 2.2 Cortocircuito cuadro general de mando y protección.....   | 55  |
| Tabla 2.3 Resultado del cálculo del subcuadro C.S 1.....  | 56  |
| Tabla 2.4 Cortocircuito C.S 1.....  | 57  |
| Tabla 2.5 Resultado del cálculo del Subcuadro C.S 2 .....   | 59  |
| Tabla 2.6 Cortocircuito C.S 2.....  | 60  |
| Tabla 2.7 Resultado del cálculo del subcuadro C.S NAVE.....   | 61  |
| Tabla 2.8 Cortocircuito C.S NAVE.....   | 62  |
| Tabla 4.1 Protocolos tipo establecidos por la Junta de Castilla y León para el<br>mantenimiento de líneas de A.T.....         | 80  |
| Tabla 4.2 Protocolos tipos establecidos por la Junta de Castilla y León para el<br>mantenimiento de líneas de C.T y C.S. .... | 81  |
| Tabla 6.1 Características de los tubos en canalizaciones fijas en superficie .....  | 94  |
| Tabla 6.2 Características mínimas de los tubos empotrados en obras fabricas huecos de la<br>construcción.....                 | 95  |
| Tabla 6.3 Características mínimas de los tubos empotrados en hormigón .....   | 96  |
| Tabla 6.4 Características mínimas de los tubos en canalizaciones aéreas o con tubo al aire<br>.....                           | 96  |
| Tabla 6.5 Características mínimas de los tubos enterrados.....  | 97  |
| Tabla 6.6 Características mínimas de las canalizaciones para instalaciones superficiales                                      | 102 |
| Tabla 6.7 Valor mínimo de resistencia de aislamiento.....   | 107 |
| Tabla 6.8 Características eléctricas.....   | 117 |

---

|   |     |
|---|-----|
| Tabla 6.9 La sección de los conductores de tierra .....         | 120 |
| Tabla 6.10 Sección mínima para el conductor de protección ..... | 121 |
| Tabla 7.1 Presupuesto de la instalación de A.T .....            | 124 |
| Tabla 7.2 Presupuesto de la instalación de B.T .....            | 124 |
| Tabla 7.3 Presupuesto proyecto y dirección de obra .....        | 125 |
| Tabla 7.4 Presupuesto del centro de seccionamiento .....        | 125 |
| Tabla 7.5 Presupuesto del centro de transformación .....        | 127 |

# 1 Memoria

## 1.1 Resumen

|  |   |
|--|---|
| Objetivo   | Suministro de energía eléctrica a nave industrial.  |
| Situación  | Provincia de León, el polígono industrial Villadangos, parcelas 159\160\161\162\153 , en el municipio de Villadangos del Páramo,  |
| Promotor   | GRAVERAS Y ARIDOS S.L domicilio social Avd/ Maurino Pérez Nº67 24282 Montejos del Camion (León),<br>CIF B-256565656   |
| Expediente IBERDROLA   | 9843635473  |
| Organismos afectados   | Ninguno durante la fase de explotación<br>Durante la fase de construcción se cortar en un sentido la vía Pol.Ind.V7   |
| Enlace en red de media tensión<br>Línea de entronque :<br>Tensión :<br>Tipo de instalación :<br>Tipo de cablea:<br>Sección cable:<br>Origen del primer tramo de línea :<br>Final de primer tramo de línea :<br>Origen del segundo tramo de línea : | L.M.T existente en el polígono industrial<br><br>20 kV<br><br>Subterránea<br><br>AI-RHZ1-OL<br><br>120 mm <sup>2</sup><br><br>L.M.T existente en el polígono industrial<br><br>Centro de seccionamiento<br><br>Centro de seccionamiento |

|                                  |  |
|----------------------------------|--|
| Final de primer tramo de línea : | Centro de transformación   |
| Longitud primer tramo:           | 8 m  |
| Longitud segundo tramo:          | 0,7 m  |
| Red de baja tensión              |  |
| Tipo de instalación :            | Subterránea  |
| Tensión:                         | 420  |
| Configuración:                   | Radial   |
| Secciones :                      | 3x185/95Al , 4x150+TTx95Cu,<br>3x95/50+TTx50Cu, 4x10+TTx10 Cu,<br>4x6+TTx6Cu, 4x16+TTx16 Cu,<br>3x2.5+TTx2.5Cu, 4x1.5Cu, 2x1.5+TTx1.5Cu,<br>4x2.5+TTx2.5Cu, 4x4Cu, 4x2.5Cu |
| Centro de transformación         |  |
| Tipo de centro:                  | Cliente  |
| Edificio:                        | Edificio prefabricado  |
| Aparamenta:                      | Celad RM6 y Celad SM6  |
| Transformador:                   | TRIHAL250-24   |
| Refrigeración:                   | Aire   |
| Tensión de M.T y BT:             | 20/ 420  |
| Potencia nominal:                | 250 kVA  |
| Numero transformadores:          | 1  |
| Numero líneas de B.T:            | 1  |
| Centro de seccionamiento         |  |

|                                       |                 |
|---------------------------------------|-----------------|
| Tipo de centro:                       | Compañía        |
| Edificio:                             | Prefabricado    |
| Aparamenta:                           | Celad RM6       |
| Tensión de M.T:                       | 20 kV           |
| Potencia nominal:                     | 250 kVA         |
| Tipo de conexión hacia la red general | Bucle           |
| Tipo de conexión hacia C.T            | Radial          |
| Presupuesto total                     | 109403.92 euros |

## 1.2 Antecedentes

El polígono industrial de Villadangos del Páramo comenzó su creación en 2001 para que en 2005 se asentara la primera empresa, Vestas Nacelles Spain S.A.U; hecho que supuso un gran impulso para la zona. Actualmente en dicho polígono se pueden encontrar más de 80 empresas con diversos ámbitos de trabajos, de entre las cuales destaca Mercadona S.A.

La petición de la entidad "GRAVERAS Y ARIDOS S.L." con domicilio social Avda. Maurino Pérez Nº67 24282 Montejos del Camino (León), CIF B-256565656, de un proyecto "NAVE INDUSTRIAL PARA SUMINISTRO DE MAQUINARIA MINERA" creó la necesidad del diseño de una instalación que conecte dicha nave industrial al suministro de electricidad local.

## 1.3 Titular

La entidad "GRAVERAS Y ARIDOS S.L." con domicilio social Avda. Maurino Pérez Nº67 24282 Montejos del Camino (León), CIF B-256565656 tiene en su propiedad los terrenos de este proyecto.

## 1.4 Objeto

El objetivo de este proyecto es el suministro de energía eléctrica a una nave industrial. Para ello se definen las condiciones técnicas y el diseño de la red de alta y baja tensión, el transformador y el centro de seccionamiento.

## 1.5 Justificación del proyecto

La construcción de una nave industrial por Graveras y Áridos S.L en el polígono hizo evidente la necesidad de construcción de una línea de alta tensión para el suministro eléctrico de dicha nave.

## 1.6 Emplazamiento

Las obras necesarias se realizarán en la localidad de Villadangos del Páramo situado en la provincia de León.

El polígono industrial de Villadangos está situado junto a la carretera N-120 de León a Astorga y la carretera LE-413 de Villanueva de Carrizo.

La nave industrial ocupa las siguientes parcelas 159\160\161\162\153; allí se situara también el CT.

Los terrenos donde se sitúa la línea pertenece al titular de la instalación y a la administración pública.

La línea de enlace pertenece a la compañía suministradora IBERDROLA DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA, S.A.U. Desde allí se instala una cruceta de derivación y los elementos necesarios para poder realizar la derivación.

La línea subterránea de alta tensión conecta directamente con el centro de seccionamiento teniendo una longitud de 8 m. A la salida del centro de seccionamiento una línea subterránea de alta tensión de 0.7 m realiza la conexión entre el centro de seccionamiento y el centro de transformación.

### 1.6.1 Características de la zona

El polígono industrial de Villadangos del Páramo tiene una superficie total de 2.000.000m<sup>2</sup> dividido en 260 parcelas. El suelo está dividido de la siguiente manera según el uso:

- Suelo Industrial 1.066.344 m<sup>2</sup>
- Zona de equipamientos:
  - Privado 160.227 m<sup>2</sup>
  - Público 41.979 m<sup>2</sup>
- Zona de infraestructuras 17.647 m<sup>2</sup>
- Red viaria: 511.464 m<sup>2</sup>

## 1.7 Descripción general

El proyecto está compuesto de 4 partes principales:

- Red de Alta tensión: En este apartado se definen las condiciones técnicas del diseño de la red de alta tensión que proporciona la energía eléctrica necesaria. Esta red transcurrirá entre el enlace con la red de alta tensión existente y el Centro de Seccionamiento que estará alimentado por la línea, también realiza la unión entre el centro de seccionamiento y el centro de transformación.
- El Centro de seccionamiento: En este apartado se presentan las características técnicas del CS que hará de enlace entre la red de alta tensión de 20KV y el CT.
- El Centro de Transformación: En este apartado se presentan las características técnicas del CT que hará de enlace entre la red de alta tensión de 20KV y la de baja tensión de 400V.
- Red de Baja tensión: En este apartado se definen las características de la red de baja tensión de la nave industrial. Esta red transcurrirá entre el CT y la nave industrial, teniendo un tensión entre fase de 400V y entre fase y neutro de 230V.

### 1.7.1 Potencia total

La instalación tiene que suministrar una potencia de 159.494 W, que es lo necesario para el funcionamiento de todas las instalaciones de la nave. El transformador es de 250 kAV con refrigeración natural en aceite siendo la tensión de entrada de 20kV y la de salida de 400V.

## 1.8 Reglamentos y disposiciones oficiales

Normas generales:

- Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero. Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09.
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto. Reglamento electrotécnico para baja tensión.
- Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo. Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23.
- Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre. Por el cual se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- Real Decreto 614/2001, de 8 de junio. Por el cual se presentan las disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- Normas UNE y recomendaciones UNESA
- Condiciones impuestas por los Organismos Públicos afectados
- Ordenanzas municipales del ayuntamiento donde se ejecuta el proyecto
- Condiciones emitidas por organismos afectados por las instalaciones
- Normativa de la compañía suministradora
- Cualquier otra normativa y reglamento de obligado cumplimiento para este tipo de instalaciones.

## 1.9 Resumen del presupuesto

El presupuesto total de este proyecto se estima en 109.403,92 euros.

## 1.10 Instalación de Baja Tensión

### 1.10.1 Reglamentación y disposiciones oficiales y particulares

El presente proyecto recoge las características de los materiales, los cálculos que justifican su empleo y la forma de ejecución de las obras a realizar, dando con ello cumplimiento a las siguientes disposiciones:

- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias (Real Decreto 842/2002 de 2 de Agosto de 2002).

- 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.
- Código Técnico de la Edificación, DB SI sobre Seguridad en caso de incendio.
- Código Técnico de la Edificación, DB HE sobre Ahorro de energía.
- Código Técnico de la Edificación, DB SU sobre Seguridad de utilización.
- Código Técnico de la Edificación, DB-HR sobre Protección frente al ruido.
- Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios.
- Reglamento de Seguridad contra incendios en los establecimientos industriales (Real Decreto 2267/2004 de 3 de diciembre)
- Normas Técnicas para la accesibilidad y la eliminación de barreras arquitectónicas, urbanísticas y en el transporte.
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre de 1.997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras.
- Real Decreto 486/1997 de 14 de abril de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Real Decreto 485/1997 de 14 de abril de 1997, sobre Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Real Decreto 1215/1997 de 18 de julio de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Real Decreto 773/1997 de 30 de mayo de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

### 1.10.2 Empresa suministradora

En esta zona la empresa que suministra la electricidad es IBERDROLA. Empresa que fue consultada con respecto a las condiciones de servicio y normas específicas para la construcción y montaje de la instalación del conductor y la derivación individual.

### 1.10.3 Características de la energía

La energía eléctrica suministrada será de carácter trifásico con una tensión entre fase de 420 V y la tensión entre fase y neutro de 230 V y a una frecuencia de 50 Hz.

### 1.10.4 La acometida

Es parte de la instalación de la red de distribución, que alimenta la caja general de protección o unidad funcional equivalente (CGP). Los conductores serán de cobre o aluminio. Esta línea está regulada por la ITC-BT-11.

Atendiendo a su trazado, al sistema de instalación y a las características de la red, la acometida podrá ser:

- Aérea, posada sobre fachada. Los cables serán aislados, de tensión asignada 0,6/1 kV, y su instalación se hará preferentemente bajo conductos cerrados o canales



protectores. Para los cruces de vías públicas y espacios sin edificar, los cables podrán instalarse amarrados directamente en ambos extremos. La altura mínima sobre calles y carreteras en ningún caso será inferior a 6 m.

- Aérea, tensada sobre postes. Los cables serán aislados, de tensión asignada 0,6/1 kV, y podrán instalarse suspendidos de un cable fiador o mediante la utilización de un conductor neutro fiador. Cuando los cables crucen sobre vías públicas o zonas de posible circulación rodada, la altura mínima sobre calles y carreteras no será en ningún caso inferior a 6 m.
- Subterránea. Los cables serán aislados, de tensión asignada 0,6/1 kV, y podrán instalarse directamente enterrados, enterrados bajo tubo o en galerías, atarjeas o canales revisables.
- Aero-subterránea. Cumplirá las condiciones indicadas en los apartados anteriores. En el paso de acometida subterránea a aérea o viceversa, el cable irá protegido desde la profundidad establecida hasta una altura mínima de 2,5 m por encima del nivel del suelo, mediante conducto rígido de las siguientes características:
  - Resistencia al impacto: Fuerte (6 julios).
  - Temperatura mínima de instalación y servicio: - 5 °C.
  - Temperatura máxima de instalación y servicio: + 60 °C.
  - Propiedades eléctricas: Continuidad eléctrica/aislante.
  - Resistencia a la penetración de objetos sólidos:  $D > 1$  mm.
  - Resistencia a la corrosión (conductos metálicos): Protección interior media, exterior alta.
  - Resistencia a la propagación de la llama: No propagador.

Por último, cabe señalar que la acometida será parte de la instalación constituida por la empresa suministradora, por lo tanto su diseño debe basarse en las normas particulares de ella.

### **1.10.5 Instalación de enlace**

#### **1.10.5.1 Caja de protección y medida**

Para el caso de suministros a un único usuario, al no existir línea general de alimentación, se colocará en un único elemento la caja general de protección y el equipo de medida; dicho elemento se denominará caja de protección y medida. En consecuencia, el fusible de seguridad ubicado antes del contador coincide con el fusible que incluye una CGP.

Se instalarán preferentemente sobre las fachadas exteriores de los edificios, en lugares de libre y permanente acceso. Su situación se fijará de común acuerdo entre la propiedad y la empresa suministradora.

Se instalará siempre en un nicho en pared, que se cerrará con una puerta preferentemente metálica, con grado de protección IK 10 según UNE-EN 50.102, revestida exteriormente de acuerdo con las características del entorno y estará protegida contra la corrosión, disponiendo de una cerradura o candado normalizado por la empresa suministradora. Los dispositivos de lectura de los equipos de medida deberán estar situados a una altura comprendida entre 0,70 y 1,80 m.

En el nicho se dejarán previstos los orificios necesarios para alojar los conductos de entrada de la acometida.

Cuando la fachada no linde con la vía pública, la caja general se situará en el límite entre las propiedades públicas y privadas.

Las cajas de protección y medida a utilizar corresponderán a uno de los tipos recogidos en las especificaciones técnicas de la empresa suministradora que hayan sido aprobadas por la Administración Pública competente, en función del número y naturaleza del suministro. Dentro de las mismas se instalarán cortacircuitos fusibles en todos los conductores de fase o polares, con poder de corte al menos igual a la corriente de cortocircuito prevista en el punto de su instalación.

Las cajas de protección y medida cumplirán con todo lo que se indica en la Norma UNE-EN 60.439 -1, tendrán grado de inflamabilidad según se indica en la norma UNE-EN 60.439 -3, una vez instaladas tendrán un grado de protección IP43 según UNE 20.324 e IK 09 según UNE-EN 50.102 y serán precintables.

La envolvente deberá disponer de la ventilación interna necesaria que garantice la no formación de condensaciones. El material transparente para la lectura será resistente a la acción de los rayos ultravioleta.

Las disposiciones generales de este tipo de caja quedan recogidas en la ITC-BT-13.

#### **1.10.5.2 Derivación individual**

Es la parte de la instalación que, partiendo de la caja de protección y medida, suministra energía eléctrica a una instalación de usuario. Comprende los fusibles de seguridad, el conjunto de medida y los dispositivos generales de mando y protección. Está regulada por la ITC-BT-15.

Las derivaciones individuales estarán constituidas por:

- Conductores aislados en el interior de tubos empotrados.
- Conductores aislados en el interior de tubos enterrados.
- Conductores aislados en el interior de tubos en montaje superficial.
- Conductores aislados en el interior de canales protectores cuya tapa sólo se pueda abrir con la ayuda de un útil.
- Canalizaciones eléctricas prefabricadas que deberán cumplir la norma UNE-EN 60.439 -2.
- Conductores aislados en el interior de conductos cerrados de obra de fábrica, proyectados y construidos al efecto.

Los conductores a utilizar serán de cobre o aluminio, aislados y normalmente unipolares, siendo su tensión asignada 450/750 V como mínimo. Para el caso de cables multiconductores o para el caso de derivaciones individuales en el interior de tubos enterrados, el aislamiento de los conductores será de tensión asignada 0,6/1 kV. La sección mínima será de 6 mm<sup>2</sup> para los cables polares, neutro y protección y de 1,5 mm<sup>2</sup> para el hilo de mando (para aplicación de las diferentes tarifas), que será de color rojo.

Los cables serán no propagadores del incendio y con emisión de humos y opacidad reducida. Los cables con características equivalentes a las de la norma UNE 21.123 parte 4-5 o a la norma UNE 211002 cumplen con esta prescripción.

La caída de tensión máxima admisible será, para el caso de derivaciones individuales en suministros para un único usuario en que no existe línea general de alimentación, del 1,5 %.

### **1.10.5.3 Dispositivos generales e individuales de mando y protección**

Los dispositivos generales de mando y protección se situarán lo más cerca posible del punto de entrada de la derivación individual. En establecimientos en los que proceda, se colocará una caja para el interruptor de control de potencia, inmediatamente antes de los demás dispositivos, en compartimento independiente y precintable. Dicha caja se podrá colocar en el mismo cuadro donde se coloquen los dispositivos generales de mando y protección.

Los dispositivos individuales de mando y protección de cada uno de los circuitos, que son el origen de la instalación interior, podrán instalarse en cuadros separados y en otros lugares.

En locales de uso común o de pública concurrencia deberán tomarse las precauciones necesarias para que los dispositivos de mando y protección no sean accesibles al público en general.

La altura a la cual se situarán los dispositivos generales e individuales de mando y protección de los circuitos, medida desde el nivel del suelo, estará comprendida entre 1 y 2 m.

Las envolventes de los cuadros se ajustarán a las normas UNE 20.451 y UNE-EN 60.439 -3, con un grado de protección mínimo IP 30 según UNE 20.324 e IK07 según UNE-EN 50.102. La envolvente para el interruptor de control de potencia será precintable y sus dimensiones estarán de acuerdo con el tipo de suministro y tarifa a aplicar. Sus características y tipo corresponderán a un modelo oficialmente aprobado.

El instalador fijará de forma permanente sobre el cuadro de distribución una placa, impresa con caracteres indelebles, en la que conste su nombre o marca comercial, fecha en que se realizó la instalación, así como la intensidad asignada del interruptor general automático.

Los dispositivos generales e individuales de mando y protección serán, como mínimo:

- Un interruptor general automático de corte omnipolar, de intensidad nominal mínima 25 A, que permita su accionamiento manual y que esté dotado de elementos de protección contra sobrecarga y cortocircuitos (según ITC-BT-22). Tendrá poder de corte suficiente para la intensidad de cortocircuito que pueda producirse en el punto de su instalación, de 4,5 kA como mínimo. Este interruptor será independiente del interruptor de control de potencia.
- Un interruptor diferencial general, de intensidad asignada superior o igual a la del interruptor general, destinado a la protección contra contactos indirectos de todos los circuitos (según ITC-BT-24). Se cumplirá la siguiente condición:  
 $R_a \times I_a < U$  donde:
  - "R<sub>a</sub>" es la suma de las resistencias de la toma de tierra y de los conductores de protección de masas.
  - "I<sub>a</sub>" es la corriente que asegura el funcionamiento del dispositivo de protección (corriente diferencial-residual asignada).

- "U" es la tensión de contacto límite convencional (50 V en locales secos y 24 V en locales húmedos).
- Si por el tipo o carácter de la instalación se instalase un interruptor diferencial por cada circuito o grupo de circuitos, se podría prescindir del interruptor diferencial general, siempre que queden protegidos todos los circuitos. En el caso de que se instale más de un interruptor diferencial en serie, existirá una selectividad entre ellos.
- Todas las masas de los equipos eléctricos protegidos por un mismo dispositivo de protección, deben ser interconectadas y unidas por un conductor de protección a una misma toma de tierra.
- Dispositivos de corte omnipolar, destinados a la protección contra sobrecargas y cortocircuitos de cada uno de los circuitos interiores (según ITC-BT-22).
- Dispositivo de protección contra sobretensiones, según ITC-BT-23, si fuese necesario.

### 1.10.6 Instalaciones interiores

#### 1.10.6.1 Conductores

Los conductores y cables que se empleen en las instalaciones serán de cobre o aluminio y serán siempre aislados. La tensión asignada no será inferior a 450/750 V. La sección de los conductores a utilizar se determinará de forma que la caída de tensión entre el origen de la instalación interior y cualquier punto de utilización sea menor del 3 % para alumbrado y del 5 % para los demás usos.

El valor de la caída de tensión podrá compensarse entre la de la instalación interior (3-5 %) y la de la derivación individual (1,5 %), de forma que la caída de tensión total sea inferior a la suma de los valores límites especificados para ambas (4,5-6,5 %). Para instalaciones que se alimenten directamente en alta tensión, mediante un transformador propio, se considerará que la instalación interior de baja tensión tiene su origen en la salida del transformador, siendo también en este caso las caídas de tensión máximas admisibles del 4,5 % para alumbrado y del 6,5 % para los demás usos.

En instalaciones interiores, para tener en cuenta las corrientes armónicas debidas a cargas no lineales y posibles desequilibrios, salvo justificación por cálculo, la sección del conductor neutro será como mínimo igual a la de las fases. No se utilizará un mismo conductor neutro para varios circuitos.

Las intensidades máximas admisibles, se regirán en su totalidad por lo indicado en la Norma UNE 20.460-5-523 y su anexo Nacional.

Los conductores de protección tendrán una sección mínima igual a la fijada en la tabla siguiente:

Tabla 1.1 La sección mínima de los conductores de protección

| Sección conductores entre fase (mm <sup>2</sup> ) | Sección conductores protección (mm <sup>2</sup> ) |
|---|---|
| $S_f \leq 16$                                     | $S_f$   |
| $16 < S_f \leq 35$                                | 16  |
| $S_f > 35$  | $S_f/2$   |

### 1.10.6.2 Identificación de conductores

Los conductores de la instalación deben ser fácilmente identificables, especialmente por lo que respecta al conductor neutro y al conductor de protección. Esta identificación se realizará por los colores que presenten sus aislamientos. Cuando exista conductor neutro en la instalación o se prevea para un conductor de fase su pase posterior a conductor neutro, se identificarán estos por el color azul claro. Al conductor de protección se le identificará por el color verde-amarillo. Todos los conductores de fase, o en su caso, aquellos para los que no se prevea su pase posterior a neutro, se identificarán por los colores marrón, negro o gris.

### 1.10.6.3 Subdivisiones de las instalaciones

Las instalaciones se subdividirán de forma que las perturbaciones originadas por averías que puedan producirse en un punto de ellas, afecten solamente a ciertas partes de la instalación, por ejemplo a un sector del edificio, a una planta, a un solo local, etc., para lo cual los dispositivos de protección de cada circuito estarán adecuadamente coordinados y serán selectivos con los dispositivos generales de protección que les precedan.

Toda instalación se dividirá en varios circuitos, según las necesidades, a fin de:

- Evitar las interrupciones innecesarias de todo el circuito y limitar las consecuencias de un fallo.
- Facilitar las verificaciones, ensayos y mantenimientos.
- Evitar los riesgos que podrían resultar del fallo de un solo circuito que pudiera dividirse, como por ejemplo si solo hay un circuito de alumbrado.

### 1.10.6.4 Equilibrio de cargas

Para que se mantenga el mayor equilibrio posible en la carga de los conductores que forman parte de una instalación, se procurará que esta quede repartida entre sus fases o conductores polares.

### 1.10.6.5 Resistencia de aislamiento y rigidez dieléctrica

Las instalaciones deberán presentar una resistencia de aislamiento al menos igual a los valores indicados en la tabla siguiente:

Tabla 1.2 Resistencia de aislamiento

| Tensión nominal instalación | Tensión ensayo corriente continua (V) | Resistencia de aislamiento (M $\Omega$ ) |
|-----------------------------|---------------------------------------|--|
| MBTS o MBTP                 | 250                                   | $\geq 0,25$                              |
| $\leq 500$ V                | 500                                   | $\geq 0,50$                              |
| $> 500$ V                   | 1000                                  | $\geq 1,00$                              |

La rigidez dieléctrica será tal que, desconectados los aparatos de utilización (receptores), resista durante 1 minuto una prueba de tensión de  $2U + 1000$  V a frecuencia industrial, siendo U la tensión máxima de servicio expresada en voltios, y con un mínimo de 1.500 V.

Las corrientes de fuga no serán superiores, para el conjunto de la instalación o para cada uno de los circuitos en que esta pueda dividirse a efectos de su protección, a la

sensibilidad que presenten los interruptores diferenciales instalados como protección contra los contactos indirectos.

#### **1.10.6.6 Conexiones**

En ningún caso se permitirá la unión de conductores mediante conexiones y/o derivaciones por simple retorcimiento o arrollamiento entre sí de los conductores, sino que deberá realizarse siempre utilizando bornes de conexión montados individualmente o constituyendo bloques o regletas de conexión; puede permitirse asimismo, la utilización de bridas de conexión. Siempre deberán realizarse en el interior de cajas de empalme y/o de derivación.

Si se trata de conductores de varios alambres cableados, las conexiones se realizarán de forma que la corriente se reparta por todos los alambres componentes.

#### **1.10.6.7 Sistema de instalación**

##### **1.10.6.7.1 Prescripciones generales**

Varios circuitos pueden encontrarse en el mismo tubo o en el mismo compartimento de canal si todos los conductores están aislados para la tensión asignada más elevada.

En caso de proximidad de canalizaciones eléctricas con otras no eléctricas, se dispondrán de forma que entre las superficies exteriores de ambas se mantenga una distancia mínima de 3 cm. En caso de proximidad con conductos de calefacción, de aire caliente, vapor o humo, las canalizaciones eléctricas se establecerán de forma que no puedan alcanzar una temperatura peligrosa y, por consiguiente, se mantendrán separadas por una distancia conveniente o por medio de pantallas calorífugas.

Las canalizaciones eléctricas no se situarán por debajo de otras canalizaciones que puedan dar lugar a condensaciones, tales como las destinadas a conducción de vapor, de agua, de gas, etc., a menos que se tomen las disposiciones necesarias para proteger las canalizaciones eléctricas contra los efectos de estas condensaciones.

Las canalizaciones deberán estar dispuestas de forma que faciliten su maniobra, inspección y acceso a sus conexiones. Las canalizaciones eléctricas se establecerán de forma que mediante la conveniente identificación de sus circuitos y elementos, se pueda proceder en todo momento a reparaciones, transformaciones, etc.

En toda la longitud de los pasos de canalizaciones a través de elementos de la construcción, tales como muros, tabiques y techos, no se dispondrán empalmes o derivaciones de cables, estando protegidas contra los deterioros mecánicos, las acciones químicas y los efectos de la humedad.

Las cubiertas, tapas o envolventes, mandos y pulsadores de maniobra de aparatos tales como mecanismos, interruptores, bases, reguladores, etc, instalados en los locales húmedos o mojados, serán de material aislante.

##### **1.10.6.7.2 Conductores aislados bajo tubo protector**

Los cables utilizados serán de tensión asignada no inferior a 450/750 V.

El diámetro exterior mínimo de los tubos, en función del número y la sección de los conductores a conducir, se obtendrá de las tablas indicadas en la ITC-BT-21, así como las características mínimas según el tipo de instalación.

Para la ejecución de las canalizaciones bajo tubos protectores, se tendrán en cuenta las prescripciones generales siguientes:

- El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo líneas verticales y horizontales o paralelas a las aristas de las paredes que limitan el local donde se efectúa la instalación.
- Los tubos se unirán entre sí mediante accesorios adecuados a su clase que aseguren la continuidad de la protección que proporcionan a los conductores.
- Los tubos aislantes rígidos curvables en caliente podrán ser ensamblados entre sí en caliente, recubriendo el empalme con una cola especial cuando se precise una unión estanca.
- Las curvas practicadas en los tubos serán continuas y no originarán reducciones de sección inadmisibles. Los radios mínimos de curvatura para cada clase de tubo serán los especificados por el fabricante conforme a UNE-EN
- Será posible la fácil introducción y retirada de los conductores en los tubos después de colocarlos y fijados estos y sus accesorios, disponiendo para ello los registros que se consideren convenientes, que en tramos rectos no estarán separados entre sí más de 15 metros. El número de curvas en ángulo situadas entre dos registros consecutivos no será superior a 3. Los conductores se alojarán normalmente en los tubos después de colocados estos.
- Los registros podrán estar destinados únicamente a facilitar la introducción y retirada de los conductores en los tubos o servir al mismo tiempo como cajas de empalme o derivación.
- Las conexiones entre conductores se realizarán en el interior de cajas apropiadas de material aislante y no propagador de la llama. Si son metálicas estarán protegidas contra la corrosión. Las dimensiones de estas cajas serán tales que permitan alojar holgadamente todos los conductores que deban contener. Su profundidad será al menos igual al diámetro del tubo mayor más un 50 % del mismo, con un mínimo de 40 mm. Su diámetro o lado interior mínimo será de 60 mm. Cuando se quieran hacer estancas las entradas de los tubos en las cajas de conexión, deberán emplearse prensaestopas o racores adecuados.
- En los tubos metálicos sin aislamiento interior, se tendrá en cuenta la posibilidad de que se produzcan condensaciones de agua en su interior, para lo cual se elegirá convenientemente el trazado de su instalación, previendo la evacuación y estableciendo una ventilación apropiada en el interior de los tubos mediante el sistema adecuado, como puede ser, por ejemplo, el uso de una "T" de la que uno de los brazos no se empleara.
- Los tubos metálicos que sean accesibles deben ponerse a tierra. Su continuidad eléctrica deberá quedar convenientemente asegurada. En el caso de utilizar tubos metálicos flexibles, es necesario que la distancia entre dos puestas a tierra consecutivas de los tubos no exceda de 10 metros.
- No podrán utilizarse los tubos metálicos como conductores de protección o de neutro.

Cuando los tubos se instalen en montaje superficial, se tendrán en cuenta, además, las siguientes prescripciones:

- Los tubos se fijarán a las paredes o techos por medio de bridas o abrazaderas protegidas contra la corrosión y sólidamente sujetas. La distancia entre estas será, como máximo, de 0,50 metros. Se dispondrán fijaciones de una y otra parte en los cambios de dirección, en los empalmes y en la proximidad inmediata de las entradas en cajas o aparatos.
- Los tubos se colocarán adaptándose a la superficie sobre la que se instalan, curvándose o usando los accesorios necesarios.
- En alineaciones rectas, las desviaciones del eje del tubo respecto a la línea que une los puntos extremos no serán superiores al 2 por 100.
- Es conveniente disponer los tubos, siempre que sea posible, a una altura mínima de 2,50 metros sobre el suelo, con objeto de protegerlos de eventuales daños mecánicos.

Cuando los tubos se coloquen empotrados, se tendrán en cuenta, además, las siguientes prescripciones:

- En la instalación de los tubos en el interior de los elementos de la construcción, las rozas no pondrán en peligro la seguridad de las paredes o techos en que se practiquen. Las dimensiones de las rozas serán suficientes para que los tubos queden recubiertos por una capa de 1 centímetro de espesor, como mínimo. En los ángulos, el espesor de esta capa puede reducirse a 0,5 centímetros.
- No se instalarán entre forjado y revestimiento tubos destinados a la instalación eléctrica de las plantas inferiores.
- Para la instalación correspondiente a la propia planta, únicamente podrán instalarse, entre forjado y revestimiento, tubos que deberán quedar recubiertos por una capa de hormigón o mortero de 1 centímetro de espesor, como mínimo, además del revestimiento.
- En los cambios de dirección, los tubos estarán convenientemente curvados o bien provistos de codos o "T" apropiados, pero en este último caso sólo se admitirán los provistos de tapas de registro.
- Las tapas de los registros y de las cajas de conexión quedarán accesibles y desmontables una vez finalizada la obra. Los registros y cajas quedarán enrasados con la superficie exterior del revestimiento de la pared o techo cuando no se instalen en el interior de un alojamiento cerrado y practicable.
- En el caso de utilizarse tubos empotrados en paredes, es conveniente disponer los recorridos horizontales a 50 centímetros como máximo, de suelo o techos y los verticales a una distancia de los ángulos de esquinas no superior a 20 centímetros.

#### 1.10.6.7.3 Conductores aislados fijados directamente sobre paredes

Estas instalaciones se establecerán con cables de tensiones asignadas no inferiores a 0,6/1 kV, provistos de aislamiento y cubierta (se incluyen cables armados o con aislamiento mineral).

Para la ejecución de las canalizaciones se tendrán en cuenta las siguientes prescripciones:

- Se fijarán sobre las paredes por medio de bridas, abrazaderas, o collares de forma que no perjudiquen las cubiertas de los mismos.



- Con el fin de que los cables no sean susceptibles de doblarse por efecto de su propio peso, los puntos de fijación de los mismos estarán suficientemente próximos. La distancia entre dos puntos de fijación sucesivos, no excederá de 0,40 metros.
- Cuando los cables deban disponer de protección mecánica por el lugar y condiciones de instalación en que se efectúe la misma, se utilizarán cables armados. En caso de no utilizar estos cables, se establecerá una protección mecánica complementaria sobre los mismos.
- Se evitará curvar los cables con un radio demasiado pequeño y salvo prescripción en contra fijada en la Norma UNE correspondiente al cable utilizado, este radio no será inferior a 10 veces el diámetro exterior del cable.
- Los cruces de los cables con canalizaciones no eléctricas se podrán efectuar por la parte anterior o posterior a éstas, dejando una distancia mínima de 3 cm entre la superficie exterior de la canalización no eléctrica y la cubierta de los cables cuando el cruce se efectúe por la parte anterior de aquella.
- Los extremos de los cables serán estancos cuando las características de los locales o emplazamientos así lo exijan, utilizándose a este fin cajas u otros dispositivos adecuados. La estanqueidad podrá quedar asegurada con la ayuda de prensaestopas.
- Los empalmes y conexiones se harán por medio de cajas o dispositivos equivalentes provistos de tapas desmontables que aseguren a la vez la continuidad de la protección mecánica establecida, el aislamiento y la inaccesibilidad de las conexiones y permitiendo su verificación en caso necesario.

#### 1.10.6.7.4 Conductores aislados enterrados

Las condiciones para estas canalizaciones, en las que los conductores aislados deberán ir bajo tubo salvo que tengan cubierta y una tensión asignada 0,6/1kV, se establecerán de acuerdo con lo señalado en la Instrucciones ITC-BT-07 e ITC-BT-21.

#### 1.10.6.7.5 Conductores aislados directamente empotrados en estructuras

Para estas canalizaciones son necesarios conductores aislados con cubierta (incluidos cables armados o con aislamiento mineral). La temperatura mínima y máxima de instalación y servicio será de -5°C y 90°C respectivamente (polietileno reticulado o etileno-propileno).

#### 1.10.6.7.6 Conductores aislados en el interior de huecos de la construcción

Los cables utilizados serán de tensión asignada no inferior a 450/750 V.

Los cables o tubos podrán instalarse directamente en los huecos de la construcción con la condición de que sean no propagadores de la llama.

Los huecos en la construcción admisibles para estas canalizaciones podrán estar dispuestos en muros, paredes, vigas, forjados o techos, adoptando la forma de conductos continuos o bien estarán comprendidos entre dos superficies paralelas como en el caso de falsos techos o muros con cámaras de aire.

La sección de los huecos será, como mínimo, igual a cuatro veces la ocupada por los cables o tubos, y su dimensión más pequeña no será inferior a dos veces el diámetro exterior de mayor sección de estos, con un mínimo de 20 milímetros.

Las paredes que separen un hueco que contenga canalizaciones eléctricas de los locales inmediatos, tendrán suficiente solidez para proteger estas contra acciones previsibles.

Se evitarán, dentro de lo posible, las asperezas en el interior de los huecos y los cambios de dirección de los mismos en un número elevado o de pequeño radio de curvatura.

La canalización podrá ser reconocida y conservada sin que sea necesaria la destrucción parcial de las paredes, techos, etc., o sus guarnecidos y decoraciones.

Los empalmes y derivaciones de los cables serán accesibles, disponiéndose para ellos las cajas de derivación adecuadas.

Se evitará que puedan producirse infiltraciones, fugas o condensaciones de agua que puedan penetrar en el interior del hueco, prestando especial atención a la impermeabilidad de sus muros exteriores, así como a la proximidad de tuberías de conducción de líquidos, penetración de agua al efectuar la limpieza de suelos, posibilidad de acumulación de aquélla en partes bajas del hueco, etc.

#### 1.10.6.7.7 Conductores aislados bajo canales protectores

El canal protector es un material de instalación constituido por un perfil de paredes perforadas o no, destinado a alojar conductores o cables y cerrado por una tapa desmontable. Los cables utilizados serán de tensión asignada no inferior a 450/750 V.

Las canales protectoras tendrán un grado de protección IP4X y estarán clasificadas como "canales con tapa de acceso que solo pueden abrirse con herramientas". En su interior se podrán colocar mecanismos tales como interruptores, tomas de corriente, dispositivos de mando y control, etc, siempre que se fijen de acuerdo con las instrucciones del fabricante. También se podrán realizar empalmes de conductores en su interior y conexiones a los mecanismos.

Los canales protectores para aplicaciones no ordinarias deberán tener unas características mínimas de resistencia al impacto, de temperatura mínima y máxima de instalación y servicio, de resistencia a la penetración de objetos sólidos y de resistencia a la penetración de agua, adecuadas a las condiciones del emplazamiento al que se destina; asimismo los canales serán no propagadores de la llama. Dichas características serán conformes a las normas de la serie UNE-EN 50.085.

El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo preferentemente líneas verticales y horizontales o paralelas a las aristas de las paredes que limitan al local donde se efectúa la instalación.

Las canales con conductividad eléctrica deben conectarse a la red de tierra, su continuidad eléctrica quedará convenientemente asegurada.

La tapa de los canales quedará siempre accesible.

#### 1.10.6.7.8 Conductores aislados bajo monturas

Estas canalizaciones están constituidas por cables alojados en ranuras bajo molduras. Podrán utilizarse únicamente en locales o emplazamientos clasificados como secos, temporalmente húmedos o polvorientos. Los cables serán de tensión asignada no inferior a 450/750 V.

Las molduras cumplirán las siguientes condiciones:

- Las ranuras tendrán unas dimensiones tales que permitan instalar sin dificultad por ellas a los conductores o cables. En principio, no se colocará más de un conductor por ranura, admitiéndose, no obstante, colocar varios conductores siempre que pertenezcan al mismo circuito y la ranura presente dimensiones adecuadas para ello.
- La anchura de las ranuras destinadas a recibir cables rígidos de sección igual o inferior a 6 mm<sup>2</sup> serán, como mínimo, de 6 mm.

Para la instalación de las molduras se tendrá en cuenta:

- Las molduras no presentarán discontinuidad alguna en toda la longitud donde contribuyan a la protección mecánica de los conductores. En los cambios de dirección, los ángulos de las ranuras serán obtusos.
- Las canalizaciones podrán colocarse al nivel del techo o inmediatamente encima de los rodapiés. En ausencia de estos, la parte inferior de la moldura estará, como mínimo, a 10 cm por encima del suelo.
- En el caso de utilizarse rodapiés ranurados, el conductor aislado más bajo estará, como mínimo, a 1,5 cm por encima del suelo.
- Cuando no puedan evitarse cruces de estas canalizaciones con las destinadas a otro uso (agua, gas, etc.), se utilizará una moldura especialmente concebida para estos cruces o preferentemente un tubo rígido empotrado que sobresaldrá por una y otra parte del cruce. La separación entre dos canalizaciones que se crucen será, como mínimo de 1 cm en el caso de utilizar molduras especiales para el cruce y 3 cm, en el caso de utilizar tubos rígidos empotrados.
- Las conexiones y derivaciones de los conductores se hará mediante dispositivos de conexión con tornillo o sistemas equivalentes.
- Las molduras no estarán totalmente empotradas en la pared ni recubiertas por papeles, tapicerías o cualquier otro material, debiendo quedar su cubierta siempre al aire.
- Antes de colocar las molduras de madera sobre una pared, debe asegurarse que la pared está suficientemente seca; en caso contrario, las molduras se separarán de la pared por medio de un producto hidrófugo.

#### 1.10.6.7.9 Conductores aislados en bandeja o soporte de bandeja

Solo se utilizarán conductores aislados con cubierta (incluidos cables armados o con aislamiento mineral), unipolares o multipolares según norma UNE 20.460 -5-52.

#### 1.10.6.8 Protección contra sobreintensidad

Todo circuito estará protegido contra los efectos de las sobreintensidades que puedan presentarse en el mismo, para lo cual la interrupción de este circuito se realizará en un tiempo conveniente o estará dimensionado para las sobreintensidades previsibles.

Las sobreintensidades pueden estar motivadas por:

- Sobrecargas debidas a los aparatos de utilización o defectos de aislamiento de gran impedancia.

- Cortocircuitos.
- Descargas eléctricas atmosféricas.

Protección contra sobrecargas, el límite de intensidad de corriente admisible en un conductor ha de quedar en todo caso garantizada por el dispositivo de protección utilizado. El dispositivo de protección podrá estar constituido por un interruptor automático de corte omnipolar con curva térmica de corte, o por cortacircuitos fusibles calibrados de características de funcionamiento adecuadas.

Protección contra cortocircuitos, en el origen de todo circuito se establecerá un dispositivo de protección contra cortocircuitos cuya capacidad de corte estará de acuerdo con la intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en el punto de su conexión. Se admite, no obstante, que cuando se trate de circuitos derivados de uno principal, cada uno de estos circuitos derivados disponga de protección contra sobrecargas, mientras que un solo dispositivo general pueda asegurar la protección contra cortocircuitos para todos los circuitos derivados. Se admiten como dispositivos de protección contra cortocircuitos los fusibles calibrados de características de funcionamiento adecuadas y los interruptores automáticos con sistema de corte omnipolar.

La norma UNE 20.460 -4-43 recoge todos los aspectos requeridos para los dispositivos de protección. La norma UNE 20.460 -4-473 define la aplicación de las medidas de protección expuestas en la norma UNE 20.460 -4-43 según sea por causa de sobrecargas o cortocircuito, señalando en cada caso su emplazamiento u omisión.

#### 1.10.6.9 Protección contra sobretensión

Las categorías indican los valores de tensión soportada a la onda de choque de sobretensión que deben de tener los equipos, determinando, a su vez, el valor límite máximo de tensión residual que deben permitir los diferentes dispositivos de protección de cada zona para evitar el posible daño de dichos equipos.

Se distinguen 4 categorías diferentes, indicando en cada caso el nivel de tensión soportada a impulsos, en kV, según la tensión nominal de la instalación.

Tabla 1.3 Categoría que indique el nivel de tensión suportado a impulso

| Tensión nominal de la instalación |                    | Tensión soportada a impulso 1,2/50 (kV) |               |              |             |
|-----------------------------------|--------------------|---|---------------|--------------|-------------|
| Sistema trifásico                 | Sistema monofásico | Categoría IV                            | Categoría III | Categoría II | Categoría I |
| 230/400                           | --                 | 6                                       | 4             | 2,5          | 1,5         |
| 400/690/1000                      | --                 | 8                                       | 6             | 4            | 2,5         |

#### Categoría I

Se aplica a los equipos muy sensibles a las sobretensiones y que están destinados a ser conectados a la instalación eléctrica fija (ordenadores, equipos electrónicos muy sensibles, etc). En este caso, las medidas de protección se toman fuera de los equipos a proteger, ya sea en la instalación fija o entre la instalación fija y los equipos, con objeto de limitar las sobretensiones a un nivel específico.

#### Categoría II

Se aplica a los equipos destinados a conectarse a una instalación eléctrica fija (electrodomésticos, herramientas portátiles y otros equipos similares).

#### Categoría III

Se aplica a los equipos y materiales que forman parte de la instalación eléctrica fija y a otros equipos para los cuales se requiere un alto nivel de fiabilidad (armarios de distribución, embarrados, aparatos: interruptores, seccionadores, tomas de corriente, etc, canalizaciones y sus accesorios: cables, caja de derivación, etc... y, motores con conexión eléctrica fija: ascensores, máquinas industriales, etc).

#### Categoría IV

Se aplica a los equipos y materiales que se conectan en el origen o muy próximos al origen de la instalación, aguas arriba del cuadro de distribución (contadores de energía, aparatos de teledistribución, equipos principales de protección contra sobretensiones, etc).

#### **1.10.6.10 Medidas para el control de las tensiones**

Se pueden presentar dos situaciones diferentes:

- Situación natural: cuando no es preciso la protección contra las sobretensiones transitorias, pues se prevé un bajo riesgo de sobretensiones en la instalación (debido a que está alimentada por una red subterránea en su totalidad). En este caso se considera suficiente la resistencia a las sobretensiones de los equipos indicada en la tabla de categorías, y no se requiere ninguna protección suplementaria contra las sobretensiones transitorias.
- Situación controlada: cuando es preciso la protección contra las sobretensiones transitorias en el origen de la instalación, pues la instalación se alimenta por, o incluye, una línea aérea con conductores desnudos o aislados.

También se considera situación controlada aquella situación natural en que es conveniente incluir dispositivos de protección para una mayor seguridad (continuidad de servicio, valor económico de los equipos, pérdidas irreparables, etc.).

Los dispositivos de protección contra sobretensiones de origen atmosférico deben seleccionarse de forma que su nivel de protección sea inferior a la tensión soportada a impulso de la categoría de los equipos y materiales que se prevé que se vayan a instalar.

Los descargadores se conectarán entre cada uno de los conductores, incluyendo el neutro o compensador y la tierra de la instalación.

#### **1.10.6.11 Selección de los materiales de la instalación**

Los equipos y materiales deben escogerse de manera que su tensión soportada a impulsos no sea inferior a la tensión soportada prescrita en la tabla anterior, según su categoría.

Los equipos y materiales que tengan una tensión soportada a impulsos inferior a la indicada en la tabla, se pueden utilizar, no obstante:

- En situación natural, cuando el riesgo sea aceptable.
- En situación controlada, si la protección contra las sobretensiones es adecuada.

### 1.10.7 Protección contra contacto

#### 1.10.7.1 Protección contra contacto directo

Protección por aislamiento de las partes activas.

Las partes activas deberán estar recubiertas de un aislamiento que no pueda ser eliminado más que destruyéndolo.

Protección por medio de barreras o envolventes.

Las partes activas deben estar situadas en el interior de las envolventes o detrás de barreras que posean, como mínimo, el grado de protección IP XXB, según UNE20.324. Si se necesitan aberturas mayores para la reparación de piezas o para el buen funcionamiento de los equipos, se adoptarán precauciones apropiadas para impedir que las personas o animales domésticos toquen las partes activas y se garantizará que las personas sean conscientes del hecho de que las partes activas no deben ser tocadas voluntariamente.

Las superficies superiores de las barreras o envolventes horizontales que sean fácilmente accesibles deben responder como mínimo al grado de protección IP4X o IP XXD.

Las barreras o envolventes deben fijarse de manera segura y ser de una robustez y durabilidad suficientes para mantener los grados de protección exigidos, con una separación suficiente de las partes activas en las condiciones normales de servicio, teniendo en cuenta las influencias externas.

Cuando sea necesario suprimir las barreras, abrir las envolventes o quitar partes de éstas, esto no debe ser posible más que:

- Bien con la ayuda de una llave o de una herramienta;
- bien, después de quitar la tensión de las partes activas protegidas por estas barreras o estas envolventes, no pudiendo ser restablecida la tensión hasta después de volver a colocar las barreras o las envolventes;
- bien, si hay interpuesta una segunda barrera que posee como mínimo el grado de protección IP2X o IP XXB, que no pueda ser quitada más que con la ayuda de una llave o de una herramienta y que impida todo contacto con las partes activas.

Protección complementaria por dispositivos de corriente diferencial-residual.

Esta medida de protección está destinada solamente a complementar otras medidas de protección contra los contactos directos.

El empleo de dispositivos de corriente diferencial-residual, cuyo valor de corriente diferencial asignada de funcionamiento sea inferior o igual a 30 mA, se reconoce como medida de protección complementaria en caso de fallo de otra medida de protección contra los contactos directos o en caso de imprudencia de los usuarios.

#### 1.10.7.2 Protección contra contactos indirectos

La protección contra contactos indirectos se conseguirá mediante "corte automático de la alimentación". Esta medida consiste en impedir, después de la aparición de un fallo, que una tensión de contacto de valor suficiente se mantenga durante un tiempo tal que pueda dar como resultado un riesgo. La tensión límite convencional es igual a 50 V, valor eficaz en corriente alterna, en condiciones normales y a 24 V en locales húmedos.

Todas las masas de los equipos eléctricos protegidos por un mismo dispositivo de protección, deben ser interconectadas y unidas por un conductor de protección a una misma toma de tierra. El punto neutro de cada generador o transformador debe ponerse a tierra.

Se cumplirá la siguiente condición:

- $R_a \times I_a < U$ , donde:
  - $R_a$  es la suma de las resistencias de la toma de tierra y de los conductores de protección de masas.
  - $I_a$  es la corriente que asegura el funcionamiento automático del dispositivo de protección. Cuando el dispositivo de protección es un dispositivo de corriente diferencial-residual es la corriente diferencial-residual asignada.
  - $U$  es la tensión de contacto límite convencional (50 ó 24V).

### 1.10.8 Puesta a tierra

Las puestas a tierra se establecen principalmente con el objetivo de limitar la tensión que, con respecto a tierra, puedan presentar en un momento dado las masas metálicas, asegurar la actuación de las protecciones y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en los materiales eléctricos utilizados.

La puesta o conexión a tierra es la unión eléctrica directa, sin fusibles ni protección alguna, de una parte del circuito eléctrico o de una parte conductora no perteneciente al mismo, mediante una toma de tierra con un electrodo o grupo de electrodos enterrados en el suelo.

Mediante la instalación de puesta a tierra se deberá conseguir que en el conjunto de instalaciones, edificios y superficies próximas al terreno no aparezcan diferencias de potencial peligrosas y que, al mismo tiempo, permita el paso a tierra de las corrientes de defecto o las de descarga de origen atmosférico.

La elección e instalación de los materiales que aseguren la puesta a tierra deben ser tales que:

- El valor de la resistencia de puesta a tierra esté conforme con las normas de protección y de funcionamiento de la instalación y se mantenga de esta manera a lo largo del tiempo.
- Las corrientes de defecto a tierra y las corrientes de fuga puedan circular sin peligro, particularmente desde el punto de vista de sollicitaciones térmicas, mecánicas y eléctricas.
- La solidez o la protección mecánica quede asegurada con independencia de las condiciones estimadas de influencias externas.
- Contemplen los posibles riesgos debidos a electrólisis que pudieran afectar a otras partes metálicas.

#### 1.10.8.1 Uniones a tierra

Tomas de tierra.

Para la toma de tierra se pueden utilizar electrodos formados por:

- barras, tubos;

- pletinas, conductores desnudos;
- placas;
- anillos o mallas metálicas constituidos por los elementos anteriores o sus combinaciones;
- armaduras de hormigón enterradas; con excepción de las armaduras pretensadas;
- otras estructuras enterradas que se demuestre que son apropiadas.

Los conductores de cobre utilizados como electrodos serán de construcción y resistencia eléctrica según la clase 2 de la norma UNE 21.022.

El tipo y la profundidad de enterramiento de las tomas de tierra deben ser tales que la posible pérdida de humedad del suelo, la presencia del hielo u otros efectos climáticos, no aumenten la resistencia de la toma de tierra por encima del valor previsto. La profundidad nunca será inferior a 0,50 m.

Conductores de tierra.

La sección de los conductores de tierra, cuando estén enterrados, deberán estar de acuerdo con los valores indicados en la tabla siguiente. La sección no será inferior a la mínima exigida para los conductores de protección.

Tabla 1.4 Sección de los conductores de tierra

| Tipo                             | Protegido mecánicamente                            | No protegido mecánicamente                                    |
|----------------------------------|--|---|
| Protegido contra la corrosión    | Iguala a conductores protección apdo 7.71          | 16 mm <sup>2</sup> Cu<br>16 mm <sup>2</sup> Acero Galvanizado |
| No protegido contra la corrosión | 25 mm <sup>2</sup> Cu<br>50 mm <sup>2</sup> Hierro | 25 mm <sup>2</sup> Cu<br>50 mm <sup>2</sup> Hierro            |

\* La protección contra la corrosión puede obtenerse mediante una envolvente.

Durante la ejecución de las uniones entre conductores de tierra y electrodos de tierra debe extremarse el cuidado para que resulten eléctricamente correctas. Debe cuidarse, en especial, que las conexiones, no dañen ni a los conductores ni a los electrodos de tierra.

Bornes de puesta a tierra.

En toda instalación de puesta a tierra debe preverse un borne principal de tierra, al cual deben unirse los conductores siguientes:

- Los conductores de tierra.
- Los conductores de protección.
- Los conductores de unión equipotencial principal.
- Los conductores de puesta a tierra funcional, si son necesarios.

Debe preverse sobre los conductores de tierra y en un lugar accesible, un dispositivo que permita medir la resistencia de la toma de tierra correspondiente. Este dispositivo puede estar combinado con el borne principal de tierra, debe ser desmontable necesariamente



por medio de un útil, tiene que ser mecánicamente seguro y debe asegurar la continuidad eléctrica.

Conductores de protección.

Los conductores de protección sirven para unir eléctricamente las masas de una instalación con el borne de tierra, con el fin de asegurar la protección contra contactos indirectos.

Los conductores de protección tendrán una sección mínima igual a la fijada en la tabla siguiente:

**Tabla 1.5** La sección mínima de los conductores de protección

| Sección conductores entre fase (mm <sup>2</sup> ) | Sección conductores protección (mm <sup>2</sup> ) |
|---|---|
| $S_f \leq 16$                                     | $S_f$   |
| $16 < S_f \leq 35$                                | 16  |
| $S_f > 35$  | $S_f/2$   |

En todos los casos, los conductores de protección que no forman parte de la canalización de alimentación serán de cobre con una sección, al menos de:

- 2,5 mm<sup>2</sup>, si los conductores de protección disponen de una protección mecánica.
- 4 mm<sup>2</sup>, si los conductores de protección no disponen de una protección mecánica.

Como conductores de protección pueden utilizarse:

- conductores en los cables multiconductores,
- conductores aislados o desnudos que posean una envolvente común con los conductores activos,
- conductores separados desnudos o aislados.

Ningún aparato deberá ser intercalado en el conductor de protección. Las masas de los equipos a unir con los conductores de protección no deben ser conectadas en serie en un circuito de protección.

#### **1.10.8.2 Conductividad de equipotencialidad**

El conductor principal de equipotencialidad debe tener una sección no inferior a la mitad de la del conductor de protección de sección mayor de la instalación, con un mínimo de 6 mm<sup>2</sup>. Sin embargo, su sección puede ser reducida a 2,5 mm<sup>2</sup> si es de cobre.

La unión de equipotencialidad suplementaria puede estar asegurada, bien por elementos conductores no desmontables, tales como estructuras metálicas no desmontables, bien por conductores suplementarios, o por combinación de los dos.

#### **1.10.8.3 Resistencia de las tomas de tierra**

Se considerará independiente una toma de tierra respecto a otra, cuando una de las tomas de tierra, no alcance, respecto a un punto de potencial cero, una tensión superior a 50 V cuando por la otra circula la máxima corriente de defecto a tierra prevista.

#### **1.10.8.4 Separación entre tomas de tierra de las masas de las instalaciones de utilización y de las masas de un C.T.**

Se verificará que las masas puestas a tierra en una instalación de utilización, así como los conductores de protección asociados a estas masas o a los relés de protección de masa, no están unidas a la toma de tierra de las masas de un centro de transformación, para evitar que durante la evacuación de un defecto a tierra en el centro de transformación, las masas de la instalación de utilización puedan quedar sometidas a tensiones de contacto peligrosas. Si no se hace el control de independencia indicando anteriormente (50 V), entre la puesta a tierra de las masas de las instalaciones de utilización respecto a la puesta a tierra de protección o masas del centro de transformación, se considerará que las tomas de tierra son eléctricamente independientes cuando se cumplan todas y cada una de las condiciones siguientes:

- No exista canalización metálica conductora (cubierta metálica de cable no aislada especialmente, canalización de agua, gas, etc.) que una la zona de tierras del centro de transformación con la zona en donde se encuentran los aparatos de utilización.
- La distancia entre las tomas de tierra del centro de transformación y las tomas de tierra u otros elementos conductores enterrados en los locales de utilización es al menos igual a 15 metros para terrenos cuya resistividad no sea elevada (<100 ohmios.m). Cuando el terreno sea muy mal conductor, la distancia deberá ser calculada.
- El centro de transformación está situado en un recinto aislado de los locales de utilización o bien, si esta contiguo a los locales de utilización o en el interior de los mismos, está establecido de tal manera que sus elementos metálicos no están unidos eléctricamente a los elementos metálicos constructivos de los locales de utilización.

Solo se podrán unir la puesta a tierra de la instalación de utilización (edificio) y la puesta a tierra de protección (masas) del centro de transformación, si el valor de la resistencia de puesta a tierra única es lo suficientemente baja para que se cumpla que en el caso de evacuar el máximo valor previsto de la corriente de defecto a tierra ( $I_d$ ) en el centro de transformación, el valor de la tensión de defecto ( $V_d = I_d \times R_t$ ) sea menor que la tensión de contacto máxima aplicada.

#### **1.10.8.5 Revisión de la tomas de tierra**

Por la importancia que ofrece, desde el punto de vista de la seguridad cualquier instalación de toma de tierra, deberá ser obligatoriamente comprobada por el Director de la Obra o Instalador Autorizado en el momento de dar de alta la instalación para su puesta en marcha o en funcionamiento.

Personal técnicamente competente efectuará la comprobación de la instalación de puesta a tierra, al menos anualmente, en la época en la que el terreno esté más seco. Para ello, se medirá la resistencia de tierra, y se repararán con carácter urgente los defectos que se encuentren.

En los lugares en que el terreno no sea favorable a la buena conservación de los electrodos, estos y los conductores de enlace entre ellos hasta el punto de puesta a tierra, se pondrán al descubierto para su examen, al menos una vez cada cinco años

### 1.10.9 Receptores de alumbrado

Las luminarias serán conformes a los requisitos establecidos en las normas de la serie UNE-EN 60598.

La masa de las luminarias suspendidas excepcionalmente de cables flexibles no deben exceder los 5 kg. Los conductores, que deben ser capaces de soportar este peso, no deben presentar empalmes intermedios y el esfuerzo deberá realizarse sobre un elemento distinto del borne de conexión.

Las partes metálicas accesibles de las luminarias que no sean de Clase II o Clase III, deberán tener un elemento de conexión para su puesta a tierra, que irá conectado de manera fiable y permanente al conductor de protección del circuito.

El uso de lámparas de gases con descargas a alta tensión (neón, etc), se permitirá cuando su ubicación esté fuera del volumen de accesibilidad o cuando se instalen barreras o envolventes separadoras.

En instalaciones de iluminación con lámparas de descarga realizadas en locales en los que funcionen máquinas con movimiento alternativo o rotatorio rápido, se deberán tomar las medidas necesarias para evitar la posibilidad de accidentes causados por ilusión óptica originada por el efecto estroboscópico.

Los circuitos de alimentación estarán previstos para transportar la carga debida a los propios receptores, a sus elementos asociados y a sus corrientes armónicas y de arranque. Para receptores con lámparas de descarga, la carga mínima prevista en voltiamperios será de 1,8 veces la potencia en vatios de las lámparas. En el caso de distribuciones monofásicas, el conductor neutro tendrá la misma sección que los de fase. Será aceptable un coeficiente diferente para el cálculo de la sección de los conductores, siempre y cuando el factor de potencia de cada receptor sea mayor o igual a 0,9 y si se conoce la carga que supone cada uno de los elementos asociados a las lámparas y las corrientes de arranque, que tanto éstas como aquéllos puedan producir. En este caso, el coeficiente será el que resulte.

En el caso de receptores con lámparas de descarga será obligatoria la compensación del factor de potencia hasta un valor mínimo de 0,9.

En instalaciones con lámparas de muy baja tensión (p.e. 12 V) debe preverse la utilización de transformadores adecuados, para asegurar una adecuada protección térmica, contra cortocircuitos y sobrecargas y contra los choques eléctricos.

Para los rótulos luminosos y para instalaciones que los alimentan con tensiones asignadas de salida en vacío comprendidas entre 1 y 10 kV se aplicará lo dispuesto en la norma UNE-EN 50.107.

### 1.10.10 Receptores a motor

Los motores deben instalarse de manera que la aproximación a sus partes en movimiento no pueda ser causa de accidente. Los motores no deben estar en contacto con materias fácilmente combustibles y se situarán de manera que no puedan provocar la ignición de estas.

Los conductores de conexión que alimentan a un solo motor deben estar dimensionados para una intensidad del 125 % de la intensidad a plena carga del motor. Los conductores de conexión que alimentan a varios motores, deben estar dimensionados para una

intensidad no inferior a la suma del 125 % de la intensidad a plena carga del motor de mayor potencia, más la intensidad a plena carga de todos los demás.

Los motores deben estar protegidos contra cortocircuitos y contra sobrecargas en todas sus fases, debiendo esta última protección ser de tal naturaleza que cubra, en los motores trifásicos, el riesgo de la falta de tensión en una de sus fases. En el caso de motores con arrancador estrella-triángulo, se asegurará la protección, tanto para la conexión en estrella como en triángulo.

Los motores deben estar protegidos contra la falta de tensión por un dispositivo de corte automático de la alimentación, cuando el arranque espontáneo del motor, como consecuencia del restablecimiento de la tensión, pueda provocar accidentes, o perjudicar el motor, de acuerdo con la norma UNE 20.460 -4-45.

Los motores deben tener limitada la intensidad absorbida en el arranque, cuando se pudieran producir efectos que perjudicasen a la instalación u ocasionasen perturbaciones inaceptables al funcionamiento de otros receptores o instalaciones.

En general, los motores de potencia superior a 0,75 kilovatios deben estar provistos de reóstatos de arranque o dispositivos equivalentes que no permitan que la relación de corriente entre el período de arranque y el de marcha normal que corresponda a su plena carga, según las características del motor que debe indicar su placa, sea superior a la señalada en la tabla siguiente:

**Tabla 1.6 Relación entre la potencia del motor y tipo de protección necesaria**

| Potencia del motor | Relación de corriente entre el período de arranque y el de marcha normal |
|--------------------|--|
| 0.75 kW a 1,5 kW   | 4,5  |
| 1,5 kW a 5 kW      | 3  |
| 5 kW a 15 kW       | 2  |
| Más de 15 kW       | 1,5  |

#### **1.10.11 Demanda de potencia**

La instalación de baja tensión está dividida en tres zonas:

- Zona 1 que coincide con el área reservada para oficinas y salas de reuniones en la planta baja. Cuyos receptores pertenecen al subcuadro uno o C.S 1
- Zona 2 que coincide con el área reservada para oficinas y salas de reuniones en la planta alta. Cuyos receptores pertenecen al subcuadro dos o C.S 2
- Zona 3 que coincide con el área reservada para el taller prevista para entrada, tratamiento y salida del material. Cuyos receptores pertenecen al subcuadro nave uno o C.S NAVE

Tabla 1.7 Resumen de la demanda de potencia

|          |          |
|----------|----------|
| C.S 1    | 45536 W  |
| C.S 2    | 28278 W  |
| C.S NAVE | 61080 W  |
| B.C      | 21600 W  |
| M.P 1    | 1500 W   |
| M.P 2    | 15000 W  |
| Total    | 159494 W |

Potencia Instalada Alumbrado (W): 46554 W

Potencia Instalada Fuerza (W): 112940 W

Potencia Máxima Admisible (W): 180682.25 W

#### 1.10.11.1 Zona 1

La potencia instalada en la zona 1 se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 1.8 La potencia instalada correspondiente al C.S 1

| Nombre de la línea | Descripción de la línea | Potencia de la línea |
|--------------------|-------------------------|----------------------|
| L 1                | Luminarias              | 628 W                |
| E 1                | Luminarias              | 628 W                |
| L 4                | Luminarias              | 864 W                |
| L 7                | Luminarias              | 792 W                |
| E 4                | Luminarias              | 864 W                |
| L 2                | Luminarias              | 624 W                |
| E 2                | Luminarias              | 624 W                |
| L 5                | Luminarias              | 864 W                |
| E 5                | Luminarias              | 864 W                |
| L 3                | Luminarias              | 1656 W               |
| E 3                | Luminarias              | 1656 W               |
| L 6                | Luminarias              | 866 W                |
| E 6                | Luminarias              | 866 W                |
| L 8                | Luminarias              | 600 W                |
| S.A 1              | Toma de corriente       | 6500 W               |
| T.C 1              | Toma de corriente       | 3520 W               |
| T.C 2              | Toma de corriente       | 3520W                |
| T.C 3              | Toma de corriente       | 3520 W               |

|         |                   |         |
|---------|-------------------|---------|
| T.C 4   | Toma de corriente | 3520W   |
| T.C 5   | Toma de corriente | 3520 W  |
| T.C 6   | Toma de corriente | 3520 W  |
| AC.PB   | Toma de corriente | 1500 W  |
| F.B 1   | Fancoil           | 100 W   |
| F.SR.PB | Fancoil           | 100 W   |
| F.O     | Fancoil           | 100 W   |
| F.B 2   | Fancoil           | 100 W   |
| F.B 3   | Fancoil           | 100 W   |
| Total   |                   | 45536 W |

Potencia Instalada Alumbrado (W): 12896 W

Potencia Instalada Fuerza (W): 32640 W

### 1.10.12 Zona 2

La potencia instalada en la zona 2 se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 1.9 La potencia instalada correspondiente al C.S 2

| Nombre de la línea | Descripción de la línea | Potencia de la línea |
|--------------------|-------------------------|----------------------|
| L 9                | Luminarias              | 858 W                |
| L 10               | Luminarias              | 858 W                |
| L 11               | Luminarias              | 864 W                |
| L 12               | Luminarias              | 864 W                |
| L 13               | Luminarias              | 864 W                |
| L 14               | Luminarias              | 850 W                |
| T.C 8              | Toma de corriente       | 3520 W               |
| T. C 9             | Toma de corriente       | 3520 W               |
| T.C 10             | Toma de corriente       | 3520 W               |
| T.C 11             | Toma de corriente       | 3520 W               |
| T.C 12             | Toma de corriente       | 3520 W               |
| T.C 13             | Toma de corriente       | 3520 W               |
| AC. PA             | Toma de corriente       | 1500 W               |
| FA 1               | Fancoil                 | 100 W                |
| F. SR. PA          | Fancoil                 | 100 W                |
| FO 2               | Fancoil                 | 100 W                |
| FA 2               | Fancoil                 | 100 W                |

|       |         |         |
|-------|---------|---------|
| FA 3  | Fancoil | 100 W   |
| Total | Fancoil | 28278 W |

Potencia Instalada Alumbrado (W): 5658 W

Potencia Instalada Fuerza (W): 22620 W

### 1.10.12.1 Zona 3

La potencia instalada en la zona 3 se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 1.10 La potencia instalada correspondiente al C.S Nave

| Nombre de la línea | Descripción de la línea | Potencia de la línea |
|--------------------|-------------------------|----------------------|
| LN 1               | Luminarias              | 2800 W               |
| LN 3               | Luminarias              | 1600 W               |
| EN 1               | Luminarias              | 2800 W               |
| LN 2               | Luminarias              | 1600 W               |
| LN 4               | Luminarias              | 1600 W               |
| LN 6               | Luminarias              | 2400 W               |
| EN 2               | Luminarias              | 1600 W               |
| LN 5               | Luminarias              | 1600 W               |
| LN 7               | Luminarias              | 2400 W               |
| LN 8               | Luminarias              | 1600 W               |
| EN 3               | Luminarias              | 1600 W               |
| LN 9               | Luminarias              | 3200 W               |
| LN 10              | Luminarias              | 3200 W               |
| T.C.N 1            | Toma de corriente       | 3520 W               |
| T.C.N 2            | Toma de corriente       | 3520 W               |
| T.C.N 3            | Toma de corriente       | 3520 W               |
| P 1                | Motor                   | 1500 W               |
| A.C NAVE           | Toma de corriente       | 1500 W               |
| T.C.N 4            | Toma de corriente       | 3520 W               |
| P 2                | Motor                   | 1500 W               |
| P 3                | Motor                   | 1500 W               |
| C.S NAVE PG 1      | Motor                   | 6500 W               |
| C.S NAVE PG 2      | Motor                   | 6500 W               |

Potencia Instalada Alumbrado (W): 28000 W

Potencia Instalada Fuerza (W): 33080 W

Además de estos receptores conectados directamente al cuadro general de mando y protección se encuentra una bomba de calor (B.C) con una potencia instalada 21600 W y una potencia de cálculo de 2700 W ( $21600 \times 1.25 = 27000$ ), un motor con una potencia instalada de 1500 W y una potencia de cálculo de 1875 W ( $1500 \times 1.25 = 1875$ ) y otro motor de características similares.

## 1.11 El centro de transformación

### 1.11.1 Objetivo

El principal objetivo de este proyecto es mencionar las condiciones de ejecución, técnicas y económicas de un centro de transformación con características normativizadas y con el fin de suministrar energía eléctrica en baja tensión.

### 1.11.2 Reglamento a seguir

A la hora de elaborar este proyecto ha sido consultada la siguiente normativa:

- Real Decreto 337/2014 de 9 de mayo. Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión.
- ITC-RAT 01 a 23
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto. Reglamento electrotécnico para baja tensión e instrucciones técnicas complementarias.
- Ley 24/2013 de 26 de diciembre de Regulación del Sector Eléctrico.
- Normas UNE/IEC y Recomendaciones UNESA.
- Normas particulares de la compañía suministradora
- Especificación técnica de Iberdrola NI.50.42.11 "Celdas de alta tensión bajo envolvente metálica hasta 36 kV, prefabricadas, con dieléctrico de SF6, para CT "
- Normas UNE y recomendaciones UNESA
- Condiciones impuestas por los Organismos Públicos afectados
- Ordenanzas municipales del Ayuntamiento donde se ejecuta el proyecto
- Condiciones emitidas por organismos afectados por las instalaciones
- Cualquier otra normativa y reglamento de obligado cumplimiento para este tipo de instalaciones.

### 1.11.3 Características generales del centro de transformación

El centro de transformación será de tipo compacto con aparellaje de celdas prefabricadas bajo envolvente metálica según norma UNE-EN 62271-200.

La acometida al mismo será subterránea, alimentándose desde el centro de seccionamiento a una tensión de servicio de 20 kV y una frecuencia de 50 Hz siendo la Compañía Eléctrica suministradora IBERDROLA.

Las celdas que se emplearán son de la serie R6 de Schneider Electric, un conjunto de celdas compactas equipadas con aparataje de alta tensión, bajo envolvente metálica con aislamiento integral, la tensión máxima admisible es de hasta 20 kV, acorde con la normativa: UNE-E ISO 90-3, UNE-EN 60420, UNE-EN 62271-102, UNE-EN 60265-1, UNE-EN



62271-200, UNE-EN 62271-105, IEC 62271-103, UNE-EN 62271-102, UNESA Recomendación 6407 B.

Toda la aparatación está en el interior de una cuba metálica estanca rellena de hexafluoruro de azufre a una presión relativa de 0,1 bar más alta que la atmosférica, sellada de por vida y en acuerdo con la norma UNE-EN 62271-1.

#### **1.11.3.1 Característica celdas RM6**

Las celdas a emplear serán de la serie RM6 de Schneider Electric, un conjunto de celdas compactas equipadas con aparatación de alta tensión, bajo envolvente única metálica con aislamiento integral, para una tensión admisible hasta 24 kV, acorde a las siguientes normativas:

- UNE-ISO 90-3, UNE-EN 60420.
- UNE-EN 62271-102, UNE-EN 60265-1.
- UNE-EN 62271-200, UNE-EN 62271-105, IEC 62271-103, UNE-EN 62271-102.
- UNESA Recomendación 6407 B

Toda la aparatación estará agrupada en el interior de una cuba metálica estanca rellena de hexafluoruro de azufre con una presión relativa de 0.1 bar (sobre la presión atmosférica), sellada de por vida y acorde a la norma UNE-EN 62271-1.

#### **1.11.3.2 Características celdas SM6**

Las celdas a emplear serán de la serie SM6 de Schneider Electric, celdas modulares de aislamiento en aire equipadas de aparellaje fijo que utiliza el hexafluoruro de azufre como elemento de corte y extinción de arco.

Responderán en su concepción y fabricación a la definición de aparatación bajo envolvente metálica compartimentada de acuerdo con la norma UNE-EN 62271-200.

Los compartimentos diferenciados serán los siguientes:

- Compartimento de aparellaje.
- Compartimento del juego de barras.
- Compartimento de conexión de cables.
- Compartimento de mando.
- Compartimento de control.

#### **1.11.3.3 Descripción del local**

El Centro estará ubicado en una caseta independiente destinada únicamente a esta finalidad.

La caseta será de construcción prefabricada de hormigón tipo M110CT1DPF con dos puertas peatonales de Schneider Electric, de dimensiones 6.310 x 2.560 y altura vista 2620 mm, cuyas características se describen en esta memoria.

El C.T. estará dividido en dos zonas: una, llamada zona de Compañía y otra, llamada zona de Abonado. La zona de Compañía contendrá las celdas de entrada y salida, así como la de seccionamiento si la hubiera. El acceso a esta zona estará restringido al personal de la Cía Eléctrica, y se realizará a través de una puerta peatonal cuya cerradura estará

normalizada por la Cía Eléctrica. La zona de Abonado contendrá el resto de celdas del C.T. y su acceso estará restringido al personal de la Cía Eléctrica y al personal de mantenimiento especialmente autorizado.

#### 1.11.3.3.1 Componentes del local

Se tratará de una construcción prefabricada de hormigón de la serie Modular de Schneider Electric formada por los elementos siguientes:

- Base, será una cubeta prefabricada de hormigón armado con mallazo electrosoldado de varilla de acero y vibrado por medio de aguja. Esta base se colocará en un foso del terreno, cuyas dimensiones se indican en el plano adjunto, y en cuyo fondo, a fin de obtener un lecho elástico, se colocará una capa nivelada de arena lavada de 15 cm. de espesor. En la base irán dispuestos orificios para la entrada y salida de cables, tanto de B.T. como de A.T., y, en la zona inmediata inferior de la posición del transformador, se colocará una cuba de recogida de aceite, si el transformador lo requiere. Si el edificio prefabricado consta de más de una base, éstas se atornillarán entre sí.
- Paredes, serán placas de hormigón armado con mallazo electrosoldado de acero, todo el conjunto vibrado en mesa. La dosificación del hormigón será la adecuada para conseguir, con el menor peso y espesor posible, gran resistencia mecánica y una perfecta impermeabilización. Unos cajetines de acero situados en los bordes permitirán el acoplamiento de las paredes entre sí mediante tornillos. Estos cajetines, una vez efectuada la unión y ofreciendo una estética suficiente, permitirán desmontar y montar el centro cuantas veces se desee. Entre los paneles que conforman las paredes se colocarán dobles juntas de espuma de neopreno, para evitar la infiltración de humedad. La terminación exterior de las paredes será de canto rodado visto, a fin de conseguir una superficie rugosa de una gran duración y de agradable estética.
- Suelos, serán elementos planos, de hormigón armado y vibrado en mesa, de la composición adecuada para conseguir una gran resistencia mecánica. Colocados sobre la base, constituirán el piso del edificio prefabricado: sobre ellos se colocarán las cabinas de media tensión, cuadros de baja tensión y demás elementos del centro. En ellos existen unos orificios que permiten el acceso a las celdas y cuadros eléctricos. En la parte central, se dispondrán trampillas, de poco peso, que permitirán el acceso a la parte inferior de la base a fin de facilitar la confección de botellas, conexión de cables, etc.
- Techos, compuestos por elementos de unas características similares a las de las paredes, presentará una pendiente mínima del 2%, para evitar la acumulación de aguas. Las Dobles juntas de neopreno que se sellarán posteriormente con resinas epoxy garantizarán la estanqueidad de la cubierta.
- Rejilla de ventilación, del edificio modular estarán construidas en chapa de acero galvanizado. El grado de protección para el que estarán diseñadas las rejillas será IP-33. Estas rejillas estarán diseñadas y dispuestas sobre las paredes de manera que la circulación de aire, provocada por tiro natural, ventile eficazmente la sala de transformadores. Todas las rejillas de ventilación irán provistas de una tela metálica mosquitera.

- Puertas y persianas, serán de chapa de acero galvanizado tipo galvamir de 2 mm., pintadas posteriormente por electroforesis con pintura epoxy que polimeriza en horno. Esta doble protección, galvanizado más pintura, las hará muy resistentes a la corrosión causada por los agentes atmosféricos. Las persianas se pueden desmontar, por medio de tornillos desde el interior, de tal modo que la introducción o extracción del transformador se realice a nivel del suelo y sin necesidad de grúas de gran potencia. Unas finas mallas metálicas impedirán la penetración de insectos, sin que por ello disminuya la capacidad de ventilación. De acuerdo con la Recomendación UNESA 1303-A, el edificio prefabricado estará construido de tal manera que, una vez instalado, su interior sea una superficie equipotencial.

#### **1.11.4 Instalación eléctrica**

##### **1.11.4.1 Características de la red de alimentación**

La red de alimentación al centro de transformación será de tipo subterráneo a una tensión de 20 kV y 50 Hz de frecuencia.

La potencia de cortocircuito máxima de la red de alimentación será de 500 MVA, según datos proporcionados por la Compañía suministradora.

##### **1.11.4.2 Característica de la aparamenta eléctrica**

###### **1.11.4.2.1 Celda RM6**

La celda RM6 presenta las siguientes características:

- Tensión asignada: 24 kV.
- Tensión soportada entre fases, y entre fases y tierra:
  - a frecuencia industrial (50 Hz), 1 minuto: 50 kV e.
  - a impulso tipo rayo: 125 kV cresta.
- Intensidad asignada en funciones de línea: 400-630 A.
- Intensidad asignada en funciones de protección: 200 A (400-630 A en interrup. automat).
- Intensidad nominal admisible durante un segundo: 16 kA ef.

###### **1.11.4.2.2 Celdas SM6**

Las celdas SM6 presentan las siguientes características:

- Tensión asignada: 24 kV.
- Tensión soportada entre fases, y entre fases y tierra:
  - a frecuencia industrial (50 Hz), 1 minuto: 50 kV ef.
  - a impulso tipo rayo: 125 kV cresta.
- Intensidad asignada en funciones de línea: 400-630 A.
- Intensidad asignada en interrup. automat. 400-630 A.
- Intensidad asignada en ruptofusibles. 200 A.

- Intensidad nominal admisible durante un segundo: 16 kA ef.
- Valor de cresta de la intensidad nominal admisible: 40 Ka cresta, es decir, 2.5 veces la intensidad nominal admisible de corta duración.
- Grado de protección de la envolvente: IP2X / IK08.
- Puesta a tierra. El conductor de puesta a tierra estará dispuesto a todo lo largo de las celdas según UNE-EN 62271-200 , y estará dimensionado para soportar la intensidad admisible de corta duración.
- El embarrado estará sobredimensionado para soportar sin deformaciones permanentes los esfuerzos dinámicos que en un cortocircuito se puedan presentar y que se detallan en el apartado de cálculos.

#### 1.11.4.2.3 Celda cuadro interruptor

Conjunto Compacto Schneider Electric gama RM6, modelo RM6 4I (4L), equipado con CUATRO funciones de línea con interruptor, de dimensiones: 1.142 mm de alto, 1.619 mm de ancho, 710 mm de profundidad.

Conjunto compacto estanco RM6 en atmósfera de hexafluoruro de azufre SF<sub>6</sub>, 24 kV tensión nominal, para una intensidad nominal de 400 A en las funciones de línea, conteniendo:

- El interruptor de la función de línea es un interruptor-seccionador de las siguientes características:
  - Intensidad térmica: 16 kA eficaces.
  - Poder de cierre: 40 kA cresta.
- Seccionador de puesta a tierra en SF<sub>6</sub>.
- Palanca de maniobra.
- Dispositivos de detección de presencia de tensión en todas las funciones de línea.
- Lámparas individuales (una por fase) para conectar a dichos dispositivos.
- Pasatapas de tipo roscados de 400 A en las funciones de línea.
- Cubrebornas metálicos en todas las funciones.
- Manómetro para el control de la presión del gas.

La conexión de los cables se realizará mediante conectores de tipo roscados de 400 A en cada función, asegurando así la estanqueidad del conjunto y, por tanto, la total insensibilidad al entorno en ambientes extraordinariamente polucionados, e incluso soportando una eventual sumersión.

- 4 Equipamientos de 3 conectores apantallados en "T" roscados M16 400A cada uno.

#### 1.11.4.2.4 Celda de paso de barras

Celda Schneider Electric de paso de barras modelo GIM, de la serie SM6, de dimensiones: 125 mm de anchura, 840 mm. de profundidad, 1.600 mm. de altura, para separación entre la zona de Compañía y la zona de Abonado, a una intensidad de 400 A y 16 kA.

#### 1.11.4.2.5 Celda de remonte

Celda Schneider Electric de remonte de cables gama SM6, modelo GAME, de dimensiones: 375 mm. de anchura, 870 mm. de profundidad, 1.600 mm. de altura, y conteniendo:

- Juego de barras interior tripolar de 400 A, tensión de 24 kV y 16 kA.
- Remonte de barras de 400 A para conexión superior con otra celda.
- Preparada para conexión inferior con cable seco unipolar.
- Embarrado de puesta a tierra.

#### 1.11.4.2.6 Celda de protección con interruptor-fusible combinado

Celda Schneider Electric de protección general con interruptor y fusibles combinados gama SM6, modelo QMBD, de dimensiones: 375 mm. de anchura, 940 mm. de profundidad y 1.600 mm. de altura, conteniendo:

- Juego de barras tripolar de 400 A, para conexión superior con celdas adyacentes.
- Interruptor-seccionador en SF6 de 400 A, tensión de 24 kV y 16 kA., equipado con bobina de apertura a emisión de tensión a 220 V 50 Hz.
- Mando CI1 manual de acumulación de energía.
- Tres cortacircuitos fusibles de alto poder de ruptura con baja disipación térmica tipo MESA CF (DIN 43625), de 24kV, y calibre 20 A.
- Señalización mecánica de fusión fusibles.
- Indicadores de presencia de tensión con lámparas.
- Embarrado de puesta a tierra.
- Seccionador de puesta a tierra de doble brazo (aguas arriba y aguas abajo de los fusibles).
- Relé autoalimentado a partir de 5A de fase para la protección indirecta de sobrecarga y homopolar modelo PRQ de Schneider Electric, asociado a la celda de protección. Se asociará a tres toroidales, que provocará la apertura del interruptor cuando se detecte una sobrecarga o una corriente homopolar superior o igual al umbral de sensibilidad preseleccionado y después de la temporización definida.
- Enclavamiento por cerradura tipo C4 impidiendo el cierre del seccionador de puesta a tierra y el acceso a los fusibles en tanto que el disyuntor general B.T. no esté abierto y enclavado. Dicho enclavamiento impedirá además el acceso al transformador si el seccionador de puesta a tierra de la celda QM no se ha cerrado previamente.

#### 1.11.4.2.7 Celda de medida

Celda Schneider Electric de medida de tensión e intensidad con entrada y salida inferior por cable gama SM6, modelo GBC2C, de dimensiones: 750 mm de anchura, 1.038 mm. de profundidad, 1.600 mm. de altura, y conteniendo:

- Juegos de barras tripolar de 400 A y 16 kA.
- Entrada y salida por cable seco.

- Transformadores de intensidad de relación 5-10/ 5 A cl.10VA CL. 0.5S, I<sub>th</sub>= 200 In, gama extendida al 150% y aislamiento 24 kV.
- Transformadores de tensión unipolares, modelo de alta seguridad (antiexplosivos), de relación 22000:V3/110:V3 10VA CL. 0.2, potencia a contratar de 156 kW, Ft= 1,9 y aislamiento 24 kV.

#### 1.11.4.3 Características del transformado

Será una máquina trifásica reductora de tensión, referencia TRIHAL250-24, siendo la tensión entre fases a la entrada de 20 kV y la tensión a la salida en vacío de 420V entre fases y 242V entre fases y neutro(\*)).

El transformador a instalar tendrá el neutro accesible en baja tensión y refrigeración natural (AN), modelo TRIHAL de Schneider Electric, encapsulado en resina epoxy (aislamiento seco-clase F).

El transformador tendrá los bobinados de AT encapsulados y moldeados en vacío en una resina epoxi con carga activa compuesta de alúmina trihidratada, consiguiendo así un encapsulado ignifugado autoextinguible. Los bobinados en BT serán resistentes a una tensión de frecuencia industrial de 10kV.

Los arrollamientos de A.T. se realizarán con bobinado continuo de gradiente lineal sin entrecapas, con lo que se conseguirá un nivel de descargas parciales inferior o igual a 10 pC. Se exigirá en el protocolo de ensayos que figuren los resultados del ensayo de descargas parciales.

Por motivos de seguridad en el centro se exigirá que los transformadores cumplan con los ensayos climáticos definidos en el documento de armonización HD 464 S1:

- Ensayos de choque térmico (nivel C3),
- Ensayos de condensación y humedad (nivel E3),
- Ensayo de comportamiento ante el fuego (nivel F1).

No se admitirán transformadores secos que no cumplan estas especificaciones. Además se le exigirá al fabricante una garantía de 5 años si se cumplen y se certifican las condiciones de instalación indicadas por el mismo.

Sus características mecánicas y eléctricas se ajustarán a las normas UNE 21538-1, EN 50881-1 y al Reglamento Europeo (UE) 548/2014 de ecodiseño de transformadores, siendo las siguientes:

- Potencia nomina: 250 kVA
- Tensión nominal primaria 20 kV
- Regulación en el primario +/- 2,5%, + 5 %,
- Tensión secundaria en vacío 420 V
- Tensión de cortocircuito 6%
- Grupo de conexión Dyn 11
- Nivel de aislamiento:
  - Tensión de ensayo a onda de choque 1,2/50 s 125 kV

- Tensión de ensayo a 50 Hz 1 min, 50 kV ( tensiones según UNE 21301 y UNE21538-1)

Una plataforma metálica y con ruedas integrada en la estructura del transformador realiza la función de soporte de la unidad de aparamenta MT. Está compuesta de perfiles laminados, soldados entre sí, formando un bastidor con resistencia suficiente para soportar los elementos que tiene que soportar

La celda compacta RM6 tipo 2L1P está situada sobre la plataforma descrita y conecta directamente con el transformador.

#### 1.11.4.3.1 Interconexión A.T

Juego de puentes III de cables AT unipolares de aislamiento seco RHZ1, aislamiento 12/20 kV, de 120 mm<sup>2</sup> en Al con sus correspondientes elementos de conexión.

#### 1.11.4.3.2 Interconexión B.T

La interconexión entre los contadores de B.T. del transformador y el cuadro de B.T. se realiza en función de la potencia. Empleando para 250 KVA cabe unipolar seco de 185 mm<sup>2</sup> Al, uno por fase y uno para neutro, conforma a la descripción de la acometida en el apartado de baja tensión.

#### 1.11.4.4 Dispositivo térmico de protección

Equipo de sondas PT100 de temperatura y termómetro digital MB103, para protección térmica de transformador, y sus conexiones a la alimentación y al elemento disparador de la protección correspondiente, protegidas contra sobreintensidades, instaladas.

#### 1.11.5 Características material varios de A.T

##### 1.11.5.1 Embarrado general celdas RM6

El embarrado general de los conjuntos compactos RM6 se construye con barras cilíndricas de cobre semiduro (F20) de 16 mm de diámetro.

##### 1.11.5.2 Aislamiento de paso celda RM6

Son los pasatapas para la conexión de los cables aislados de alta tensión procedentes del exterior. Cumplen la norma UNESA 5205B y serán de tipo roscado para las funciones de línea y enchufables para las de protección.

##### 1.11.5.3 Embarrado celda SM6

El embarrado general de las celdas SM6 se construye con tres barras aisladas de cobre dispuestas en paralelo.

##### 1.11.5.4 Pieza de conexión celda SM6

La conexión del embarrado se efectúa sobre los bornes superiores de la envolvente del interruptor-seccionador con la ayuda de repartidores de campo con tornillos imperdibles integrados de cabeza allen de M8. El par de apriete será de 2.8 m.da.N.

#### 1.11.6 Mediad de la energía eléctrica

La medida de energía se realizará mediante un cuadro de contadores conectado al secundario de los transformadores de intensidad y de tensión de la celda de medida.

El cuadro de contadores estará formado por un armario de doble aislamiento de HIMEL modelo PLA-753/AT-ID de dimensiones 750 mm de alto x 500 mm de ancho y 320 mm de fondo, equipado de los siguientes elementos:

- Contador electrónico de energía eléctrica clase 0.5 con medida:
- Activa: bidireccional.
- Reactiva: dos cuadrantes.
- Registrador local de medidas con capacidad de lectura directa de la memoria del contado. Registro de curvas de carga horaria y cuartohoraria.
- Modem para comunicación remota.
- Regleta de comprobación homologada.
- Elementos de conexión.
- Equipos de protección necesarios.

### **1.11.7 Puesta a tierra**

#### **1.11.7.1 Tipo de protección**

Se realizará la conexión a tierra de todos los elementos que pertenecen a la instalación que no están en tensión normalmente, pero que debido a averías o por otras circunstancias pueden estarlo.

Las celdas incorporan una platina de tierra que realiza la interconexión, de esta manera se realiza el colector de tierras de protección.

#### **1.11.7.2 Puesta a tierra de servicio**

Se realiza la conexión del neutro del transformado y de los circuitos de baja tensión del transformador de equipo de medida.

#### **1.11.7.3 Tierras interiores**

El objetivo de las tierras internas, que pertenecen al centro de transformación, es realizar la continuidad eléctrica de todos los elementos que necesitan estar conectados a tierra con la tierra exterior.

La tierra interior de protección está compuesta por un cable de 50 mm<sup>2</sup> de cobre aislado formando un anillo. Este cable realiza la conexión de todos los elementos necesarios, irá sujeto a la pared con bridas de sujeción. El anillo se conectará al final a una caja de seccionamiento de un grado de protección IP54.

La caja de seccionamiento de las tierras de servicio y protección mantendrán una distancia mínima de un metro.

### **1.11.8 Instalaciones secundarias**

#### **1.11.8.1 Alumbrado**

En el interior del centro de transformación se instalará un mínimo de dos puntos de luz capaces de proporcionar un nivel de iluminación suficiente para la comprobación y maniobra de los elementos del mismo. El nivel medio será como mínimo de 150 lux .



Los focos luminosos estarán colocados sobre soportes rígidos y dispuestos de tal forma que se mantenga la máxima uniformidad posible en la iluminación. Además, se deberá poder efectuar la sustitución de lámparas sin peligro de contacto con otros elementos en tensión.

Se dispondrá también un punto de luz de emergencia de carácter autónomo que señalará los accesos al centro de transformación.

#### **1.11.8.2 Protección contra incendios**

De acuerdo con la instrucción MIERAT 14, se dispondrá como mínimo de un extintor de eficacia equivalente 89 B.

#### **1.11.8.3 Ventilación**

La ventilación del centro de transformación se realizará mediante las rejas de entrada y salida de aire dispuestas para tal efecto.

Estas rejas se construirán de modo que impidan el paso de pequeños animales, la entrada de agua de lluvia y los contactos accidentales con partes en tensión si se introdujeran elementos metálicos por las mismas.

### **1.12 Centro de seccionamiento**

#### **1.12.1 Objetivo**

El objetivo de este proyecto es presentar los aspectos técnicos, económicos y de ejecución del centro de seccionamiento cuyas características están normalizadas.

#### **1.12.2 Reglamento a seguir**

Para realizar esta parte del proyecto se respetarán las siguientes normas:

- El Real Decreto 337/2014 de 9 de mayo de 2014, que representa el reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión.
- ITC-RAT 01 a 23
- El Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias.
- Ley 24/2013 de 26 de diciembre de 2013, de Regulación del Sector Eléctrico.
- Las normas UNE/IEC y las recomendaciones UNESA que sean de aplicación
- Las normas particulares de IBERDROLA.
- Especificación técnica de Iberdrola NI.50.42.11 "Celdas de alta tensión bajo envolvente metálica hasta 36 kV, prefabricadas, con dieléctrico de SF6, para CT".
- Las ordenanzas municipales del Ayuntamiento correspondiente.
- Las demás condiciones impuestas por cualquier entidad pública afectada.

#### **1.12.3 Características del centro**

El centro de seccionamiento presentado en este proyecto es de tipo interior, utilizando para su aparellaje celdas prefabricadas bajo envolvente metálica según la norma UNE-EN 62271-200.

La acometida al centro es una línea de media tensión subterránea y con el suministro de energía en alta tensión, 20 kV, a una frecuencia de 50 Hz, suministrado por la compañía eléctrica IBERDROLA.

### **1.12.3.1 Características celada RM6**

Las celdas utilizadas pertenecen a la serie de Schneider Electric, estas celdas presentan un carácter compacto equipadas con aparataje de alta tensión bajo envolvente única metálica con aislamiento integral, para un tensión admisible de 24 kV máximo respetando las normativas UNE-E ISO 90-3, UNE-EN 60420, UNE-EN 62271-102, UNE-EN 60265-1, UNE-EN 62271-200, UNE-EN 62271-105, IEC 62271-103, UNE-EN 62271-102, UNESA Recomendación 6407 B.

La aparataje está agrupada en el interior de una cuba metálica estanca rellena de hexafluoruro de azufre a una presión relativa de 0,1 bar, sobre la presión atmosférica, sellada por vida y acorde a la norma UNE- EN 62271-1.

### **1.12.3.2 Características del local**

El Centro estará ubicado en una caseta independiente destinada únicamente a esta finalidad.

La caseta será de construcción prefabricada de hormigón tipo EHACSIB de Schneider Electric, de dimensiones 2.230 x 2.190 y altura vista 1.745 mm., cuyas características se describen en esta memoria.

Se tratará de una construcción prefabricada de hormigón COMPACTO modelo EHACSIB de Schneider Electric.

Las características más destacadas del prefabricado de la serie EHA, de seccionamiento (sin transformador) serán:

- El centro está en conformidad con el reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación.
- Capacidad, esta serie de prefabricados se montarán enteramente en fábrica. Realizar el montaje en la propia fábrica supondrá obtener:
  - Una solución compacta de exterior que, debido a sus reducidas dimensiones, minimiza el impacto medioambiental,
  - Calidad en origen,
  - Una solución llave en mano,
  - Cómoda y fácil instalación sin necesidad de cimentación,
  - Posibilidad de posteriores traslados
- Facilidad de instalación, la innecesaria cimentación y el montaje en fábrica permitirán asegurar una cómoda y fácil instalación. Para la instalación del conjunto se requerirá realizar previamente una excavación en el terreno de dimensiones:
  - longitud frontal (mm):
    - entrada/salida de cables por el frontal: 3140 mm,

- entrada/salida de cables por el lateral: añadir 500 mm por el lateral afectado.
- anchura (mm): 3100 mm,
- profundidad total (mm): 940 mm, en el fondo de la cual se debe disponer de un lecho de arena lavada y nivelada de 150mm de espesor.
- El montaje del prefabricado se realiza en fábrica, por lo que en obra se deberá prever:
  - El fácil acceso de un camión-grúa de 24 Tm (ancho del camino mayor de 3 metros),
  - La zona de ubicación del centro debe estar libre, en sus zonas limítrofes, de obstáculos que impidan las descargas de los materiales y el montaje del centro.
- Equipotencialidad, el envolvente de hormigón armado con una resistencia característica superior a 250 Kg/cm<sup>2</sup>. La propia armadura de mallazo electrosoldado garantiza una perfecta equipotencialidad.
- Techo, el techo está estudiado de forma que impide filtraciones y la acumulación de agua, desaguando directamente al exterior desde su perímetro.
- Paredes, el acabado exterior se realiza con un revoco de pintura que ha sido especialmente escogida para integrar el prefabricado en el entorno que lo rodea.
- Prerroturas, orificios de paso de cables (vista frontal del edificio).
  - 9 orificios frontales de 160 mm de diámetro.
  - orificios de 30 mm de diámetro para el paso de cables de tierra.
  - 1 orificio de 160 mm de diámetro en cada lateral.
- Puertas y rejillas de ventilación, Las rejillas de ventilación están fabricadas en poliéster recubiertas de pintura poliuretano. El grado de protección general es IP23D con malla interior de protección metálica con luz 6x6 mm, e IK10 en protección contra daños mecánicos. El centro está equipado con una rejilla lateral superior, de tal manera que se garantiza la ventilación natural del centro. Existe una puerta de acceso de 1932 mm x 1400 mm (anchura x altura), con dos hojas desiguales (abatibles 180º pudiendo mantenerlas en las posiciones de 90º y 180º con un retenedor metálico en su parte superior) que permite la cómoda explotación de la apartamenta MT. La cerradura es una cerradura Iberdrola NI 50.20.03.
- Dimensiones:
  - Longitud exterior entre paredes (mm) = 2140
  - Anchura exterior entre paredes (mm) = 2100
  - Altura total (mm) = 2290
  - Altura vista (mm) = 1750
  - Superficie total (m<sup>2</sup>) = 4.5 m<sup>2</sup>
  - Peso (Kg) de la envolvente vacía = 4835

### 1.12.4 Instalación eléctrica

#### 1.12.4.1 Características de la red de alimentación

La red de alimentación al centro de seccionamiento se realiza mediante una línea subterránea a una tensión de 20 kV y con una frecuencia de 50 Hz. La potencia de cortocircuito de esta línea es de 500 MVA según datos proporcionados por la compañía suministradora.

#### 1.12.4.2 Característica de la apartamentada de A.T

Las celdas RM6 presentan las siguientes características generales:

- Tensión asignada 24 kV
- Tensión soportada entre fase y fase y tierra: a frecuencia industrial (50 Hz) durante un minuto 50 kV y a impulso tipo rayo 125 kV cresta.
- Intensidad asignada en funciones de línea 400 A
- Intensidad asignada en funciones de protección 200 A (400 A en interruptor automático)
- Intensidad nominal admitida durante un segundo 16 kA ef.

#### 1.12.4.3 Las celdas de entrada, salida y protección

Estas celdas forman el conjunto compacto Schneider Electric gama RM6, el modelo RM6 3IQ( 3L+1P), telemandado referencia RM63LPIBTC, equipado con tres funciones de línea y una función de protección con fusibles de las dimensiones 1.705 mm de alto, necesitando otros 280 mm para la extracción del fusible, 1.619 mm de ancho y unos 710 mm de profundidad.

El conjunto compacto estanco RM6 está situado en atmósfera de hexafluoruro de azufre, con una tensión nominal de 24 kV, para la intensidad nominal de 400 A en las funciones de línea y de 200 A en las de protección. La resistencia de arco eléctrico AFL 16 kA 0.5 segundos.

El conjunto presenta automatización vía telemando conforme a especificaciones de Iberdrola:

Las funciones de líneas están motorizadas

- El cajón de automatización sobre celda compacta contiene: 2 unidades de relé para la automatización, 1 conjunto formado por 3 toroidales 1000/1ª gama extendida 150%, 1 conjunto formado por 3 divisores de tensión MT de relación 10000:1 y 1 conjunto formado por rectificador cargado de baterías para la alimentación de los equipos
- El interruptor de la función de línea será de tipo interruptor seccionador con las siguientes características: intensidad térmica 16 kA eficaces y una potencia de cierre de 40 kA cresta.
- El ruptofusible presenta las siguientes características: poder de corte en cortocircuito 16 kA eficaces y un poder de cierre de 40 kA cresta.

El interruptor que sirve como protección está equipado con un fusible de baja disipación térmica tipo MESA CF (DIN 43625), de 24 kV y de 50 A de intensidad nominal, que provocará la apertura del mismo por fusión de cualquiera de ellos.

El conjunto compacto incluye: funciones de líneas motorizadas, seccionador de puesta a tierra en SF6, palanca de maniobra, dispositivo de detección de presencia de tensión en todas las funciones tanto de línea como de protección, 3 lámparas individuales (una por cada fase) para conectar a dichos dispositivos, bobina de apertura a emisión de 220 V en corriente alterna en las funciones de protección, pasatapas de tipo roscado de 400 A M16 en las funciones de línea, pasatapas de tipo liso 200 A en las funciones de protección, panel cubrebornas de enclavamiento s.p.a.t + interruptor, cubrebornas metálicos en todas las funciones, manómetro para el control de la presión del gas, 3 equipamientos formados por 3 conectores apantallados en ``T`` rosados M16 400 A cada uno y un equipamiento formado por 3 conectores apantallados enchufables rectos lisos 200 A.

Las conexiones de los cables se hacen mediante los conectores de tipo roscado de 400 A para las funciones de línea y de tipo liso 200 A para las funciones de protección, de este modo se asegura la estanqueidad del conjunto y por lo tanto la total insensibilidad del entorno en ambientes extraordinariamente contaminados e incluso suputando una eventual sumersión.

#### **1.12.4.4 El armario de comunicaciones GPRS**

El armario ACOM-I-GPRS presenta una cubierta transparente y tiene las siguientes características:

- Las dimensiones del armario son 315 por 405 por 171 mm con una tapa superior transparente + placa de montaje de poliéster
- Clase térmica A UNE 21 305, UNE 20 67212-1
- IP 43 UNE 30 324
- Cierre por tornillo

El armario alojará en su interior los equipos descritos por la especificación "ET-Armarios Comunes Proyecto SATR de Junio 2011- ED 2".

El aislamiento entre los equipos referenciados a baja y media tensión es de 10 kV.

Dentro del armario se incluyen también: magnetotérmico (tetrapolares curva C 2 A, monofásico curva D 6 A, con tensión máxima 400 V corriente alterna), bornas seccionables, ruptor GPRS modelo 4DRN.

#### **1.12.5 Puesta a tierra**

##### **1.12.5.1 Tierra de exterior**

Se realizará la conexión a tierra de todos los elementos que pertenecen a la instalación que no están en tensión normalmente, pero que debido a averías o por otras circunstancias pueden estarlo.

Las celdas incorporan una platina de tierra que realiza la interconexión, de esta manera se realiza en colector de tierras de protección.

##### **1.12.5.2 Tierra de interior**

Realiza la función de poner en continuidad eléctrica a todos los elementos que deberán estar conectados a la tierra de exterior.

La tierra de interior está formada por cable de 50 mm<sup>2</sup> de cobre desnudo formando un anillo. Este cable conecta a la tierra todo los elementos necesarios e ira sujeto a las paredes mediante bridas de sujeción y conexión, conectado el anillo al final a una caja de seccionamiento con un grado de protección IP54.

### 1.12.6 Instalaciones secundarias

#### 1.12.6.1 Alumbrado

En el interior del centro de seccionamiento se instalarán al menos dos puntos de luz que proporcione un nivel de iluminación adecuado para las comprobaciones y maniobras de los elementos del mismo. El nivel medio de iluminación será de mínimo 150 lux. Los dos focos de luz estarán colocados sobre soportes rígidos de tal manera que mantenga la máxima uniformidad posible de la iluminación. También se tiene que asegurar que se puede efectuar el recambio de las lámparas sin peligro de contacto con otros elementos.

#### 1.12.6.2 Protección contra incendios

Debido que el sistema propuesto no contiene líquidos inflamables se considera innecesario medidas específicas de protección contra incendios.

## 1.13 Línea subterránea a alta tensión

### 1.13.1 Objetivo

El principal objetivo de este apartado es mencionar las condiciones de ejecución, técnicas y económicas de la línea subterránea con sus características normativizadas y con el fin de suministrar energía eléctrica al centro de seccionamiento parte de este proyecto.

### 1.13.2 Características de la red de alimentación.

La red a la cual se acoplará la red subterránea presentada en este proyecto pertenece a IBERDROLA y tiene una tensión trifásica de 20 kV, con un nivel de aislamiento según la ITC-LAT 07, tabla 1, de 24 kV y a una frecuencia de 50 Hz.

La intensidad máxima de cortocircuito que puede alcanzarse en el punto de acometida es según los datos que proporciona la empresa suministradora de 14.44 k A con el tiempo máximo de desconexión en caso de defecto de la corriente máxima de defecto de 400 ms.

### 1.13.3 Características de la línea subterránea

La línea subterránea parte de este proyecto se clasifica según su tensión nominal, 20 kV, de funcionamiento en 3ª categoría.

Esta línea presenta las siguientes características principales:

- Es una línea trifásica de corriente alterna
- La frecuencia es de 50 Hz
- La tensión nominal es de 20 kV con la tensión más elevada de 24kV.
- Según la norma UNE-20-435 es de categoría A al extinguirse cualquier fallo en menos de 1 minuto.

#### 1.13.4 Potencia a transportar

Esta línea se prevé para la alimentación de un centro de seccionamiento y posteriormente la alimentación de un centro de transformación de una potencia instalada en máquinas de transformación de 250 kVA. De este modo se considera la potencia a transportar por la instalación proyectada 250 kVA.

#### 1.13.5 Descripción general de la instalación

La línea subterránea de este proyecto tendrá las siguientes características generales en lo referido a su trazado:

- La línea proyectada se inicia de la línea subterránea existente en el polígono industrial de Villadangos perteneciente a la compañía distribuidora IBERDROLA, conforme a las indicaciones y normas de dicha compañía y norma técnicas vigente.
- La línea discurrirá por el terreno del promotor del proyecto y también presenta un cruce con una carretera.
- La longitud total de esta línea es de 8 m contando ida y vuelta.
- EL segundo tramo de la línea subterránea de 0.7 m en total une el C.S con el C.T
- La totalidad de la línea se encuentra en el término municipal de Villadangos del Páramo en la provincia de León.

##### 1.13.5.1 Características del conductor

La línea subterránea que se presenta en este proyecto tendrá las siguientes características:

- Conductor: RHZ1-OL 12/20 kV H16 Al
- Norma:
  - UNE-HD 620-10E - Norma constructiva y de ensayos
  - IEC 60502-2 - Norma constructiva y de ensayos
  - UNE-EN 60754 - Libre de halógenos. Baja acidez y corrosividad de los gases
  - IEC 60754 - Libre de halógenos. Baja acidez y corrosividad de los gases
- Construcción:
  - Conductor: aluminio, semirrígido clase 2
  - Aislamiento: polietileno reticulado (XLPE)
  - Pantalla: corona de hilos de cobre
  - Cubierta exterior: poliolefina termoplástica libre de halógenos

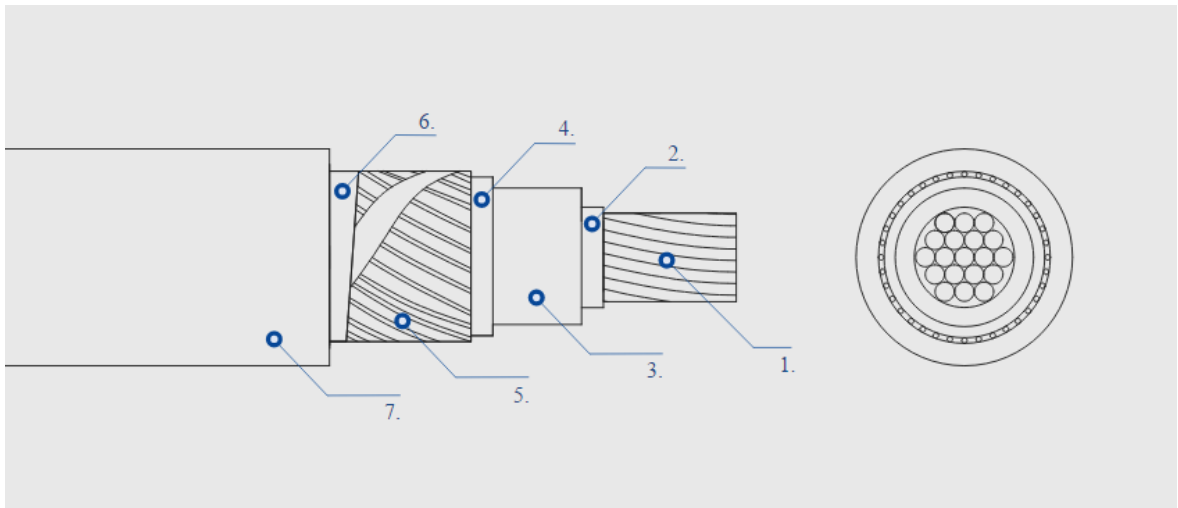


Figura 1.1 Cable subterráneo

1. Conductor. Cuerda redonda compacta de hilo de aluminio clase 2.
2. Pantalla semiconductora interna, material semiconductor termoestable aplicado sobre el conductor.
3. Aislamiento. Polietileno reticulado (XLPE)
4. Pantalla semiconductora externa, material semiconductor aplicado sobre el aislamiento, pelables
5. Pantalla metálica, corona de alambre de cobre y contraespira de cobre sección mínima 16mm<sup>2</sup>
6. Obturación longitudinal, cinta hidrosopica recibiendo totalmente la pantalla
7. Cubierta exterior, poliolefina libre de halógenos, de color rojo

En la siguiente imagen se muestran las principales características del cable.

|         | mm <sup>2</sup> | mm   | mm   | kg/km | mm  | A   | A   | Ohm/km | µF/km |
|---------|-----------------|------|------|-------|-----|-----|-----|--------|-------|
| 1240113 | 35              | 18,9 | 27,1 | 745   | 410 | 145 | 120 | 0,15   | 0,146 |
| 1240114 | 50              | 19,9 | 27,4 | 790   | 415 | 170 | 140 | 0,142  | 0,158 |
| 1240115 | 70              | 21,6 | 30,2 | 935   | 455 | 210 | 170 | 0,134  | 0,179 |
| 1240116 | 95              | 23,1 | 31,7 | 1045  | 480 | 255 | 205 | 0,127  | 0,198 |
| 1240117 | 120             | 24,9 | 34,1 | 1195  | 515 | 295 | 235 | 0,123  | 0,219 |
| 1240118 | 150             | 26,1 | 35,3 | 1275  | 530 | 335 | 260 | 0,119  | 0,233 |
| 1240119 | 185             | 27,5 | 36,7 | 1450  | 555 | 385 | 295 | 0,114  | 0,25  |
| 1240120 | 240             | 30,2 | 39,4 | 1655  | 595 | 455 | 345 | 0,109  | 0,282 |
| 1240121 | 300             | 32,3 | 41,5 | 1900  | 625 | 520 | 390 | 0,105  | 0,307 |
| 1240122 | 400             | 35,0 | 44,9 | 2235  | 675 | 610 | 445 | 0,102  | 0,339 |
| 1240123 | 500             | 38,7 | 48,0 | 2655  | 720 | 720 | 510 | 0,098  | 0,383 |
| 1240124 | 630             | 42,7 | 52,0 | 3215  | 780 | 840 | 580 | 0,095  | 0,429 |

Figura 1.2 Características del cable



La sección empleada en este proyecto es de 120 mm<sup>2</sup>.

#### **1.13.5.2 Empalmes y terminales**

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

Los empalmes y terminales se realizarán siguiendo el MT 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.

#### **1.13.5.3 Canalizaciones entubadas**

Las canalizaciones estarán constituidas por tubos de plástico, dispuestos sobre un lecho de arena y debidamente enterradas en zanja. Las características de estos tubos serán las establecidas en la NI 52.95.03.

En cada tubo solo se instala un circuito. Durante el trazado de la línea se evitará, en la medida de lo posible, los cambios de dirección de los tubos. En los puntos donde estos se produzcan, se dispondrán preferentemente de calas de tiro y excepcionalmente arquetas ciegas, para facilitar la manipulación.

La zanja que se construya tendrá una anchura mínima de 0.35 m, aumentando la anchura en función del número de tubos a instalar, para colocar los dos tubos de 90 mm de diámetro, colocándose las tres fases en el mismo tubo.

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 0,80 m, tomada desde la rasante del terreno a la parte inferior del tubo.

Cuando se considere necesario instalar tubo para los cables de control, se instalará un tubo más, destinado a este fin. Se dará continuidad en todo su recorrido, al objeto de facilitar el tendido de los cables de control, incluido en las arquetas y calas de tiro si las hubiera.

En el fondo de la zanja y en toda la extensión se colocará una solera de limpieza de unos 0,05 m aproximadamente de espesor de arena, sobre la que se depositarán los tubos. A continuación se colocará otra capa de arena con un espesor de 0.10 m por encima de los tubos y envolviéndolos completamente.

La canalización deberá tener una señalización marcada sobre el propio tubo, para advertir de la presencia de cables de alta tensión.

Y por último, se hace el relleno de la zanja, dejando libre y firme el espesor del pavimento, para este relleno se utilizará todo-uno, zahorra o arena.

Después se colocará una capa de tierra vegetal o un firme de hormigón de HM-12,5 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.

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, 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.

#### 1.13.5.4 Cruzamientos

A continuación se fijan, para cada uno de los casos indicados, las condiciones a las 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 en el apartado 9.3 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 varias líneas, será preciso disponer como mínimo de un tubo de reserva.
- Con ferrocarriles: Se considerará como caso especial el cruzamiento con Ferrocarriles y cuyos detalles se dan a título orientativo en el plano nº 11. Los cables se colocarán tal como se especifica en el apartado 9.3, para canalizaciones entubadas, cuidando que los tubos queden perpendiculares a la vía siempre que sea posible, y a una profundidad mínima de 1,3 m respecto a la cara inferior de la traviesa. Los tubos rebasarán las vías férreas en 1,5 m por cada extremo.
- 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: Los cables se mantendrán a una distancia mínima de estas canalizaciones de 0,20 m. Cuando no pueda respetarse esta distancia, la canalización que se tienda en último lugar se separará mediante tubos o placa separadora constituidos 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 los empalmes de la canalización eléctrica, situando unas y otros a una distancia superior a 1m del punto de cruce.
- Con canalizaciones de gas:

- En los cruces de líneas subterráneas de A.T. con canalizaciones de gas deberán mantenerse las distancias mínimas que se establecen en la tabla A1. Cuando por causas justificadas no puedan mantenerse estas distancias, podrá reducirse mediante colocación de una protección suplementaria, hasta los mínimos establecidos en la tabla A1. Esta protección suplementaria a colocar entre servicios estará constituida por materiales preferentemente cerámicos (baldosas, rasillas, ladrillos, etc.).
- En los casos en que no se pueda cumplir con la distancia mínima establecida con protección suplementaria y se considerase necesario reducir esta distancia, se pondrá en conocimiento de la empresa propietaria de la conducción de gas, para que indique las medidas a aplicar en cada caso.

#### **1.13.5.5 Derivaciones**

No se admitirán derivaciones en T. Las posibles derivaciones se realizarán desde las celdas de línea situadas en los centros de transformación o reparto, desde líneas aéreas o desde líneas subterráneas haciendo entrada y salida.

#### **1.13.5.6 Puesta a tierra de los cables**

En los extremos de las líneas subterráneas situados en el centro de seccionamiento, se colocará un seccionador de puesta a tierra, que permita poner a tierra los cables en caso de trabajos o reparación de averías, a fin de evitar posibles accidentes originados por la existencia de cargas por capacidad. Las pantallas metálicas de los cables deben estar en perfecta conexión con tierra.

#### **1.13.5.7 Ensayos eléctricos después de la instalación**

Una vez que la instalación haya sido concluida, se comprobará que el tendido del cable y el montaje de accesorios (empalmes, terminales, etc.), se han realizado correctamente para lo cual serán de aplicación los ensayos especificados en la norma técnica MT 2.33.15, Red subterránea de AT y BT. Comprobación de cables.

### **1.14 Conclusiones**

Con lo presentado anteriormente, los planos y el presupuesto que se acompaña, el técnico que suscribe estima que han quedado expuestas todas las razones necesarias para justificar la necesidad de esta instalación y solicita que los Organismos Competentes den su aprobación, si lo consideran procedente y autoricen la ejecución de las mismas, así como a la empresa suministradora para que realice el suministro de las instalaciones descritas.

## 2 Anexo I: Cálculos

### 2.1 Instalación de B.T

Para realizar el cálculo de la instalación de baja tensión se emplearán las fórmulas presentadas a continuación.

Sistema Trifásico

$$I = P_c / 1,732 \times U \times \cos\varphi \times R = \text{amp (A)}$$

$$e = (L \times P_c / k \times U \times n \times S \times R) + (L \times P_c \times X_u \times \text{Sen}\varphi / 1000 \times U \times n \times R \times \cos\varphi) = \text{voltios (V)}$$

Sistema Monofásico:

$$I = P_c / U \times \cos\varphi \times R = \text{amp (A)}$$

$$e = (2 \times L \times P_c / k \times U \times n \times S \times R) + (2 \times L \times P_c \times X_u \times \text{Sen}\varphi / 1000 \times U \times n \times R \times \cos\varphi) = \text{voltios(V)}$$

En donde:

$P_c$  = Potencia de Cálculo en Watios.

$L$  = Longitud de Cálculo en metros.

$e$  = Caída de tensión en Voltios.

$K$  = Conductividad.

$I$  = Intensidad en Amperios.

$U$  = Tensión de Servicio en Voltios (Trifásica ó Monofásica).

$S$  = Sección del conductor en  $\text{mm}^2$ .

$\cos\varphi$  = Coseno de  $\varphi$ . Factor de potencia.

$R$  = Rendimiento. (Para líneas motor).

$n$  = Nº de conductores por fase.

$X_u$  = Reactancia por unidad de longitud en  $\text{m}\Omega/\text{m}$ .

Fórmula Conductividad Eléctrica

$$K = 1/\rho$$

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

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

Siendo,

$K$  = Conductividad del conductor a la temperatura  $T$ .

$\rho$  = Resistividad del conductor a la temperatura  $T$ .

$\rho_{20}$  = Resistividad del conductor a  $20^\circ\text{C}$ .

$$C_u = 0.018$$

$$A_l = 0.029$$

$\alpha$  = Coeficiente de temperatura:

$$C_u = 0.00392$$

$$A_I = 0.00403$$

T = Temperatura del conductor (°C).

T<sub>0</sub> = Temperatura ambiente (°C):

Cables enterrados = 25°C

Cables al aire = 40°C

T<sub>max</sub> = Temperatura máxima admisible del conductor (°C):

XLPE, EPR = 90°C

PVC = 70°C

I = Intensidad prevista por el conductor (A).

I<sub>max</sub> = Intensidad máxima admisible del conductor (A).

Fórmulas Sobrecargas

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$I_2 \leq 1,45 I_z$$

Donde:

- I<sub>b</sub>: intensidad utilizada en el circuito.
- I<sub>z</sub>: intensidad admisible de la canalización según la norma UNE 20-460/5-523.
- I<sub>n</sub>: intensidad nominal del dispositivo de protección. Para los dispositivos de protección regulables, I<sub>n</sub> es la intensidad de regulación escogida.
- I<sub>2</sub>: intensidad que asegura efectivamente el funcionamiento del dispositivo de protección. En la práctica I<sub>2</sub> se toma igual:
  - A la intensidad de funcionamiento en el tiempo convencional, para los interruptores automáticos (1,45 I<sub>n</sub> como máximo).
  - A la intensidad de fusión en el tiempo convencional, para los fusibles (1,6 I<sub>n</sub>).

Fórmulas compensación energía reactiva

$$\cos\phi = P/\sqrt{P^2 + Q^2}.$$

$$\operatorname{tg}\phi = Q/P.$$

$$Q_c = P \times (\operatorname{tg}\phi_1 - \operatorname{tg}\phi_2).$$

$$C = Q_c \times 1000 / U^2 \times \omega; \text{ (Monofásico - Trifásico conexión estrella).}$$

$$C = Q_c \times 1000 / 3 \times U^2 \times \omega; \text{ (Trifásico conexión triángulo).}$$

Siendo:

P = Potencia activa instalación (kW).

Q = Potencia reactiva instalación (kVAr).

Q<sub>c</sub> = Potencia reactiva a compensar (kVAr).

φ<sub>1</sub> = Ángulo de desfase de la instalación sin compensar.

φ<sub>2</sub> = Ángulo de desfase que se quiere conseguir.

U = Tensión compuesta (V).

$\omega = 2\pi f$ ;  $f = 50$  Hz.

C = Capacidad condensadores (F);  $\times 1000000$  ( $\mu\text{F}$ ).

Fórmulas Cortocircuito

$$* I_{pccI} = C_t U / \sqrt{3} Z_t$$

Siendo,

$I_{pccI}$ : intensidad permanente de c.c. en inicio de línea en kA.

$C_t$ : Coeficiente de tensión.

U: Tensión trifásica en V.

$Z_t$ : Impedancia total en mohm, aguas arriba del punto de c.c. (sin incluir la línea o circuito en estudio).

$$I_{pccF} = C_t U_F / 2 Z_t$$

Siendo,

$I_{pccF}$ : Intensidad permanente de c.c. en fin de línea en kA.

$C_t$ : Coeficiente de tensión.

$U_F$ : Tensión monofásica en V.

$Z_t$ : Impedancia total en mohm, incluyendo la propia de la línea o circuito (por tanto es igual a la impedancia en origen mas la propia del conductor o línea).

La impedancia total hasta el punto de cortocircuito será:

$$Z_t = (R_t^2 + X_t^2)^{1/2}$$

Siendo,

$R_t$ :  $R_1 + R_2 + \dots + R_n$  (suma de las resistencias de las líneas aguas arriba hasta el punto de c.c.)

$X_t$ :  $X_1 + X_2 + \dots + X_n$  (suma de las reactancias de las líneas aguas arriba hasta el punto de c.c.)

$$R = L \cdot 1000 \cdot CR / K \cdot S \cdot n \quad (\text{mohm})$$

$$X = X_u \cdot L / n \quad (\text{mohm})$$

R: Resistencia de la línea en mohm.

X: Reactancia de la línea en mohm.

L: Longitud de la línea en m.

CR: Coeficiente de resistividad.

K: Conductividad del metal.

S: Sección de la línea en  $\text{mm}^2$ .

$X_u$ : Reactancia de la línea, en mohm por metro.

n: nº de conductores por fase.

$$t_{mccc} = C_c \cdot S^2 / I_{pccF}^2$$

Siendo,

$t_{mcc}$ : Tiempo máximo en sg que un conductor soporta una  $I_{pcc}$ .

$C_c$ = Constante que depende de la naturaleza del conductor y de su aislamiento.

$S$ : Sección de la línea en  $mm^2$ .

$I_{pccF}$ : Intensidad permanente de c.c. en fin de línea en A.

$$t_{ficc} = cte. fusible / I_{pccF}^2$$

Siendo,

$t_{ficc}$ : tiempo de fusión de un fusible para una determinada intensidad de cortocircuito.

$I_{pccF}$ : Intensidad permanente de c.c. en fin de línea en A.

$$L_{max} = 0,8 \cdot UF / \sqrt{2 \cdot IF5 \cdot \sqrt{(1,5 / K \cdot S \cdot n)^2 + (X_u / n \cdot 1000)^2}}$$

Siendo,

$L_{max}$ : Longitud máxima de conductor protegido a c.c. (m) (para protección por fusibles)

$UF$ : Tensión de fase (V)

$K$ : Conductividad

$S$ : Sección del conductor ( $mm^2$ )

$X_u$ : Reactancia por unidad de longitud (mohm/m). En conductores aislados suele ser 0,1.

$n$ : nº de conductores por fase

$C_t = 0,8$ : Es el coeficiente de tensión.

$CR = 1,5$ : Es el coeficiente de resistencia.

$IF5$  = Intensidad de fusión en amperios de fusibles en 5 sg.

Curvas válidas. (Para protección de Interruptores automáticos dotados de Relé electromagnético).

CURVA B  $IMAG = 5 I_n$

CURVA C  $IMAG = 10 I_n$

CURVA D Y MA  $IMAG = 20 I_n$

Fórmulas Embarrados

Cálculo electrodinámico

$$\sigma_{max} = I_{pcc}^2 \cdot L^2 / (60 \cdot d \cdot W_y \cdot n)$$

Siendo,

$\sigma_{max}$ : Tensión máxima en las pletinas ( $kg/cm^2$ )

$I_{pcc}$ : Intensidad permanente de c.c. (kA)

$L$ : Separación entre apoyos (cm)

$d$ : Separación entre pletinas (cm)

$n$ : nº de pletinas por fase

$W_y$ : Módulo resistente por pletina eje y-y ( $cm^3$ )

$\sigma_{adm}$ : Tensión admisible material ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )

Comprobación por sollicitación térmica en cortocircuito

$$I_{cccs} = K_c \cdot S / (1000 \cdot \sqrt{t_{cc}})$$

Siendo,

$I_{pcc}$ : Intensidad permanente de c.c. (kA)

$I_{cccs}$ : Intensidad de c.c. soportada por el conductor durante el tiempo de duración del c.c. (kA)

S: Sección total de las pletinas ( $\text{mm}^2$ )

$t_{cc}$ : Tiempo de duración del cortocircuito (s)

Kc: Constante del conductor: Cu = 164, Al = 107

### 2.1.1 Ejemplo de cálculo

Cálculo de la Línea: B.C

Tensión de servicio: 400 V.

Canalización: B1-Unip.Tubos Superf.o Emp.Obra

Longitud: 20 m; Cos  $\alpha$ : 0.8;  $X_u(\text{m}\Omega/\text{m})$ : 0; R: 1

Potencia a instalar: 21600 W.

Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47):

$$21600 \times 1.25 = 27000 \text{ W.}$$

$$I = 27000 / (1.732 \times 400 \times 0.8 \times 1) = 48.72 \text{ A.}$$

Se eligen conductores Unipolares  $4 \times 10 + TT \times 10 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$

Nivel Aislamiento, Aislamiento: 450/750 V, XLPE. Desig. UNE: H07

I.ad. a  $40^\circ\text{C}$  ( $F_c=1$ ) 54 A. según ITC-BT-19

Diámetro exterior tubo: 32 mm.

Caída de tensión:

Temperatura cable ( $^\circ\text{C}$ ): 80.69

$$e(\text{parcial}) = 20 \times 27000 / (44.88 \times 400 \times 10 \times 1) = 3.01 \text{ V.} = 0.75 \%$$

$$e(\text{total}) = 0.8\% \text{ ADMIS (6.5\% MAX.)}$$

Prot. Térmica:

I. Mag. Tetrapolar Int. 50 A.

Protección diferencial:

Inter. Dif. Tetrapolar Int.: 63 A. Sens. Int.: 30 mA.



## 2.1.2 Resultado del cálculo de la instalación B.T

Tabla 2.1 Resultado del cálculo del cuadro general de mando y portación

| Denominación          | P.Cálculo (W) | Dist.Cálc (m) | Sección (mm <sup>2</sup> ) | I.Cálculo (A) | I.Adm (A) | C.T.Parc (%) | C.T.Total (%) | Dimensiones (mm) Tubo, Canal, Band |
|-----------------------|---------------|---------------|----------------------------|---------------|-----------|--------------|---------------|------------------------------------|
| ACOMETIDA             | 165694        | 30            | 3x185/95Al                 | 298.96        | 300       | 0.62         | 0.62          | 180                                |
| LINEA GENERAL ALIMENT | 165694        | 2             | 4x150+TTx95Cu              | 298.96        | 479.5     | 0.03         | 0.03          | 150x60                             |
| DERIVACION IND        | 165694        | 1             | 3x95/50+TTx50Cu            | 298.96        | 354       | 0.02         | 0.05          | 100x60                             |
| C.S 1                 | 27561.6       | 20            | 4x10+TTx10Cu               | 49.73         | 54        | 0.77         | 0.82          | 32                                 |
| C.S 2                 | 17206.8       | 25            | 4x6+TTx6Cu                 | 31.05         | 40        | 0.97         | 1.02          | 25                                 |
| C.S NAVE              | 38273         | 10            | 4x16+TTx16Cu               | 69.05         | 73        | 0.34         | 0.39          | 40                                 |
| B.C                   | 27000         | 20            | 4x10+TTx10Cu               | 48.72         | 54        | 0.75         | 0.8           | 32                                 |
| M.P 1                 | 1875          | 15            | 3x2.5+TTx2.5Cu             | 3.38          | 18.5      | 0.14         | 0.19          | 20                                 |
| M.P 2                 | 1875          | 15            | 3x2.5+TTx2.5Cu             | 3.38          | 23        | 0.14         | 0.19          | 20                                 |

Tabla 2.2 Cortocircuito cuadro general de mando y protección

| Denominación          | Longitud (m) | Sección (mm <sup>2</sup> ) | I <sub>pccI</sub> (kA) | P de C (kA) | I <sub>pccF</sub> (A) | T <sub>mcc</sub> (sg) | T <sub>ficc</sub> (sg) | L <sub>máx</sub> (m) | Curvas válidas |
|-----------------------|--------------|----------------------------|------------------------|-------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|----------------------|----------------|
| LINEA GENERAL ALIMENT | 2            | 4x150+TTx95Cu              | 12                     | 50          | 5875.73               | 13.33                 | 1.135                  | 184                  | 400            |
| DERIVACION IND        | 1            | 3x95/50+TTx50Cu            | 11.8                   | 15          | 5799.14               | 5.49                  |                        |                      | 400;B,C        |
| C.S 1                 | 20           | 4x10+TTx10Cu               | 11.8                   | 15          | 1592.71               | 0.81                  |                        |                      | 50;B,C,D       |
| C.S 2                 | 25           | 4x6+TTx6Cu                 | 11.8                   | 15          | 884.2                 | 0.9                   |                        |                      | 32;B,C,        |

|          |    |                |      |    |         |      |  |  |           |
|----------|----|----------------|------|----|---------|------|--|--|-----------|
|          |    |                |      |    | 9       | 4    |  |  | D         |
| C.S NAVE | 10 | 4x16+TTx16Cu   | 11.8 | 15 | 3210.61 | 0.51 |  |  | 100;B,C,D |
| B.C      | 20 | 4x10+TTx10Cu   | 11.8 | 15 | 1592.71 | 0.81 |  |  | 50;B,C,D  |
| M.P 1    | 15 | 3x2.5+TTx2.5Cu | 11.8 | 15 | 642.14  | 0.2  |  |  | 4;B,C,D   |
| M.P 2    | 15 | 3x2.5+TTx2.5Cu | 11.8 | 15 | 642.14  | 0.31 |  |  | 4;B,C,D   |

Tabla 2.3 Resultado del cálculo del subcuadro C.S 1

| Denominación | P.Cálculo (W) | Dis t.C álc (m) | Sección (mm <sup>2</sup> ) | I.Cálculo (A) | I.Ad m (A) | C.T.Par c (%) | C.T.To tal (%) | Dimensio nes (mm) Tubo, Canal, Band |
|--------------|---------------|-----------------|----------------------------|---------------|------------|---------------|----------------|-------------------------------------|
| C.S 1. A 1   | 3020.8        | 0.3             | 4x1.5Cu                    | 5.45          | 16.5       | 0.01          | 0.83           | 16                                  |
| L 1          | 628           | 20              | 2x1.5+TTx1.5Cu             | 2.73          | 20         | 0.62          | 1.45           | 16                                  |
| E 1          | 628           | 20              | 2x1.5+TTx1.5Cu             | 2.73          | 20         | 0.62          | 1.45           | 16                                  |
| L4           | 864           | 20              | 2x1.5+TTx1.5Cu             | 3.76          | 20         | 0.85          | 1.68           | 16                                  |
| L 7          | 792           | 20              | 2x1.5+TTx1.5Cu             | 3.44          | 20         | 0.78          | 1.61           | 16                                  |
| E 4          | 864           | 20              | 2x1.5+TTx1.5Cu             | 3.76          | 20         | 0.85          | 1.68           | 16                                  |
| C.S 1. A2    | 2380.8        | 0.3             | 4x1.5Cu                    | 4.3           | 16.5       | 0.01          | 0.83           | 16                                  |
| L 2          | 624           | 20              | 2x1.5+TTx1.5Cu             | 2.71          | 20         | 0.61          | 1.44           | 16                                  |
| E 2          | 624           | 20              | 2x1.5+TTx1.5Cu             | 2.71          | 20         | 0.61          | 1.44           | 16                                  |
| L 5          | 864           | 20              | 2x1.5+TTx1.5Cu             | 3.76          | 20         | 0.85          | 1.68           | 16                                  |
| E 5          | 864           | 20              | 2x1.5+TTx1.5Cu             | 3.76          | 20         | 0.85          | 1.68           | 16                                  |
| C.S 1. A3    | 4515.2        | 0.3             | 4x1.5Cu                    | 8.15          | 16.5       | 0.01          | 0.84           | 16                                  |
| L 3          | 1656          | 20              | 2x1.5+TTx1.5Cu             | 7.2           | 20         | 1.66          | 2.49           | 16                                  |
| E 3          | 1656          | 20              | 2x1.5+TTx1.5Cu             | 7.2           | 20         | 1.66          | 2.49           | 16                                  |
| L 6          | 866           | 20              | 2x1.5+TTx1.5Cu             | 3.77          | 20         | 0.85          | 1.69           | 16                                  |
| E 6          | 866           | 20              | 2x1.5+TTx1.5Cu             | 3.77          | 20         | 0.85          | 1.69           | 16                                  |
| L 8          | 600           | 20              | 2x1.5+TTx1.5Cu             | 2.61          | 20         | 0.59          | 1.42           | 16                                  |
| C.S 1. A4    | 13648         | 0.3             | 4x1.5Cu                    | 24.62         | 31         | 0.01          | 0.84           | 20                                  |
| S.A 1        | 6500          | 20              | 4x2.5+TTx2.5Cu             | 11.73         | 23         | 0.66          | 1.5            | 20                                  |

|           |       |     |                |           |      |      |      |    |
|-----------|-------|-----|----------------|-----------|------|------|------|----|
| T.C 1     | 3520  | 20  | 2x2.5+TTx2.5Cu | 19.1<br>3 | 26.5 | 2.26 | 3.1  | 20 |
| T.C 2     | 3520  | 20  | 2x2.5+TTx2.5Cu | 19.1<br>3 | 26.5 | 2.26 | 3.1  | 20 |
| T.C 3     | 3520  | 20  | 2x2.5+TTx2.5Cu | 19.1<br>3 | 26.5 | 2.26 | 3.1  | 20 |
| C.S 1. A5 | 11264 | 0.3 | 4x4Cu          | 20.3<br>2 | 31   | 0.01 | 0.84 | 20 |
| T.C 4     | 3520  | 20  | 2x2.5+TTx2.5Cu | 19.1<br>3 | 26.5 | 2.26 | 3.1  | 20 |
| T.C 5     | 3520  | 20  | 2x2.5+TTx2.5Cu | 19.1<br>3 | 26.5 | 2.26 | 3.1  | 20 |
| T.C 6     | 3520  | 20  | 2x2.5+TTx2.5Cu | 19.1<br>3 | 26.5 | 2.26 | 3.1  | 20 |
| T.C 7     | 3520  | 20  | 2x2.5+TTx2.5Cu | 19.1<br>3 | 26.5 | 2.26 | 3.1  | 20 |
| C.S 1. A6 | 1488  | 0.3 | 4x2.5Cu        | 2.68      | 23   | 0    | 0.83 | 20 |
| AC. PB    | 1500  | 20  | 2x2.5+TTx2.5Cu | 8.15      | 26.5 | 0.9  | 1.72 | 20 |
| F.B 1     | 180   | 20  | 2x2.5+TTx2.5Cu | 0.78      | 15   | 0.18 | 1    | 16 |
| F. SR. PB | 180   | 20  | 2x2.5+TTx2.5Cu | 0.78      | 20   | 0.18 | 1    | 16 |
| C.S 1. A7 | 432   | 0.3 | 4x4Cu          | 0.78      | 31   | 0    | 0.82 | 20 |
| F.O       | 180   | 20  | 2x4+TTx4Cu     | 0.78      | 36   | 0.07 | 0.82 | 20 |
| F.B 2     | 180   | 20  | 2x1.5+TTx1.5Cu | 0.78      | 15   | 0.18 | 1    | 16 |
| F.B3      | 180   | 20  | 2x1.5+TTx1.5Cu | 0.78      | 20   | 0.18 | 1    | 16 |

Tabla 2.4 Cortocircuito C.S 1

| Denominación | Longitud (m) | Sección (mm <sup>2</sup> ) | IpccI (kA) | P de C (kA) | IpccF (A) | Tmci cc (sg) | Tficc (sg) | Lmáx (m) | Curvas válidas |
|--------------|--------------|----------------------------|------------|-------------|-----------|--------------|------------|----------|----------------|
| C.S 1. A 1   | 0.3          | 4x1.5Cu                    | 2.95       | 4.5         | 1380.58   | 0.02         |            |          | 10             |
| L 1          | 20           | 2x1.5+TTx1.5Cu             | 2.77       | 4.5         | 5799.14   | 0.66         |            |          | 10;B,C, D      |
| E 1          | 20           | 2x1.5+TTx1.5Cu             | 2.77       | 4.5         | 1592.71   | 0.66         |            |          | 10;B,C, D      |
| L4           | 20           | 2x1.5+TTx1.5Cu             | 2.77       | 4.5         | 884.29    | 0.66         |            |          | 10;B,C, D      |
| L 7          | 20           | 2x1.5+TTx1.5Cu             | 2.77       | 4.5         | 3210.61   | 0.66         |            |          | 10;B,C,        |

|           |     |                |      |     |         |      |  |  |              |
|-----------|-----|----------------|------|-----|---------|------|--|--|--------------|
|           |     |                |      |     |         |      |  |  | D            |
| E 4       | 20  | 2x1.5+TTx1.5Cu | 2.77 | 4.5 | 1592.71 | 0.66 |  |  | 10;B,C,<br>D |
| C.S 1. A2 | 0.3 | 3x2.5+TTx2.5Cu | 2.95 | 4.5 | 1380.58 | 0.02 |  |  | 10           |
| L 2       | 20  | 2x1.5+TTx1.5Cu | 2.77 | 4.5 | 263.83  | 0.66 |  |  | 10;B,C,<br>D |
| E 2       | 20  | 2x1.5+TTx1.5Cu | 2.77 | 4.5 | 263.83  | 0.66 |  |  | 10;B,C,<br>D |
| L 5       | 20  | 2x1.5+TTx1.5Cu | 2.77 | 4.5 | 263.83  | 0.66 |  |  | 10;B,C,<br>D |
| E 5       | 20  | 2x1.5+TTx1.5Cu | 2.77 | 4.5 | 263.83  | 0.66 |  |  | 10;B,C,<br>D |
| C.S 1. A3 | 0.3 | 4x4Cu          | 2.95 | 4.5 | 1380.58 | 0.02 |  |  | 10           |
| L 3       | 20  | 2x1.5+TTx1.5Cu | 2.77 | 4.5 | 263.83  | 0.66 |  |  | 10;B,C,<br>D |
| E 3       | 20  | 2x1.5+TTx1.5Cu | 2.77 | 4.5 | 263.83  | 0.66 |  |  | 10;B,C,<br>D |
| L 6       | 20  | 2x1.5+TTx1.5Cu | 2.77 | 4.5 | 263.83  | 0.66 |  |  | 10;B,C,<br>D |
| E 6       | 20  | 2x1.5+TTx1.5Cu | 2.77 | 4.5 | 263.83  | 0.66 |  |  | 10;B,C,<br>D |
| L 8       | 20  | 2x1.5+TTx1.5Cu | 2.77 | 4.5 | 263.83  | 0.66 |  |  | 10;B,C,<br>D |
| C.S 1. A4 | 0.3 | 4x4Cu          | 2.95 | 4.5 | 1434.22 | 0.16 |  |  | 25           |
| S.A 1     | 20  | 4x2.5+TTx2.5Cu | 2.88 | 4.5 | 396.27  | 0.81 |  |  | 16;B,C,<br>D |
| T.C 1     | 20  | 4x2.5+TTx2.5Cu | 2.88 | 4.5 | 396.27  | 0.81 |  |  | 20;B,C       |
| T.C 2     | 20  | 4x2.5+TTx2.5Cu | 2.88 | 4.5 | 396.27  | 0.81 |  |  | 20;B,C       |
| T.C 3     | 20  | 4x2.5+TTx2.5Cu | 2.88 | 4.5 | 396.27  | 0.81 |  |  | 20;B,C       |
| C.S 1. A5 | 0.3 | 4x2.5Cu        | 2.95 | 4.5 | 1434.22 | 0.16 |  |  | 25           |
| T.C 4     | 20  | 4x2.5+TTx2.5Cu | 2.88 | 4.5 | 396.27  | 0.81 |  |  | 20;B,C       |
| T.C 5     | 20  | 4x2.5+TTx2.5Cu | 2.88 | 4.5 | 396.27  | 0.81 |  |  | 20;B,C       |
| T.C 6     | 20  | 4x2.5+TTx2.5Cu | 2.88 | 4.5 | 396.27  | 0.81 |  |  | 20;B,C       |
| T.C 7     | 20  | 4x2.5+TTx2.5Cu | 2.88 | 4.5 | 396.27  | 0.81 |  |  | 20;B,C       |
| C.S 1. A6 | 0.3 | 4x2.5Cu        | 2.95 | 4.5 | 1414.47 | 0.06 |  |  | 16           |
| AC. PB    | 20  | 2x2.5+TTx2.5Cu | 2.84 | 4.5 | 394.64  | 0.82 |  |  | 16;B,C,<br>D |

|           |     |                |      |     |         |      |  |  |              |
|-----------|-----|----------------|------|-----|---------|------|--|--|--------------|
| F.B 1     | 20  | 2x1.5+TTx1.5Cu | 2.84 | 4.5 | 265.13  | 0.42 |  |  | 10;B,C,<br>D |
| F. SR. PB | 20  | 2x1.5+TTx1.5Cu | 2.84 | 4.5 | 265.13  | 0.65 |  |  | 10;B,C,<br>D |
| C.S 1. A7 | 0.3 | 4x4Cu          | 2.95 | 4.5 | 1434.22 | 0.16 |  |  | 10           |
| F.O       | 20  | 2x4+TTx4Cu     | 2.88 | 4.5 | 546.46  | 1.1  |  |  | 10;B,C,<br>D |
| F.B 2     | 20  | 2x1.5+TTx1.5Cu | 2.88 | 4.5 | 265.86  | 0.42 |  |  | 10;B,C,<br>D |
| F.B3      | 20  | 2x1.5+TTx1.5Cu | 2.88 | 4.5 | 265.86  | 0.65 |  |  | 10;B,C,<br>D |

Tabla 2.5 Resultado del cálculo del Subcuadro C.S 2

| Denominación | P.Cálculo (W) | Dist.Cálculo (m) | Sección (mm <sup>2</sup> ) | I.Cálculo (A) | I.Adm (A) | C.T.Parc (%) | C.T.Total (%) | Dimensiones (mm) Tubo, Canal, Band |
|--------------|---------------|------------------|----------------------------|---------------|-----------|--------------|---------------|------------------------------------|
| C.S 1. B 1   | 2064          | 0.3              | 4x1.5Cu                    | 3.72          | 16.5      | 0.01         | 1.02          | 16                                 |
| L 9          | 858           | 20               | 2x1.5+TTx1.5Cu             | 3.73          | 20        | 0.84         | 1.87          | 16                                 |
| L 10         | 858           | 20               | 2x1.5+TTx1.5Cu             | 3.73          | 20        | 0.84         | 1.87          | 16                                 |
| L 11         | 864           | 20               | 2x1.5+TTx1.5Cu             | 3.76          | 20        | 0.85         | 1.87          | 16                                 |
| C.S 1. B 2   | 2062.4        | 0.3              | 4x1.5Cu                    | 3.72          | 16.5      | 0.01         | 1.02          | 16                                 |
| L 12         | 864           | 20               | 2x1.5+TTx1.5Cu             | 3.76          | 20        | 0.85         | 1.87          | 16                                 |
| L 13         | 864           | 20               | 2x1.5+TTx1.5Cu             | 3.76          | 20        | 0.85         | 1.87          | 16                                 |
| L 14         | 850           | 20               | 2x1.5+TTx1.5Cu             | 3.7           | 20        | 0.84         | 1.86          | 16                                 |
| C.S 1. B 3   | 8448          | 0.3              | 4x2.5Cu                    | 15.24         | 23        | 0.01         | 1.03          | 20                                 |
| T.C 8        | 3520          | 20               | 2x2.5+TTx2.5Cu             | 19.13         | 26.5      | 2.26         | 3.29          | 20                                 |
| T.C 9        | 3520          | 20               | 2x2.5+TTx2.5Cu             | 19.13         | 26.5      | 2.26         | 3.29          | 20                                 |
| T.C 10       | 3520          | 20               | 2x2.5+TTx2.5Cu             | 19.13         | 26.5      | 2.26         | 3.29          | 20                                 |
| C.S 1. B 4   | 8448          | 0.3              | 4x2.5Cu                    | 15.24         | 23        | 0.01         | 1.03          | 20                                 |
| T.C 11       | 3520          | 20               | 2x2.5+TTx2.5Cu             | 19.13         | 26.5      | 2.26         | 3.29          | 20                                 |

|           |      |     |                |           |      |      |      |    |
|-----------|------|-----|----------------|-----------|------|------|------|----|
| T.C 12    | 3520 | 20  | 2x2.5+TTx2.5Cu | 19.1<br>3 | 26.5 | 2.26 | 3.29 | 20 |
| T.C 13    | 3520 | 20  | 2x2.5+TTx2.5Cu | 19.1<br>3 | 26.5 | 2.26 | 3.29 | 20 |
| C.S 1. B5 | 1488 | 0.3 | 4x2.5Cu        | 2.68      | 23   | 0    | 1.02 | 20 |
| AC. PA    | 1500 | 20  | 2x2.5+TTx2.5Cu | 8.15      | 26.5 | 0.9  | 1.92 | 20 |
| F.A 1     | 180  | 20  | 2x1.5+TTx1.5Cu | 0.78      | 20   | 0.18 | 1.2  | 16 |
| F. SR. PA | 180  | 20  | 2x1.5+TTx1.5Cu | 0.78      | 15   | 0.18 | 1.2  | 16 |
| C.S 1. B6 | 432  | 0.3 | 4x1.5Cu        | 0.78      | 16.5 | 0    | 1.02 | 16 |
| F.O 2     | 180  | 20  | 2x1.5+TTx1.5Cu | 0.78      | 20   | 0.18 | 1.19 | 16 |
| F.A 2     | 180  | 20  | 2x1.5+TTx1.5Cu | 0.78      | 20   | 0.18 | 1.19 | 16 |
| F.A3      | 180  | 20  | 2x1.5+TTx1.5Cu | 0.78      | 20   | 0.18 | 1.19 | 16 |

Tabla 2.6 Cortocircuito C.S 2

| Denominación | Longitud (m) | Sección (mm <sup>2</sup> ) | IpccI (kA) | P de C (kA) | IpccF (A) | Tmcc (sg) | Tficc (s) | Lmáx (m) | Curvas válidas |
|--------------|--------------|----------------------------|------------|-------------|-----------|-----------|-----------|----------|----------------|
| C.S 1. B 1   | 0.3          | 4x1.5Cu                    | 1.73       | 4.5         | 827.2     | 0.07      |           |          | 10             |
| L 9          | 20           | 2x1.5+TTx1.5Cu             | 1.66       | 4.5         | 232.88    | 0.85      |           |          | 10;B,C,D       |
| L 10         | 20           | 2x1.5+TTx1.5Cu             | 1.66       | 4.5         | 232.88    | 0.85      |           |          | 10;B,C,D       |
| L 11         | 20           | 2x1.5+TTx1.5Cu             | 1.66       | 4.5         | 232.88    | 0.85      |           |          | 10;B,C,D       |
| C.S 1. B 2   | 0.3          | 4x1.5Cu                    | 1.73       | 4.5         | 827.2     | 0.07      |           |          | 10             |
| L 12         | 20           | 2x1.5+TTx1.5Cu             | 1.66       | 4.5         | 232.88    | 0.85      |           |          | 10;B,C,D       |
| L 13         | 20           | 2x1.5+TTx1.5Cu             | 1.66       | 4.5         | 232.88    | 0.85      |           |          | 10;B,C,D       |
| L 14         | 20           | 2x1.5+TTx1.5Cu             | 1.66       | 4.5         | 232.88    | 0.85      |           |          | 10;B,C,D       |
| C.S 1. B 3   | 0.3          | 4x1.5Cu                    | 1.73       | 4.5         | 839.84    | 0.18      |           |          | 20             |
| T.C 8        | 20           | 2x2.5+TTx2.5Cu             | 1.66       | 4.5         | 329.34    | 1.18      |           |          | 20;B,C         |
| T.C 9        | 20           | 2x2.5+TTx2.5Cu             | 1.66       | 4.5         | 329.34    | 1.18      |           |          | 20;B,C         |
| T.C 10       | 20           | 2x2.5+TTx2.5Cu             | 1.66       | 4.5         | 329.34    | 1.18      |           |          | 20;B,C         |
| C.S 1. B 4   | 0.3          | 4x2.5Cu                    | 1.73       | 4.5         | 839.84    | 0.18      |           |          | 20             |

|            |     |                |      |     |        |      |  |  |              |
|------------|-----|----------------|------|-----|--------|------|--|--|--------------|
| T.C 11     | 20  | 2x2.5+TTx2.5Cu | 1.66 | 4.5 | 329.34 | 1.18 |  |  | 20;B,C       |
| T.C 12     | 20  | 2x2.5+TTx2.5Cu | 1.66 | 4.5 | 329.34 | 1.18 |  |  | 20;B,C       |
| T.C 13     | 20  | 2x2.5+TTx2.5Cu | 1.66 | 4.5 | 329.34 | 1.18 |  |  | 20;B,C       |
| C.S 1. B 5 | 0.3 | 4x2.5Cu        | 1.73 | 4.5 | 839.84 | 0.18 |  |  | 16           |
| AC. PA     | 20  | 2x2.5+TTx2.5Cu | 1.66 | 4.5 | 329.34 | 1.18 |  |  | 16;B,C,<br>D |
| F.A 1      | 20  | 2x1.5+TTx1.5Cu | 1.66 | 4.5 | 233.9  | 0.84 |  |  | 10;B,C,<br>D |
| F. SR. PA  | 20  | 2x1.5+TTx1.5Cu | 2.84 | 4.5 | 233.9  | 0.54 |  |  | 10;B,C,<br>D |
| C.S 1. B 6 | 0.3 | 4x1.5Cu        | 2.95 | 4.5 | 827.2  | 0.07 |  |  | 10           |
| F.O 2      | 20  | 2x4+TTx4Cu     | 2.88 | 4.5 | 232.88 | 0.85 |  |  | 10;B,C,<br>D |
| F.A 2      | 20  | 2x1.5+TTx1.5Cu | 2.88 | 4.5 | 232.88 | 0.85 |  |  | 10;B,C,<br>D |
| F.A 3      | 20  | 2x1.5+TTx1.5Cu | 2.88 | 4.5 | 232.88 | 0.85 |  |  | 10;B,C,<br>D |

Tabla 2.7 Resultado del cálculo del subcuadro C.S NAVE

| Denominación | P.Cálculo (W) | Dis t.C álc (m) | Sección (mm <sup>2</sup> ) | I.Cálculo (A) | I.Ad m (A) | C.T.Par rc (%) | C.T.To tal (%) | Dimensio nes (mm) Tubo, Canal, Band |
|--------------|---------------|-----------------|----------------------------|---------------|------------|----------------|----------------|-------------------------------------|
| C.S NAVE C 1 | 5760          | 0.3             | 4x1.5Cu                    | 10.39         | 16.5       | 0.01           | 0.4            | 16                                  |
| LN 1         | 2800          | 20              | 2x1.5+TTx1.5Cu             | 12.17         | 20         | 2.92           | 3.33           | 16                                  |
| LN 3         | 1600          | 20              | 2x1.5+TTx1.5Cu             | 6.96          | 20         | 1.6            | 2.01           | 16                                  |
| EN 1         | 2800          | 20              | 2x1.5+TTx1.5Cu             | 12.17         | 20         | 2.92           | 3.33           | 16                                  |
| C.S NAVE C 2 | 5760          | 0.3             | 4x2.5Cu                    | 10.39         | 23         | 0.01           | 0.4            | 20                                  |
| LN 2         | 1600          | 20              | 2x1.5+TTx1.5Cu             | 6.96          | 20         | 1.6            | 2              | 16                                  |
| LN 4         | 1600          | 20              | 2x1.5+TTx1.5Cu             | 6.96          | 20         | 1.6            | 2              | 16                                  |
| LN 6         | 2400          | 20              | 2x2.5+TTx2.5Cu             | 10.43         | 21         | 1.45           | 1.85           | 20                                  |
| EN 2         | 1600          |                 | 2x1.5+TTx1.5Cu             | 6.96          | 20         | 1.6            | 2              | 16                                  |

|                   |       |     |                |           |      |      |      |    |
|-------------------|-------|-----|----------------|-----------|------|------|------|----|
| C.S NAVE<br>C 3   | 5760  | 0.3 | 4x1.5Cu        | 10.3<br>9 | 16.5 | 0.01 | 0.4  | 16 |
| LN 5              | 1600  | 20  | 2x1.5+TTx1.5Cu | 6.96      | 20   | 1.6  | 2.01 | 16 |
| LN 7              | 2400  | 20  | 2x1.5+TTx1.5Cu | 10.4<br>3 | 20   | 2.46 | 2.87 | 16 |
| LN 8              | 1600  | 20  | 2x1.5+TTx1.5Cu | 6.96      | 20   | 1.6  | 2.01 | 16 |
| EN 3              | 1600  |     | 2x1.5+TTx1.5Cu | 6.96      | 20   | 1.6  | 2.01 | 16 |
| C.S NAVE<br>C 4   | 5120  | 0.3 | 4x1.5Cu        | 9.24      | 16.5 | 0.01 | 0.4  | 16 |
| LN 9              | 3200  | 20  | 2x1.5+TTx1.5Cu | 13.9<br>1 | 20   | 3.41 | 3.81 | 16 |
| LN 10             | 3200  | 20  | 2x1.5+TTx1.5Cu | 13.9<br>1 | 20   | 3.41 | 3.81 | 16 |
| C.S NAVE<br>C 5   | 10023 | 0.3 | 4x2.5Cu        | 18.0<br>8 | 23   | 0.02 | 0.41 | 20 |
| T.C.N 1           | 3520  | 20  | 2x2.5+TTx2.5Cu | 19.1<br>3 | 26.5 | 2.26 | 2.67 | 20 |
| T.C.N 2           | 3520  | 20  | 2x2.5+TTx2.5Cu | 19.1<br>3 | 26.5 | 2.26 | 2.67 | 20 |
| T.C.N 3           | 3520  | 20  | 2x2.5+TTx2.5Cu | 19.1<br>3 | 26.5 | 2.26 | 2.67 | 20 |
| P 1               | 1875  |     | 2x2.5+TTx2.5Cu | 10.1<br>9 | 26.5 | 1.13 | 1.54 | 20 |
| C.S NAVE<br>C 6   | 6791  | 0.3 | 4x2.5Cu        | 12.2<br>5 | 23   | 0.01 | 0.4  | 20 |
| AC. NAVE          | 1500  | 20  | 2x2.5+TTx2.5Cu | 8.15      | 26.5 | 0.9  | 1.3  | 20 |
| T.C.N 4           | 3520  | 20  | 2x2.5+TTx2.5Cu | 19.1<br>3 | 26.5 | 2.26 | 2.66 | 20 |
| P 2               | 180   | 20  | 2x2.5+TTx2.5Cu | 10.1<br>9 | 21   | 1.13 | 1.53 | 20 |
| P 3               | 1875  | 20  | 2x2.5+TTx2.5Cu | 10.1<br>9 | 26.5 | 1.13 | 1.53 | 20 |
| C.S NAVE.<br>PG 1 | 1875  | 50  | 2x2.5+TTx2.5Cu | 14.6<br>6 | 23   | 2.12 | 2.51 | 20 |
| C.S NAVE.<br>PG 1 | 1875  | 50  | 2x2.5+TTx2.5Cu | 14.6<br>6 | 23   | 2.12 | 2.51 | 20 |

Tabla 2.8 Cortocircuito C.S NAVE

| Denomina | Long | Sección (mm <sup>2</sup> ) | IpccI | P | IpccF (A) | Tmci | Tfi | Lmá | Curvas |
|----------|------|----------------------------|-------|---|-----------|------|-----|-----|--------|
|----------|------|----------------------------|-------|---|-----------|------|-----|-----|--------|



| ción         | itud (m) |                | (kA) | de C (kA) |         | cc (sg) | cc (s g) | x (m) | válidas  |
|--------------|----------|----------------|------|-----------|---------|---------|----------|-------|----------|
| C.S NAVE. C1 | 0.3      | 4x1.5Cu        | 4.97 | 6         | 2268.32 | 0.01    |          |       | 16       |
| LN 1         | 20       | 2x1.5+TTx1.5Cu | 4.56 | 6         | 288.11  | 0.55    |          |       | 16;B,C   |
| LN 3         | 20       | 2x1.5+TTx1.5Cu | 4.56 | 6         | 288.11  | 0.55    |          |       | 10;B,C,D |
| EN 1         | 20       | 2x1.5+TTx1.5Cu | 4.56 | 6         | 288.11  | 0.55    |          |       | 16;B,C   |
| C.S NAVE. C2 | 0.3      | 4x2.5Cu        | 4.97 | 6         | 2347.59 | 0.02    |          |       | 16       |
| LN 2         | 20       | 2x1.5+TTx1.5Cu | 4.71 | 6         | 289.66  | 0.55    |          |       | 10;B,C,D |
| LN 4         | 20       | 2x1.5+TTx1.5Cu | 4.71 | 6         | 289.66  | 0.55    |          |       | 10;B,C,D |
| LN 6         | 20       | 2x2.5+TTx2.5Cu | 4.71 | 6         | 451.34  | 0.41    |          |       | 16;B,C,D |
| EN 2         | 20       | 2x1.5+TTx1.5Cu | 4.71 | 6         | 289.66  | 0.55    |          |       | 10;B,C,D |
| C.S NAVE. C3 | 0.3      | 4x1.5Cu        | 4.97 | 6         | 2268.32 | 0.01    |          |       | 16       |
| LN 5         | 20       | 2x1.5+TTx1.5Cu | 4.56 | 6         | 288.11  | 0.55    |          |       | 10;B,C,D |
| LN 7         | 20       | 2x1.5+TTx1.5Cu | 4.56 | 6         | 288.11  | 0.55    |          |       | 16;B,C   |
| LN 8         | 20       | 2x1.5+TTx1.5Cu | 4.56 | 6         | 288.11  | 0.55    |          |       | 10;B,C,D |
| EN 3         |          | 2x1.5+TTx1.5Cu | 4.56 | 6         | 288.11  | 0.55    |          |       | 10;B,C,D |
| C.S NAVE. C4 | 0.3      | 4x1.5Cu        | 4.97 | 6         | 2268.32 | 0.01    |          |       | 16       |
| LN 9         | 20       | 2x1.5+TTx1.5Cu | 4.56 | 6         | 288.11  | 0.55    |          |       | 16;B,C   |
| LN 10        | 20       | 2x1.5+TTx1.5Cu | 4.56 | 6         | 288.11  | 0.55    |          |       | 16;B,C   |
| C.S NAVE. C5 | 0.3      | 4x2.5Cu        | 4.97 | 6         | 2347.59 | 0.02    |          |       | 20       |
| T.C.N 1      | 20       | 2x2.5+TTx2.5Cu | 4.71 | 6         | 451.34  | 0.63    |          |       | 20;B,C,D |
| T.C.N 2      | 20       | 2x2.5+TTx2.5Cu | 4.71 | 6         | 451.34  | 0.63    |          |       | 20;B,C,D |

|                   |     |                |      |   |         |      |  |  |              |
|-------------------|-----|----------------|------|---|---------|------|--|--|--------------|
| T.C.N 3           | 20  | 2x2.5+TTx2.5Cu | 4.71 | 6 | 451.34  | 0.63 |  |  | 20;B,C,<br>D |
| P 1               | 20  | 2x2.5+TTx2.5Cu | 4.71 | 6 | 451.34  | 0.63 |  |  | 16;B,C,<br>D |
| C.S NAVE.<br>C6   | 0.3 | 4x1.5Cu        | 4.97 | 6 | 2347.59 | 0.02 |  |  | 20           |
| AC. NAVE          | 20  | 2x2.5+TTx2.5Cu | 4.71 | 6 | 451.34  | 0.63 |  |  | 16;B,C,<br>D |
| T.C.N 4           | 20  | 2x2.5+TTx2.5Cu | 4.71 | 6 | 451.34  | 0.63 |  |  | 20;B,C,<br>D |
| P 2               | 20  | 2x2.5+TTx2.5Cu | 4.71 | 6 | 451.34  | 0.42 |  |  | 16;B,C,<br>D |
| P 3               | 20  | 2x2.5+TTx2.5Cu | 4.71 | 6 | 451.34  | 0.63 |  |  | 16;B,C,<br>D |
| C.S NAVE.<br>PG 1 | 50  | 3x2.5+TTx2.5Cu | 4.97 | 6 | 201.04  | 3.16 |  |  | 16;B,C       |
| C.S NAVE.<br>PG 2 | 50  | 3x2.5+TTx2.5Cu | 4.97 | 6 | 201.04  | 3.16 |  |  | 16;B,C       |

### 2.1.3 Cálculo de puesta a tierra

La resistividad del terreno es 300 ohmiosxm.

El electrodo en la puesta a tierra del edificio, se constituye con los siguientes elementos:

- M. conductor de Cu desnudo 35 mm<sup>2</sup> 30 m.
- M. conductor de Acero galvanizado 95 mm<sup>2</sup>
- Picas verticales
  - de Cobre 14 mm
  - de Acero recubierto Cu 14 mm 1 picas de 2m.
  - de Acero galvanizado 25 mm

Con lo que se obtendrá una Resistencia de tierra de 17.65 ohmios.

Los conductores de protección, se calcularon adecuadamente y según la ITC-BT-18, en el apartado del cálculo de circuitos.

Asimismo, cabe señalar que la línea principal de tierra no será inferior a 16 mm<sup>2</sup> en Cu, y la línea de enlace con tierra, no será inferior a 25 mm<sup>2</sup> en Cu.

## 2.2 El centro de transformación

### 2.2.1 Intensidad de alta tensión

En un sistema trifásico la intensidad primaria (Ip) se determina según la expresión:

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

Figura 2.1 Expresión para el cálculo de la intensidad primaria en un sistema trifásico

Siendo:

- S la potencia del transformador en k VA
- U la tensión primaria en kV = 20 kV
- Ip la intensidad primaria en A

Sustituyendo los valores de la potencia del transformador, 250 kVA, y de la tensión, 20 kV, se obtiene una intensidad primaria de 7.22 A

### 2.2.2 Intensidad de baja tensión

En un sistema trifásico la intensidad secundaria (Is) se determina según la expresión:

$$I_s = \frac{S - W_{fe} - W_{cu}}{\sqrt{3} * U}$$

Figura 2.2 Expresión para el cálculo de la intensidad secundaria en un sistema trifásico

Siendo:

- S la potencia del transformador en k VA
- Wfe las pérdidas en el hierro
- Wcu las pérdidas en el cobre
- U la tensión compuesta en carga del secundario en kV = 0.4 kV
- Is la intensidad secundaria en A

Sustituyendo los valores de la potencia del transformador, 250 kVA, de las pérdidas totales en el transformador, 4.32 kW, y de la tensión, 0.4 kV, se obtiene una intensidad secundaria de 354.61 A.

### 2.2.3 Cortocircuitos

Para el cálculo de la intensidad de cortocircuito se considera una potencia de cortocircuito de 500 MVA en la red de distribución, este dato es proporcionado por la compañía suministradora.

#### 2.2.3.1 Cálculo de la corriente de cortocircuito

Para realizar el cálculo de la corriente de cortocircuito se emplean las expresiones:

- ❖ Intensidad primaria para cortocircuito en el lado de alta tensión:

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

Figura 2.3 Expresión para el cálculo de la intensidad primaria para cortocircuito en el lado a A.T

Siendo:

- Scc la potencia de cortocircuito de la red en MVA
- U la tensión primaria en kV
- Iccp la intensidad de cortocircuito primaria en kA

La intensidad primaria para cortocircuitos en el lado de baja tensión no se calculará ya que será menor que la calculada en el apartado anterior.

- Intensidad secundaria para cortocircuito en el lado de baja tensión, desprendiendo la impedancia de la red de alta tensión

$$I_{ccs} = \frac{S}{\sqrt{3} * \frac{U_{cc}}{100} * U_s}$$

Figura 2.4 Expresión para el cálculo de la intensidad secundaria para cortocircuitos en el lado de baja tensión

Siendo:

- S la potencia del transformador kVA
- Ucc la tensión porcentual de cortocircuito del transformador
- Us la tensión secundaria en carga en V
- Iccs la intensidad de cortocircuito secundaria en kA

### 2.2.3.2 Cortocircuito en el lado de A.T

Mediante la expresión presentada en el apartado anterior y sustituyendo la potencia de cortocircuito de la red por 500 MVA y la tensión primaria por 20 kV se obtiene una intensidad de cortocircuito primaria igual al 14.43 kA.

### 2.2.3.3 Cortocircuito en el lado de B.T

Mediante la expresión presentada en el apartado cálculo de la corriente de cortocircuito y sustituyendo la potencia del transformador por 250 kVA y la tensión de cortocircuito del transformador en tanto por ciento pro 6 % se obtiene una intensidad secundaria máxima para un cortocircuito en el lado de baja tensión de 6.01 KA.

## 2.2.4 Dimensionado del embarrado

Debido a los ensayos que realizó el fabricante, Schneider Electric, en las celdas y los certificados de ensayo que justifican los valores indicados tanto en la memoria como en otras partes no es necesario realizar los cálculos teóricos.

## 2.2.5 Selección de las protecciones en el lado de A.T y B.T

### 2.2.5.1 A.T

Los cortacircuitos fusibles son los limitadores de corriente, produciéndose su fusión, para una intensidad determinada, antes que la corriente haya alcanzado su valor máximo. De todas formas, esta protección debe permitir el paso de la punta de corriente producida en la conexión del transformador en vacío, soportar la intensidad en servicio continuo y sobrecargas eventuales y cortar las intensidades de defecto en los bornes del secundario del transformador.

Como regla práctica, simple y comprobada, que tiene en cuenta la conexión en vacío del transformador y evita el envejecimiento del fusible, se puede verificar que la intensidad que hace fundir al fusible en 0,1 segundo es siempre superior o igual a 14 veces la intensidad nominal del transformador.

La intensidad nominal de los fusibles se escogerá por tanto en función de la potencia del transformador a proteger.

Sin embargo, en el caso de utilizar como interruptor de protección del transformador un disyuntor en atmósfera de hexafluoruro de azufre, y ser este el aparato destinado a interrumpir las corrientes de cortocircuito cuando se produzcan, no se instalarán fusibles para la protección de dicho transformador.

Para transformador de 250 kVA de potencia la intensidad nominal del fusible de alta tensión es de 20 A y el calibre de los fusibles de protección de la celda de protección general será de 20 A.

### **2.2.5.2 Baja Tensión**

Las protecciones del lado de baja protección serán acorde con las presentados en el apartado instalación de baja tensión.

### **2.2.6 Dimensionado de la ventilación de C.T**

Las rejillas de ventilación de los edificios modulares están diseñadas y dispuestas sobre las paredes de manera que la circulación del aire ventile eficazmente la sala del transformador. El diseño se ha realizado cumpliendo los ensayos de calentamiento según la norma RU 1303 A, tomando como base de ensayo los transformadores de 1000 KVA según la norma UNE 21428-1. Todas las rejillas de ventilación van provistas de una tela metálica mosquitero. El modular ha superado los ensayos de calentamiento realizados en Labein con número de informe 96.406-1-E.

### **2.2.7 Dimensiones del pozo apagafuegos**

Al utilizar la técnica de transformador encapsulado en resina epoxy, no es necesario disponer de un foso para la recogida de aceite, al no existir este.

### **2.2.8 Cálculo de la instalación de puesta a tierra**

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

La investigación previa del terreno sobre el cual se emplaza el C.T determinó una resistencia media superficial de 300  $\Omega$  m

#### **2.2.8.2 Determinar las corrientes máximas de puesta a tierra y el tiempo máximo para eliminar el defecto**

Conforme con los datos de la red ofrecidos por la compañía suministradora, IBERDROLA, el tiempo máximo para desconectar el defecto es de 0.4 segundos.

Los valores de la impedancia de puesta a tierra del neutro son:

$R_n = 0 \Omega$  y  $X_n = 25.4 \Omega$  con

$$|Z_n| = \sqrt{R_n^2 + X_n^2}$$

Figura 2.5 Fórmula para el cálculo de la impedancia del neutro

La intensidad máxima de defecto se produce de manera hipotética cuando se supone la resistencia de puesta a tierra del C.T nula. Esa intensidad se calcula mediante la expresión obteniéndose un valor de  $I_d = 456.61$  A, este valor se redondea por la compañía a 500 A.

$$I_{d(m\acute{a}x)} = \frac{U_{s(m\acute{a}x)}}{\sqrt{3} Z_n}$$

Figura 2.6 Fórmula para el cálculo de la intensidad máxima de defecto

### 2.2.8.3 Diseño preliminar de la instalación de puesta a tierra

#### 2.2.8.3.1 Tierra de portación

A esta tierra se conectan todas las partes metálicas de la instalación que normalmente no están en tensión pero puede estarlo debido a causas fortuitas. Estas partes metálicas engloban los chasis y los bastidores de las aparatas de maniobra, el envolvente metálico de las cabinas prefabricadas y la carcasa del transformador.

Para realizar dicho cálculo se respetan las expresiones y procedimientos del "Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación de tercera categoría" elaborado por UNESA, teniendo en cuenta las características del C.T objeto de dicho cálculo.

Las características del sistema de tierra optado son:

- Identificación: 40-30/5/42 del método de cálculo de tierras de UNESA
- Parámetros que caracteriza el sistema:
  - $K_r = 0.1 \Omega/(\Omega \cdot m)$
  - $K_p = 0.0231 V/(\Omega \cdot m \cdot A)$ .
- Descripción

Estará compuesto por 4 picas distribuidas en forma de rectángulo unidas entre sí por un conductor horizontal de cobre desnudo de 50 mm<sup>2</sup> de sección.

Estas picas tendrán las siguientes dimensiones: longitud 2 m y diámetro 14 mm. Se enterrarán verticalmente a una profundidad de 0.5 m la separación entre cada pica y la siguiente es de 3 m. Con estas dimensiones la longitud del conductor desde la primera pica hasta la última es de 14 m. Se pueden utilizar otras configuraciones siempre que los parámetros  $K_r$  y  $K_p$  de estas nuevas configuraciones sean inferiores o iguales a los indicados en este apartado.

La conexión que une el C.T con la primera pica se realiza con cable de cobre aislado de 0.6/1 kV protegido contra daños mecánicos.

### 2.2.8.3.2 Tierra de servicio

A esta tierra se conecta el neutro del transformador y también la tierra de los transformadores de tensión e intensidad de la celda de medida.

Las picas que se usan para esta tierra son idénticas a las usadas en la tierra de protección. La configuración que se elige para esta tierra es la siguiente:

- Identificación: código 5/62 del método de cálculo de tierras de UNESA
- Parámetros que caracterizan el sistema:
  - $K_r = 0.073 \Omega / (\Omega \cdot m)$
  - $K_p = 0.012 V / (\Omega \cdot m \cdot A)$ .
- Descripción:

El sistema estará compuesto por 6 picas distribuidas en forma de rectángulo unidas entre sí por un conductor horizontal de cobre desnudo de 50 mm<sup>2</sup> de sección.

Estas picas tendrán las siguientes dimensiones: longitud 2 m y diámetro 14 mm. Se enterrarán verticalmente a una profundidad de 0.5 m la separación entre cada pica y la siguiente es de 3 m. Con estas dimensiones la longitud del conductor desde la primera pica hasta la última es de 15 m. Se pueden utilizar otras configuración siempre que los parámetros  $K_r$  y  $K_p$  de esta nueva configuración son inferiores o iguales con los indicado en este apartado.

La conexión que une el C.T con la primera pica se realiza con cable de cobre aislado de 0.6/1 kV protegido contra daños mecánicos.

El calor de la resistencia de puesta a tierra de este electrodo debería ser inferior a 37  $\Omega$ . Mediante este criterio se consigue que un defecto a tierra de la instalación de B.T que está protegida contactos indirectos por un interruptor diferencial de sensibilidad 650 mA, no ocasioné en el electrodo de puesta a tierra una tensión superior a 24 V ( $37 \cdot 0.65$ ).

### 2.2.8.4 Cálculo de la resistencia del sistema de tierras

#### 2.2.8.4.1 Tierra de protección

Para el cálculo de la resistencia de la puesta a tierra se utiliza la siguiente fórmula:

$$I_d = \frac{U_{smax} \cdot V}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(R_n + R_t)^2 + X_n^2}}$$

Figura 2.7 Fórmula para el cálculo de la intensidad por defecto

La resistencia del sistema de puesta a tierra se calcula mediante:

$$R_t = K_r \cdot \sigma.$$

La tensión por defecto  $U_d$  se calcula mediante:

$$U_d = I_d \cdot R_t$$

Siendo:

$$\sigma = 300 \Omega \cdot m.$$

$$K_r = 0.1 \Omega / (\Omega \cdot m).$$

Se obtienen los resultados

$$R_t = 30 \Omega$$

$$I_d = 292.75 \text{ A}$$

$$U_d = 8812.6 \text{ V}$$

El aislamiento de la instalación de B.T del C.T tiene que soportar al menos la tensión máxima de defecto ( $U_d$ ), por lo tanto debería ser como mínimo de 10000 V.

Debido a esta medida se puede asegurar que ningún defecto de la parte de A.T deteriore los elementos de B.T del centro.

También se comprueba que la intensidad de defecto calculada sea superior a 100 A los que implica que puede ser detectada por las protecciones normales.

#### 2.2.8.4.2 Tierras de servicio

$$R_t = K_r * \sigma = 0.073 * 300 = 21.9 \Omega$$

Como se puede ver este valor es inferior a 37  $\Omega$ .

#### 2.2.8.5 Cálculo de las tensiones en el exterior de la instalación

Este cálculo se realiza con el objetivo de evitar la aparición de tensiones de contacto elevadas en el exterior de la instalación. Por esto se asegura que las puertas y rejillas de ventilación metálicas que dan al exterior del centro no puedan estar en contacto eléctrico con masa conductoras que, en caso de avería o defecto son susceptibles a quedar sometidas a tensión.

Utilizando estas medidas de seguridad no es necesario el cálculo de las tensiones de contacto en el exterior, siendo estas prácticamente nulas.

La tensión de paso en el exterior se determina mediante la resistividad del terreno y las características del electrodo, utilizando la siguiente formula.

$$U_p = K_p * I_d * \sigma = 0.0231 * 300 * 293.75 = 2035,7 \text{ V}$$

#### 2.2.8.6 Cálculo de las tensiones en el interior de la instalación

El piso del C.T está formado por un mallazo electrosoldado usando redondeos de diámetro superior a 4 mm. Formando una base de forma cuadrada con dimensiones que no superan 0.30 por 0.30 m. Esta estructura se conectará mínimo con dos puntos, estos puntos serán preferentemente en la parte opuesta a la puesta a tierra del C.T. Con esta distribución se crea una superficie equipotencial lo que hace desaparecer el riesgo inherente a la tensión de contacto y de paso interior. El mallazo se tiene que cubrir con una capa de hormigón al menos de 10 cm de espesor.

El edificio prefabricado de hormigón estará construido de tal manera que, una vez instalado, su interior sea una superficie equipotencial. Todas las varillas metálicas embebidas en el hormigón que constituyan la armadura del sistema equipotencial estarán unidas entre sí mediante soldadura eléctrica. Las conexiones entre varillas metálicas pertenecientes a diferentes elementos se efectuarán de forma que se consiga la equipotencialidad de éstos.

Esta armadura equipotencial se conectará al sistema de tierras de protección (excepto puertas y rejillas, que como ya se ha indicado no tendrán contacto eléctrico con el



sistema equipotencial; debiendo estar aisladas de la armadura con una resistencia igual o superior a 10.000 ohmios a los 28 días de fabricación de las paredes).

Así pues, no será necesario el cálculo de las tensiones de paso y contacto en el interior de la instalación, puesto que su valor será prácticamente nulo.

No obstante, y según el método de cálculo empleado, la existencia de una malla equipotencial conectada al electrodo de tierra implica que la tensión de paso de acceso es equivalente al valor de la tensión de defecto, que se obtiene mediante la expresión

$$U_p \text{ acceso} = U_d = R_t \cdot I_d = 30 \cdot 292.75 = 8812.6 \text{ V}$$

### 2.2.8.7 Cálculo de las tensiones aplicadas

La tensión máxima de contacto, en voltios, que se admite se presenta en la tabla 1 de la ITC-RAT 13 de instalaciones de puesta a tierra. Dicha tabla se presenta a continuación.

| Duración de la corriente de falta, $t_f$ (s) | Tensión de contacto aplicada admisible, $U_{ca}$ (V) |
|--|--|
| 0.05   | 735  |
| 0.1  | 633  |
| 0.2  | 528  |
| 0.3  | 420  |
| 0.4  | 310  |
| 0.5  | 204  |
| 1.0  | 107  |

Figura 2.8 Tabla 1 que pertenece a la ITC-RAT 1n de las instalaciones de puesta a tierra

Se entra en la tabla con el valor de la duración de la corriente de falla, 0.4 segundos, y se deduce una tensión de contacto aplicada admisible,  $U_{ca}$  igual a 310 V.

Para calcular los valores máximos admisibles de la tensión de paso en el exterior, y en el acceso que corresponde al C.T se usan las siguientes formulas:

$$U_{P(\text{exterior})} = 10U_{ca} \left( 1 + \frac{2R_{a1} + 6\sigma}{1000} \right)$$

$$U_{P(\text{acceso})} = 10U_{ca} \left( 1 + \frac{2R_{a1} + 3\sigma + 3\sigma_h}{1000} \right)$$

Figura 2.9 Fórmula para el cálculo de la tensión de paso en el exterior y en el acceso

Sustituyendo:

- ❖  $U_{ca}$  = Tensiones de contacto aplicada = 310 V
- ❖  $R_{a1}$  = Resistencia del calzado = 2.000  $\Omega$ .m
- ❖  $\sigma$  = Resistividad del terreno = 300  $\Omega$ .m
- ❖  $h$  = Resistividad del hormigón = 3.000  $\Omega$ .m

Se obtienen los resultados:

$$U_p (\text{exterior}) = 21080 \text{ V}$$

$$U_p(\text{acceso}) = 46190 \text{ V}$$

Como se puede ver los valores calculados son inferiores a los máximos admitidos para el exterior,  $U_p = 2035.7 \text{ V} < U_p(\text{exterior}) = 21080 \text{ V}$ , y para el acceso al C.T.

$$U_d = 8812.6 \text{ V} < U_p(\text{acceso}) = 46190 \text{ V}.$$

### 2.2.8.8 Investigación de tensión transferible a exterior

Debido a que no hay medios de transferencia de tensión al exterior, un estudio previo para su reducción o eliminación es innecesario.

Dicho todo esto para garantizar que la seguridad del sistema de puesta tierra de servicio que no puede alcanzar tensiones elevada durante un defecto, se calcula una distancia mínima de separación,  $D_{\text{mín}}$ , entre los elementos de puesta a tierra de protección y de servicio.

$$D_{\text{mín}} = \frac{\sigma * I_d}{2.000 * \pi}$$

Figura 2.10 Fórmula para el cálculo de la distancia mínima entre los elementos de puesta a tierra de protección y de servicio

Sustituyendo:

$$\sigma = 300 \Omega \cdot \text{m}$$

$$I_d = 293.75 \text{ A}$$

Se obtiene un valor para la distancia mínima de 14.03m

### 2.2.8.9 Coerciones y ajuste del diseño

No se prevé la necesidad de alguna corrección del sistema proyectado. Dicho esto si al medir el valor de las tomas de tierra el valor es elevado dando lugar a tensiones de paso y contacto excesivo, estas se pueden corregir mediante sistemas que aseguren la no peligrosidad de las tensiones.

## 2.3 EL centro de seccionamiento

### 2.3.1 Intensidad de A.T

La intensidad nominal del centro de seccionamiento corresponde a la máxima intensidad que puede circular por el centro, es decir  $I_n = 400 \text{ A}$ .

### 2.3.2 Cortocircuitos

Para realizar los cálculos de cortocircuito se necesita establecer una potencia de cortocircuito que es la red de distribución según la compañía suministradora es de 500 MVA.

#### 2.3.2.1 Cálculo de cortocircuitos en el lado de A.T

Para realizar este cálculo se usa la misma fórmula que se empleó para el cálculo del cortocircuito en el lado de A.T realizado para el C.T

Sustituyendo:

$S_{cc} = 500 \text{ MVA}$ .

$U = 20 \text{ kV}$

Se obtiene una intensidad primaria máxima para cortocircuito en el lado de alta tensión de,  $I_{ccp} = 14,43 \text{ kA}$ .

### 2.3.3 Dimensionado de la ventilación del centro

Aunque este sistema no prevé la existencia de un transformador de potencia y por tanto la existencia de un foco de calor en el interior de centro, el centro prefabricado compacto EHACSIB está previsto con una rejilla de aireación en la parte superior de una pared lateral. Dicha rejilla de aireación está formada por chapa de acero galvanizado con pintura poliéster de color azul RAL 5003.

### 2.3.4 Dimensionado del embarrado

Debido a los ensayos que realizó el fabricante, Schneider Electric, en las celdas y los certificados de ensayo que justifican los valores indicados tanto en la memoria como en otras partes no es necesario realizar los cálculos teóricos.

El centro de seccionamiento y el C.T. son producto de la misma empresa Schneider Electric y están diseñados para soportar la misma potencia de trabajo por lo tanto esta posee los mismos certificados con respecto al dimensionando del embarrado.

#### 2.3.4.1 Comprobación por densidad de corriente

Esta comprobación tiene como finalidad la verificación de que la máxima densidad de corriente admisible por el elemento no se sobrepase al circular por él una corriente igual a la corriente nominal máxima.

Para las celdas modelo RM6 utilizadas en este proyecto la correspondiente certificación fue obtenida, lo que garantiza el cumplimiento de las especificaciones citadas mediante el protocolo de ensayo 51168218XB realizado por VOLTA.

#### 2.3.4.2 Comprobación por solicitud electrodinámica

Esta comprobación tiene como finalidad la verificación que frente a esfuerzos mecánicos derivados de un defecto de cortocircuito entre fases las celdas propuestas puedan soportar dichos esfuerzos.

Para las celdas modelo RM6 utilizadas en este proyecto la correspondiente certificación fue obtenida lo que garantiza el cumplimiento de las especificaciones citadas mediante el protocolo de ensayo 51168210XB realizado por VOLTA.

La resistencia electrodinámica garantizada mediante este ensayo es de 40 kA.

#### 2.3.4.3 Comprobación por sollicitación térmica. Sobreintensidad térmica admisible

Esta comprobación tiene como finalidad la verificación que frente a un calentamiento excesivo del elemento conductor principal debido a un defecto o cortocircuito, este elemento no pudiera llegar a dañar las celdas.

Para las celdas modelo RM6 utilizada en este proyecto la correspondiente certificación fue obtenida lo que garantiza el cumplimiento de las especificaciones citadas mediante el protocolo de ensayo 51168210XB realizado por VOLTA.

La resistencia térmica garantizada mediante este ensayo es de 16 kA 1 segundo.

### 2.3.5 Cálculo de la instalación de puesta a tierra

#### 2.3.5.1 Investigación de las características del suelo

Según la investigación previa del terreno donde se instalará este Centro de Seccionamiento, se determina una resistividad media superficial = 300  $\Omega$ m.

#### 2.3.5.2 Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y el tiempo máximo correspondientes a eliminación de defectos

Según los datos de la red proporcionados por la compañía suministradora (IBERDROLA), el tiempo máximo de desconexión del defecto es de 0.4s.

Por otra parte, los valores de la impedancia de puesta a tierra del neutro, corresponden a:  $R_n = 0 \Omega$  y  $X_n = 25.4 \Omega$  con y usando la fórmula para el cálculo de la impedancia del neutro.

La intensidad máxima de defecto se producirá en el caso hipotético de que la resistencia de puesta a tierra del Centro de Seccionamiento sea nula. Dicha intensidad se calculará con la fórmula para el cálculo de la intensidad máxima de defecto.

Con lo que el valor obtenido es  $I_d = 454.61$  A, valor que la Compañía redondea o toma como valor genérico de 500 A.

#### 2.3.5.3 Diseño preliminar de la instalación de tierra

Se conectarán a este sistema las partes metálicas de la instalación que no estén en tensión normalmente pero puedan estarlo a consecuencia de averías o causas fortuitas, tales como los chasis y los bastidores de los aparatos de maniobra, envolventes metálicas de las cabinas prefabricadas y carcasas de los transformadores.

Para los cálculos a realizar emplearemos las expresiones y procedimientos según el "Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación de tercera categoría", editado por UNESA, conforme a las características del centro de transformación objeto del presente cálculo, siendo, entre otras, las siguientes:

Optaremos por un sistema de las características que se indican a continuación:

- Identificación: código 40-30/5/42 del método de cálculo de tierras de UNESA.
- Parámetros característicos:
  - $K_r = 0.1 \Omega / (\Omega * m)$ .
  - $K_p = 0.0231 V / (\Omega * m * A)$ .
- Descripción:

Estará constituida por 4 picas en disposición rectangular unidas por un conductor horizontal de cobre desnudo de 50 mm<sup>2</sup> de sección.

Las picas tendrán un diámetro de 14 mm. y una longitud de 2.00 m. Se enterrarán verticalmente a una profundidad de 0.5 m. y la separación entre cada pica y la siguiente será de 3.00 m. Con esta configuración, la longitud de conductor desde la primera pica a la última será de 14 m., dimensión que tendrá que haber disponible en el terreno.

Nota: se pueden utilizar otras configuraciones siempre y cuando los parámetros  $K_r$  y  $K_p$  de la configuración escogida sean inferiores o iguales a los indicados en el párrafo anterior.

La conexión desde el Centro hasta la primera pica se realizará con cable de cobre aislado de 0.6/1 kV protegido contra daños mecánicos.

#### 2.3.5.4 Cálculo de la resistencia del sistema de tierras

Para el cálculo de la resistencia de la puesta a tierra de las masas del Centro ( $R_t$ ), intensidad y tensión de defecto correspondientes ( $I_d$ ,  $U_d$ ), utilizaremos las siguientes fórmulas:

- Resistencia del sistema de puesta a tierra,  $R_t$ :  $R_t = K_r * \sigma$ .
- Intensidad de defecto,  $I_d$ : que se calculó con la fórmula para el cálculo de la intensidad por defecto
- Tensión de defecto,  $U_d$  igual a  $I_d * R_t$
- Siendo:  $\sigma = 300 \Omega\text{m}$ . y  $K_r = 0.1 \Omega/(\Omega\text{ m})$ .

Se obtienen los siguientes resultados:  $R_t = 30 \Omega$ ,  $I_d = 293.75 \text{ A}$   $U_d = 8812.6 \text{ V}$ .

#### 2.3.5.5 Cálculo de las tensiones en le exterior de la instalación

Con el fin de evitar la aparición de tensiones de contacto elevadas en el exterior de la instalación, las puertas y rejillas de ventilación metálicas que dan al exterior del centro no tendrán contacto eléctrico alguno con masas conductoras que, a causa de defectos o averías, sean susceptibles de quedar sometidas a tensión.

Con estas medidas de seguridad, no será necesario calcular las tensiones de contacto en el exterior, ya que estas serán prácticamente nulas.

Por otra parte, la tensión de paso en el exterior vendrá determinada por las características del electrodo y de la resistividad del terreno, por la expresión:

$$U_p = K_p * \sigma * I_d = 0.0231 * 300 * 293.75 = 2035.7 \text{ V}.$$

#### 2.3.5.6 Cálculo de las tensiones en el interior de la instalación

El piso del Centro estará constituido por un mallazo electrosoldado con redondos de diámetro no inferior a 4 mm. formando una retícula no superior a 0,30 x 0,30 m. Este mallazo se conectará como mínimo en dos puntos preferentemente opuestos a la puesta a tierra de protección del Centro. Con esta disposición se consigue que la persona que deba acceder a una parte que pueda quedar en tensión, de forma eventual, está sobre una superficie equipotencial, con lo que desaparece el riesgo inherente a la tensión de contacto y de paso interior. Este mallazo se cubrirá con una capa de hormigón de 10 cm. de espesor como mínimo.

Así pues, no será necesario el cálculo de las tensiones de paso y contacto en el interior de la instalación, puesto que su valor será prácticamente nulo.

No obstante, y según el método de cálculo empleado, la existencia de una malla equipotencial conectada al electrodo de tierra implica que la tensión de paso de acceso es equivalente al valor de la tensión de defecto, que se obtiene mediante la expresión:  $U_p \text{ acceso} = U_d = R_t * I_d = 30 * 293.75 = 8812.6 \text{ V}$ .

### 2.3.5.7 Cálculo de las tensiones aplicadas

La tensión máxima de contacto aplicada, en voltios que se puede aceptar, será conforme a la Tabla 1 de la ITC-RAT 13. La misma tabla expuesta para los cálculos de C.T.

El valor de tiempo de duración de la corriente de falta proporcionada por la compañía eléctrica suministradora es de 0.4 seg., dato que aparece en la tabla adjunta, por lo que la máxima tensión de contacto aplicada admisible al cuerpo humano es:  $U_{ca} = 310 \text{ V}$

Para la determinación de los valores máximos admisibles de la tensión de paso en el exterior, y en el acceso al Centro, emplearemos las fórmulas expuestas anteriormente para el cálculo del C.T.

Siendo:

- $U_{ca}$  = Tensiones de contacto aplicada = 310 V
- $R_{a1}$  = Resistencia del calzado = 2.000  $\Omega$ .m
- $\rho$  = Resistividad del terreno = 300  $\Omega$ .m
- $h$  = Resistividad del hormigón = 3.000  $\Omega$ .m

obtenemos los siguientes resultados:

- $U_p(\text{exterior}) = 21080 \text{ V}$
- $U_p(\text{acceso}) = 46190 \text{ V}$

Así pues, comprobamos que los valores calculados son inferiores a los máximos admisibles:

- en el exterior:  $U_p = 2035.7 \text{ V} < U_p(\text{exterior}) = 21080 \text{ V}$ .
- en el acceso al C.S.:  $U_d = 8812.6 \text{ V} < U_p(\text{acceso}) = 46190 \text{ V}$ .

### 2.3.5.8 Investigación de tensiones transferibles al exterior

Al no existir medios de transferencia de tensiones al exterior no se considera necesario un estudio previo para su reducción o eliminación.

### 2.3.5.9 Corrección y ajuste del diseño inicial establecido al definitivo

No se considera necesario la corrección del sistema proyectado. No obstante, si el valor medido de las tomas de tierra resultara elevado y pudiera dar lugar a tensiones de paso o contacto excesivas, se corregirían estas mediante la disposición de una alfombra aislante en el suelo del Centro, o cualquier otro medio que asegure la no peligrosidad de estas tensiones.

## 2.4 Cálculo de la línea de A.T

Para determinar la sección necesaria de los conductores se tendrán en cuenta los siguientes parámetros:

- La intensidad máxima admisible por el cable
- La caída de tensión
- La intensidad admisible durante un cortocircuito

### 2.4.1 La intensidad máxima admisible

Para realizar la elección de la sección en función de la intensidad máxima admisible se partirá de la potencia a de transportar el cable. Se calculará la intensidad correspondiente y se elige un cable en función de los valores de la intensidad máxima que figura en la recomendación UNESA 3305.

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

Figura 2.11 Fórmula de la intensidad nominal

Para un factor de potencia de 0.9 se calcula una intensidad de 1.73 A.

### 2.4.2 La calidad de tensión

La caída de tensión compuesta por la resistencia y reactancia de la línea, despreciado la influencia de la capacidad y la perturbación viene dada por la siguiente expresión:

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

Considerando un factor de potencia de 0.9 se obtiene un resultado prácticamente despreciable.

### 2.4.3 La intensidad de cortocircuito

Para realizar la elección de la sección en función de la intensidad de cortocircuito se partirá de la potencia de cortocircuito ( $S_{cc}$ ) existente en el punto de la red donde se ha de alimentar el cable subterráneo

$$I_{cc} \text{ (kA)} = \frac{S_{cc} \text{ (MVA)}}{U \text{ (kV)} \cdot \sqrt{3}}$$

Figura 2.12 Fórmula de la intensidad de cortocircuito

Mediante la expresión presentada anterior y sustituyendo la potencia de cortocircuito de la red por 500 MVA y la tensión primaria por 20 kV se obtiene una intensidad de cortocircuito primaria igual al 14.44 kA.

Con los datos de la Compañía Suministradora sobre la duración de los cortocircuitos en este punto de la red, 400 ms, se entra en la siguiente gráfica y se determina una sección normalizada que cumpla con estas características.

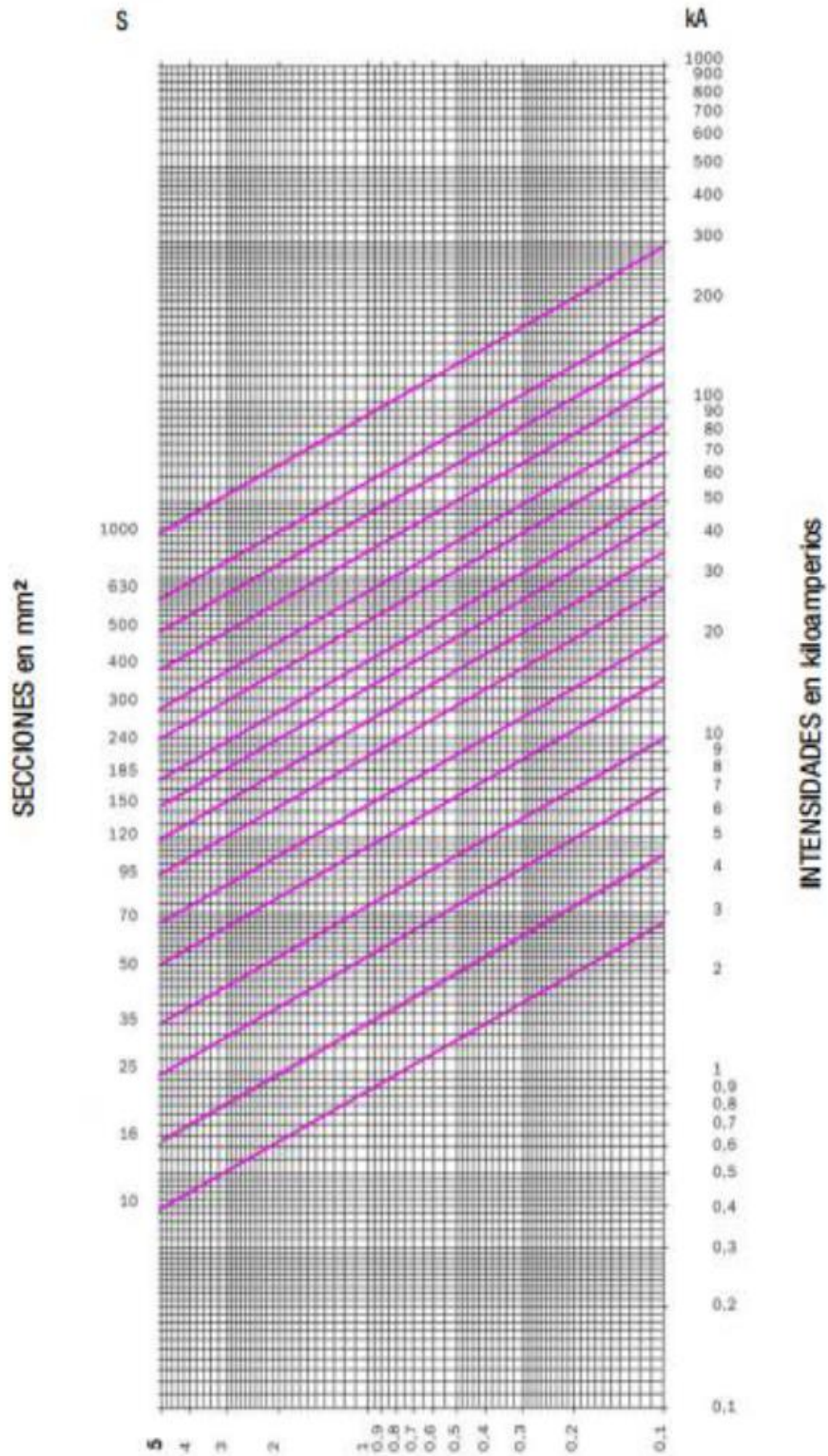


Figura 2.13 Intensidad admisible

Como queda reflejada para una duración de 400 ms y una sección de 120 mm<sup>2</sup> la intensidad de cortocircuito soportada es superior a la calculada para la línea.



### 3 Anexo II: Relación de afectados

Durante la fase de explotación de la línea y el centro de transformación no existen afectados debido a que los terrenos pertenecen al propietario de la instalación o se trata de una línea de alta tensión subterránea.

Durante la fase de construcción se cortara la vía Plo.Ind.V7. en un sentido.

### 4 Anexo III: Programa de mantenimiento

A continuación se describen los componentes de la instalación y las operaciones de mantenimiento básicas que se deben realizar sobre ellos.

Antes de continuar es necesario explicar cuál es la diferencia entre mantenimiento correctivo y mantenimiento preventivo:

- El mantenimiento correctivo es aquel que se realiza para recuperar la capacidad de funcionamiento de un elemento o un sistema una vez que dicha capacidad de efectuar las funciones o las prestaciones ha sido perdida. Este tipo de mantenimiento se aplica exclusivamente en sistemas donde no hay manera de prevenir los fallos.
- El mantenimiento preventivo es aquel que se realiza para minimizar o reducir la probabilidad de fallo en los elementos o el sistema. Entre las tareas más comunes de mantenimiento preventivo encontramos: la sustitución, la renovación, la revisión general, etc.

El mantenimiento que se describe a continuación es el preventivo, debido a que el correctivo consiste en la reparación de averías concretas cuando dichas averías ocurren.

#### 4.1 Mantenimiento de la instalación de A.T

Las componentes de la instalación de alta tensión son:

- Línea subterránea de alta tensión
- Centro de seccionamiento
- Línea subterránea que una el CS con el CT
- Centro de transformación

Es obligatorio contratar un servicio de mantenimiento de alta tensión, mediante una empresa mantenedora de instalaciones de alta tensión que realice una revisión anual. Los protocolos de revisión de la instalaciones de alta tensión tanto de las líneas como de los centros de seccionamiento y transformación está establecido por la Junta de Castilla y León es su instrucción nº 04/2001/SI sobre Nuevo Contrato de Mantenimiento para Instalaciones de Alta Tensión. Durante estas revisiones se deben realizar las actuaciones de mantenimiento que están descritas en estos protocolos, y también realizar las comprobaciones necesarias para asegurar que la instalación mantiene el cumplimiento de las condiciones reglamentarias, asimismo comprobando el alumbrado de emergencia, la existencia y el estado de los elementos de maniobra y seguridad, revisión de los extintores, carteles de peligro y los primeros auxilios entre muchos otros. También es necesario realizar limpieza de hierbas alrededor del CT y CS y observar el estado de las puertas y cerramientos. Es obligatorio realizar mediciones de la red de tierras comprobando la continuidad eléctrica de la misma y que los valores están por debajo de

los 20 ohmios reglamentarios. En el caso de detectar discontinuidad de la red de tierras se debe reparar.

También se debe contratar un servicio de mantenimiento para actuación ante averías y maniobras en la instalación (debido a que solo los trabajadores cualificado pueden realizar maniobras en alta tensión).

La Propiedad se encuentra antes la obligación de pasar una inspección por Organismo de Control Autorizado (O.C.A) cada tres años de las instalaciones de alta tensión. A este tipo de visita es obligatorio que participe también una empresa mantenedora de alta tensión para realizar las maniobras requeridas.

Una revisión topográfica de las instalaciones en carga es muy recomendable debido a que es el único método que se puede emplear para la detección prematura de defectos en equipos y en contactos eléctricos.

Los protocolos tipos establecidos por la Junta de Castilla y León para el mantenimiento de líneas de alta tensión, los centros de transformación y los centros de seccionamientos se muestran a continuación.

#### 4.1.1 Mantenimiento de líneas de A.T

OPERACIONES MÍNIMAS OBLIGATORIAS (comprobaciones, mediciones, acondicionamiento, trabajo de limpieza, etc.):

Tabla 4.1 Protocolos tipo establecidos por la Junta de Castilla y León para el mantenimiento de líneas de A.T

|   |
|---|
| <p>DISTANCIAS DE SEGURIDAD</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Al terreno</li> <br/> <li>• Cruzamientos</li> <br/> <li>• Paso por zonas (Bosques, etc.):</li> <br/> <li>• Paso por zonas (Edificios, etc.):</li> </ul> |
| <p>TIERRAS (Estado de conservación y Medidas de apoyos con elementos de protección o maniobras):</p>  |
| <p>ESTADO DE APOYOS, CIMENTACIONES, ASILADORES, CONDUCTORES, PROTECCIONES, ... (comprobación visual):</p>   |

|  |
|--|
| ANTIESCALAS (en apoyos en zonas frecuentadas)  |
| PLACA DE NUMERACIÓN Y PLACA DE AVISO DE PELIGRO (zonas frecuentadas):  |
| <p>LÍNEAS SUBTERRÁNEAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Medición aislamiento (entre fases y fases/tierra):</li> <br/> <li>• Estado de botellas, canalizaciones y arquetas:</li> </ul> |
| OBSERVACIONES:   |

#### 4.1.2 Mantenimiento del C.T y C.S

OPERACIONES MÍNIMAS OBLIGATORIAS (Comprobaciones, mediciones, acondicionamiento, trabajo de limpieza, etc.)

Tabla 4.2 Protocolos tipos establecidos por la Junta de Castilla y León para el mantenimiento de líneas de C.T y C.S.

|  |
|--|
| <p>TIERRAS (Estado de conservación y Medidas de Puesta a Tierra):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• De protección (herrajes, carcasas, etc.):</li> <br/> <li>• De servicio (neutro de trafos, etc.):</li> <br/> <li>• De autoválvulas, si procede:</li> </ul>                 |
| <p> AISLAMIENTO (Medidas de trafa y líneas):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alta/Baja: _____ Alta/Tierra: _____ Baja/Tierra: _____</li> <li>• Fase/Fase: R/S _____ R/T: _____ S/T: _____</li> <li>• Fase/Tierra: R/Tierra : _____ S/Tierra _____ T/Tierra _____</li> </ul> |
| TRANSFORMADORES , PROTECCIONES, HERRAJES, ETC.:  |

|  |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Nivel de aceite de cada trafo:</li><li>• Estado de pintura de trafo y berrajes:</li><li>• Reapriete de bornas y conexiones:</li><li>• Comprobación visual del aislamiento:</li><li>• Comprobación visual de autoválvulas y explosores:</li><li>• Enclavamiento de elementos de corte.</li></ul>                      |
| CENTRO DE TRANSFORMACIÓN ( Estado general y elementos de seguridad):<br><br><ul style="list-style-type: none"><li>• Limpieza general:</li><li>• Alumbrado de emergencia, en su caso:</li><li>• Extintores adecuados, en su caso:</li><li>• Elementos de maniobra (guantes, banqueta, pértiga, etc.):</li><li>• Placa primeros auxilios en su caso:</li></ul> |
| FUNCIONAMIENTO CORRECTO DE LOS EQUIPOS DE PROTECCIÓN:  |
| VALLADO Y PLACAS DE AVISO DE PELIGRO EN SU CASO:   |
| COMPROBACIONES DE DISPATOS DE LOS RELES, EN SU CASO:   |
| OBSERVACIONES  |

Mediantes esta breve descripción se transmite al titular de las instalaciones sus obligaciones con respecto al mantenimiento de las instalaciones según normativa que se nombra a continuación:


- Ley 21/1992, de 16 de Junio, Ley de Industria, Título V “Infracciones y sanciones” en dicha ley se denomina con el término de infracción grave la conservación y

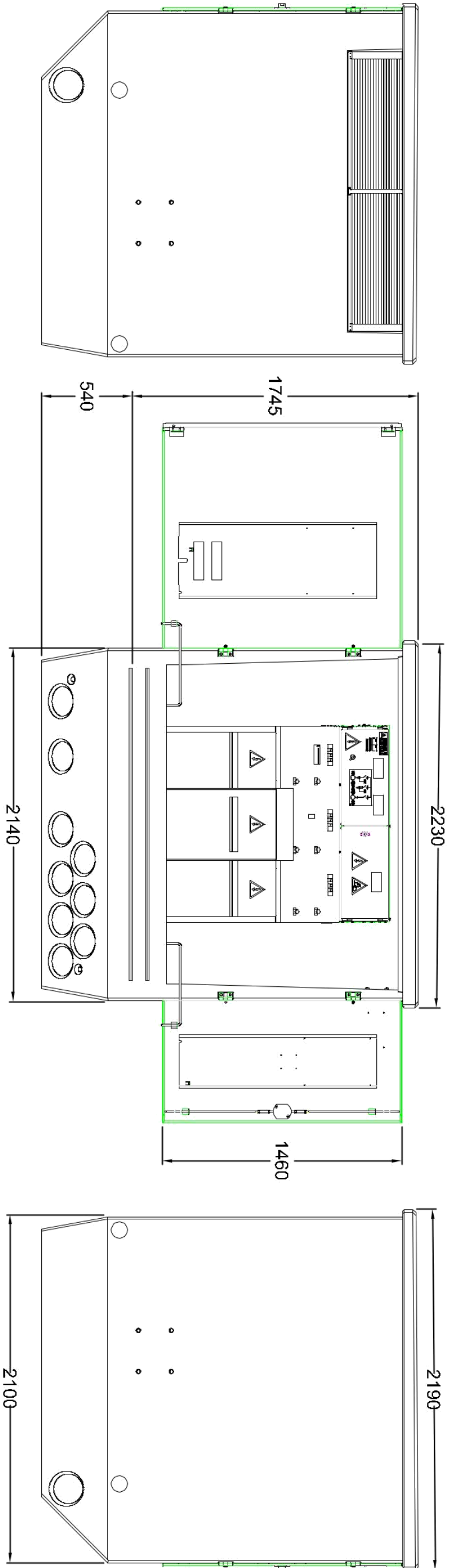
mantenimiento inadecuado de instalaciones si de ello puede resultar un peligro para las personas, la flora, la fauna o el medio ambiente.

- Ley 3/1990, de 16 de Marzo, de Seguridad Industrial en Castilla y León que en su artículo 11 se especifica como infracción grave en materia de seguridad el no contratar mantenimiento en aquellas instalaciones que estén obligadas por la normativa vigente o hacerlo con empresas no autorizadas.
- Decreto 11/1996, de 18 de Enero, por el que se regula la intervención de empresas de instaladores, mantenedores o conservadores y otras personas o entidades, en actividades derivadas de los Reglamentos de Seguridad Industrial.
- Real Decreto 614/2001 de 8 de Junio, sobre disposiciones mínimas de seguridad para la protección de los trabajadores frente al riesgo eléctrico en los lugares de trabajo. Art 5 “Formación e información de los trabajadores” y Anexo I “Definiciones donde se establece la capacitación de los trabajadores para actuar en instalaciones eléctricas”.
- Real Decreto 3272/1982, que aprueba el Reglamento de Centrales Eléctricas, Subestaciones, y Centros de Transformación, Art 12 “Mantenimiento de instalaciones”. Art 13 “Inspecciones periódicas”.

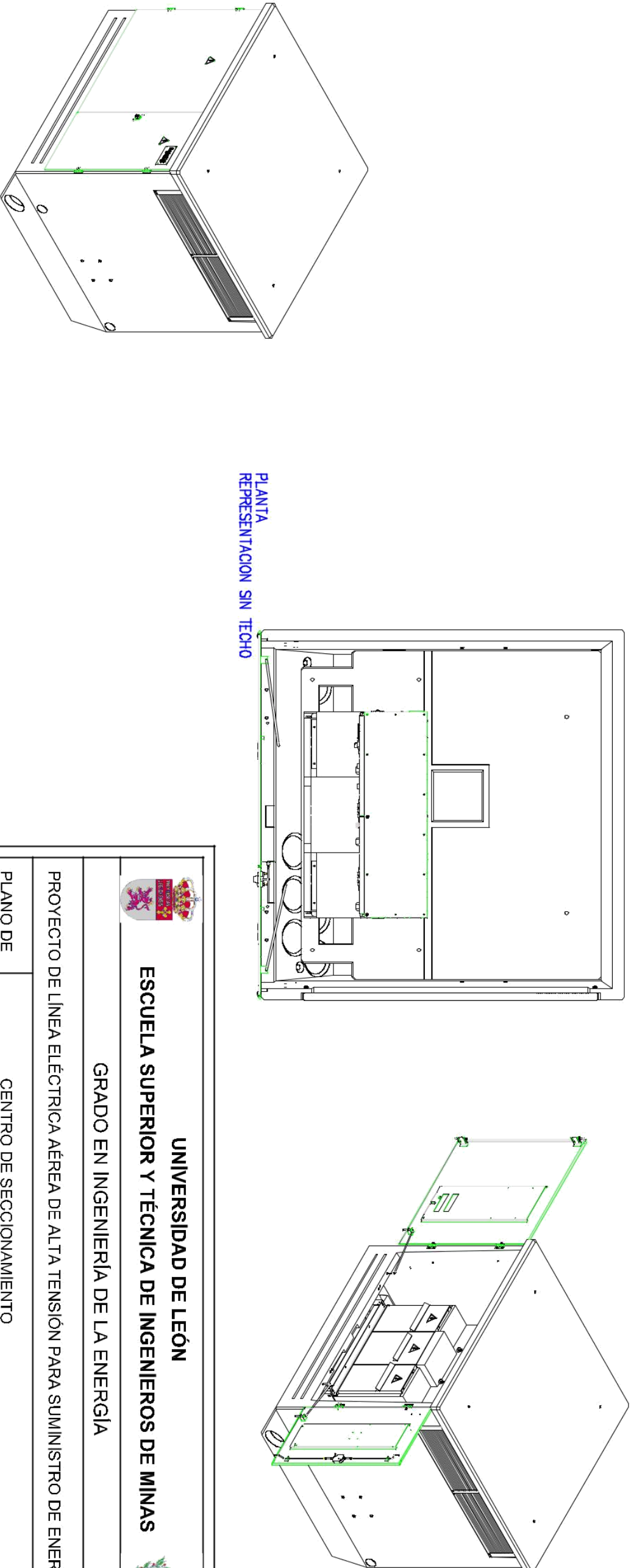
## 5 Anexo VI: Planos





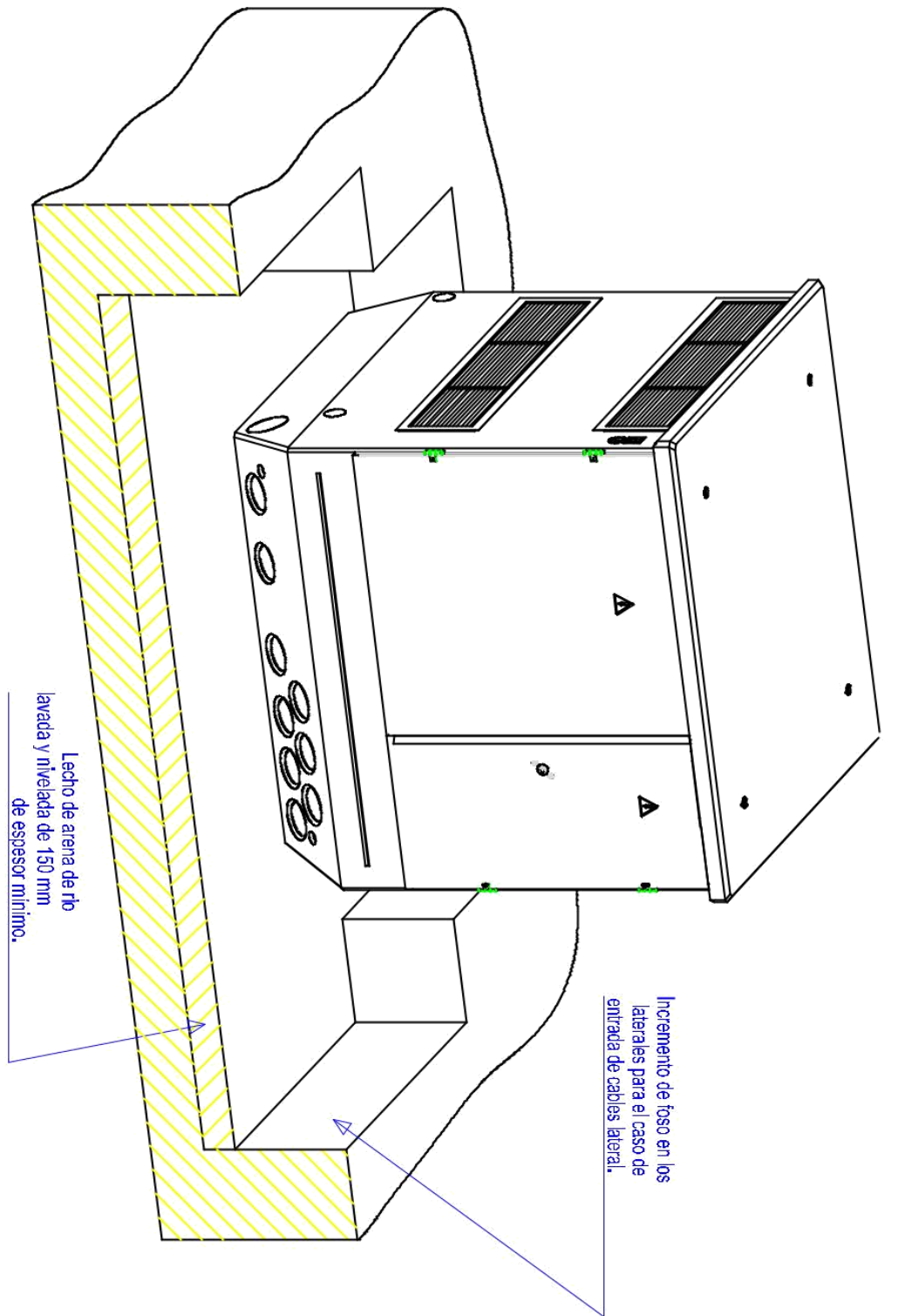
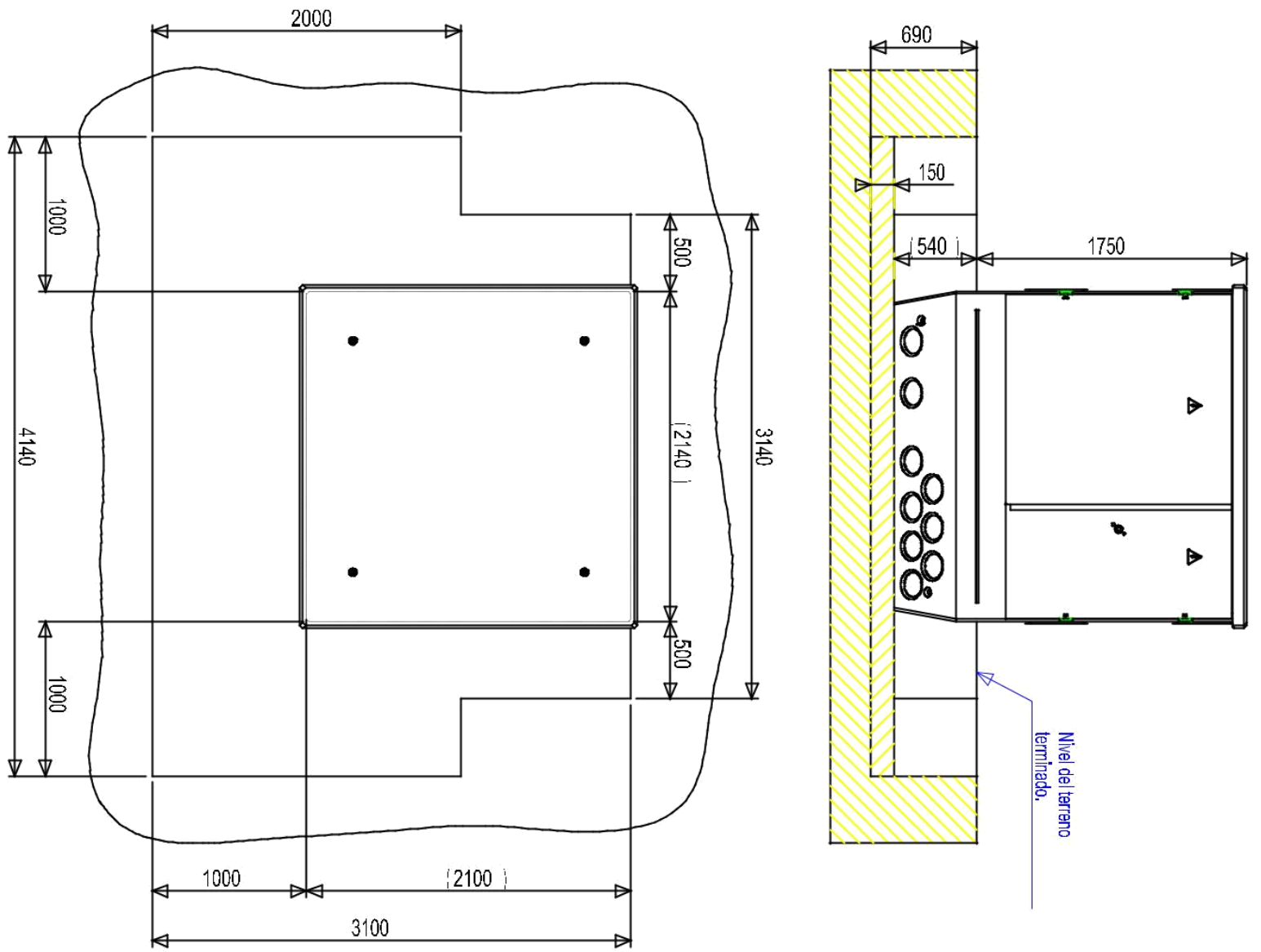
|   |                            |            |   |
|---|----------------------------|------------|---|
|  | <b>UNIVERSIDAD DE LEÓN</b> |            |  |
| <b>ESCUELA SUPERIOR Y TÉCNICA DE INGENIEROS DE MINAS</b>                            |                            |            |   |
| GRADO EN INGENIERÍA DE LA ENERGÍA   |                            |            |   |
| PROYECTO DE LÍNEA ELÉCTRICA AÉREA DE ALTA TENSIÓN PARA SUMINISTRO DE ENERGÍA        |                            |            |   |
| PLANO DE  | LOCALIZACIÓN               |            |   |
| ESCALA  |                            |            | PLANO Nº  |
| FECHA   | 30/08/2016                 | Fdo.:..... | <b>1</b>  |





PLANTA REPRESENTACION SIN TECHO

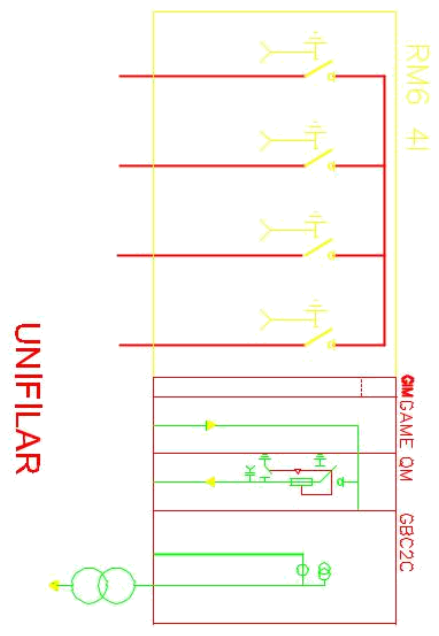
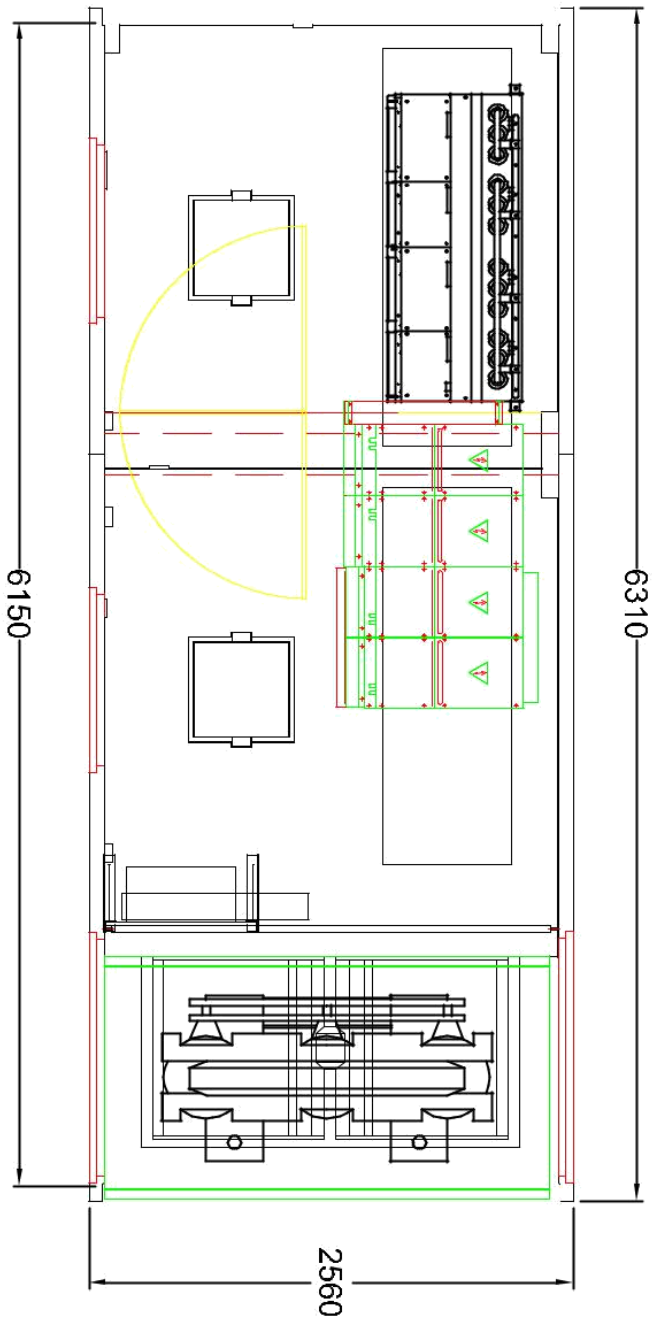
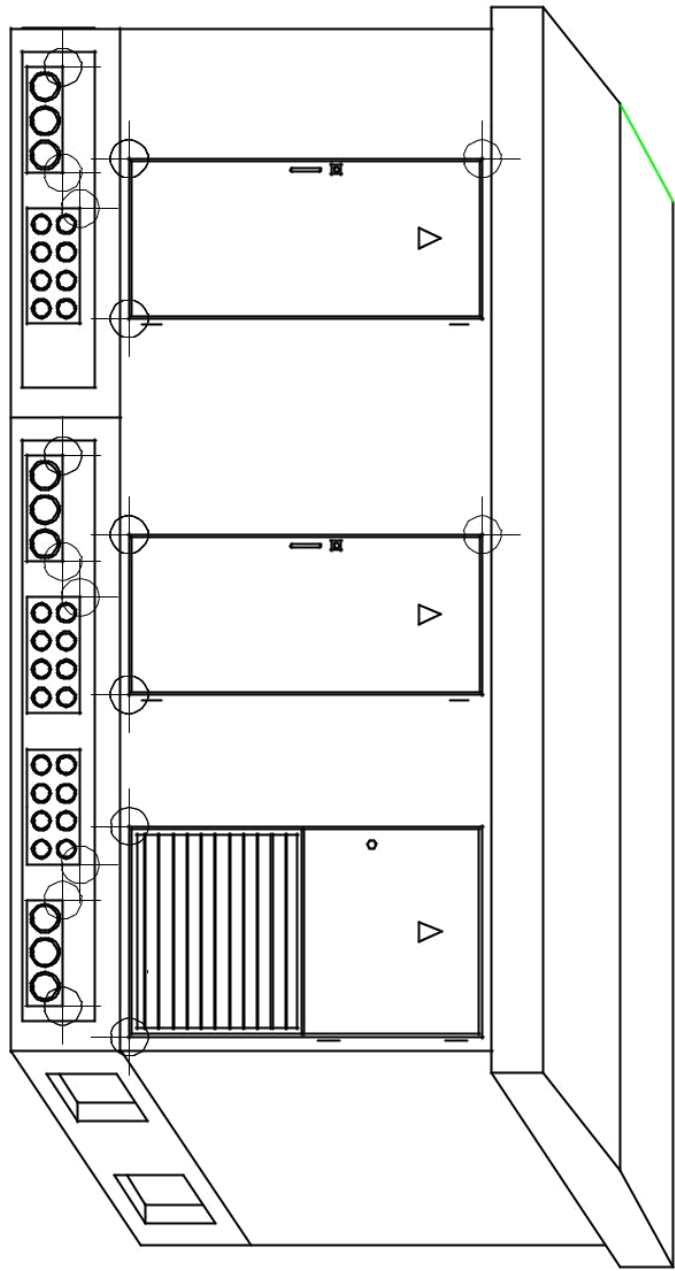
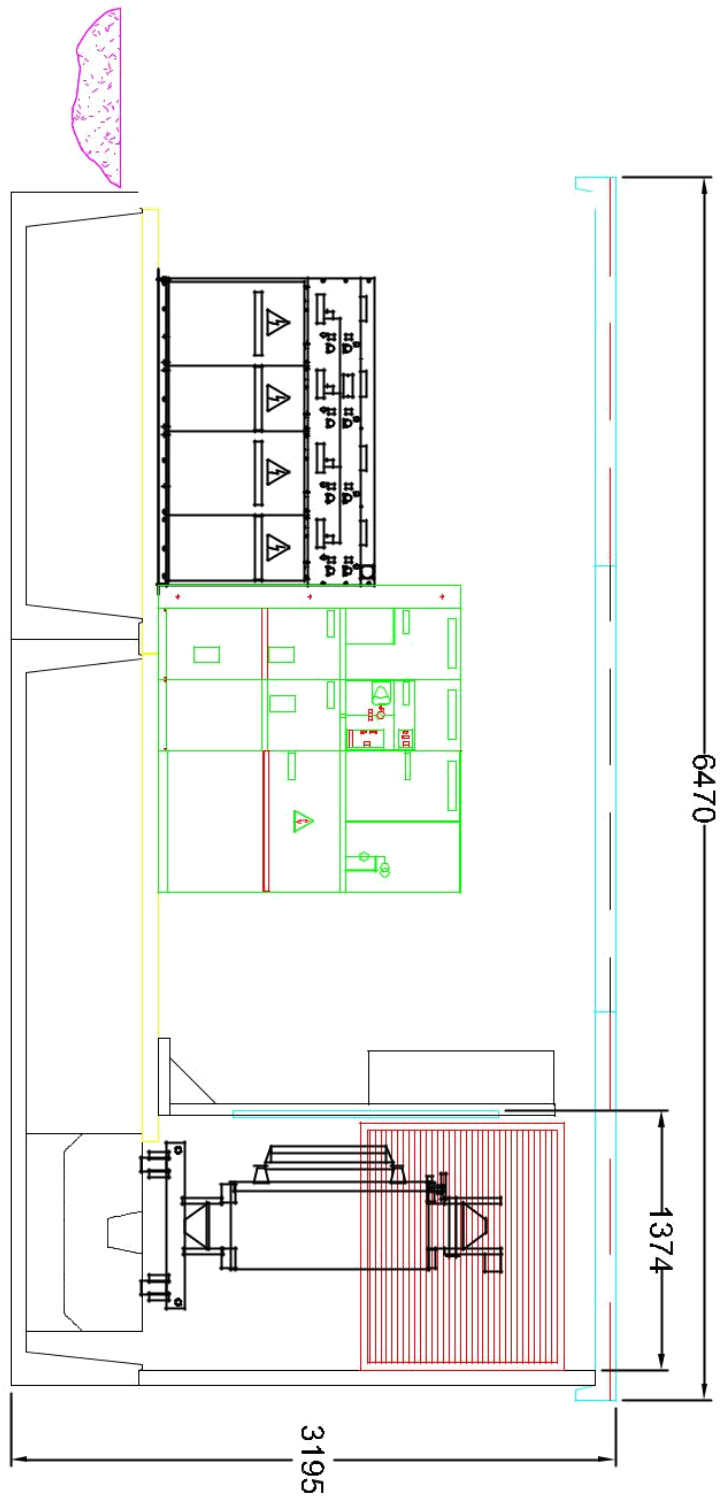


|  |                          |
|--|--------------------------|
| <br><b>UNIVERSIDAD DE LEÓN</b><br><b>ESCUELA SUPERIOR Y TÉCNICA DE INGENIEROS DE MINAS</b><br><br><b>GRADO EN INGENIERÍA DE LA ENERGÍA</b> |                          |
| PROYECTO DE LÍNEA ELÉCTRICA AÉREA DE ALTA TENSIÓN PARA SUMINISTRO DE ENERGÍA   |                          |
| PLANO DE   | CENTRO DE SECCIONAMIENTO |
| ESCALA   |                          |
| FECHA  | Fdo. ....                |
|  | PLANO N°                 |
|  | <b>2</b>                 |





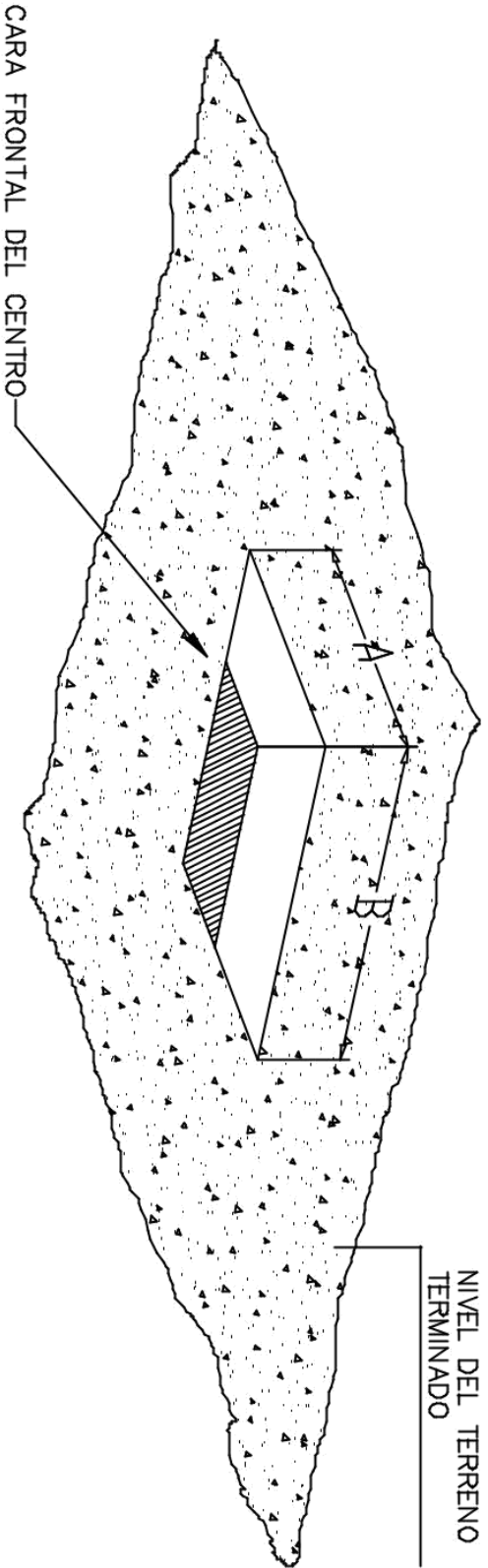
|  |   |
|--|---|
| <br><b>UNIVERSIDAD DE LEÓN</b><br><b>ESCUELA SUPERIOR Y TÉCNICA DE INGENIEROS DE MINAS</b><br> |   |
| GRADO EN INGENIERÍA DE LA ENERGÍA  |   |
| PROYECTO DE LÍNEA ELÉCTRICA AÉREA DE ALTA TENSIÓN PARA SUMINISTRO DE ENERGÍA   |   |
| PLANO DE   | DETALLE DEL FOSO DEL CENTRO DE SECCIONAMIENTO |
| ESCALA   |   |
| FECHA  | 30/08/2016                                    |
| Fdo. ....  |   |
|  | PLANO Nº                                      |
|  | <b>3</b>                                      |





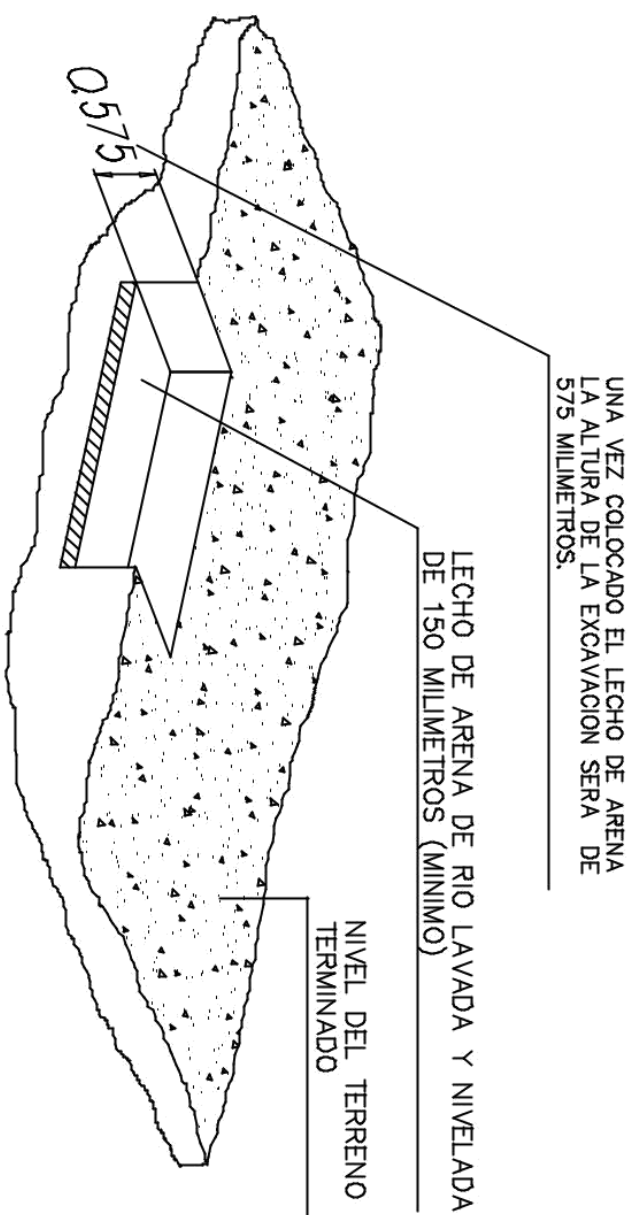
UNIFILAR

|  |                          |
|--|--------------------------|
| <br><b>UNIVERSIDAD DE LEÓN</b><br><b>ESCUELA SUPERIOR Y TÉCNICA DE INGENIEROS DE MINAS</b><br> |                          |
| <b>GRADO EN INGENIERÍA DE LA ENERGÍA</b>   |                          |
| PROYECTO DE LÍNEA ELÉCTRICA AÉREA DE ALTA TENSIÓN PARA SUMINISTRO DE ENERGÍA   |                          |
| PLANO DE   | CENTRO DE TRANSFORMACIÓN |
| ESCALA   | PLANO N°                 |
| FECHA  | 4                        |
| 30/08/2016   | Fdo.:.....               |





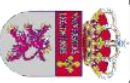
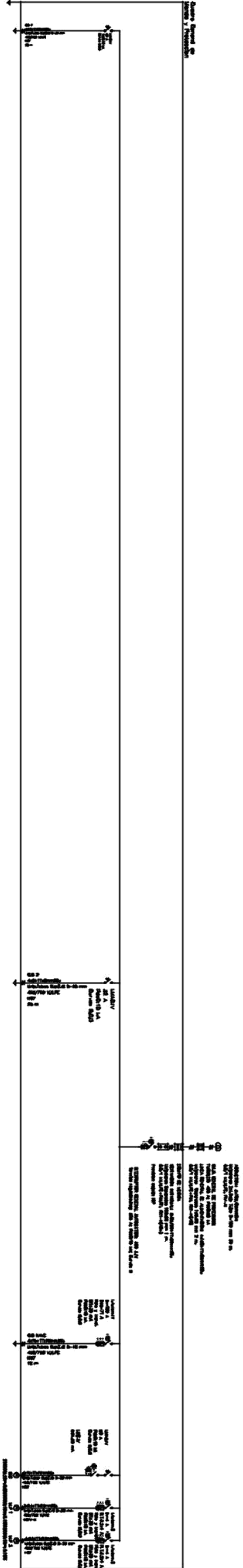
VISTA DE LA EXCAVACION

| DIMENSIONES (EN METROS) | A    | B     |
|-------------------------|------|-------|
| R-10                    | 2.86 | 3.10  |
| R10/10                  | 3.10 | 5.22  |
| M1                      | 3.10 | 4.45  |
| M1/10                   | 3.10 | 6.81  |
| M1/1                    | 3.10 | 8.40  |
| M1/10/10                | 3.10 | 9.17  |
| M1/1/10                 | 3.10 | 10.76 |
| M1/1/1                  | 3.10 | 12.35 |



SECCION DEL FOSO

|  |   |
|--|---|
| <br><b>UNIVERSIDAD DE LEÓN</b><br><b>ESCUELA SUPERIOR Y TÉCNICA DE INGENIEROS DE MINAS</b><br> |   |
| <b>GRADO EN INGENIERÍA DE LA ENERGÍA</b>   |   |
| PROYECTO DE LÍNEA ELÉCTRICA AÉREA DE ALTA TENSIÓN PARA SUMINISTRO DE ENERGÍA   |   |
| PLANO DE   | DETALLE DEL FOSO DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN |
| ESCALA   | PLANO Nº                                      |
| FECHA  | 5   |
| 30/08/2016   | Fdo.:.....                                    |



**UNIVERSIDAD DE LEÓN**  
**ESCUELA SUPERIOR Y TÉCNICA DE INGENIEROS DE MINAS**

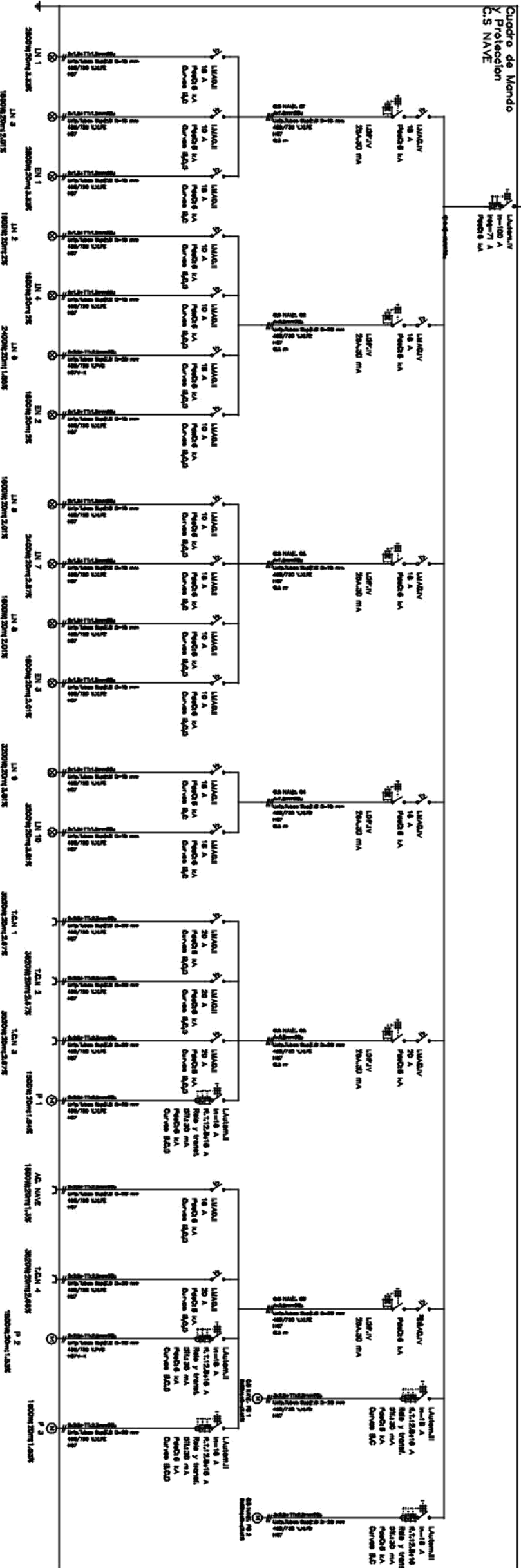


GRADO EN INGENIERÍA DE LA ENERGÍA

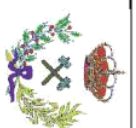
PROYECTO DE LÍNEA ELÉCTRICA AÉREA DE ALTA TENSIÓN PARA  
 SUMINISTRO DE ENERGÍA

PLANO DE ESQUEMA UNIFILAR

|             |            |          |
|-------------|------------|----------|
| ESCALA      |            | Nº PLANO |
| FECHA       | 30/08/2016 | 6        |
| Fdo.: ..... |            |          |



**UNIVERSIDAD DE LEÓN**  
**ESCUELA SUPERIOR Y TÉCNICA DE INGENIEROS DE MINAS**

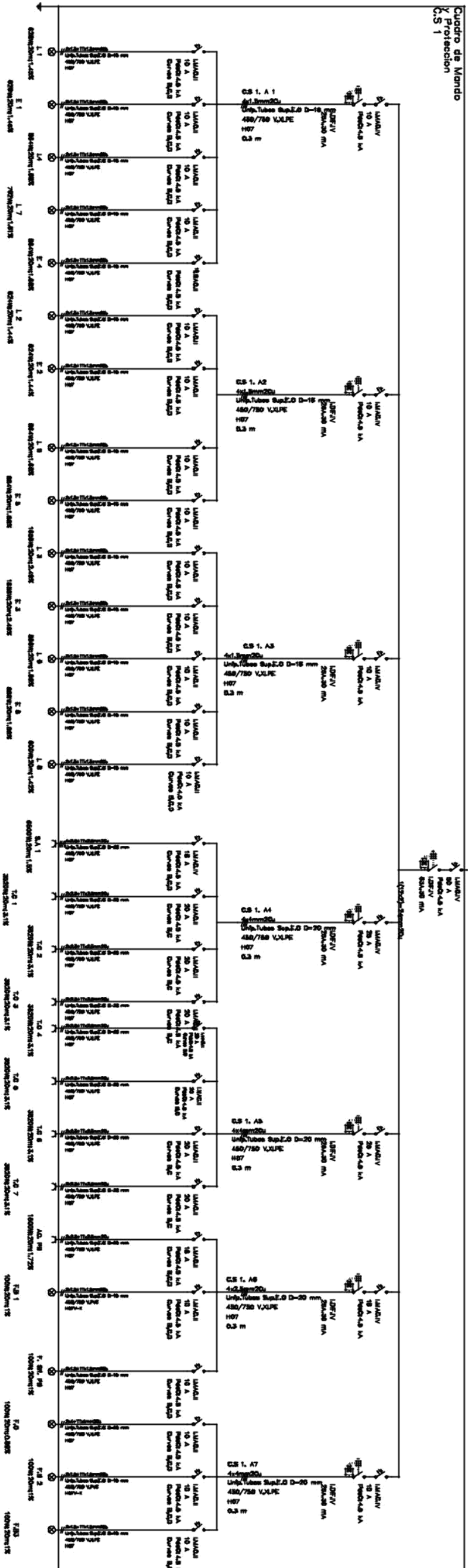


GRADO EN INGENIERÍA DE LA ENERGÍA

PROYECTO DE LÍNEA ELÉCTRICA AÉREA DE ALTA TENSIÓN PARA  
 SUMINISTRO DE ENERGÍA

PLANO DE ESQUEMA UNIFILAR

|        |            |          |
|--------|------------|----------|
| ESCALA |            | Nº PLANO |
| FECHA  | 30/08/2016 | 6        |
| Fdo.:  |            |          |



Cuadro de Mondo  
X Protección  
CS 1



UNIVERSIDAD DE LEÓN  
ESCUELA SUPERIOR Y TÉCNICA DE INGENIEROS DE MINAS



GRADO EN INGENIERÍA DE LA ENERGÍA

PROYECTO DE LÍNEA ELÉCTRICA AÉREA DE ALTA TENSIÓN PARA  
SUMINISTRO DE ENERGÍA

PLANO DE ESQUEMA UNIFILAR

|             |            |          |
|-------------|------------|----------|
| ESCALA      |            | Nº PLANO |
| FECHA       | 30/08/2016 | 6        |
| Fdo.: ..... |            |          |



## 6 Pliego de condiciones

### 6.1 Condiciones generales

Todos los materiales a emplear en la presente instalación serán de primera calidad y reunirán las condiciones exigidas en el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, Alta Tensión demás disposiciones vigentes referentes a materiales y prototipos de construcción.

Todos los materiales podrán ser sometidos a los análisis o pruebas, por cuenta de la contrata, que se crean necesarios para acreditar su calidad. Cualquier otro que haya sido especificado y sea necesario emplear deberá ser aprobado por la Dirección Técnica, bien entendiendo que será rechazado el que no reúna las condiciones exigidas por la buena práctica de la instalación.

Los materiales no consignados en proyecto que dieran lugar a precios contradictorios reunirán las condiciones de bondad necesarias, a juicio de la Dirección Facultativa, no teniendo el contratista derecho a reclamación alguna por estas condiciones exigidas.

Todos los trabajos incluidos en el presente proyecto se ejecutarán esmeradamente, con arreglo a las buenas prácticas de las instalaciones eléctricas, de acuerdo con el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, Alta Tensión y cumpliendo estrictamente las instrucciones recibidas por la Dirección Facultativa, no pudiendo, por tanto, servir de pretexto al contratista la baja en subasta, para variar esa esmerada ejecución ni la primerísima calidad de las instalaciones proyectadas en cuanto a sus materiales y mano de obra, ni pretender proyectos adicionales.

### 6.2 Características eléctricas

Los cables se colocarán dentro de tubos o canales, fijados directamente sobre las paredes, enterrados, directamente empotrados en estructuras, en el interior de huecos de la construcción, bajo molduras, en bandeja o soporte de bandeja, según se indica en Memoria, Planos y Mediciones.

Antes de iniciar el tendido de la red de distribución, deberán estar ejecutados los elementos estructurales que hayan de soportarla o en los que vaya a ser empotrada: forjados, tabiquería, etc. Salvo cuando al estar previstas se hayan dejado preparadas las necesarias canalizaciones al ejecutar la obra previa, deberá replantearse sobre esta en forma visible la situación de las cajas de mecanismos, de registro y protección, así como el recorrido de las líneas, señalando de forma conveniente la naturaleza de cada elemento.

#### 6.2.1 Conductores aislados bajo tubo protectores

Los tubos protectores pueden ser:

- Tubo y accesorios metálicos.
- Tubo y accesorios no metálicos.
- Tubo y accesorios compuestos (constituidos por materiales metálicos y no metálicos).

Los tubos se clasifican según lo dispuesto en las normas siguientes:

- UNE-EN 50.086 -2-1: Sistemas de tubos rígidos.

- UNE-EN 50.086 -2-2: Sistemas de tubos curvables.
- UNE-EN 50.086 -2-3: Sistemas de tubos flexibles.
- UNE-EN 50.086 -2-4: Sistemas de tubos enterrados.

Las características de protección de la unión entre el tubo y sus accesorios no deben ser inferiores a los declarados para el sistema de tubos.

La superficie interior de los tubos no deberá presentar en ningún punto aristas, asperezas o fisuras susceptibles de dañar los conductores o cables aislados o de causar heridas a instaladores o usuarios.

Las dimensiones de los tubos no enterrados y con unión roscada utilizados en las instalaciones eléctricas son las que se prescriben en la UNE-EN 60.423. Para los tubos enterrados, las dimensiones se corresponden con las indicadas en la norma UNE-EN 50.086 -2-4. Para el resto de los tubos, las dimensiones serán las establecidas en la norma correspondiente de las citadas anteriormente. La denominación se realizará en función del diámetro exterior.

El diámetro interior mínimo deberá ser declarado por el fabricante.

En lo relativo a la resistencia a los efectos del fuego considerados en la norma particular para cada tipo de tubo, se seguirá lo establecido por la aplicación de la Directiva de Productos de la Construcción (89/106/CEE).

#### 6.2.1.1 Tubos en canalizaciones fijas en superficie.

En las canalizaciones superficiales, los tubos deberán ser preferentemente rígidos y en casos especiales podrán usarse tubos curvables. Sus características mínimas serán las indicadas a continuación

Tabla 6.1 Características de los tubos en canalizaciones fijas en superficie

| Características  | Código | Grado                                      |
|--|--------|--|
| Resistencia a la compresión                                | 4      | Fuerte                                     |
| Resistencia al impacto                                     | 3      | Media                                      |
| Temperatura mínima de la instalación y servicio            | 2      | -5º C                                      |
| Temperatura máxima de la instalación y servicio            | 1      | +60 ºC                                     |
| Resistencia al curvado                                     | 1-2    | Rígido/curvable                            |
| Propiedades eléctricas                                     | 1-2    | Continuidad eléctrica/aislamiento          |
| Resistencia a la penetración de objetos solidos            | 4      | Contra objetos D≥ 1mm                      |
| Resistencia a la penetración del agua cuando el sistema de | 2      | Contra gotas de agua cayendo verticalmente |



|   |   |                                      |
|---|---|--------------------------------------|
| tubería este inclinado 15 °                                       |   |                                      |
| Resistencia a la corrosión de tubos metálicos medida y compuertas | 2 | Protección interior y exterior media |
| Resistencia a la tracción   | 0 | No declarada                         |
| Resistencia a la propagación de la llama                          | 1 | No propagador                        |
| Resistencia a las cargas suspendidas                              | 0 | No declarada                         |

### 6.2.1.2 Tubos en canalizaciones empotradas.

En las canalizaciones empotradas, los tubos protectores podrán ser rígidos, curvables o flexibles, con unas características mínimas indicadas a continuación:

- Tubos empotrados en obras de fábrica (paredes, techos y falsos techos), huecos de la construcción o canales protectoras de obra.

Tabla 6.2 Características mínimas de los tubos empotrados en obras fabricas huecos de la construcción

| Características  | Código  | Grado                                      |
|--|---------|--|
| Resistencia a la compresión  | 2       | Ligera                                     |
| Resistencia al impacto   | 2       | Ligera                                     |
| Temperatura mínima de la instalación y servicio  | 2       | -5° C                                      |
| Temperatura máxima de la instalación y servicio  | 1       | +60 °C                                     |
| Resistencia al curvado   | 1-2-3-4 | Cualquiera de las especificadas            |
| Propiedades eléctricas   | 0       | No declaradas                              |
| Resistencia a la penetración de objetos solidos  | 4       | Contra objetos D≥ 1mm                      |
| Resistencia a la penetración del agua cuando el sistema de tubería este inclinado 15 ° | 2       | Contra gotas de agua cayendo verticalmente |
| Resistencia a la corrosión de tubos metálicos medida y compuertas                      | 2       | Protección interior y exterior media       |
| Resistencia a la tracción  | 0       | No declarada                               |
| Resistencia a la propagación de la llama   | 1       | No propagador                              |

|                                      |   |              |
|--------------------------------------|---|--------------|
| Resistencia a las cargas suspendidas | 0 | No declarada |
|--------------------------------------|---|--------------|

### 6.2.1.3 Tubos empotrados embobados en hormigón

Tabla 6.3 Características mínimas de los tubos empotrados en hormigón

| Características                                      | Código  | Grado                                       |
|--|---------|---|
| Resistencia a la compresión                          | 3       | Media                                       |
| Resistencia al impacto                               | 3       | Media                                       |
| Temperatura mínima de la instalación y servicio      | 2       | -5º C                                       |
| Temperatura máxima de la instalación y servicio      | 2       | +90 ºC ( + 60 canal. Precabl. Ordinarias)   |
| Resistencia al curvado                               | 1-2-3-4 | Cualquiera de las especificadas             |
| Propiedades eléctricas                               | 0       | No declaradas                               |
| Resistencia a la penetración de objetos solidos      | 5       | Protegido contra el polvo                   |
| Resistencia a la penetración del agua                | 3       | Protegido contra el agua en forma de lluvia |
| Resistencia a la corrosión de tubos metálicos medida | 2       | Protección interior y exterior mediana      |
| Resistencia a la tracción                            | 0       | No declarada                                |
| Resistencia a la propagación de la llama             | 1       | No propagador                               |
| Resistencia a las cargas suspendidas                 | 0       | No declarada                                |

### 6.2.1.4 Tubos en canalizaciones aéreas con tubos al aire

En las canalizaciones al aire, destinadas a la alimentación de máquinas o elementos de movilidad restringida, los tubos serán flexibles y sus características mínimas para instalaciones ordinarias serán las indicadas a continuación:

Tabla 6.4 Características mínimas de los tubos en canalizaciones aéreas o con tubo al aire

| Características             | Código | Grado  |
|-----------------------------|--------|--------|
| Resistencia a la compresión | 4      | Fuerte |
| Resistencia al impacto      | 3      | Media  |
| Temperatura mínima de la    | 2      | -5º C  |

|  |   |  |
|--|---|--|
| instalación y servicio   |   |  |
| Temperatura máxima de la instalación y servicio  | 1 | +60 °C   |
| Resistencia al curvado   | ½ | Flexibles                                      |
| Propiedades eléctricas   | 0 | Continuidada/aislado                           |
| Resistencia a la penetración de objetos solidos  | 4 | Contra objetos D≥ 1mm                          |
| Resistencia a la penetración del agua cuando el sistema de tubería este inclinado 15 ° | 2 | Contra gotas de agua cayendo verticalmente     |
| Resistencia a la corrosión de tubos metálicos medida y compuertas                      | 2 | Protección interior mediana y exterior elevada |
| Resistencia a la tracción  | 2 | Ligera   |
| Resistencia a la propagación de la llama   | 1 | No propagador                                  |
| Resistencia a las cargas suspendidas   | 2 | Ligera   |

Se recomienda no utilizar este tipo de instalación para secciones nominales de conductor superiores a 16 mm<sup>2</sup>.

### 6.2.1.5 Tubos en canalizaciones enterradas

Tabla 6.5 Características mínimas de los tubos enterrados

| Características                                 | Código  | Grado                           |
|---|---------|---------------------------------|
| Resistencia a la compresión                     | NA      | 250N / 450 N / 750 N            |
| Resistencia al impacto                          | NA      | Ligero / Normal / Normal        |
| Temperatura mínima de la instalación y servicio | NA      | NA                              |
| Temperatura máxima de la instalación y servicio | NA      | NA                              |
| Resistencia al curvado                          | 1-2-3-4 | Cualquiera de las especificadas |
| Propiedades eléctricas                          | 0       | No declaradas                   |
| Resistencia a la penetración de objetos solidos | 4       | Contra objetos D≥ 1mm           |
| Resistencia a la                                | 3       | Contra el agua en forma de      |

|  |   |  |
|--|---|--|
| penetración del agua                                 |   | lluvia                                 |
| Resistencia a la corrosión de tubos metálicos medida | 2 | Protección interior y exterior mediana |
| Resistencia a la tracción                            | 0 | No declarada                           |
| Resistencia a la propagación de la llama             | 0 | No declarada                           |
| Resistencia a las cargas suspendidas                 | 0 | No declarada                           |

Notas:

- NA: No aplicable.
- Para tubos embebidos en hormigón aplica 250 N y grado Ligero; para tubos en suelo ligero aplica 450 N y grado Normal; para tubos en suelos pesados aplica 750 N y grado Normal.

Se considera suelo ligero aquel suelo uniforme que no sea del tipo pedregoso y con cargas superiores ligeras, como por ejemplo, aceras, parques y jardines. Suelo pesado es aquel del tipo pedregoso y duro y con cargas superiores pesadas, como por ejemplo, calzadas y vías férreas.

### 6.2.2 Instalación en baja tensión

Los cables utilizados serán de tensión asignada no inferior a 450/750 V.

El diámetro exterior mínimo de los tubos, en función del número y la sección de los conductores a conducir, se obtendrá de las tablas indicadas en la ITC-BT-21, así como las características mínimas según el tipo de instalación.

Para la ejecución de las canalizaciones bajo tubos protectores, se tendrán en cuenta las prescripciones generales siguientes:

- El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo líneas verticales y horizontales o paralelas a las aristas de las paredes que limitan el local donde se efectúa la instalación.
- Los tubos se unirán entre sí mediante accesorios adecuados a su clase que aseguren la continuidad de la protección que proporcionan a los conductores.
- Los tubos aislantes rígidos curvables en caliente podrán ser ensamblados entre sí en caliente, recubriendo el empalme con una cola especial cuando se precise una unión estanca.
- Las curvas practicadas en los tubos serán continuas y no originarán reducciones de sección inadmisibles. Los radios mínimos de curvatura para cada clase de tubo serán los especificados por el fabricante conforme a UNE-EN
- Será posible la fácil introducción y retirada de los conductores en los tubos después de colocarlos y fijados estos y sus accesorios, disponiendo para ello los registros que se consideren convenientes, que en tramos rectos no estarán separados entre sí más de 15 metros. El número de curvas en

ángulo situadas entre dos registros consecutivos no será superior a 3. Los conductores se alojarán normalmente en los tubos después de colocados éstos.

- Los registros podrán estar destinados únicamente a facilitar la introducción y retirada de los conductores en los tubos o servir al mismo tiempo como cajas de empalme o derivación.
- Las conexiones entre conductores se realizarán en el interior de cajas apropiadas de material aislante y no propagador de la llama. Si son metálicas estarán protegidas contra la corrosión. Las dimensiones de estas cajas serán tales que permitan alojar holgadamente todos los conductores que deban contener. Su profundidad será al menos igual al diámetro del tubo mayor más un 50 % del mismo, con un mínimo de 40 mm. Su diámetro o lado interior mínimo será de 60 mm. Cuando se quieran hacer estancas las entradas de los tubos en las cajas de conexión, deberán emplearse prensaestopas o racores adecuados.
- En los tubos metálicos sin aislamiento interior, se tendrá en cuenta la posibilidad de que se produzcan condensaciones de agua en su interior, para lo cual se elegirá convenientemente el trazado de su instalación, previendo la evacuación y estableciendo una ventilación apropiada en el interior de los tubos mediante el sistema adecuado, como puede ser, por ejemplo, el uso de una "T" de la que uno de los brazos no se emplea.
- Los tubos metálicos que sean accesibles deben ponerse a tierra. Su continuidad eléctrica deberá quedar convenientemente asegurada. En el caso de utilizar tubos metálicos flexibles, es necesario que la distancia entre dos puestas a tierra consecutivas de los tubos no exceda de 10 metros.
- No podrán utilizarse los tubos metálicos como conductores de protección o de neutro.

Cuando los tubos se instalen en montaje superficial, se tendrán en cuenta, además, las siguientes prescripciones:

- Los tubos se fijarán a las paredes o techos por medio de bridas o abrazaderas protegidas contra la corrosión y sólidamente sujetas. La distancia entre éstas será, como máximo, de 0,50 metros. Se dispondrán fijaciones de una y otra parte en los cambios de dirección, en los empalmes y en la proximidad inmediata de las entradas en cajas o aparatos.
- Los tubos se colocarán adaptándose a la superficie sobre la que se instalan, curvándose o usando los accesorios necesarios.
- En alineaciones rectas, las desviaciones del eje del tubo respecto a la línea que une los puntos extremos no serán superiores al 2 por 100.
- Es conveniente disponer los tubos, siempre que sea posible, a una altura mínima de 2,50 metros sobre el suelo, con objeto de protegerlos de eventuales daños mecánicos.

Cuando los tubos se coloquen empotrados, se tendrán en cuenta, además, las siguientes prescripciones:

- En la instalación de los tubos en el interior de los elementos de la construcción, las rozas no pondrán en peligro la seguridad de las paredes o techos en que se practiquen. Las dimensiones de las rozas serán suficientes para que los tubos queden recubiertos por una capa de 1 centímetro de espesor, como mínimo. En los ángulos, el espesor de esta capa puede reducirse a 0,5 centímetros.
- No se instalarán entre forjado y revestimiento tubos destinados a la instalación eléctrica de las plantas inferiores.
- Para la instalación correspondiente a la propia planta, únicamente podrán instalarse, entre forjado y revestimiento, tubos que deberán quedar recubiertos por una capa de hormigón o mortero de 1 centímetro de espesor, como mínimo, además del revestimiento.
- En los cambios de dirección, los tubos estarán convenientemente curvados o bien provistos de codos o "T" apropiados, pero en este último caso sólo se admitirán los provistos de tapas de registro.
- Las tapas de los registros y de las cajas de conexión quedarán accesibles y desmontables una vez finalizada la obra. Los registros y cajas quedarán enrasados con la superficie exterior del revestimiento de la pared o techo cuando no se instalen en el interior de un alojamiento cerrado y practicable.
- En el caso de utilizarse tubos empotrados en paredes, es conveniente disponer los recorridos horizontales a 50 centímetros como máximo, de suelo o techos y los verticales a una distancia de los ángulos de esquinas no superior a 20 centímetros.

#### **6.2.2.1 Conductores aislados fijados directamente sobre paredes**

Estas instalaciones se establecerán con cables de tensiones asignadas no inferiores a 0,6/1 kV, provistos de aislamiento y cubierta (se incluyen cables armados o con aislamiento mineral).

Para la ejecución de las canalizaciones se tendrán en cuenta las siguientes prescripciones:

- Se fijarán sobre las paredes por medio de bridas, abrazaderas, o collares de forma que no perjudiquen las cubiertas de los mismos.
- Con el fin de que los cables no sean susceptibles de doblarse por efecto de su propio peso, los puntos de fijación de los mismos estarán suficientemente próximos. La distancia entre dos puntos de fijación sucesivos, no excederá de 0,40 metros.
- Cuando los cables deban disponer de protección mecánica por el lugar y condiciones de instalación en que se efectúe la misma, se utilizarán cables armados. En caso de no utilizar estos cables, se establecerá una protección mecánica complementaria sobre los mismos.
- Se evitará curvar los cables con un radio demasiado pequeño y salvo prescripción en contra fijada en la Norma UNE correspondiente al cable utilizado, este radio no será inferior a 10 veces el diámetro exterior del cable.

- Los cruces de los cables con canalizaciones no eléctricas se podrán efectuar por la parte anterior o posterior a éstas, dejando una distancia mínima de 3 cm entre la superficie exterior de la canalización no eléctrica y la cubierta de los cables cuando el cruce se efectúe por la parte anterior de aquélla.
- Los extremos de los cables serán estancos cuando las características de los locales o emplazamientos así lo exijan, utilizándose a este fin cajas u otros dispositivos adecuados. La estanqueidad podrá quedar asegurada con la ayuda de prensaestopas.
- Los empalmes y conexiones se harán por medio de cajas o dispositivos equivalentes provistos de tapas desmontables que aseguren a la vez la continuidad de la protección mecánica establecida, el aislamiento y la inaccesibilidad de las conexiones y permitiendo su verificación en caso necesario.

#### **6.2.2.2 Conductores aislados enterrados**

Las condiciones para estas canalizaciones, en las que los conductores aislados deberán ir bajo tubo salvo que tengan cubierta y una tensión asignada 0,6/1kV, se establecerán de acuerdo con lo señalado en la Instrucciones ITC-BT-07 e ITC-BT-21.

#### **6.2.2.3 Conductores aislados directamente empotrados en estructuras**

Para estas canalizaciones son necesarios conductores aislados con cubierta (incluidos cables armados o con aislamiento mineral). La temperatura mínima y máxima de instalación y servicio será de -5°C y 90°C respectivamente (polietileno reticulado o etileno-propileno).

#### **6.2.2.4 Conductores aislados en el interior de la construcción**

Los cables utilizados serán de tensión asignada no inferior a 450/750 V.

Los cables o tubos podrán instalarse directamente en los huecos de la construcción con la condición de que sean no propagadores de la llama.

Los huecos en la construcción admisibles para estas canalizaciones podrán estar dispuestos en muros, paredes, vigas, forjados o techos, adoptando la forma de conductos continuos o bien estarán comprendidos entre dos superficies paralelas como en el caso de falsos techos o muros con cámaras de aire.

La sección de los huecos será, como mínimo, igual a cuatro veces la ocupada por los cables o tubos, y su dimensión más pequeña no será inferior a dos veces el diámetro exterior de mayor sección de éstos, con un mínimo de 20 milímetros.

Las paredes que separen un hueco que contenga canalizaciones eléctricas de los locales inmediatos, tendrán suficiente solidez para proteger éstas contra acciones previsibles.

Se evitarán, dentro de lo posible, las asperezas en el interior de los huecos y los cambios de dirección de los mismos en un número elevado o de pequeño radio de curvatura.

La canalización podrá ser reconocida y conservada sin que sea necesaria la destrucción parcial de las paredes, techos, etc., o sus guarnecidos y decoraciones.

Los empalmes y derivaciones de los cables serán accesibles, disponiéndose para ellos las cajas de derivación adecuadas.

Se evitará que puedan producirse infiltraciones, fugas o condensaciones de agua que puedan penetrar en el interior del hueco, prestando especial atención a la impermeabilidad de sus muros exteriores, así como a la proximidad de tuberías de conducción de líquidos, penetración de agua al efectuar la limpieza de suelos, posibilidad de acumulación de aquella en partes bajas del hueco, etc.

#### 6.2.2.5 Conductores aislados bajo canales protectores

El canal protector es un material de instalación constituido por un perfil de paredes perforadas o no, destinado a alojar conductores o cables y cerrado por una tapa desmontable. Los cables utilizados serán de tensión asignada no inferior a 450/750 V.

Los canales protectores tendrán un grado de protección IP4X y estarán clasificados como "canales con tapa de acceso que sólo pueden abrirse con herramientas". En su interior se podrán colocar mecanismos tales como interruptores, tomas de corriente, dispositivos de mando y control, etc, siempre que se fijen de acuerdo con las instrucciones del fabricante. También se podrán realizar empalmes de conductores en su interior y conexiones a los mecanismos.

Las canalizaciones para instalaciones superficiales ordinarias tendrán unas características mínimas indicadas a continuación:

Tabla 6.6 Características mínimas de las canalizaciones para instalaciones superficiales

| Características                                  | Grado          |                 |
|--|----------------|-----------------|
|  | $\leq 16$ mm   | $\geq 16$ mm    |
| Dimensión de lado mayor de la sección transversa | $\leq 16$ mm   | $\geq 16$ mm    |
| Resistencia al impacto                           | Muy ligera     | Media           |
| Temperatura mínima de instalación y servicio     | +15 °C         | -5 °C           |
| Temperatura máxima de instalación y servicio     | + 60 °C        | + 60 °C         |
| Propiedades eléctrica                            | Aislante       | Continuidad     |
| Resistencia a la penetración de objetos solidos  | 4              | No inferior a 2 |
| Resistencias a la penetración de agua            | No declarada   |                 |
| Resistencia a la propagación de la llama         | No prepagables |                 |

El cumplimiento de estas características se realizará según los ensayos indicados en las normas UNE-EN 501085.

Los canales protectores para aplicaciones no ordinarias deberán tener unas características mínimas de resistencia al impacto, de temperatura mínima y máxima de instalación y servicio, de resistencia a la penetración de objetos sólidos y de resistencia a la penetración de agua, adecuadas a las condiciones del emplazamiento al que se destina;



asimismo las canales serán no propagadoras de la llama. Dichas características serán conformes a las normas de la serie UNE-EN 50.085.

El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo preferentemente líneas verticales y horizontales o paralelas a las aristas de las paredes que limitan al local donde se efectúa la instalación.

Las canales con conductividad eléctrica deben conectarse a la red de tierra, su continuidad eléctrica quedará convenientemente asegurada.

La tapa de las canales quedará siempre accesible.

#### **6.2.2.6 Conductores aislados bajo molduras**

Estas canalizaciones están constituidas por cables alojados en ranuras bajo molduras. Podrán utilizarse únicamente en locales o emplazamientos clasificados como secos, temporalmente húmedos o polvorientos. Los cables serán de tensión asignada no inferior a 450/750 V.

Las molduras cumplirán las siguientes condiciones:

- Las ranuras tendrán unas dimensiones tales que permitan instalar sin dificultad por ellas a los conductores o cables. En principio, no se colocará más de un conductor por ranura, admitiéndose, no obstante, colocar varios conductores siempre que pertenezcan al mismo circuito y la ranura presente dimensiones adecuadas para ello.
- La anchura de las ranuras destinadas a recibir cables rígidos de sección igual o inferior a 6 mm<sup>2</sup> serán, como mínimo, de 6 mm.

Para la instalación de las molduras se tendrá en cuenta:

- Las molduras no presentarán discontinuidad alguna en toda la longitud donde contribuyen a la protección mecánica de los conductores. En los cambios de dirección, los ángulos de las ranuras serán obtusos.
- Las canalizaciones podrán colocarse al nivel del techo o inmediatamente encima de los rodapiés. En ausencia de éstos, la parte inferior de la moldura estará, como mínimo, a 10 cm por encima del suelo.
- En el caso de utilizarse rodapiés ranurados, el conductor aislado más bajo estará, como mínimo, a 1,5 cm por encima del suelo.
- Cuando no puedan evitarse cruces de estas canalizaciones con las destinadas a otro uso (agua, gas, etc.), se utilizará una moldura especialmente concebida para estos cruces o preferentemente un tubo rígido empotrado que sobresaldrá por una y otra parte del cruce. La separación entre dos canalizaciones que se crucen será, como mínimo de 1 cm en el caso de utilizar molduras especiales para el cruce y 3 cm, en el caso de utilizar tubos rígidos empotrados.
- Las conexiones y derivaciones de los conductores se hará mediante dispositivos de conexión con tornillo o sistemas equivalentes.
- Las molduras no estarán totalmente empotradas en la pared ni recubiertas por papeles, tapicerías o cualquier otro material, debiendo quedar su cubierta siempre al aire.

- Antes de colocar las molduras de madera sobre una pared, debe asegurarse que la pared está suficientemente seca; en caso contrario, las molduras se separarán de la pared por medio de un producto hidrófugo.

#### **6.2.2.7 Conductores aislados en bandeja o soporte de bandeja**

Solo se utilizarán conductores aislados con cubierta (incluidos cables armados o con aislamiento mineral), unipolares o multipolares según norma UNE 20.460 -5-52.

El material usado para la fabricación será acero laminado de primera calidad, galvanizado por inmersión. La anchura de las canaletas será de 100 mm como mínimo, con incrementos de 100 en 100 mm. La longitud de los tramos rectos será de dos metros. El fabricante indicará en su catálogo la carga máxima admisible, en N/m, en función de la anchura y de la distancia entre soportes. Todos los accesorios, como codos, cambios de plano, reducciones, tes, uniones, soportes, etc, tendrán la misma calidad que la bandeja.

Las bandejas y sus accesorios se sujetarán a techos y paramentos mediante herrajes de suspensión, a distancias tales que no se produzcan flechas superiores a 10 mm y estarán perfectamente alineadas con los cerramientos de los locales.

No se permitirá la unión entre bandejas o la fijación de las mismas a los soportes por medio de soldadura, debiéndose utilizar piezas de unión y tornillería cadmiada. Para las uniones o derivaciones de líneas se utilizarán cajas metálicas que se fijarán a las bandejas.

#### **6.2.2.8 Normas de instalación en presencia de otras canalizaciones no eléctrica**

En caso de proximidad de canalizaciones eléctricas con otras no eléctricas, se dispondrán de forma que entre las superficies exteriores de ambas se mantenga una distancia mínima de 3 cm. En caso de proximidad con conductos de calefacción, de aire caliente, vapor o humo, las canalizaciones eléctricas se establecerán de forma que no puedan alcanzar una temperatura peligrosa y, por consiguiente, se mantendrán separadas por una distancia conveniente o por medio de pantallas calorífugas.

Las canalizaciones eléctricas no se situarán por debajo de otras canalizaciones que puedan dar lugar a condensaciones, tales como las destinadas a conducción de vapor, de agua, de gas, etc., a menos que se tomen las disposiciones necesarias para proteger las canalizaciones eléctricas contra los efectos de estas condensaciones.

#### **6.2.2.9 Accesibilidad a las instalaciones**

Las canalizaciones deberán estar dispuestas de forma que faciliten su maniobra, inspección y acceso a sus conexiones. Las canalizaciones eléctricas se establecerán de forma que mediante la conveniente identificación de sus circuitos y elementos, se pueda proceder en todo momento a reparaciones, transformaciones, etc.

En toda la longitud de los pasos de canalizaciones a través de elementos de la construcción, tales como muros, tabiques y techos, no se dispondrán empalmes o derivaciones de cables, estando protegidas contra los deterioros mecánicos, las acciones químicas y los efectos de la humedad.

Las cubiertas, tapas o envoltentes, mandos y pulsadores de maniobra de aparatos tales como mecanismos, interruptores, bases, reguladores, etc, instalados en los locales húmedos o mojados, serán de material aislante.

### 6.2.2.10 Conductores

Los conductores utilizados se regirán por las especificaciones del proyecto, según se indica en Memoria, Planos y Anexo de cálculo.

#### 6.2.2.10.1 Materiales

Los conductores serán de los siguientes tipos:

- De 450/750 V de tensión nominal.
  - Conductor: de cobre.
  - Formación: unipolares.
  - Aislamiento: polietileno reticulado (XLPE).
  - Tensión de prueba: 2.500 V.
  - Instalación: bajo tubo.
  - Normativa de aplicación: UNE 21.031.
  
- De 0,6/1 kV de tensión nominal.
  - Conductor: de cobre (o de aluminio, cuando lo requieran las especificaciones del proyecto).
  - Formación: uni-bi-tri-tetrapolares.
  - Aislamiento: policloruro de vinilo (PVC) o polietileno reticulado (XLPE).
  - Tensión de prueba: 4.000 V.
  - Instalación: al aire o en bandeja.
  - Normativa de aplicación: UNE 21.123.

Los conductores de cobre electrolítico se fabricarán de calidad y resistencia mecánica uniforme, y su coeficiente de resistividad a 20 °C será del 98 % al 100 %. Irán provistos de baño de recubrimiento de estaño, que deberá resistir la siguiente prueba: A una muestra limpia y seca de hilo estañado se le da la forma de círculo de diámetro equivalente a 20 o 30 veces el diámetro del hilo, a continuación de lo cual se sumerge durante un minuto en una solución de ácido hidrociorídrico de 1,088 de peso específico a una temperatura de 20 °C. Esta operación se efectuará dos veces, después de lo cual no deberán apreciarse puntos negros en el hilo. La capacidad mínima del aislamiento de los conductores será de 500 V.

Los conductores de sección igual o superior a 6 mm<sup>2</sup> deberán estar constituidos por cable obtenido por trenzado de hilo de cobre del diámetro correspondiente a la sección del conductor de que se trate.

#### 6.2.2.10.2 Dimensionado

Para la selección de los conductores activos del cable adecuado a cada carga se usará el más desfavorable entre los siguientes criterios:

- Intensidad máxima admisible. Como intensidad se tomará la propia de cada carga. Partiendo de las intensidades nominales así establecidas, se elegirá la sección del cable que admita esa intensidad de acuerdo a las prescripciones del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión ITC-BT-19 o las recomendaciones del fabricante, adoptando los oportunos coeficientes correctores según las condiciones de la instalación. En cuanto a coeficientes de mayoración de la carga, se deberán tener presentes las Instrucciones ITC-BT-44 para receptores de alumbrado e ITC-BT-47 para receptores de motor.
- Caída de tensión en servicio. La sección de los conductores a utilizar se determinará de forma que la caída de tensión entre el origen de la instalación y cualquier punto de utilización, sea menor del 3 % de la tensión nominal en el origen de la instalación, para alumbrado, y del 5 % para los demás usos, considerando alimentados todos los receptores susceptibles de funcionar simultáneamente. Para la derivación individual la caída de tensión máxima admisible será del 1,5 %. El valor de la caída de tensión podrá compensarse entre la de la instalación interior y la de la derivación individual, de forma que la caída de tensión total sea inferior a la suma de los valores límites especificados para ambas.
- Caída de tensión transitoria. La caída de tensión en todo el sistema durante el arranque de motores no debe provocar condiciones que impidan el arranque de los mismos, desconexión de los contactares, parpadeo de alumbrado, etc.

La sección del conductor neutro será la especificada en la Instrucción ITC-BT-07, apartado 1, en función de la sección de los conductores de fase o polares de la instalación.

Los conductores de protección serán del mismo tipo que los conductores activos especificados en el apartado anterior, y tendrán una sección mínima igual a la fijada por la tabla 2 de la ITC-BT-18, en función de la sección de los conductores de fase o polares de la instalación. Se podrán instalar por las mismas canalizaciones que estos o bien de forma independiente, siguiéndose a este respecto lo que señalen las normas particulares de la empresa distribuidora de la energía.

#### 6.2.2.10.3 Identificación de las instalaciones

Las canalizaciones eléctricas se establecerán de forma que por conveniente identificación de sus circuitos y elementos, se pueda proceder en todo momento a reparaciones, transformaciones, etc.

Los conductores de la instalación deben ser fácilmente identificables, especialmente por lo que respecta al conductor neutro y al conductor de protección. Esta identificación se realizará por los colores que presenten sus aislamientos. Cuando exista conductor neutro en la instalación o se prevea para un conductor de fase su pase posterior a conductor neutro, se identificarán éstos por el color azul claro. Al conductor de protección se le identificará por el color verde-amarillo. Todos los conductores de fase, o en su caso, aquellos para los que no se prevea su pase posterior a neutro, se identificarán por los colores marrón, negro o gris.

### 6.2.2.11 Resistencia de aislamiento y rigidez dieléctrica

Las instalaciones deberán presentar una resistencia de aislamiento al menos igual a los valores indicados en la tabla siguiente:

Tabla 6.7 Valor mínimo de resistencia de aislamiento

| Tensión nomina instalación | Tensión de ensayo corriente continua (V) | Resistencia de aislamientos (MΩ) |
|----------------------------|--|----------------------------------|
| MBST 0MBTP                 | 250                                      | ≥0.25                            |
| ≤ 500 V                    | 500                                      | ≥0.50                            |
| ≥ 500 V                    | 1000                                     | ≥1.00                            |

La rigidez dieléctrica será tal que, desconectados los aparatos de utilización (receptores), resista durante 1 minuto una prueba de tensión de  $2U + 1000$  V a frecuencia industrial, siendo U la tensión máxima de servicio expresada en voltios, y con un mínimo de 1.500 V.

Las corrientes de fuga no serán superiores, para el conjunto de la instalación o para cada uno de los circuitos en que ésta pueda dividirse a efectos de su protección, a la sensibilidad que presenten los interruptores diferenciales instalados como protección contra los contactos indirectos.

### 6.2.2.12 Caja de empalme

Las conexiones entre conductores se realizarán en el interior de cajas apropiadas de material plástico resistente incombustible o metálicas, en cuyo caso estarán aisladas interiormente y protegidas contra la oxidación. Las dimensiones de estas cajas serán tales que permitan alojar holgadamente todos los conductores que deban contener. Su profundidad será igual, por lo menos, a una vez y media el diámetro del tubo mayor, con un mínimo de 40 mm; el lado o diámetro de la caja será de al menos 80 mm. Cuando se quieran hacer estancas las entradas de los tubos en las cajas de conexión, deberán emplearse prensaestopas adecuados. En ningún caso se permitirá la unión de conductores, como empalmes o derivaciones por simple retorcimiento o arrollamiento entre sí de los conductores, sino que deberá realizarse siempre utilizando bornes de conexión.

Los conductos se fijarán firmemente a todas las cajas de salida, de empalme y de paso, mediante contratuerca y casquillos. Se tendrá cuidado de que quede al descubierto el número total de hilos de rosca al objeto de que el casquillo pueda ser perfectamente apretado contra el extremo del conducto, después de lo cual se apretará la contratuerca para poner firmemente el casquillo en contacto eléctrico con la caja.

Los conductos y cajas se sujetarán por medio de pernos de fiador en ladrillo hueco, por medio de pernos de expansión en hormigón y ladrillo macizo y clavos Split sobre metal. Los pernos de fiador de tipo tornillo se usarán en instalaciones permanentes, los de tipo de tuerca cuando se precise desmontar la instalación, y los pernos de expansión serán de apertura efectiva. Serán de construcciones sólidas y capaces de resistir una tracción mínima de 20 kg. No se hará uso de clavos por medio de sujeción de cajas o conductos.

### 6.2.2.13 Mecanismo de toma de corriente

Los interruptores y conmutadores cortarán la corriente máxima del circuito en que estén colocados sin dar lugar a la formación de arco permanente, abriendo o cerrando los circuitos sin posibilidad de tomar una posición intermedia. Serán del tipo cerrado y de material aislante. Las dimensiones de las piezas de contacto serán tales que la temperatura no pueda exceder de 65 °C en ninguna de sus piezas. Su construcción será tal que permita realizar un número total de 10.000 maniobras de apertura y cierre, con su carga nominal a la tensión de trabajo. Llevarán marcada su intensidad y tensiones nominales, y estarán probadas a una tensión de 500 a 1.000 voltios.

Las tomas de corriente serán de material aislante, llevarán marcadas su intensidad y tensión nominales de trabajo y dispondrán, como norma general, todas ellas de puesta a tierra.

Todos ellos irán instalados en el interior de cajas empotradas en los paramentos, de forma que al exterior sólo podrá aparecer el mando totalmente aislado y la tapa embellecedora.

En el caso en que existan dos mecanismos juntos, ambos se alojarán en la misma caja, la cual deberá estar dimensionada suficientemente para evitar falsos contactos.

## 6.2.3 Aparata de mando y protección

### 6.2.3.1 Cuadros eléctricos

Todos los cuadros eléctricos serán nuevos y se entregarán en obra sin ningún defecto. Estarán diseñados siguiendo los requisitos de estas especificaciones y se construirán de acuerdo con el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y con las recomendaciones de la Comisión Electrotécnica Internacional (CEI).

Cada circuito en salida de cuadro estará protegido contra las sobrecargas y cortocircuitos. La protección contra corrientes de defecto hacia tierra se hará por circuito o grupo de circuitos según se indica en el proyecto, mediante el empleo de interruptores diferenciales de sensibilidad adecuada, según ITC-BT-24.

Los cuadros serán adecuados para trabajo en servicio continuo. Las variaciones máximas admitidas de tensión y frecuencia serán del + 5 % sobre el valor nominal.

Los cuadros serán diseñados para servicio interior, completamente estancos al polvo y la humedad, ensamblados y cableados totalmente en fábrica, y estarán constituidos por una estructura metálica de perfiles laminados en frío, adecuada para el montaje sobre el suelo, y paneles de cerramiento de chapa de acero de fuerte espesor, o de cualquier otro material que sea mecánicamente resistente y no inflamable.

Alternativamente, la cabina de los cuadros podrá estar constituida por módulos de material plástico, con la parte frontal transparente.

Las puertas estarán provistas con una junta de estanquidad de neopreno o material similar, para evitar la entrada de polvo.

Todos los cables se instalarán dentro de canaletas provistas de una tapa desmontable. Los cables de fuerza irán en canaletas distintas en todo su recorrido de las canaletas para los cables de mando y control.

Los aparatos se montarán dejando entre ellos y las partes adyacentes de otros elementos una distancia mínima igual a la recomendada por el fabricante de los aparatos, en

cualquier caso nunca inferior a la cuarta parte de la dimensión del aparato en la dirección considerada.

La profundidad de los cuadros será de 500 mm y su altura y anchura la necesaria para la colocación de los componentes e igual a un múltiplo entero del módulo del fabricante. Los cuadros estarán diseñados para poder ser ampliados por ambos extremos.

Los aparatos indicadores (lámparas, amperímetros, voltímetros, etc), dispositivos de mando (pulsadores, interruptores, conmutadores, etc), paneles sinópticos, etc, se montarán sobre la parte frontal de los cuadros.

Todos los componentes interiores, aparatos y cables, serán accesibles desde el exterior por el frente.

El cableado interior de los cuadros se llevará hasta una regleta de bornas situada junto a las entradas de los cables desde el exterior.

Las partes metálicas de la envoltura de los cuadros se protegerán contra la corrosión por medio de una imprimación a base de dos manos de pintura anticorrosiva y una pintura de acabado de color que se especifique en las Mediciones o, en su defecto, por la Dirección Técnica durante el transcurso de la instalación.

La construcción y diseño de los cuadros deberán proporcionar seguridad al personal y garantizar un perfecto funcionamiento bajo todas las condiciones de servicio, y en particular:

- los compartimentos que hayan de ser accesibles para accionamiento o mantenimiento estando el cuadro en servicio no tendrán piezas en tensión al descubierto.
- el cuadro y todos sus componentes serán capaces de soportar las corrientes de cortocircuito (kA) según especificaciones reseñadas en planos y anexo de cálculo.

### **6.2.3.2 Interruptor automático**

En el origen de la instalación y lo más cerca posible del punto de alimentación a la misma, se colocará el cuadro general de mando y protección, en el que se dispondrá un interruptor general de corte omnipolar, así como dispositivos de protección contra sobrecargas de cada uno de los circuitos que parten de dicho cuadro.

La protección contra sobrecargas para todos los conductores (fases y neutro) de cada circuito se hará con interruptores magnetotérmicos o automáticos de corte omnipolar, con curva térmica de corte para la protección a sobrecargas y sistema de corte electromagnético para la protección a cortocircuitos.

En general, los dispositivos destinados a la protección de los circuitos se instalarán en el origen de estos, así como en los puntos en que la intensidad admisible disminuya por cambios debidos a sección, condiciones de instalación, sistema de ejecución o tipo de conductores utilizados. No obstante, no se exige instalar dispositivos de protección en el origen de un circuito en que se presente una disminución de la intensidad admisible en el mismo, cuando su protección quede asegurada por otro dispositivo instalado anteriormente.

Los interruptores serán de ruptura al aire y de disparo libre y tendrán un indicador de posición. El accionamiento será directo por polos con mecanismos de cierre por energía

acumulada. El accionamiento será manual o manual y eléctrico, según se indique en el esquema o sea necesario por necesidades de automatismo. Llevarán marcadas la intensidad y tensión nominal de funcionamiento, así como el signo indicador de su desconexión.

El interruptor de entrada al cuadro, de corte omnipolar, será selectivo con los interruptores situados aguas abajo, tras él.

Los dispositivos de protección de los interruptores serán relés de acción directa.

### **6.2.3.3 Guardamotores**

Los contactos guardamotores serán adecuados para el arranque directo de motores, con corriente de arranque máxima del 600 % de la nominal y corriente de desconexión igual a la nominal.

La longevidad del aparato, sin tener que cambiar piezas de contacto y sin mantenimiento, en condiciones de servicio normales (conecta estando el motor parado y desconecta durante la marcha normal) será de al menos 500.000 maniobras.

La protección contra sobrecargas se hará por medio de relés térmicos para las tres fases, con rearme manual accionable desde el interior del cuadro.

En caso de arranque duro, de larga duración, se instalarán relés térmicos de característica retardada. En ningún caso se permitirá cortocircuitar el relé durante el arranque.

La verificación del relé térmico, previo ajuste a la intensidad nominal del motor, se hará haciendo girar el motor a plena carga en monofásico; la desconexión deberá tener lugar al cabo de algunos minutos.

Cada contactos llevará dos contactos normalmente cerrados y dos normalmente abiertos para enclavamientos con otros aparatos.

### **6.2.3.4 Fusibles**

Los fusibles serán de alta capacidad de ruptura, limitadores de corriente y de acción lenta cuando vayan instalados en circuitos de protección de motores.

Los fusibles de protección de circuitos de control o de consumidores óhmicos serán de alta capacidad ruptura y de acción rápida.

Se dispondrán sobre material aislante e incombustible, y estarán contruidos de tal forma que no se pueda proyectar metal al fundirse. Llevarán marcadas la intensidad y tensión nominales de trabajo.

No serán admisibles elementos en los que la reposición del fusible pueda suponer un peligro de accidente. Estará montado sobre una empuñadura que pueda ser retirada fácilmente de la base.

### **6.2.3.5 Interruptores diferenciales**

La protección contra contactos directos se asegurará adoptando las siguientes medidas:

- Protección por aislamiento de las parte activas
  - Las partes activas deberán estar recubiertas de un aislamiento que no pueda ser eliminado más que destruyéndolo
- Protección por medios de barreras o envolvente



- Las partes activas deben estar situadas en el interior de las envolventes o detrás de barreras que posean, como mínimo, el grado de protección IP XXB, según UNE20.324. Si se necesitan aberturas mayores para la reparación de piezas o para el buen funcionamiento de los equipos, se adoptarán precauciones apropiadas para impedir que las personas o animales domésticos toquen las partes activas y se garantizará que las personas sean conscientes del hecho de que las partes activas no deben ser tocadas voluntariamente.
- Las superficies superiores de las barreras o envolventes horizontales que son fácilmente accesibles, deben responder como mínimo al grado de protección IP4X o IP XXD.
- Las barreras o envolventes deben fijarse de manera segura y ser de una robustez y durabilidad suficientes para mantener los grados de protección exigidos, con una separación suficiente de las partes activas en las condiciones normales de servicio, teniendo en cuenta las influencias externas.
- Cuando sea necesario suprimir las barreras, abrir las envolventes o quitar partes de estas, esto no debe ser posible más que:
  - bien con la ayuda de una llave o de una herramienta;
  - bien, después de quitar la tensión de las partes activas protegidas por estas barreras o estas envolventes, no pudiendo ser restablecida la tensión hasta después de volver a colocar las barreras o las envolventes;
  - bien, si hay interpuesta una segunda barrera que posee como mínimo el grado de protección IP2X o IP XXB, que no pueda ser quitada más que con la ayuda de una llave o de una herramienta y que impida todo contacto con las partes activas
- Protección complementaria por dispositivos de corriente diferencial
  - Esta medida de protección está destinada solamente a complementar otras medidas de protección contra los contactos directos.
  - El empleo de dispositivos de corriente diferencial-residual, cuyo valor de corriente diferencial asignada de funcionamiento sea inferior o igual a 30 mA, se reconoce como medida de protección complementaria en caso de fallo de otra medida de protección contra los contactos directos o en caso de imprudencia de los usuarios.

La protección contra contactos indirectos se conseguirá mediante "corte automático de la alimentación". Esta medida consiste en impedir, después de la aparición de un fallo, que una tensión de contacto de valor suficiente se mantenga durante un tiempo tal que pueda dar como resultado un riesgo. La tensión límite convencional es igual a 50 V, valor eficaz en corriente alterna, en condiciones normales y a 24 V en locales húmedos.

Todas las masas de los equipos eléctricos protegidos por un mismo dispositivo de protección, deben ser interconectadas y unidas por un conductor de protección a una misma toma de tierra. El punto neutro de cada generador o transformador debe ponerse a tierra.

Se cumplirá la siguiente condición:

$$R_a \times I_a \leq U$$

Donde:

- $R_a$  es la suma de las resistencias de la toma de tierra y de los conductores de protección de masas.
- $I_a$  es la corriente que asegura el funcionamiento automático del dispositivo de protección. Cuando el dispositivo de protección es un dispositivo de corriente diferencial-residual es la corriente diferencial-residual asignada.
- $U$  es la tensión de contacto límite convencional (50 ó 24V).

#### 6.2.3.6 Seccionadores

Los seccionadores en carga serán de conexión y desconexión brusca, ambas independientes de la acción del operador.

Los seccionadores serán adecuados para servicio continuo y son capaces de abrir y cerrar la corriente nominal a tensión nominal con un factor de potencia igual o inferior a 0,7.

#### 6.2.3.7 Embarrado

El embarrado principal constará de tres barras para las fases y una, con la mitad de la sección de las fases, para el neutro. La barra de neutro deberá ser seccionable a la entrada del cuadro.

Las barras serán de cobre electrolítico de alta conductividad y adecuadas para soportar la intensidad de plena carga y las corrientes de cortocircuito que se especifiquen en memoria, planos y anexo de cálculo.

Se dispondrá también de una barra independiente de tierra, de sección adecuada para proporcionar la puesta a tierra de las partes metálicas no conductoras de los aparatos, la carcasa del cuadro y, si los hubiera, los conductores de protección de los cables en salida.

#### 6.2.3.8 Prensaestopas y etiquetas

Los cuadros irán completamente cableados hasta las regletas de entrada y salida.

Se proveerán prensaestopas para todas las entradas y salidas de los cables del cuadro; los prensaestopas serán de doble cierre para cables armados y de cierre sencillo para cables sin armar.

Todos los aparatos y bornes irán debidamente identificados en el interior del cuadro mediante números que correspondan a la designación del esquema. Las etiquetas serán marcadas de forma indeleble y fácilmente legible.

En la parte frontal del cuadro se dispondrán etiquetas de identificación de los circuitos, constituidas por placas de chapa de aluminio firmemente fijadas a los paneles frontales, impresos al horno, con fondo negro mate y letreros y zonas de estampación en aluminio pulido. El fabricante podrá adoptar cualquier solución para el material de las etiquetas, su soporte y la impresión, con tal de que sea duradera y fácilmente legible.

En cualquier caso, las etiquetas estarán marcadas con letras negras de 10 mm de altura sobre fondo blanco.

#### 6.2.4 Receptores de alumbrado

Las luminarias serán conformes a los requisitos establecidos en las normas de la serie UNE-EN 60598.

La masa de las luminarias suspendidas excepcionalmente de cables flexibles no debe exceder de 5 kg. Los conductores, que deben ser capaces de soportar este peso, no deben presentar empalmes intermedios y el esfuerzo deberá realizarse sobre un elemento distinto del borne de conexión.

Las partes metálicas accesibles de las luminarias que no sean de Clase II o Clase III, deberán tener un elemento de conexión para su puesta a tierra, que irá conectado de manera fiable y permanente al conductor de protección del circuito.

El uso de lámparas de gases con descargas a alta tensión (neón, etc), se permitirá cuando su ubicación esté fuera del volumen de accesibilidad o cuando se instalen barreras o envolventes separadoras.

En instalaciones de iluminación con lámparas de descarga realizadas en locales en los que funcionen máquinas con movimiento alternativo o rotatorio rápido, se deberán tomar las medidas necesarias para evitar la posibilidad de accidentes causados por ilusión óptica originada por el efecto estroboscópico.

Los circuitos de alimentación estarán previstos para transportar la carga debida a los propios receptores, a sus elementos asociados y a sus corrientes armónicas y de arranque. Para receptores con lámparas de descarga, la carga mínima prevista en voltiamperios será de 1,8 veces la potencia en vatios de las lámparas. En el caso de distribuciones monofásicas, el conductor neutro tendrá la misma sección que los de fase. Será aceptable un coeficiente diferente para el cálculo de la sección de los conductores, siempre y cuando el factor de potencia de cada receptor sea mayor o igual a 0,9 y si se conoce la carga que supone cada uno de los elementos asociados a las lámparas y las corrientes de arranque, que tanto éstas como aquéllos puedan producir. En este caso, el coeficiente será el que resulte.

En el caso de receptores con lámparas de descarga será obligatoria la compensación del factor de potencia hasta un valor mínimo de 0,9.

En instalaciones con lámparas de muy baja tensión (p.e. 12 V) debe preverse la utilización de transformadores adecuados, para asegurar una adecuada protección térmica, contra cortocircuitos y sobrecargas y contra los choques eléctricos.

Para los rótulos luminosos y para instalaciones que los alimentan con tensiones asignadas de salida en vacío comprendidas entre 1 y 10 kV se aplicará lo dispuesto en la norma UNE-EN 50.107.

#### 6.2.5 Receptores a motor

Los motores deben instalarse de manera que la aproximación a sus partes en movimiento no pueda ser causa de accidente. Los motores no deben estar en contacto con materias fácilmente combustibles y se situarán de manera que no puedan provocar la ignición de estas.

Los conductores de conexión que alimentan a un solo motor deben estar dimensionados para una intensidad del 125 % de la intensidad a plena carga del motor. Los conductores de conexión que alimentan a varios motores, deben estar dimensionados para una intensidad no inferior a la suma del 125 % de la intensidad a plena carga del motor de mayor potencia, más la intensidad a plena carga de todos los demás.

Los motores deben estar protegidos contra cortocircuitos y contra sobrecargas en todas sus fases, debiendo esta última protección ser de tal naturaleza que cubra, en los motores trifásicos, el riesgo de la falta de tensión en una de sus fases. En el caso de motores con arrancador estrella-triángulo, se asegurará la protección, tanto para la conexión en estrella como en triángulo.

Los motores deben estar protegidos contra la falta de tensión por un dispositivo de corte automático de la alimentación, cuando el arranque espontáneo del motor, como consecuencia del restablecimiento de la tensión, pueda provocar accidentes, o perjudicar el motor, de acuerdo con la norma UNE 20.460 -4-45.

Los motores deben tener limitada la intensidad absorbida en el arranque, cuando se pudieran producir efectos que perjudicasen a la instalación u ocasionasen perturbaciones inaceptables al funcionamiento de otros receptores o instalaciones.

En general, los motores de potencia superior a 0,75 kilovatios deben estar provistos de reóstatos de arranque o dispositivos equivalentes que no permitan que la relación de corriente entre el período de arranque y el de marcha normal que corresponda a su plena carga, según las características del motor que debe indicar su placa, sea superior a la señalada en el cuadro siguiente:

- De 0,75 kW a 1,5 kW: 4,5
- De 1,50 kW a 5 kW: 3,0
- De 5 kW a 15 kW: 2
- Más de 15 kW: 1,5

Todos los motores de potencia superior a 5 kW tendrán seis bornes de conexión, con tensión de la red correspondiente a la conexión en triángulo del bobinado (motor de 230/400 V para redes de 230 V entre fases y de 400/693 V para redes de 400 V entre fases), de tal manera que será siempre posible efectuar un arranque en estrella-triángulo del motor.

Los motores deberán cumplir, tanto en dimensiones y formas constructivas, como en la asignación de potencia a los diversos tamaños de carcasa, con las recomendaciones europeas IEC y las normas UNE, DIN y VDE. Las normas UNE específicas para motores son la 20.107, 20.108, 20.111, 20.112, 20.113, 20.121, 20.122 y 20.324.

Para la instalación en el suelo se usará normalmente la forma constructiva B-3, con dos platos de soporte, un extremo de eje libre y una carcasa con patas. Para montaje vertical, los motores llevarán cojinetes previstos para soportar el peso del rotor y de la polea.

La clase de protección se determina en las normas UNE 20.324 y DIN 40.050. Todos los motores deberán tener la clase de protección IP 44 (protección contra contactos accidentales con herramienta y contra la penetración de cuerpos sólidos con diámetro mayor de 1 mm, protección contra salpicaduras de agua proveniente de cualquier dirección), excepto para instalación a la intemperie o en ambiente húmedo o polvoriento y dentro de unidades de tratamiento de aire, donde se usarán motores con clase de

protección IP 54 (protección total contra contactos involuntarios de cualquier clase, protección contra depósitos de polvo, protección contra salpicaduras de agua proveniente de cualquier dirección).

Los motores con protecciones IP 44 e IP 54 son completamente cerrados y con refrigeración de superficie.

Todos los motores deberán tener, por lo menos, la clase de aislamiento B, que admite un incremento máximo de temperatura de 80 °C sobre la temperatura ambiente de referencia de 40 °C, con un límite máximo de temperatura del devanado de 130 °C.

El diámetro y longitud del eje, las dimensiones de las chavetas y la altura del eje sobre la base estarán de acuerdo a las recomendaciones IEC.

La calidad de los materiales con los que están fabricados los motores serán las que se indican a continuación:

- carcasa: de hierro fundido de alta calidad, con patas sólidas y con aletas de refrigeración.
- estator: paquete de chapa magnética y bobinado de cobre electrolítico, montados en estrecho contacto con la carcasa para disminuir la resistencia térmica al paso del calor hacia el exterior de la misma. La impregnación del bobinado para el aislamiento eléctrico se obtendrá evitando la formación de burbujas y deberá resistir las sollicitaciones térmicas y dinámicas a las que viene sometido.
- rotor: formado por un paquete ranurado de chapa magnética, donde se alojará el devanado secundario en forma de jaula de aleación de aluminio, simple o doble.
- eje: de acero duro.
- ventilador: interior (para las clases IP 44 e IP 54), de aluminio fundido, solidario con el rotor, o de plástico inyectado.
- rodamientos: de esfera, de tipo adecuado a las revoluciones del rotor y capaces de soportar ligeros empujes axiales en los motores de eje horizontal (se seguirán las instrucciones del fabricante en cuanto a marca, tipo y cantidad de grasa necesaria para la lubricación y su duración).
- cajas de bornes y tapa: de hierro fundido con entrada de cables a través de orificios roscados con prensa-estopas.

Para la correcta selección de un motor, que se hará para servicio continuo, deberán considerarse todos y cada uno de los siguientes factores:

- potencia máxima absorbida por la máquina accionada, incluidas las pérdidas por transmisión.
- velocidad de rotación de la máquina accionada.
- características de la acometida eléctrica (número de fases, tensión y frecuencia).
- clase de protección (IP 44 o IP 54).
- clase de aislamiento (B o F).

- forma constructiva.
- temperatura máxima del fluido refrigerante (aire ambiente) y cota sobre el nivel del mar del lugar de emplazamiento.
- momento de inercia de la máquina accionada y de la transmisión referido a la velocidad de rotación del motor.
- curva del par resistente en función de la velocidad.

Los motores podrán admitir desviaciones de la tensión nominal de alimentación comprendidas entre el 5 % en más o menos. Si son de preverse desviaciones hacia la baja superiores al mencionado valor, la potencia del motor deberá "deratarse" de forma proporcional, teniendo en cuenta que, además, disminuirá también el par de arranque proporcional al cuadrado de la tensión.

Antes de conectar un motor a la red de alimentación, deberá comprobarse que la resistencia de aislamiento del bobinado estático sea superiores a 1,5 megohmios. En caso de que sea inferior, el motor será rechazado por la DO y deberá ser secado en un taller especializado, siguiendo las instrucciones del fabricante, o sustituido por otro.

El número de polos del motor se elegirá de acuerdo a la velocidad de rotación de la máquina accionada.

En caso de acoplamiento de equipos (como ventiladores) por medio de poleas y correas trapezoidales, el número de polos del motor se escogerá de manera que la relación entre velocidades de rotación del motor y del ventilador sea inferior a 2,5.

Todos los motores llevarán una placa de características, situada en lugar visible y escrito de forma indeleble, en la que aparecerán, por lo menos, los siguientes datos:

- potencia del motor.
- velocidad de rotación.
- intensidad de corriente a la(s) tensión(es) de funcionamiento.
- intensidad de arranque.
- tensión(es) de funcionamiento.
- nombre del fabricante y modelo.

#### **6.2.6 Instalación de A.T, materiales y obra civil**

El edificio destinado a alojar en su interior las instalaciones será una construcción prefabricada de hormigón modelo EHA1-ID.

Sus elementos constructivos son los descritos en el apartado correspondiente de la Memoria del presente proyecto.

De acuerdo con al Recomendación UNESA 1303-A, el edificio prefabricado estará construido de tal manera que, una vez instalado, su interior sea una superficie equipotencial.

La base del edificio será de hormigón armado con un mallazo equipotencial.

Todas las varillas metálicas embebidas en el hormigón que constituyan la armadura del sistema equipotencial, estarán unidas entre sí mediante soldaduras eléctricas. Las

conexiones entre varillas metálicas pertenecientes a diferentes elementos, se efectuarán de forma que se consiga la equipotencialidad entre éstos.

Ningún elemento metálico unido al sistema equipotencial podrá ser accesible desde el exterior del edificio.

Todos los elementos metálicos del edificio que están expuestos al aire serán resistentes a la corrosión por su propia naturaleza, o llevarán el tratamiento protector adecuado que en el caso de ser galvanizado en caliente cumplirá con lo especificado en la RU.-6618-A.

### 6.2.6.1 Apararmentea de A.T

La apararmentea de A.T. estará constituida por conjuntos compactos serie RM6 de Schneider Electric, equipados con dicha apararmentea, bajo envolvente única metálica, para una tensión admisible de 24 kV, acorde a las siguientes normativas:

- UNE-E ISO 90-3, UNE-EN 60420.
- UNE-EN 62271-102, UNE-EN 60265-1.
- UNE-EN 62271-200, UNE-EN 62271-105, IEC 62271-103, UNE-EN 62271-102.
- UNESA Recomendación 6407 B

#### 6.2.6.1.1 Características constructivas

Los conjuntos compactos deberán tener una envolvente única con dieléctrico de hexafluoruro de azufre. Toda la apararmentea estará agrupada en el interior de una cuba metálica estanca rellena de hexafluoruro de azufre con una sobrepresión de 0'1 bar sobre la presión atmosférica, sellada de por vida.

En la parte posterior se dispondrá de una membrana que asegure la evacuación de las eventuales sobrepresiones que se puedan producir, sin daño ni para el operario ni para las instalaciones.

El dispositivo de control de aislamiento de los cables será accesible, fase por fase, después de la puesta a tierra y sin necesidad de desconectar los cables.

La seguridad de explotación será completada por los dispositivos de enclavamiento por candado existentes en cada uno de los ejes de accionamiento.

En caso de avería en un elemento mecánico se deberá poder retirar el conjunto de mandos averiado y ser sustituido por otro en breve tiempo, y sin necesidad de efectuar trabajos sobre el elemento activo del interruptor, así como realizar la motorización de las funciones de entrada/salida con el centro en servicio.

Tabla 6.8 Características eléctricas

|                                    |   |
|------------------------------------|---|
| Tensión nominal                    | 24 kV   |
| Nivel de aislamiento               | a) a la frecuencia industrial de 50 Hz 50 kV ef.1min.<br>b) a impulsos tipo rayo 125 kV cresta. |
| Intensidad nominal funciones línea | 400 A   |
| Intensidad nominal otras funciones | 200 A   |

|  |              |
|--|--------------|
| Intensidad de corta duración admisible | 16 kA ef. 1s |
|--|--------------|

#### 6.2.6.1.2 Interruptores A.T

El interruptor y el seccionador de puesta a tierra deberá ser un único aparato de tres posiciones (abierto, cerrado y puesto a tierra), a fin de asegurar la imposibilidad de cierre simultáneo del interruptor y el seccionador de puesta a tierra.

La apertura y cierre de los polos será simultánea, debiendo ser la tolerancia de cierre inferior a 10 ms.

Los contactos móviles de puesta a tierra serán visibles a través de visores, cuando el aparato ocupe la posición de puesto a tierra.

El interruptor deberá ser capaz de soportar al 100% de su intensidad nominal más de 100 maniobras de cierre y apertura, correspondiendo a la categoría B según la norma UNE-EN 60265.

En servicio, se deberán cumplir las exigencias siguientes:

- Poder de cierre nominal sobre cortocircuito: 40 kA cresta.
- Poder de corte nominal sobre transformador en vacío: 16 A.
- Poder de corte nominal de cables en vacío: 30 A.
- Poder de corte (sea por interruptor-fusibles o por interruptor automático): 16 kA.

#### 6.2.6.1.3 Cortocircuitos-fisibles

En el caso de utilizar protección ruptorfusibles, se utilizarán fusibles del modelo y calibre indicados en el apartado de cálculos de esta memoria. Los fusibles cumplirán la norma DIN 43-625 y la R.U. 6.407-A y se instarán en tres compartimentos individuales, estancos y metalizados, con dispositivo de puesta a tierra por su parte superior e inferior.

#### 6.2.6.2 Transformador

El transformador a instalar será trifásico, con neutro accesible en B.T., refrigeración natural, en baño de aceite, con regulación de tensión primaria mediante conmutador accionable estando el transformador desconectado, servicio continuo y demás características detalladas en la memoria.

#### 6.2.6.3 Línea subterránea de A.T

Los materiales instalados en las redes cumplirán lo especificado en las normas UNE de referencia y serán del tipo indicado en el proyecto.

Los materiales, aparatos y conjuntos integrados en los circuitos de la instalación proyectada cumplirán las normas, especificaciones técnicas y homologaciones que le son establecidas como de obligado cumplimiento por el ministerio de Industria y Energía.

Por lo tanto la instalación se ajustará a los planos, materiales y calidades de dicho proyecto, salvo orden facultativa que lo modifique.

##### 6.2.6.3.1 Pruebas reglamentadas

Las pruebas y ensayos a que han sido sometidos los equipos una vez terminada su fabricación son los siguientes:



- Prueba de operación mecánica
- Prueba de dispositivos auxiliares
- Ensayo a frecuencia industrial, punto 24.4 UNE-20.099
- Ensayo a onda de choque 1,2/50 miliseg. punto 24.3 UNE-20.099
- Verificación del grado de protección, punto 30.1 UNE-20.099

En cualquier caso una vez que la instalación haya sido concluida, se comprobará que el tendido del cable y el montaje de accesorios (empalmes, terminales, etc.), se han realizado correctamente para lo cual serán de aplicación los ensayos especificados en la norma técnica MT 2.33.15, Red subterránea de AT yBT. Comprobación de cables.

### 6.2.7 Puesta a tierra

Las puestas a tierra se establecen principalmente con objeto de limitar la tensión que, con respecto a tierra, puedan presentar en un momento dado las masas metálicas, asegurar la actuación de las protecciones y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en los materiales eléctricos utilizados.

La puesta o conexión a tierra es la unión eléctrica directa, sin fusibles ni protección alguna, de una parte del circuito eléctrico o de una parte conductora no perteneciente al mismo, mediante una toma de tierra con un electrodo o grupo de electrodos enterrados en el suelo.

Mediante la instalación de puesta a tierra se deberá conseguir que en el conjunto de instalaciones, edificios y superficie próxima del terreno no aparezcan diferencias de potencial peligrosas y que, al mismo tiempo, permita el paso a tierra de las corrientes de defecto o las de descarga de origen atmosférico.

La elección e instalación de los materiales que aseguren la puesta a tierra deben ser tales que:

- El valor de la resistencia de puesta a tierra esté conforme con las normas de protección y de funcionamiento de la instalación y se mantenga de esta manera a lo largo del tiempo.
- Las corrientes de defecto a tierra y las corrientes de fuga puedan circular sin peligro, particularmente desde el punto de vista de sollicitaciones térmicas, mecánicas y eléctricas.
- La solidez o la protección mecánica quede asegurada con independencia de las condiciones estimadas de influencias externas.
- Contemplan los posibles riesgos debidos a electrólisis que pudieran afectar a otras partes metálicas.

#### 6.2.7.1 Uniones a tierra

Para la toma de tierra se pueden utilizar electrodos formados por:

- barras, tubos;
- pletinas, conductores desnudos;
- placas;

- anillos o mallas metálicas constituidos por los elementos anteriores o sus combinaciones;
- armaduras de hormigón enterradas; con excepción de las armaduras pretensadas;
- otras estructuras enterradas que se demuestre que son apropiadas.

Los conductores de cobre utilizados como electrodos serán de construcción y resistencia eléctrica según la clase 2 de la norma UNE 21.022.

El tipo y la profundidad de enterramiento de las tomas de tierra deben ser tales que la posible pérdida de humedad del suelo, la presencia del hielo u otros efectos climáticos, no aumenten la resistencia de la toma de tierra por encima del valor previsto. La profundidad nunca será inferior a 0,50 m.

#### 6.2.7.1.1 Conductores de tierra

La sección de los conductores de tierra, cuando estén enterrados, deberá estar de acuerdo con los valores indicados en la tabla siguiente. La sección no será inferior a la mínima exigida para los conductores de protección.

Tabla 6.9 La sección de los conductores de tierra

| Tipo                             | Protegido mecánicamente                            | No protegido mecánicamente                                    |
|----------------------------------|--|---|
| Protegido contra la corrosión    | Iguala a conductor de protección                   | 16 mm <sup>2</sup> Cu<br>16 mm <sup>2</sup> Acero Galvanizado |
| No protegido contra la corrosión | 25 mm <sup>2</sup> Cu<br>50 mm <sup>2</sup> Hierro | 25 mm <sup>2</sup> Cu<br>50 mm <sup>2</sup> Hierro            |

La protección contra la corrosión puede obtenerse mediante una envolvente.

Durante la ejecución de las uniones entre conductores de tierra y electrodos de tierra debe extremarse el cuidado para que resulten eléctricamente correctas. Debe cuidarse, en especial, que las conexiones, no dañen ni a los conductores ni a los electrodos de tierra.

#### 6.2.7.1.2 Bornes de puesta a tierra

En toda instalación de puesta a tierra debe preverse un borne principal de tierra, al cual deben unirse los conductores siguientes:

- Los conductores de tierra.
- Los conductores de protección.
- Los conductores de unión equipotencial principal.
- Los conductores de puesta a tierra funcional, si son necesarios.

Debe preverse sobre los conductores de tierra y en lugar accesible, un dispositivo que permita medir la resistencia de la toma de tierra correspondiente. Este dispositivo puede estar combinado con el borne principal de tierra, debe ser desmontable necesariamente por medio de un útil, tiene que ser mecánicamente seguro y debe asegurar la continuidad eléctrica.

### 6.2.7.1.3 Conductores de protección

Los conductores de protección sirven para unir eléctricamente las masas de una instalación con el borne de tierra, con el fin de asegurar la protección contra contactos indirectos.

Los conductores de protección tendrán una sección mínima igual a la fijada en la tabla siguiente:

**Tabla 6.10 Sección mínima para el conductor de protección**

| Sección conductor de fase (mm <sup>2</sup> ) | Sección conductor de protección (mm <sup>2</sup> ) |
|--|--|
| $S_f \leq 16$                                | $S_f$  |
| $16 \leq S_f \leq 35$                        | 16   |
| $S_f \geq 35$                                | $S_f/2$  |

En todos los casos, los conductores de protección que no forman parte de la canalización de alimentación serán de cobre con una sección, al menos de:

- 2,5 mm<sup>2</sup>, si los conductores de protección disponen de una protección mecánica.
- 4 mm<sup>2</sup>, si los conductores de protección no disponen de una protección mecánica.

Como conductores de protección pueden utilizarse:

- conductores en los cables multiconductores, o
- conductores aislados o desnudos que posean una envolvente común con los conductores activos, o
- conductores separados desnudos o aislados.

Ningún aparato deberá ser intercalado en el conductor de protección. Las masas de los equipos a unir con los conductores de protección no deben ser conectadas en serie en un circuito de protección.

## 6.2.8 Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad

Cualquier trabajo u operación a realizar en el centro (uso, maniobras, mantenimiento, mediciones, ensayos y verificaciones) se realizarán conforme a las disposiciones generales indicadas en el Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.

### 6.2.8.1 Previsiones generales

Queda terminantemente prohibida la entrada en el local de esta estación a toda persona ajena al servicio y siempre que el encargado del mismo se ausente, deberá dejarlo cerrado con llave.

Se pondrán en sitio visible del local, y a su entrada, placas de aviso de "Peligro de muerte".

En el interior del local no habrá más objetos que los destinados al servicio del centro de transformación, como banqueta, guantes, etc.

No está permitido fumar ni encender cerillas ni cualquier otra clase de combustible en el interior del local del centro de transformación y en caso de incendio no se empleará nunca agua.

No se tocará ninguna parte de la instalación en tensión, aunque se esté aislado.

Todas las maniobras se efectuarán colocándose convenientemente sobre la banqueta.

En sitio bien visible estarán colocadas las instrucciones relativas a los socorros que deben prestarse en los accidentes causados por electricidad, debiendo estar el personal instruido prácticamente a este respecto, para aplicarlas en caso necesario. También, y en sitio visible, debe figurar el presente Reglamento y esquema de todas las conexiones de la instalación, aprobado por la Consejería de Industria, a la que se pasará aviso en el caso de introducir alguna modificación en este centro de transformación, para su inspección y aprobación, en su caso.

#### **6.2.8.2 Puesta en servicio**

Se conectará primero los seccionadores de alta y a continuación el interruptor de alta, dejando en vacío el transformador. Posteriormente, se conectará el interruptor general de baja, procediendo en último término a la maniobra de la red de baja tensión.

Si al poner en servicio una línea se disparase el interruptor automático o hubiera fusión de cartuchos fusibles, antes de volver a conectar se reconocerá detenidamente la línea e instalaciones y, si se observase alguna irregularidad, se dará cuenta de modo inmediato a la empresa suministradora de energía.

#### **6.2.8.3 Separación de servicio**

Se procederá en orden inverso al determinado en apartado 8, o sea, desconectando la red de baja tensión y separando después el interruptor de alta y seccionadores.

Si el interruptor fuera automático, sus relés deben regularse por disparo instantáneo con sobrecarga proporcional a la potencia del transformador, según la clase de la instalación.

Si una vez puesto el centro fuera de servicio se desea realizar un mantenimiento de limpieza en el interior de la apartamenta y transformadores no bastará con haber realizado el seccionamiento que proporciona la puesta fuera de servicio del centro, sino que se procederá además a la puesta a tierra de todos aquellos elementos susceptibles de ponerlos a tierra. Se garantiza de esta forma que en estas condiciones todos los elementos accesibles estén, además de seccionados, puestos a tierra. No quedarán afectadas las celdas de entrada del centro cuyo mantenimiento es responsabilidad exclusiva de la compañía suministradora de energía eléctrica.

La limpieza se hará sobre banqueta, con trapos perfectamente secos, y muy atentos a que el aislamiento que es necesario para garantizar la seguridad personal, sólo se consigue teniendo la banqueta en perfectas condiciones y sin apoyar en metales u otros materiales derivados a tierra.

#### **6.2.8.4 Prevenciones especiales**

No se modificarán los fusibles y al cambiarlos se emplearán de las mismas características de resistencia y curva de fusión.

Para transformadores con líquido refrigerante (aceite éster vegetal) no podrá sobrepasarse un incremento relativo de 60K sobre la temperatura ambiente en dicho

líquido. La máxima temperatura ambiente en funcionamiento normal está fijada, según norma CEI 76, en 40°C, por lo que la temperatura del refrigerante en este caso no podrá superar la temperatura absoluta de 100°C.

Deben humedecerse con frecuencia las tomas de tierra. Se vigilará el buen estado de los aparatos, y cuando se observase alguna anomalía en el funcionamiento del centro de transformación, se pondrá en conocimiento de la compañía suministradora, para corregirla de acuerdo con ella.

### 6.2.9 Certificados y documentación

Se aportará, para la tramitación de este proyecto ante los organismos públicos, la documentación siguiente:

- Autorización Administrativa.
- Proyecto, suscrito por técnico competente.
- Certificado de tensiones de paso y contacto, por parte de empresa homologada.
- Certificado de Dirección de Obra.
- Contrato de mantenimiento.
- Escrito de conformidad por parte de la Compañía Eléctrica suministradora.

### 6.2.10 Libro de órdenes

Se dispondrá en este centro del correspondiente libro de órdenes en el que se harán constar las incidencias surgidas en el transcurso de su ejecución y explotación.

## 7 Presupuesto

### 7.1 Instalación de A.T

Tabla 7.1 Presupuesto de la instalación de A.T

| Medidas   | Cantidad | Precio         | Importe        |
|---|----------|----------------|----------------|
| Obra civil, excavación de zanjas, instalar los conductores, rellenar las zanjas.          | 2        | 1.628,50 euros | 3.257,00 euros |
| Realizar las interconexiones con la línea subterránea centro de seccionamiento            | 1        | 1340.00 euros  | 1.340,00 euros |
| Realizar las interconexiones entre el centro de seccionamiento y centro de transformación | 1        | 245.00 euros   | 245.00 euros   |
| Realizar las interconexiones entre C.T y cuadro de general de protección y control        | 1        | 446.86 euros   | 446.86 euros   |

Presupuesto total Instalación de alta tensión 5288.86 euros

### 7.2 Instalación de B.T

Tabla 7.2 Presupuesto de la instalación de B.T

| Medidas                              | Cantidad | Precio         | Importe        |
|--------------------------------------|----------|----------------|----------------|
| Instalación de puesta a tierra       | 1        | 317,12 euros   | 317,12 euros   |
| Línea cuadro general a subcuadros    | 3        | 844,30 euros   | 2.532,90 euros |
| Línea de subcuadro CS 1 a receptores | 1        | 1.316,18 euros | 1.316,18 euros |
| Línea de subcuadro CS 2 a receptores | 1        | 1.039,78 euros | 1.039,78 euros |

|   |   |                |                |
|---|---|----------------|----------------|
| Línea de subcuadro CS Nave a receptores   | 1 | 1.568,32 euros | 1.568,32 euros |
| Línea de cuadro general a receptores  | 1 | 412,12 euros   | 412,12 euros   |
| Suministro e instalación de armario general a mando y protección  | 1 | 2.149,37 euros | 2.149,37 euros |
| Suministro e instalación de subcuadros de mando y protección  | 3 | 870,30 euros   | 2.610,90 euros |
| Aparamienta de mando y protección, interruptores diferenciales, guarda motores, interruptores magnetotérmicos | 1 | 1300 euros     | 1300 euros     |

Presupuesto total instalación de baja tensión 13.246,69 euros

### 7.3 Documentación de la instalación

Tabla 7.3 Presupuesto proyecto y dirección de obra

| Medidas                      | Cantidad | Precio      | Importe     |
|------------------------------|----------|-------------|-------------|
| Proyecto y dirección de obra | 1        | 1.502 euros | 1.502 euros |

Presupuesto total documentación de la instalación 1502.98 euros

### 7.4 Centro de seccionamientos

Tabla 7.4 Presupuesto del centro de seccionamiento

| Medidas  | Cándida | Precio        | Importe       |
|--|---------|---------------|---------------|
| Edificio de hormigón prefabricado compacto de seccionamiento, modelo EHACSIB de Schneider Electric | 1       | 4576.00 euros | 4576.00 euros |
| Excavación de un foso de   | 1       | 916.00 euros  | 916.00 euros  |

|   |   |                |                |
|---|---|----------------|----------------|
| dimensiones 3.100 x 3140 mm. para alojar un edificio de hormigón compacto EHACSIB   |   |                |                |
| Compacto Schneider Electric gama RM6, modelo RM6 (2L+1P), referencia RM62LPIBTC   | 1 | 17917.00 euros | 17917.00 euros |
| Juego de 3 conectores apantallados en "T" roscados M16 400 A para celda RM6.  | 2 | 410.00 euros   | 820.00 euros   |
| Juego de 3 conectores apantallados enchufables rectos lisos 200 A para celda RM6.   | 1 | 212.00 euros   | 212.00 euros   |
| tierras interiores para poner en continuidad con las tierras exteriores, formado por cable de 50mm <sup>2</sup> de Cu desnudo para la tierra de protección y aislado para la de servicio, con sus conexiones y cajas de seccionamiento, instalado, según memoria. | 1 | 1029.00 euros  | 1029.00 euros  |
| Armario de comunicaciones ACOM-I-GPRS con cubierta transparente equipado con magnetotérmico tetrapolar, bornas seccionables, auxiliares y router GPRS modelo 4DRN   | 1 | 4918.00 euros  | 4918.00 euros  |



|   |   |             |             |
|---|---|-------------|-------------|
| instalado.  |   |             |             |
| Placa reglamentaria PELIGRO DE MUERTE, instaladas | 2 | 17.00 euros | 34.00 euros |
| Placa reglamentaria PRIMEROS AUXILIOS, instalada. | 1 | 17.00 euros | 17.00 euros |

Presupuesto total Centro de seccionamiento 31268.52 euros.

## 7.5 Centro de transformación

Tabla 7.5 Presupuesto del centro de transformación

| Medidas   | Cantidad | Precio         | Importe        |
|---|----------|----------------|----------------|
| Edificio de hormigón modular modelo M111CT1DPF                                    | 1        | 11171.00 euros | 11171.00 euros |
| Excavación de un foso   | 1        | 1467.00 euros  | 1467.00 euros  |
| Compacto Schneider Electric gama RM6  | 1        | 7778.00 euros  | 7778.00 euros  |
| Cabina de paso de barras Schneider Electric gama SM6                              | 1        | 210.00 euros   | 210.00 euros   |
| Cabina de remonte de cables Schneider Electric gama SM6                           | 1        | 1212.00 euros  | 1212.00 euros  |
| Juego de 3 conectores apantallados en "T" roscados M16                            | 4        | 410.00 euros   | 1640.00 euros  |
| Cabina ruptofusible Schneider Electric gama SM6, modelo QM, referencia JLJSQM16BD | 1        | 5067.00 euros  | 5067.00 euros  |
| Cabina de medida Schneider Electric gama SM6, modelo GBC2C, referencia SGBC2C3316 | 1        | 5721.00 euros  | 5721.00 euros  |
| Transformador   | 1        | 11537.00 euros | 11537.00 euros |

|   |   |               |               |
|---|---|---------------|---------------|
| trifásico reductor tipo seco encapsulado clase F, interior e IP00, de Schneider Electric  |   |               |               |
| Juego de puentes III de cables AT unipolares de aislamiento seco RHZ1 aislamiento 12/20 kV, de 120 mm2 en Al  | 1 | 515.00 euros  | 515.00 euros  |
| Juego de puentes de cables BT unipolares de aislamiento seco 0.6/1 kV de Al, de 1x185mm2 para las fases y de 1x185mm2 para el neutro y demás características según memoria.                     | 1 | 1948.00 euros | 1948.00 euros |
| Equipo de sondas PT100 de temperatura y termómetro digital MB103  | 1 | 251.00 euros  | 251.00 euros  |
| Cuadro contador tarifador electrónico multifunción, un registrador electrónico y una regleta de verificación. Todo ello va en el interior de un armario homologado para contener estos equipos. | 1 | 5286.00 euros | 5286.00 euros |
| tierras exteriores código 5/62 Unesa, incluyendo 6 picas de 2,00 m. de longitud, cable de   | 1 | 953.33 euros  | 953.33 euros  |

|   |   |               |               |
|---|---|---------------|---------------|
| cobre desnudo, cable de cobre aislado de 0,6/1kV y elementos de conexión, instalado, según se describe en proyecto  |   |               |               |
| Tierras exteriores código 40-30/5/42 Unesa, incluyendo 4 picas de 2,00 m. de longitud, cable de cobre desnudo, cable de cobre aislado de 0,6/1kV y elementos de conexión, instalado, según se describe en proyecto.   | 1 | 829.52euros   | 829.52euros   |
| Tierras interiores para poner en continuidad con las tierras exteriores, formado por cable de 50mm <sup>2</sup> de Cu desnudo para la tierra de protección y aislado para la de servicio, con sus conexiones y cajas de seccionamiento, instalado, según memoria. | 1 | 1029.00 euros | 1029.00 euros |
| Punto de luz incandescente adecuado para proporcionar nivel de iluminación suficiente para la revisión y manejo del centro, incluidos sus elementos de mando y protección, instalado.   | 2 | 361.00 euros  | 722.00 euros  |
| Punto de luz de   | 1 | 361.00 euros  | 361.00 euros  |

|   |   |              |              |
|---|---|--------------|--------------|
| emergencia autónomo para la señalización de los accesos al centro, instalado. |   |              |              |
| Extintor de eficacia equivalente 89B, instalado.                              | 1 | 152.00 euros | 152.00 euros |
| Banqueta aislante para maniobrar aparata.menta.                               | 1 | 197.00 euros | 197.00 euros |
| Placa reglamentaria PELIGRO DE MUERTE, instaladas                             | 2 | 17.00 euros  | 34,00 euros  |
| Placa reglamentaria PRIMEROS AUXILIOS, instalada.                             | 1 | 17.00 euros  | 17.00 euros  |

Presupuesto total Centro de transformación 58097.85 euros

Presupuesto total proyecto 109403.92 euros

## 8 Estudio básico de seguridad y salud

### 8.1 Objetivo

El objeto de este estudio es cumplir con lo que se establece en Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre, que presenta las disposiciones mínimas de seguridad y de salud aplicables a las obras de construcción.

Debido a las características de esta obra esta no se encuentra en los cuatro supuestos descritos en el artículo 4.1 de citado Real Decreto lo que indica la necesidad de elaborar un Estudio básico de seguridad y salud.

### 8.2 Ámbito de aplicación

El Estudio básico de seguridad y salud presentado en este proyecto solamente se puede aplicar a la obra descrita en dicho proyecto.

### 8.3 Normas de seguridad y salud aplicable a la obra

#### 8.3.1 Plan de seguridad y salud en el Trabajo

- La responsabilidad de elaborar un plan de seguridad y salud en el trabajo le corresponde al contratista. Dicho plan analiza, estudia y complementa lo que está previsto en el estudio básico, todo en función del sistema de ejecución de la obra. En dicho plan se incluirán, en su caso, las propuestas de medidas alternativas de prevención que el contratista proponga con la correspondiente justificación técnica, que no podrán implicar disminución de los niveles de protección previstos en el estudio o estudio básico.
- El plan de seguridad y salud en el trabajo nace de la evaluación de riesgos y de la planificación de la actividad preventiva en relación con los puestos de trabajo de la obra. El Director facultativo que actuará como coordinador en materia de seguridad y de salud durante la ejecución de la obra, tiene la responsabilidad de aprobar el plan de seguridad y salud de la obra ante del inicio de la misma, si es necesaria su figura.
- El plan de seguridad y salud podrá ser modificado por el contratista en función del proceso de ejecución de la obra, de la evolución de los trabajos y de las posibles incidencias o modificaciones del proyecto que puedan surgir a lo largo de la obra, pero que dichas modificaciones están aprobadas exclusivamente por el Director facultativo de la obra. Quienes intervengan en la ejecución de la obra, así como las personas u órganos con responsabilidades en materia de prevención en las empresas intervinientes en la misma y los representantes de los trabajadores, podrán presentar, por escrito y de forma razonada, las sugerencias y alternativas que estimen oportunas. A tal efecto, el plan de seguridad y salud estará en la obra a disposición permanente de los mismos.

#### 8.3.2 Obligaciones del contratista y subcontratista

- Los contratistas y subcontratistas estarán obligados a:
  - Aplicar los principios de la acción preventiva que se recogen en el artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, en

particular al desarrollar las tareas o actividades indicadas en el artículo 10 del presente Real Decreto.

- Cumplir y hacer cumplir a su personal lo establecido en el plan de seguridad y salud al que se refiere el artículo 7.
  - Cumplir la normativa en materia de prevención de riesgos laborales, teniendo en cuenta, en su caso, las obligaciones sobre coordinación de actividades empresariales previstas en el artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, así como cumplir las disposiciones mínimas establecidas en el anexo IV del presente Real Decreto, durante la ejecución de la obra.
  - Informar y proporcionar las instrucciones adecuadas a los trabajadores autónomos sobre todas las medidas que hayan de adoptarse en lo que se refiere a su seguridad y salud en la obra.
  - Atender las indicaciones y cumplir las instrucciones del coordinador en materia de seguridad y de salud durante la ejecución de la obra o, en su caso, de la dirección facultativa.
- Los contratistas y los subcontratistas serán responsables de la ejecución correcta de las medidas preventivas fijadas en el plan de seguridad y salud en lo relativo a las obligaciones que les correspondan a ellos directamente o, en su caso, a los trabajadores autónomos por ellos contratados. Además, los contratistas y los subcontratistas responderán solidariamente de las consecuencias que se deriven del incumplimiento de las medidas previstas en el plan, en los términos del apartado 2 del artículo 42 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
  - Los contratistas y subcontratistas no están eximidos por las responsabilidades de los coordinadores de la dirección facultativa y del promotor.

### 8.3.3 Obligaciones de la dirección facultativa

La dirección facultativa debe actuar como coordinador de Seguridad y de Salud mientras se ejecuta la obra si la figura es necesaria. Como tal está obligada a:

- Coordinar la aplicación de los principios generales de prevención y de seguridad:
  - Al tomar las decisiones técnicas y de organización con el fin de planificar los distintos trabajos o fases de trabajo que vayan a desarrollarse simultánea o sucesivamente.
  - Al estimar la duración requerida para la ejecución de estos distintos trabajos o fases de trabajo.
- Coordinar las actividades de la obra para garantizar que los contratistas y, en su caso, los subcontratistas y los trabajadores autónomos apliquen de manera coherente y responsable los principios de la acción preventiva que se recogen en el artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales durante la ejecución de la obra y, en particular, en las tareas o actividades a que se refiere el artículo 10 de este Real Decreto.

- Aprobar el plan de seguridad y salud elaborado por el contratista y, en su caso, las modificaciones introducidas en el mismo. Conforme a lo dispuesto en el último párrafo del apartado 2 del artículo 7, la dirección facultativa asumirá esta función cuando no fuera necesaria la designación de coordinador.
- Organizar la coordinación de actividades empresariales prevista en el artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
- Coordinar las acciones y funciones de control de la aplicación correcta de los métodos de trabajo.
- Adoptar las medidas necesarias para que sólo las personas autorizadas puedan acceder a la obra. La dirección facultativa asumirá esta función cuando no fuera necesaria la designación de coordinador.

#### 8.3.4 Obligaciones de los trabajadores autónomos

Los trabajadores autónomos estarán obligados a:

- Aplicar los principios de la acción preventiva que se recogen en el artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, en particular al desarrollar las tareas o actividades indicadas en el artículo 10 del presente Real Decreto.
- Cumplir las disposiciones mínimas de seguridad y salud establecidas en el anexo IV del presente Real Decreto, durante la ejecución de la obra.
- Cumplir las obligaciones en materia de prevención de riesgos que establece para los trabajadores el artículo 29, apartados 1 y 2, de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
- Ajustar su actuación en la obra conforme a los deberes de coordinación de actividades empresariales establecidos en el artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, participando en particular en cualquier medida de actuación coordinada que se hubiera establecido.
- Utilizar equipos de trabajo que se ajusten a lo dispuesto en el Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Elegir y utilizar equipos de protección individual en los términos previstos en el Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- Atender las indicaciones y cumplir las instrucciones del coordinador en materia de seguridad y de salud durante la ejecución de la obra o, en su caso, de la dirección facultativa.

Los trabajadores autónomos deberán cumplir lo establecido en el plan de seguridad y salud.

### 8.3.5 Libros de incidencia

- Para asegurar el control y seguimiento del plan de seguridad y salud en la oficina de obra existe un libro de incidencias que constará con hojas por duplicado al efecto. Este libro lo facilita el Colegio Profesional del colegiado cuya firma se encuentra sobre este estudio de seguridad y salud.
- El libro de incidencia debe estar presente siempre en la obra, en poder de la Dirección facultativa o en poder del coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra. A dicho libro tendrá acceso: la dirección facultativa de la obra, los contratistas y subcontratistas y los trabajadores autónomos, las personas u órganos con responsabilidades en materia de prevención en las empresas intervinientes en la obra, los representantes de los trabajadores y los técnicos de los órganos especializados en materia de seguridad y salud en el trabajo de las Administraciones públicas competentes.
- Efectuada una anotación en el libro de incidencias, el coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra o, cuando no sea necesaria la designación de coordinador, la dirección facultativa, estarán obligados a remitir, en el plazo de veinticuatro horas, una copia a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social de la provincia en que se realiza la obra. Igualmente deberán notificar las anotaciones en el libro al contratista afectado y a los representantes de los trabajadores de este.

### 8.3.6 Paralización de los trabajos

- Sin perjuicio de lo previsto en los apartados 2 y 3 del artículo 21 y en el artículo 44 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, cuando el coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra o cualquier otra persona integrada en la dirección facultativa observase incumplimiento de las medidas de seguridad y salud, advertirá al contratista de ello, dejando constancia de tal incumplimiento en el libro de incidencias, cuando éste exista de acuerdo con lo dispuesto en el apartado 1 del artículo 13, y quedando facultado para, en circunstancias de riesgo grave e inminente para la seguridad y la salud de los trabajadores, disponer la paralización de los trabajos o, en su caso, de la totalidad de la obra.
- En el supuesto expresado en el apartado anterior, la persona que hubiera ordenado la paralización deberá dar cuenta a los efectos oportunos a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social correspondiente, a los contratistas y, en su caso, a los subcontratistas afectados por la paralización, así como a los representantes de los trabajadores de éstos.

### 8.3.7 Otras normas que se pueden aplicar a esta obra

Las normas específicas de la construcción:

- ORDEN de 28 de agosto de 1970, por la que se aprueba la Ordenanza de trabajo de construcción, vidrio y cerámica (BOE 17/10/70)
- ORDEN de 9 de marzo de 1971, por el que se aprueba la Ordenanza general de seguridad e higiene en el Trabajo (TÍTULO II)



- Normas Tecnológicas de la Edificación NTE como consecuencia del Artículo 1 de la LPRL presentan las prescripciones de seguridad e higiene en el trabajo.

Otras normas generales tal como:

- Estatuto de los Trabajadores (RDL 1/1.995)
- Ley General de la Seguridad Social (RDL 1/1994)
- Ley 31/1.995, de Prevención de Riesgos Laborales
- RD 39/1.997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.
- RD 1407/1.992, de 20 de noviembre, por el que se regula las condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual.
- RD 485/1.997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- RD 486/1.997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- RD 487/1.997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañen riesgos, en particular dorso lumbar, para los trabajadores.
- RD 664/1.997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud, relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- RD 1215/1.997, de 18 de julio, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo
- RD 223/2008, de 15 de febrero, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09.
- Reglamento de condiciones técnicas y garantías de seguridad en CENTRALES ELÉCTRICAS, SUBESTACIONES y CENTROS DE TRANSFORMACIÓN.
- Reglamento Eléctrico de baja tensión
- Las normas y reglamentos de la empresa distribuidora de energía eléctrica
- Prescripciones de Seguridad para Trabajos y Maniobras en Instalaciones eléctricas, de AMYS-UNESA.
- Prescripciones de Seguridad para Trabajos mecánicos y diversos, de AMYS-UNESA.
- Guía de referencia para la identificación y evaluación de riesgos en la industria eléctrica AMYS-UNESA.
- Medicina preventiva y primeros auxilios.

- El personal que trabajen en la obra dispondrán en la misma de un botiquín suficientemente equipado con material medicinal básico listo siempre para su uso.
- El personal de obra deberá estar informado de los diferentes Centros Médicos, Ambulatorios y Mutualidades Laborales donde deben trasladarse los accidentados para su más rápido y efectivo tratamiento.

En cumplimiento con la Ley de Prevención de Riesgos Laborales en particular el artículo 15 los principios los principios de la acción presuntiva se aplicaran durante la ejecución de la obra. Dichos principios se manifestaran de manera particular durante las actividades o tareas:

- El mantenimiento de la obra en buen estado de orden y limpieza.
- La elección del emplazamiento de los puestos y áreas de trabajo, se realiza teniendo en cuenta sus condiciones de acceso,
- La elección de la determinación de las vías o zonas de desplazamiento o circulación.
- La manipulación de los distintos materiales y la utilización de los medios auxiliares.
- El mantenimiento, el control previo a la puesta en servicio y el control periódico de las instalaciones y dispositivos necesarios para la ejecución de la obra, con objeto de corregir los defectos que pudieran afectar a la seguridad y salud de los trabajadores.
- La delimitar y acondicionar de las zonas de almacenamiento y depósito de los distintos materiales, en particular si se trata de materias o sustancias peligrosas.
- La recogida de los materiales peligrosos utilizados.
- El almacenamiento y la eliminación o evacuación de residuos y escombros.
- Las interacciones e incompatibilidades con cualquier otro tipo de trabajo o actividad que se realice en la obra o cerca del lugar de la obra.

## 8.4 Los riesgos en la obra

### 8.4.1 Identificar los riesgos laborales en la obra

El contratista tiene la obligación de elaborar un plan de seguridad y salud en el trabajo. En dicho plan se analizarán, estudiarán y contemplarán si es necesario, al menos los riesgos que se enumera a continuación:

- Caídas de personas al mismo nivel
- Desprendimientos, desplomes y derrumbes
- Choques y golpes
- Atrapamientos
- Cortes

- Proyecciones (partículas sólidas y líquidas)
- Contactos térmicos y arco eléctrico
- Sobreesfuerzos
- Ruido
- Vibraciones
- Ventilación
- Iluminación
- Carga Física
- Vehículos, maquinaria automotriz, tráfico

#### 8.4.2 Propuesta de protecciones técnicas y medidas preventivas con el objetivo de controlar y reducir los riesgos laborales

Con el objetivo de reducir y controlar los riesgos expuestos en el apartado anterior, se establece las siguientes medidas de preventiva y protección técnica, cuyo uso es obligatorio para la realización de los trabajos:

- Protecciones de la cabeza.

Uso de cascos de seguridad aislante con barboquejo para toda persona perteneciente a la obra también para visitantes. Los cascos deben estar marcado con las siglas C.E indicativo de la función a la que esta destinados con también el aislamiento eléctrico.

- Protecciones auditivas en zonas de alto nivel de ruido.
- Pantalla de protección para trabajos de soldadura eléctrica / contra arco eléctrico.
- Gafas contra proyección de partículas en trabajos con cortadora de disco o similar.
- Protección del cuerpo
  - Ropa adecuada al trabajo a realizar
- Protección de extremidades superiores
  - Guantes de cuero y anticorte para manejo de materiales y objetos.
  - Guantes dieléctricos para trabajos en tensión. Estos serán homologados y cada guante deberá llevar en sitio visible un símbolo con doble triangulo, identificación del fabricante, categoría, clase, mes y año de fabricación.
  - Las herramientas manuales para trabajos en baja tensión estarán homologadas y en conformidad a la norma UNE-EN 60900 sobre herramientas manuales para trabajos eléctricos en baja tensión.
- Protección de extremidades inferiores
  - Botas de seguridad de categoría II homologadas.
- Protección colectiva

Es imprescindible tener en cuenta las influencias de distintos grupos de trabajo, pero sobre todo cuando se trata de:

- Maniobra en tensión, maniobra con aparatos eléctrico de AT o BT, maniobra con equipos de puesta a tierra etc.
- Para la realización trabajos de este tipo es necesario coordinarse con el responsable técnico de los mismos. Siendo este responsable el que tiene el derecho de conceder el permiso para realizar esto tipos de trabajos. Es de uso obligatorio elemento que señalice las zona donde se realiza estos tipos de trabajo.
- La apertura de zanjas o socavones que deberán esta convenientemente balizadas y señalizadas
- Trabajo con escalera de mano
  - Antes de emplear en su trabajo una escalera de mano el operario tiene que comprobar que esta se encuentra en buen estado y retirarla del uso en caso contrario.
  - Queda prohibido el empalme de dos escaleras, salvo que cuenten con los elementos especiales para ello.
  - Si durante el trabajo se da el caso de utilizar escalera en la proximidad de instalaciones en tensión está totalmente prohibido el uso de escalera metálica, la utilización de estas escaleras está vigilada por el jefe del trabajo. También es necesario la delimitación de zonas de trabajo y está prohibido desplazar la escalera.
  - No se debe subir una carga de más de 25 Kg sobre una escalera no reforzada.
  - Los largueros sirve cono punto de apoyo para las escaleras, nunca los peldaños.
  - En el momento que el uso de las escaleras de mano no es necesario estas deberán guardarse al abrigo del sol y de la lluvia.
- Herramientas eléctricas y lámpara portátiles
  - Estas herramientas y útiles eléctricos presenta un alto grado de peligrosidad debido a que las mayorías de los trabajos realizados en obra son sobre emplazamientos conductores.
  - Está prohibido el uso de herramientas eléctricas portátiles de accionamiento manual si la tensión de alimentación excede 250 V con relación a tierra y estas presentan un aislamiento doble o de clase II
  - El uso de estos útiles en lugares húmedos o conductores solo se puede realizar si son alimentados a través de transformadores de separación de circuitos.
  - Para poder emplear cualquier herramienta esta debe cumplir con las prescripciones establecidos por R.D. 1215/1997.
  - Estas lámparas deben respetar las normas de protección UNE 20-417 y UNE 20-419. También están previstas con una reja de protección

contra choques y una tulipa estanca cuya misión es asegurar la protección contra proyecciones de agua.

- Trabajos con cortadora de discos
  - Para el uso de estas máquinas se debe comprobar que la protección del disco cubre al menos 1 cm de su parte superior.
  - El uso de gafas de protección es imprescindible para el uso de esta máquina.
  - No se puede hacer uso de la cortadora radial sin protección o con discos no diseñados para esa máquina.
- Equipo de soldadura
  - Está totalmente prohibido el uso de este tipo de maquina en la proximidad de materiales inflamable o explosivos o materiales que desprenden gases inflamable o explosivos. Si es necesario realizar trabajo en este tipo de ambiente se necesita tomar todas las protecciones específicas.
  - Como norma de carácter general el uso de guantes y gafas es mandatorio en este tipo de trabajo.
  - Todas las partes de este tipo de máquinas, motores generadores, los rectificadores o los transformadores están protegidas para evitar el contacto accidental con la parte en tensión. Estas máquinas están conectadas a los armazones de tierra.
  - Estas herramientas deben respetar las normas de protección UNE 20-417 y UNE 20-419. También están previstas con una reja de protección contra choques y una tulipa estanca cuya misión es asegurar la protección contra proyecciones de agua.
- Trabajo con máquinas automotriz
  - El empleo de este tipo de máquinas entre las cuales destacan las retroexcavadoras, camiones hormigonera o camiones grúa solo se puede llevar a cabo por personal cualificado. Estos trabajo esta supervisados por el jefe de trabajo y se realiza siempre teniendo en cuenta las distancia de seguridad y mantener especial atención a la presencia de personas en las cercanías de la máquina.
- Trabajo con martillo neumático
  - Está totalmente prohibido el uso de estas máquinas por personal no autorizado.
  - El uso de equipos de protección individual es necesario para la reducción de cualquier riesgo derivado por el uso de estas máquinas.
  - Está totalmente prohibido el abandono del martillo neumático conectado al circuito de presión o con la barrena hincada.
  - Todo los equipos, como compresores, tendrán en su posesión los expedientes de control de calidad, los dispositivo de seguridad las válvulas taradas y tendrán al día las revisiones de seguridad.

- Trabajos en la proximidad de instalaciones eléctrica de A.T. en tensión.
  - En este tipo de actividad es obligatorio el trabajo en pareja de operarios para una mejor vigilancia y proporcionar el más rápido auxilio en caso de accidente.
  - En ese tipo de trabajo es de obligado cumplimiento la normativa de operación en instalaciones de A.T. en tensión.
- Trabajo con maniobra en aparatos de B.T.
  - Está totalmente prohibido cualquier maniobra sin el permiso del responsable de los trabajos. El trabajo con elementos en tensión sin la correspondiente protección personal está prohibido.
  - En caso de realizar trabajos sin tensión se aislarán las partes implicadas en el trabajo mediante aparatos de seccionamiento de cualquier alimentación. La comprobación de la falta de tensión se realiza únicamente con verificadores de tensión. Solo se puede restablecer el servicio cuando los trabajos han concluido y tras la comprobación de ausencia de cualquier peligro.
- Trabajo con maniobra en aparatos de A.T.
  - Está totalmente prohibido cualquier maniobra sin el permiso del responsable de los trabajos. Tanto el inicio como la finalización de la actividad se debe comunicar al responsable de los trabajos.
  - Este tipo de actividad se realizará siempre sin tensión, con la excepción de trabajos en tensión que utilizan técnicas específicas, pero este tipo de trabajo no es el objeto de este trabajo.
  - A la hora de realizar trabajos en instalaciones de A.T. es imprescindible respetar las siguientes reglas:
    - Todas las fuentes de tensión se dejan abiertas utilizando herramientas que aseguren la imposibilidad de su cierre intempestivo.
    - Enclavar o bloquear, si es posible, y señalizar la aparamenta que se deja abierta.
    - Comprobar, mediante equipo adecuado, la ausencia de tensión.
    - Poner a tierra y en cortocircuito todas las posibles fuentes y entradas de tensión.
    - Delimita la zona de trabajo mediante las señales adecuadas.
  - El trabajo en celdas de protección, está totalmente prohibido la apertura o retirada de los resguardos de protección de la celdas antes de dejar sin tensión a los conductores y aparatos contenidos en ella. Para dar tensión a los conductores y aparatos de la celda se debe cerrarla previamente con el resguardo de protección.
- Trabajo en recintos confinados subterráneos o con escasez de ventilación.
  - Si durante la obra se necesita realizar trabajos en zonas cuyas atmósfera pudiera no disponer de oxígeno suficiente en cantidad o

tener presente sustancias tóxicas o nocivas, se tienen que emplear las medidas necesarias para garantizar la seguridad en el trabajo.

- Si se da la necesidad de acceder a recintos confinados es obligatorio que se proporcione vigilancia desde el exterior que puede avisar en cuando se observa la posibilidad de existencia de atmosfera toxica o nociva. En uso de equipos de oxigeno es obligatorio en función del método de trabajo.
- Trabajo en apertura de zanjas
  - A la hora de realizar este trabajo las condiciones del terreno dictan la condiciones de apertura de zanja. Si la profundidad de la zanja supera 1.5 m esta debe entubarse o si las condiciones del terreno lo requieren.
  - Para realizar este trabajo se realiza un estudio de las distintas canalizaciones que puedan discurrir por la zona.
  - Es imprescindible realizar una señalización conveniente de la zona de trabajo mediante cinta o barandilla con una altura mínima de un metro, si se da el caso que se prevé circulación de personas o proximidad de vehículos.
  - Se emplean métodos manuales o mecánicos hasta la protección de los servicios, a partir de dicha protección solo se permite el uso de medios manuales para quitar la arena y descubrir los conductores.

### **8.5 Informe para los trabajadores posteriores de conservación y mantenimiento**

El contratista tiene la obligación de contemplar en el Plan de Seguridad y Salud que elabora, o si es necesario en anexos posteriores al mismo cualquier información que es conveniente ser tenida en cuenta por el personal que participara en trabajos posteriores de mantenimiento, operación, conservación de la instalación ,construcción de este Estudio Básico de Seguridad y Salud.

### **8.6 Conclusión del Estudio básico de seguridad y salud**

Al considerar suficiente lo expuesto se presenta este proyecto para la aprobación por la Administración, concediendo la autorización administrativa.

## 9 Lista de referencias

[Iberdrola distribución eléctrica www.iberdrola.es](http://www.iberdrola.es)

<http://www.aytovilladangosdelparamo.es/municipio/poligono/>

<http://www.ign.es/iberpix2/visor/>

<http://sigpac.magrama.es/fega/h5visor/>

<http://www.generalcable.es>

<http://www.prysmianclub.es>

<http://www.magrama.gob.es/>

Reglamento de baja tensión

Reglamento de alta tensión

Programa DMELECT 2009

Programa SIScet 8.0

Proyectos reales