



## ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BT DE UNA NAVE  
INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

Mikel Sanchez Clemente  
Amaya Pérez Ezcurdia  
Pamplona , Junio 2014



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

“ INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BAJA TENSIÓN DE UNA  
NAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE  
TRANSFORMACIÓN ”

## MEMORIA

Alumno: Mikel Sanchez Clemente

Tutor: Amaya Perez Ezcurdia

Pamplona, Junio 2014





1.1 INTRODUCCIÓN.....	4
1.1.1 Objeto del proyecto: .....	4
1.1.2. Situación: .....	4
1.1.3 Descripción de la parcela y superficie y alturas: .....	4
1.1.4. Descripción de la actividad: .....	5
1.1.5. Suministro de energía: .....	5
1.1.6 Previsión de cargas: .....	5
1.1.7. Distribución de los cuadros: .....	6
1.1.8 Normativa: .....	6
1.2 ESQUEMA DE DISTRIBUCIÓN: .....	7
1.3 ILUMINACIÓN: .....	8
1.3.1. Alumbrado interior: .....	8
1.3.2. Alumbrado exterior: .....	9
1.3.3. Alumbrados especiales: Alumbrado de Emergencia y Señalización .....	9
1.3.4. Accionamiento de las luminarias:.....	13
1.4. DISTRIBUCIÓN INTERIOR DE LA INSTALACIÓN: .....	13
1.4.1. Introducción: .....	13
1.4.2. Factores para el cálculo de los conductores: .....	14
1.4.2.1. Calentamiento: .....	14
1.4.2.2. Caída de tensión y pérdida de potencia. ....	14
1.4.3. Prescripciones generales: .....	15
1.4.3.1. Naturaleza de los conductores: .....	15
1.4.3.2. Conductores de protección: .....	16
1.4.4 Sistemas de canalización: .....	16
1.4.4.1. Canalizaciones: .....	16
1.4.4.2. Tubos protectores: .....	17
1.4.5 Receptores: (ITC-BT-43) .....	19
1.4.5.1. Introducción: .....	19
1.4.5.2. Receptores a motores (ITC-BT-47).....	19
1.4.5.3. Receptores para alumbrado (ITC-BT-44) .....	20
1.4.6 Tomas de corriente: .....	20
1.4.6.1 Introducción: .....	20
1.4.6.2. Tipos de tomas de corriente: .....	20
1.4.6.3. Situación y número de tomas de corriente .....	20
1.4.7 Interruptores y contactores: .....	21
1.4.8. Cálculos de las intensidades de línea:.....	22
1.4.9. Cálculo de los conductores de baja tensión: .....	23
1.4.10. Soluciones adoptadas:.....	25
1.4.10.1 Conductores: .....	25
1.4.10.2 Canalizaciones: .....	25
1.5 PROTECCIONES EN BAJA TENSIÓN: .....	26
1.5.1. Introducción: .....	26
1.5.2 Conceptos básicos: .....	27
1.5.3. Protección de la instalación: .....	28
1.5.3.1 Protección contra sobrecargas: .....	29
1.5.3.2. Protección contra cortocircuitos: .....	29
1.5.3.3. Cálculo de las corrientes de cortocircuito: .....	31
1.5.3.4. Cálculo de las impedancias: .....	33



1.5.4. Protección de las personas: .....	35
1.5.4.1. Protección contra contactos directos: .....	36
1.5.4.2. Protección contra contactos indirectos: .....	36
1.5.5. Solución adoptada: .....	37
1.5.5.1. Cuadro general de distribución: .....	38
1.5.5.2. Cuadro secundario I: .....	40
1.5.5.3. Cuadro secundario II: .....	45
1.5.5.4. Cuadro secundario de alumbrado: .....	50
1.5.5.5. Cuadro secundario E.: .....	53
1.6 PUESTAS A TIERRA: .....	56
1.6.1 Introducción: .....	56
1.6.2. Objetivo de la puesta a tierra: .....	56
1.6.3. Partes de la puesta a tierra: .....	57
1.6.3.1 El terreno: .....	57
1.6.3.2 Las tomas de tierra: .....	58
1.6.3.3 La línea principal de tierra: .....	59
1.6.3.4 Las derivaciones de las líneas principales de tierra: .....	59
1.6.3.5 Los conductores de protección: .....	60
1.6.4 Elementos a conectar a la toma de tierra: .....	60
1.6.5 Solución adoptada: .....	60
1.7 POTENCIA A COMPENSAR: .....	61
1.8 CENTRO DE TRANSFORMACIÓN:.....	61
1.8.1. Introducción: .....	61
1.8.2. Reglamentación y disposiciones oficiales: .....	62
1.8.3. Tipos de Centro de Transformación: .....	62
1.8.4. Situación y emplazamiento:.....	62
1.8.5. Características generales del Centro de Transformación: .....	63
1.8.6. Características de las celdas: .....	63
1.8.7. Descripción de la instalación: .....	63
1.8.7.1. Obra civil: .....	63
1.8.8. Instalación eléctrica: .....	66
1.8.8.1. Introducción: .....	66
1.8.8.2. Características de la red de alimentación: .....	66
1.8.8.3. Características de la aparamenta en media tensión: .....	66
1.8.8.4. Características descriptivas de las celdas y transformadores de media tensión. .....	68
1.8.8.5. Cuadro auxiliar de baja tensión del centro de transformación: .....	71
1.8.9. Instalación de puesta a tierra:.....	72
1.8.10. Instancias: .....	73
1.8.11. Aparatos de media tensión: .....	73
1.8.12. Aislamiento: .....	73
1.8.13. Instalaciones secundarias en el centro de transformación: .....	73
1.9 RESUMEN DEL PRESUPUESTO: .....	74



Instalación eléctrica en BT de una nave industrial con CT  
Mikel Sanchez Clemente  
Memoria



## 1.1 INTRODUCCIÓN

### 1.1.1 Objeto del proyecto

En dicho punto se va a describir la Instalación eléctrica en Baja Tensión de una nave industrial dedicada al proceso textil.

La instalación eléctrica constará de:

- Instalación de alumbrado general tanto interior como exterior y de emergencia.
- Instalación de fuerza y tomas de corriente.
- Centro de transformación propio de media a baja tensión.
- Protección eléctrica de las líneas que alimentan todas las instalaciones.
- Puestas a tierra del centro de transformación, y de la instalación eléctrica de la nave.
- Corrección del factor de potencia con batería de condensadores de la instalación eléctrica de la nave.

### 1.1.2. Situación

La nave está situada en el término municipal de Allín (Navarra), exactamente en el casco urbano de Larrión en la C/ Carretera Urbasa s/n, en la parcela 259 tal y como se muestra en el plano de situación.

### 1.1.3 Descripción de la parcela y superficie y alturas

La parcela donde se construirá la Nave Industrial dispondrá de una superficie útil de de 5386,27 m<sup>2</sup>, de los cuales 447,73 m<sup>2</sup> serán destinados a la superficie útil de la nave que se distribuye de la siguiente manera:

- Zona interior:

- Recibidor: 36,19 m<sup>2</sup>
- Zona de tundosado: 21,98 m<sup>2</sup>
- Oficina: 17,28 m<sup>2</sup>
- Vestuario masculino: 11,61 m<sup>2</sup>
- Vestuario femenino: 11,61 m<sup>2</sup>
- Zona de preparación: 140,21 m<sup>2</sup>
- Almacén productos terminados : 101,92 m<sup>2</sup>
- Zona enrolladora y embolsadora: 38,2 m<sup>2</sup>
- Zona de perchado: 23,2 m<sup>2</sup>
- Zona de etiquetado: 18,65 m<sup>2</sup>
- Zona caldera: 26,26 m<sup>2</sup>



- Zona exterior:

- Centro de transformación prefabricado de 10,6 m<sup>2</sup>, donde se procede a la transformación eléctrica de MT a BT.

Distribución de alturas:

- La altura de las naves es de 8 m en cumbre y 5 m hasta las vigas delta.
- La altura hasta las luminarias es de 4,4 m.
- La altura desde el suelo acabado hasta el falso techo en la zona de oficinas y vestuarios es de 3 m.

#### 1.1.4. Descripción de la actividad

La nave industrial que se prevé construir será una fábrica destinada al proceso de tintes y acabados de tejidos industriales.

#### 1.1.5. Suministro de energía

Iberdrola abastece de energía al polígono industrial en el que está ubicada la nave mediante red de Media Tensión. Esta red, proporciona una tensión alterna trifásica de 13,2 KV a una frecuencia de 50 ciclos por segundo.

La empresa suministradora se compromete, previo acuerdo, a facilitar e instalar una línea subterránea hasta el centro de transformación.

#### 1.1.6 Previsión de cargas

<b>Fuerza</b>	<b>Potencia (W)</b>
Caldera	34000
Perchas	28000
Cintas transportadoras	6000
Rame	14000
Autoclaves	15000
Compactadora	8000
Centrifugadora	10000
Cortadora y encoladora	6000
Enrolladora y embolsadora	8000
Tundosa	22000
	<b>Total fuerza= 151000 W</b>





Alumbrado	Potencia (W)
Alumbrado interior	10248
Alumbrado exterior	2500
Alumbrado de emergencia	96
<b>Total alumbrado =12844 W</b>	

<b>POTENCIA TOTAL INSTALADA</b>	<b>163844 W</b>
---------------------------------	-----------------

### 1.1.7. Distribución de los cuadros

La instalación se compone de un cuadro general y 4 cuadros secundarios.

- Cuadro general. Situado en el recibidor o zona de entrada de telas en el edificio, del cual se protegen las líneas a los cuadros secundarios.
- Cuadro secundario I. Situado en la zona de preparación de la nave. Éste alimenta la tundosa, la cortadora y encoladora, las cintas transportadoras, la rame, la enrolladora y embolsadora y las tomas de corriente de la enrolladora y embolsadora, de la zona de preparación y de la zona de tundosado.
- Cuadro secundario II. Situado también en el recibidor de la nave. Contiene los elementos de protección de las líneas que alimentan la caldera, las perchas, las autoclaves, la centrifugadora, la compactadora y las tomas de corriente de la caldera, almacén, zona de perchado, vestuarios, oficina e informática.
- Cuadro secundario de alumbrado. Situado en el recibidor. Alimenta el alumbrado interior de la embolsadora-enrolladora, de la zona de preparación, de la zona de tundosado, de la oficina, de los vestuarios, del almacén, de la zona de perchado, de la de etiquetado y de la caldera.
- Cuadro secundario E. (emergencia y exterior). Situado en el recibidor. Alimenta todo el alumbrado de emergencia de todas las zonas de la nave, además del alumbrado exterior.

He pensado que lo mejor sería tener la mayoría de cuadros juntos en el recibidor para un mayor orden si hay algún problema técnico, el cuadro secundario I lo he situado en la zona de preparación para ahorrar en la longitud de los cables ya que todas las zonas que alimenta dicho cuadro están en la otra punta de la nave, por lo que conviene situarlo en la zona de preparación.

### 1.1.8 Normativa

La realización del presente proyecto, así como la ejecución del mismo, se realizará de acuerdo a lo especificado en las normas y reglamentos vigentes en el momento, que son:



- **REGLAMENTO ELECTROTÉCNICO PARA BAJA TENSIÓN.**  
Real Decreto 842/2002 de 2 de agosto de 2002.
- **REGLAMENTO SOBRE CONDICIONES TÉCNICAS Y GARANTÍAS DE SEGURIDAD EN CENTRALES ELÉCTRICAS, SUBESTACIONES Y CENTROS DE TRANSFORMACIÓN.** Real Decreto 3275/82, de 12 de noviembre de 1982.
- **NORMAS UNE Y RECOMENDACIONES UNESA QUE SEAN DE APLICACIÓN.**
- **NORMAS PARTICULARES DE IBERDROLA.**
- **NORMAS TECNOLÓGICAS DE LA EDIFICACIÓN**, así como la **NORMA TECNOLÓGICA PARA INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE PUESTA A TIERRA.**
- **REGLAMENTO DE SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS EN ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES.** Real Decreto 2267/2004 de 3 de diciembre.
- **LEY 31/1995, de 8 de noviembre, DE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES.**
- Cualquier otra normativa y reglamentación de obligado cumplimiento para este tipo de instalaciones.

## 1.2 ESQUEMA DE DISTRIBUCIÓN

Para la determinación de las características de las medidas de protección contra choques eléctricos en caso de defecto (contactos indirectos) y contra sobrecorrientes, así como de las especificaciones de la aparamenta encargada de tales funciones, será preciso tener en cuenta el esquema de distribución empleado.

Los esquemas de distribución se establecen en función de las conexiones a tierra de la red de distribución o de la alimentación, por un lado, y de las masas de la instalación receptora, por otro. Existen 3 tipos de esquemas de distribución, el TT el IT y el TN.

El sistema elegido es el TT (el neutro está conectado directamente a tierra y las masas de la instalación receptora están conectadas a una toma de tierra separada de la toma de tierra de la alimentación, tal y como se indica en la ITC 08 del RBT 2002.)

Con este tipo de régimen debemos colocar diferenciales para proteger la instalación ante cualquier corriente de defecto a tierra.



La solución más segura sería elegir el esquema IT, pero debido a los problemas que presenta a la hora de realizar un cambio o ampliación a la instalación nos hace desechar esta opción.

Por otro lado, el esquema TN se desecha, ya que, es muy parecido al TT y éste último es el más utilizado en este tipo de instalaciones. Las ventajas que este esquema tiene en lo que respecta a su mantenimiento, ampliaciones futuras y seguridad contra incendios aconsejan su empleo en este tipo de instalaciones. También la ventaja del régimen TT es que la seguridad de la instalación está en función de la resistencia de utilización, la del usuario (Ru), es decir, la podemos vigilar y controlar, la seguridad está en nuestras manos, bajo nuestra responsabilidad.

### 1.3 ILUMINACIÓN

#### 1.3.1. Alumbrado interior

	<b>Luminaria Philips</b>	<b>Nº</b>	<b>P unidad (W)</b>	<b>P total (W)</b>
<b>Caldera</b>	PHILIPS HPK238 1xHPI-P400W-BUS +GPK238 R-WB +ZDK004 GC-WB	2	428	856
<b>Almacén</b>	PHILIPS HPK238 1xHPI-P400W-BUS +GPK238 R-WB +ZDK004 GC-WB	4	428	1712
<b>Zona de Preparación</b>	PHILIPS HPK238 1xHPI-P400W-BUS +GPK238 R-WB +ZDK004 GC-WB	6	428	2568
<b>Etiquetado</b>	PHILIPS HPK238 1xHPI-P400W-BUS +GPK238 R-WB +ZDK004 GC-WB	1	428	428
<b>Perchado</b>	PHILIPS HPK238 1xHPI-P400W-BUS +GPK238 R-WB +ZDK004 GC-WB	2	428	856
<b>Enrolladora y embolsadora</b>	PHILIPS HPK238 1xHPI-P400W-BUS +GPK238 R-WB +ZDK004 GC-WB	2	428	856
<b>Zona de Tundosoado</b>	PHILIPS HPK238 1xHPI-P400W-BUS +GPK238 R-WB +ZDK004 GC-WB	2	428	856
<b>Vestuario hombre</b>	PHILIPS FBS120 2XPL-C/2P 18W P	5	50,6	253
<b>Vestuario mujer</b>	PHILIPS FBS120 2XPL-C/2P 18W P	5	50,6	253
<b>Recibidor</b>	PHILIPS BPS800 1xLXML/CW AC-MLO	6	150	900
<b>Oficina</b>	PHILIPS BPS800 1xLXML/CW AC-MLO	4	150	600
<b>Centro transformación</b>	TMS022 1xTL-D58W HFS+GMS022 R	2	55	110
<b>TOTAL</b>				<b>10248</b>



Para la obtención de la tabla se ha utilizado el programa informático de cálculo Dialux. A continuación se expone el procedimiento de cálculo.

Para comenzar introducimos en el programa los siguientes datos:

- Nivel de luxes recomendados (extraídos de tablas de libros especializados) para la actividad a desarrollar.
- Dimensiones de la zona a iluminar
- Tipo de luminaria y lámpara con sus características (lúmenes, distribución de la iluminación...). Utilizamos el catálogo de PHILIPS.

Con estos datos el programa realiza los cálculos y propone una solución, en la cual expone el número de luxes que hay en toda la superficie de la zona a estudio a la altura del plano útil, el número de luminarias a colocar, el lugar de colocación de éstas en el plano... El programa permite hacer ajustes sobre estas cuestiones. En este caso se han elegido las luminarias y el número de éstas que aparecen en la tabla anterior y su colocación aparece detallada en los planos de iluminación.

Para las zonas destinadas a preparación y los almacenes se ha elegido luz directa porque prácticamente el 100% del flujo luminoso va hacia abajo y es lo mas adecuado ya que las luminarias están colocadas a varios metros de altura sobre el plano útil, para las demás zonas se han elegido fluorescentes ya que es lo recomendado para realizar actividades en oficinas y vestuarios.

### 1.3.2. Alumbrado exterior

Para la iluminación exterior no se ha usado el programa, se han elegido unas luminarias indicadas para exterior y se colocarán a lo largo de todo el perímetro de la nave para proporcionar visibilidad suficiente durante la noche. Se instalarán a 4 metros de altura sobre el suelo y a una distancia de 10 metros entre ellas.

Se ha elegido la luminaria SGS253 CDM-TT250W K 230V II OR GB GR ST.

	Numero de luminarias	P unidad(W)	P total (W)
Exterior	10	250	2500

### 1.3.3. Alumbrados especiales: Alumbrado de Emergencia y Señalización

Las instalaciones especiales destinadas a alumbrados especiales tienen por objeto asegurar, aún faltando el alumbrado general, la iluminación en los locales y el



acceso hasta las salidas, para una eventual evacuación de público o iluminar otros puntos que señalen.

Se distinguen tres tipos de alumbrado especial: de emergencia, de señalización.

Las líneas que alimentan directamente a los circuitos individuales de las lámparas de los alumbrados especiales, estarán protegidas por interruptores automáticos, con una intensidad nominal de 10 amperios como máximo. Una misma línea no podrá alimentar más de 12 puntos de luz, o si en la misma dependencia existiesen varios puntos de luz de alumbrado especial, estos deben ser repartidos al menos entre dos líneas diferentes, aunque su número sea inferior a 12.

Se distinguen 2 tipos de alumbrado especial: de emergencia y de señalización.

- Alumbrado de señalización

El alumbrado de señalización se instala para funcionar de un modo continuo durante determinados periodos de tiempo. Debe señalar de modo permanente la situación de puertas, pasillos, escaleras y salidas de los locales durante todo el periodo que permanezca con personas. Deberá estar alimentado, al menos por dos suministros, sean ellos normales, complementario o procedente de fuente propia de energía eléctrica admitida.

Deberá proporcionar una iluminación mínima de un lux en el eje de los pasos principales. Si el suministro habitual del alumbrado de señalización falla, o su tensión baja a menos del 70% de su valor nominal, la alimentación del mismo debe para automáticamente al segundo suministro.

Si los locales, dependencias o indicaciones que deben iluminarse con este alumbrado coinciden con los que precisan el de emergencia, los puntos de luz de ambos pueden ser los mismos.

- Alumbrado de emergencia

El alumbrado de emergencia debe permitir, en caso de fallo del alumbrado general, la evacuación segura y fácil de las personas hacia el exterior. Solamente puede ser alimentado por fuentes propias de energía, sean o no exclusivas para dicho alumbrado, pero no por fuentes de suministro exterior. Si esta fuente propia está constituida por baterías de acumuladores o por aparatos autónomos automáticos, se puede utilizar un suministro exterior para proceder a su carga.

Debe poder funcionar durante un mínimo de una hora, proporcionando en el eje de los pasos principales una iluminación mínima de un lux. Además, en los puntos en los que estén situados los equipos de las instalaciones de protección contra incendios que exijan utilización manual y en los cuadros de distribución del alumbrado, la iluminación de emergencia será como mínimo de 5 lux. Entrará en funcionamiento automáticamente al producirse el fallo de los alumbrados generales o cuando la tensión de éstos baje a menos del 70% de su valor nominal.



Se situará en las salidas de los locales y de las dependencias indicadas en cada caso y en las señales indicadoras de la dirección de los mismos. Cuando existe un cuadro principal de distribución, tanto el local donde está ubicado como sus accesos estarán previstos de este tipo de alumbrado.

Contarán con una instalación de alumbrado de emergencia las zonas siguientes:

- Todos los recintos cuya ocupación sea mayor que 100 personas.
- Los recorridos generales de evacuación de zonas destinadas a uso residencial o uso hospitalario, y los de zonas destinadas a cualquier uso que estén previstos para la evacuación de más de 100 personas.
- Todas las escaleras y pasillos protegidos, los vestíbulos previos y las escaleras de incendios.
- Los aparcamientos de más de 5 vehículos, incluidos los pasillos y escaleras que conduzcan desde aquellos hasta el exterior o hasta las zonas generales del edificio.
- Los locales de riesgo especial y los aseos generales de planta en edificios de acceso público.
- Los locales que alberguen equipos generales de las instalaciones de protección
- Los cuadros de distribución de la instalación de alumbrado de las zonas antes citadas.

Para calcular el nivel de iluminación se considera nulo el factor de reflexión sobre paredes y techos. Hay que considerar un factor de mantenimiento que englobe la reducción del rendimiento luminoso por suciedad y envejecimiento de las lámparas.

Como regla practica para distribución de las luminarias de emergencia, se determina que:

- La iluminancia mínima será de 5 lux.
- El flujo luminoso mínimo será de 30 lúmenes.
- La separación mínima será de  $h$ ; siendo  $h$  la altura de ubicación comprendida entre 2 y 2,5 metros.

Criterio de ubicación de las luminarias de emergencia:

- En todas las puertas de las salidas de emergencia.
- Cerca de las escaleras para que todos los escalones queden iluminados.
- Cerca de los cambios de nivel del suelo.
- Para iluminar todas las salidas obligatorias y señales de seguridad.
- Cerca de todos los cambios de dirección.
- Cerca de todas las intersecciones en los pasillos.
- Cerca de los equipos de extinción de fuego así como de puntos de alarma.
- En el exterior de los edificios junto a las salidas.
- Cerca de los puestos de socorro.
- En ascensores y montacargas.
- En todos los aseos y servicios.



- Salas de generadores de motores y salas de control.

El alumbrado de emergencia se puede clasificar en función de la fuente de alimentación de las luminarias, de la siguiente manera:

- Luminarias autónomas: Se caracterizan porque el suministro de energía eléctrica se efectúa en la propia luminaria o a un metro de distancia de la misma como máximo.
- Luminarias centralizadas: Se caracterizan porque la fuente de suministro de energía eléctrica se emplaza a más de un metro de distancia de las luminarias.

También se pueden clasificar en función del tipo de luminaria utilizada, como:

- Luminarias permanentes: Son luminarias alimentadas con energía eléctrica permanentemente. De manera que se efectúa al unísono un doble alumbramiento, normal y de emergencia
- Luminarias no permanentes: son luminarias que solo se activan cuando falla la alimentación del alumbrado normal, es decir, cuando se interrumpe o disminuye por debajo del 70% de su valor nominal.
- Luminarias combinadas: son luminarias que disponen de dos o más lámparas que permiten alimentar parte de ellas con energía eléctrica para el alumbrado de emergencia y la otra parte conectadas al suministro del alumbrado normal, de manera que parte de las lámparas permanecen encendidas en todo momento mientras hay suministro de energía eléctrica al alumbrado normal, y la otra parte solo se encienden cuando falla dicho suministro eléctrico del alumbrado normal.

#### Justificación de los tipos de lámparas y luminarias empleadas:

En el mercado actual existen aparatos que proporcionan en un mismo soporte, los alumbrados de emergencia y señalización. Como esta solución está permitida, es la que se utilizará en este proyecto.

En concreto, se utilizarán luminarias de la marca LEGRAND. Estas luminarias disponen de varias referencias las cuales varían en cuanto a lúmenes proporcionados, autonomía, potencia de las lámparas, índices de protección y tipo de acumuladores de carga.

Las características principales de estas lámparas se pueden consultar en el catálogo del fabricante.

Las lámparas se colocarán a diferentes alturas dependiendo del local donde se vayan a instalar.

Así, en el área de oficinas, vestuarios y recibidor, se colocarán justo encima de los marcos de las puertas o similar, a una altura de 2,30 metros.

En los locales con grandes alturas como es el caso de la zona de producción, los almacenes y el taller de mantenimiento, se colocarán a una altura superior, a 3,5 metros del suelo, ya que tienen que iluminar un área mayor.



A continuación se detalla el número de luminarias de emergencia, así como la marca y el modelo escogido:

	Superficie(m <sup>2</sup> )	Iluminación (lm/m <sup>2</sup> )	Flujo necesario	Luminaria	Nº de luminarias	Potencia total (W)
Caldera	26,26	5	131,3	Legrand C3 160lm	1	6
Almacén	101,92	5	509,6	Legrand B65 315lm	2	12
Preparación	140,21	5	701,05	Legrand B65 315lm	3	18
Etiquetado	18,65	5	93,25	Legrand C3 160lm	1	6
Perchado	23,2	5	116	Legrand C3 160lm	1	6
Oficina	17,28	5	86,4	Legrand C3 70lm	2	12
Recibidor	36,19	5	180,95	Legrand B65 315lm	1	6
Vestuario hombre	11,61	5	58,05	Legrand C3 70lm	1	6
Vestuario mujer	11,61	5	58,05	Legrand C3 70lm	1	6
Tundoso	21,98	5	109,9	Legrand C3 160lm	1	6
Enrolladora y embolsadora	38,2	5	191	Legrand B65 315lm	1	6
Centro transformación	10,6	5	53	Legrand C3 70lm	1	6
<b>TOTAL</b>						<b>96 W</b>

La tabla se ha obtenido mediante los cálculos realizados en el apartado pertinente del documento nº 2: "Cálculos".

### 1.3.4. Accionamiento de las luminarias

Mediante el accionamiento de los interruptores automáticos instalados en el cuadro de alumbrado situado en el recibidor, se activan las luminarias de la nave. Para los demás espacios, el accionamiento se produce mediante interruptores convencionales, los cuales pueden ser únicos (90mmx90mm), dobles (161mm x 90mm), triples (232mmx90mm) o cuádruples (303mmx 90mm). En el plano de alumbrado interior se especifica la situación de cada uno.

## 1.4. DISTRIBUCIÓN INTERIOR DE LA INSTALACIÓN

### 1.4.1. Introducción





Se llaman líneas interiores a las instalaciones llevadas a cabo en el interior de los edificios. Comprenden en este caso, desde el punto de conexión con el transformador hasta los aparatos receptores.

Se va a realizar la conducción eléctrica a los distintos receptores de la instalación. La instalación es de baja tensión y han de emplearse tensiones normalizadas como indica el RBT. Se empleará corriente alterna trifásica 400/230V.

Se han de calcular los conductores utilizados para alimentar las distintas máquinas y alumbrado de la nave, de modo que tengan la resistencia mecánica suficiente para las conducciones de la línea y además no sufran calentamientos excesivos, así como una caída de tensión en el propio conductor dentro de los límites establecidos en el RBT.

### **1.4.2. Factores para el cálculo de los conductores**

Para el cálculo de las líneas de distribución, se tendrán en cuenta los siguientes factores:

#### **1.4.2.1. Calentamiento**

Si por un conductor cuya resistencia es  $R$ , circula una intensidad  $I$ , se eleva su temperatura. Se puede demostrar que el aumento de temperatura es directamente proporcional al cuadrado de la intensidad, por lo que, si la intensidad es elevada, la temperatura del conductor es elevada, con el peligro de deterioro de los aislantes por no estar diseñados para soportar esas temperaturas (con el riesgo de provocar cortocircuitos).

Para cada sección de los conductores, existe un límite de carga en amperios que no debe sobrepasarse, que se corresponde con la temperatura máxima admisible que puede soportar esa sección del conductor sin que se produzcan los efectos antes señalados.

Las intensidades de las corrientes eléctricas admisibles en los conductores se regularán en función de las condiciones técnicas de las redes de distribución y de los sistemas de protección empleados en los mismos.

Los cálculos y condiciones a las que deben ajustarse los proyectos y la ejecución de estas redes están fijados en las instrucciones complementarias correspondientes al RBT.

En estas tablas se dan las intensidades máximas admisibles según unas determinadas condiciones (condiciones normales), para cada sección de cable.

Complementado a esas tablas existen otras, que dan unos factores de corrección a esa intensidad admisible, que dependen de la temperatura ambiente, del tipo de canalización y número de conductores que se alojan en la misma. Por tanto, cuando las condiciones reales de la instalación sean distintas de las condiciones tipo, la intensidad



admisible se deberá corregir aplicando los factores de corrección que vienen recogidos en las ITC-BT-06 e ITC-BT-07.

#### 1.4.2.2. Caída de tensión y pérdida de potencia.

Una vez calculada la sección de acuerdo con la intensidad que ha de circular. Hay que calcularla también con el criterio de caída de tensión, para asegurarnos de que la caída de tensión producida en el conductor es menor del 4,5 % para alumbrado y del 6,5 % para fuerza. Se utilizarán las siguientes fórmulas, dependiendo del tipo de red que tengamos:

Monofásica:

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I_n \cdot \cos \varphi}{U \cdot C}$$

Trifásica:

$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I_n \cdot \cos \varphi}{U \cdot C}$$

Siendo:

U: caída de tensión en voltios

L: longitud de la línea en metros

I<sub>n</sub>: intensidad nominal de la línea en amperios

Cos φ : factor de potencia

C: conductividad del material del conductor (56 para el cobre)

S: sección del cable en mm<sup>2</sup>

Una vez obtenida la sección por ambos métodos (criterio térmico y criterio de caída de tensión), se elegirá la mayor sección de las dos.

#### 1.4.3. Prescripciones generales

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. Al conductor de protección se le identificará por el color verde-amarillo. El conductor neutro se identificará por el color azul claro. 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 o negro. Cuando se considere necesario identificar las tres fases diferentes, se utilizará también el color gris.



### 1.4.3.1. Naturaleza de los conductores

Los conductores y cables que se empleen en las instalaciones serán de cobre o aluminio y serán siempre aislados excepto cuando vayan montados sobre aisladores, tal como se indica en la ITC-20.

### 1.4.3.2. Conductores de protección

Si los conductores de protección están constituidos del mismo metal que los conductores de fase, tendrán una sección mínima, en función de la sección de los conductores de fase de la instalación como se establece a continuación.

Secciones de los conductores de fase o polares de la instalación (mm <sup>2</sup> )	Secciones mínimas de los conductores de protección (mm <sup>2</sup> )
$S \leq 16$	S (*)
$16 < S \leq 35$	16
$S > 35$	S/2

(\*) Con un mínimo de:

2.5 mm<sup>2</sup> si los conductores de protección no forman parte de la canalización de alimentación y tienen una protección mecánica;

4 mm<sup>2</sup> si los conductores de protección no forman parte de la canalización y no tienen una protección mecánica.

Cuando la sección de los conductores de fase o polares sea superior a 25 mm<sup>2</sup>, se puede admitir para los conductores de protección, unas secciones menores que las que resulten de la aplicación de las tablas pero por lo menos iguales a 16 mm<sup>2</sup>.

Los conductores de protección irán bajo los mismos tubos que los conductores de fase y las conexiones se realizarán por medio de empalmes, por piezas de conexión de apriete por rosca.

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.

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

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 de al menos 3 cm.

Las canalizaciones eléctricas se dispondrán de manera que en cualquier momento se pueda controlar su aislamiento, localizar y separar las partes averiadas y, llegando el caso, reemplazar fácilmente los conductores deteriorados.



## 1.4.4 Sistemas de canalización

### 1.4.4.1. Canalizaciones

Hay muchos sistemas de instalación de los conductores para una canalización fija. Algunas de estas variantes son: conductores desnudos colocados sobre aisladores, conductores aislados sobre aisladores, conductores aislados bajo molduras, conductores aislados fijados directamente sobre las paredes, etc.

La solución más empelada hoy en día es la de conductores aislados sobre bandejas o a través de tubos.

Cuando las canalizaciones pasen a través de elementos de la construcción, tales como muros, tabiques y techo, se realizará de acuerdo con prescripciones tales como: las canalizaciones estarán protegidas contra deterioros mecánicos, en toda la longitud de los pasos no habrá empalmes o derivaciones, se utilizarán tubos no obturados etc.

### 1.4.4.2. Tubos protectores

Hay muchas clases de tubos, dependiendo de las necesidades que se tengan. Algunas de estas son: tubos metálicos rígidos blindados, tubos metálicos rígidos blindados con aislamiento interior, tubos aislantes rígidos normales curvos, tubos aislantes flexibles normales, tubo PVC rígido, etc.

Los tubos deberían poder soportar, como mínimo, sin deformación alguna, las siguientes temperaturas:

- 60 °C para los tubos aislantes constituidos por PVC.
- 70 °C para los tubos metálicos aislantes.

Tanto el diámetro de los tubos como el número de conductores que deben pasar por cada uno están largamente especificados en las tablas de la ITC-BT-21.

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.
- Las curvas practicadas en los tubos serán continuas y no originarán reducciones de sección inadmisibles.
- Será posible la fácil introducción y retirada de los conductores en los tubos después de colocarlos y fijados éstos 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 destinadas 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. Las dimensiones de estas cajas serán tales que permitan alojar holgadamente todos los conductores que deban contener.
- 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 montados individualmente o constituyendo bloques o regletas de conexión; puede permitirse asimismo, la utilización de bridas de conexión.
- En los tubos metálicos sin aislamiento interior, se tendrá en cuenta las posibilidades de que se produzcan condensaciones de agua en su interior, para lo cual se elegirá convenientemente el trazado de su instalación.
- 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 coloquen 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. 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.
- 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.
- En los cruces de tubos rígidos con juntas de dilatación de un edificio, deberán interrumpirse los tubos, quedando los extremos del mismo separados entre sí 5 centímetros.

Cuando los tubos se coloquen **empotrados**, se tendrán en cuenta, las recomendaciones de la tabla 8 y 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.



- No se instalarán entre forjado y revestimiento tubos destinados a la instalación eléctrica de las plantas inferiores.
- En los cambios de dirección, los tubos estarán convenientemente curvados o bien provistos de codos o "T" apropiados.
- Las tapas de los registros y de las cajas de conexión quedarán accesibles y desmontables una vez finalizada la obra.

Además de lo expuesto anteriormente para el cálculo del conductor, se harán las siguientes consideraciones a la hora de elegir el cable:

- El aislamiento del cable ha de ser tal que asegure en su parte conductora una continuidad eléctrica duradera. Normalmente el aislamiento del cable se determina con los picos de tensión que este tiene que soportar en cualquier momento.
- La sección del cable a colocar en el alumbrado normalmente la determina la caída de tensión (si la longitud no es pequeña). La sección de los conductores de fuerza la determina la corriente a transportar y el calentamiento que esta puede producir, de tal forma que nunca se superen temperaturas determinadas por encima de las cuales el cable se deteriora.
- El cable elegido, teniendo en cuanto todo lo anteriormente expuesto, será capaz de soportar los cortocircuitos que puedan producirse, mejor que cualquier otra parte de la instalación. Se preverá que la temperatura y los esfuerzos electrodinámicos producidos por el cortocircuito, no deterioren en ningún momento el cable.

Para el cálculo del diámetro y distribución de los tubos protectores utilizados para distribuir las líneas a lo largo de la nave, tendremos en cuenta todo lo expuesto anteriormente, así como, todo lo expuesto en la ITC-BT-21.

## **1.4.5 Receptores: (ITC-BT-43)**

### **1.4.5.1. Introducción**

Los aparatos receptores satisfarán los requisitos concernientes a una correcta instalación, utilización y seguridad. Durante su funcionamiento no deberán producir perturbaciones en las redes de distribución pública ni en las comunicaciones.

Los receptores se instalarán de acuerdo con su destino (clase de local, emplazamiento, utilización, etc.), con los esfuerzos mecánicos previsibles y en las condiciones de ventilación necesarias para que ninguna temperatura peligrosa, tanto para la propia instalación como para objetos próximos, pueda producirse en funcionamiento.

Los receptores podrán conectarse a las canalizaciones directamente o por intermedio de un conductor móvil. Cuando esta conexión se efectúe directamente a una canalización fija, los receptores se situarán de manera que se pueda verificar si funcionan y controlar esa conexión.



#### **1.4.5.2. Receptores a motores (ITC-BT-47)**

Según indica el RBT, en un ITC-BT-47, las secciones mínimas que deben tener los conductores de conexión de los motores, con objeto de que no se produzca en ellos un calentamiento excesivo serán las siguientes:

- Un solo motor: Los conductores de conexión que alimentan a un solo motor deberán estar dimensionados para una intensidad no inferior al 125% de la intensidad a plena carga del motor en cuestión.
- Varios motores: Los conductores de conexión que alimentan a varios motores deberán estar dimensionados para una intensidad no menor a la suma de 125% de la intensidad a plena carga del motor de mayor potencia más la intensidad a plena carga de todos los demás.

#### **1.4.5.3. Receptores para alumbrado (ITC-BT-44)**

Según la ITC-BT-44, las lámparas de descarga deberán cumplir las siguientes condiciones:

- Los circuitos de alimentación de lámparas o tubos de descarga estarán provistos para transportar la carga debida a los propios receptores y a sus elementos asociados. La carga mínima prevista en voltiamperios será de 1,8 veces la potencia en vatios de los receptores. El conductor neutro tendrá la misma sección que los de fase.
- Será obligatoria la compensación del factor de potencia hasta un valor mínimo de 0,90.

### **1.4.6 Tomas de corriente**

#### **1.4.6.1 Introducción**

Las bases de toma de corriente utilizadas en las instalaciones interiores o receptoras serán de acuerdo a la norma UNE 20315. Sin embargo, las bases de toma de corriente para uso industrial seguirán lo acordado en la Norma UNA 60309.

El cálculo de la potencia a instalar en las tomas de corriente se encuentra en el documento Cálculos del presente proyecto.

#### **1.4.6.2. Tipos de tomas de corriente**

Las tomas de corriente que se van a colocar en este proyecto serán tanto monofásicas como trifásicas, definiéndolas de la siguiente manera:

- Tomas de corriente monofásicas de 16 A a 230 V, (2P+T).
- Tomas de corriente monofásicas para los ordenadores.
- Tomas de corriente trifásicas de 16 A a 400 V, (4P+T).



### 1.4.6.3. Situación y número de tomas de corriente.

Las tomas irán fijadas a las paredes por sus medios convencionales y a una altura de 20 cm en todas las zonas de la Nave Industrial exceptuando el caso de la zona de producción, que las tomas de corriente irán a una altura de 1,6 metros, agrupadas en una caja especial para su fijación, cumpliendo así lo establecido en la ITC-BT-27.

- Caldera:

2 toma de corriente trifásica de 16 A a 400 V. (4P+T)

- Vestuario hombres

2 toma de corriente monofásica de 16 A a 230 V. (2P+T)

- Vestuario mujeres

2 toma de corriente monofásica de 16 A a 230 V. (2P+T)

- Zona de preparación

4 tomas de corriente trifásicas de 16 A a 400 V. (4P+T)

- Tundosoado

2 toma de corriente trifásica de 16 A a 400 V. (4P+T)

- Perchado

2 toma de corriente trifásica de 16 A a 400 V. (4P+T)

- Almacén

2 toma de corriente trifásica de 16 A a 400 V. (4P+T)

- Enrolladora y embolsadora

2 toma de corriente trifásica de 16 A a 400 V. (4P+T)

- Oficina

4 tomas de corriente monofásicas 16 A a 230 V. (2P+T)

1 toma monofásica para ordenadores.





### 1.4.7 Interruptores y contactores

Los interruptores escogidos en el presente proyecto y los cuales se utilizan para el encendido y apagado del alumbrado son de la marca LEGRAND.

El encendido y apagado de las lámparas de la zona de producción, así como de la zona exterior, se realizará desde el cuadro secundario de alumbrado, situado en el recibidor, mediante 3 contactores, todos ellos con sus respectivos pulsadores de marcha y parada.

### 1.4.8. Cálculos de las intensidades de línea

Los cálculos son básicamente iguales para todas las líneas, por lo tanto se indica el proceso y posteriormente se especifica los cables seleccionados. Los pasos a seguir son los siguientes:

1. Se necesitan los siguientes datos de partida:

- Previsión de potencia de los receptores.
- Tipo de receptor (monofásico o trifásico).
- Factor de potencia de los receptores.
- Longitud de las líneas.
- Tensión de las líneas.

2. En primer lugar se calcula la intensidad de cada receptor:

Receptor monofásico:

$$I = \frac{P}{V \cdot \cos\varphi}$$

Receptor trifásico:

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

Donde:

I: Intensidad en A.

P: Previsión de potencia del receptor en W.

V: Tensión de la línea que le suministra en V. En este caso 230/400V.

Cos  $\varphi$  : Factor de potencia del receptor.



Cuando los receptores sean motores la potencia se multiplicará por 1,25. Y en el caso de que una línea alimente a varios motores, la línea se dimensionará 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.

En los conductores que suministran corriente a lámparas de descarga, se calculará para una carga total de 1,8 veces la potencia nominal.

Otro elemento a tener en cuenta será el factor de corrección, que depende de la temperatura ambiente, tipo de canalización y número de conductores que se alojan en la misma. Por tanto, cuando las condiciones reales de la instalación sean distintas a las condiciones tipo, la intensidad admisible se deberá corregir aplicando los factores de corrección recogidos en la ITC-BT-06 e ITC-BT-07.

Por tanto, para calcular la intensidad definitiva, ésta se multiplicará por 1,25 o por 1,8 dependiendo si los receptores son motores o lámparas de descarga, y además, se dividirá por el factor de corrección correspondiente.

#### **1.4.9. Cálculo de los conductores de baja tensión**

1. Una vez conocida la intensidad de cada receptor se hace una elección:

Hay que seleccionar la línea que va a alimentar a cada receptor, de modo que la potencia suministrada por cada uno quede mas o menos repartida por igual en todas las líneas, los receptores alimentados por la misma línea estén cercanos y el tipo de receptores a los que va a alimentar. Ya que no es conveniente alimentar por ejemplo la iluminación de la zona de oficinas con la misma línea que alimenta algún tipo de maquinaria, ya que esto puede provocar picos de corriente que harían altibajos en la intensidad de dicha iluminación. La configuración final de las líneas aparece en los planos.

2. A continuación, también hay que elegir el tipo de conductor que vamos a utilizar y por donde lo vamos a llevar, es decir, los siguientes condicionantes:

- Material del conductor (Aluminio o cobre).
- Tipo de instalación (bajo tubo, al aire, canaleta, bandeja, empotrados...).
- Material aislante (PVC, XLPE).
- Tipo de cable (unipolar, multiconductor).

3. Tras haber tomado la decisión de los puntos 1 y 2, ya se pueden calcular las secciones de los conductores aplicando los siguientes criterios, ya mencionados en este mismo apartado de la memoria:

- Criterio térmico:

Se basa en el calentamiento del conductor. Consiste en limitar la densidad de corriente de tal manera que el conductor, no adquiera una temperatura excesiva y acabe quemándose. Es decir, lo que nos limita es la corriente máxima que circula por el conductor. Nos dará la  $I_{max}$  admisible del conductor.



Dependiendo de qué opciones se hayan escogido en el punto 2, se hallará la sección necesaria a partir de las tablas que da el RBT en su ITC-BT-06 si la línea es aérea, ITCBT-07 si es subterránea o en la ITC-BT-19 si es una instalación interior.

En este proyecto todas las líneas escogidas tienen en común que son cables unipolares de cobre con aislamiento de polietileno reticulado (XLPE). En el apartado de cálculo viene detallada la canalización de cada línea.

- Criterio de caída de tensión:

Se basa en la caída de tensión que se produce desde el punto de suministro de la línea hasta el último punto de carga. Para ellos tendremos que tener en cuenta la caída de tensión máxima permitida por el RBT.

Teniendo en cuenta las condiciones que viene recogidas en el RBT según la ITC-BT-19, las máximas caídas de tensión admisibles serán del 4,5% para alumbrado y del 6,5% para los demás usos.

Por tanto habrá que ver que sección es la adecuada para que la caída de tensión en las líneas no supere esos valores. Según sea la línea trifásica o monofásica tendremos distintas expresiones para calcular las secciones en función de las caídas de tensión, tal y como se ha explicado anteriormente.

- Monofásica:

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I_n \cdot \cos \varphi}{U \cdot C}$$

- Trifásica:

$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I_n \cdot \cos \varphi}{U \cdot C}$$

Siendo:

U: caída de tensión en voltios.

L: longitud de la línea en metros.

I<sub>n</sub>: intensidad nominal de la línea en amperios.

Cos  $\varphi$ : factor de potencia.

C: conductividad del material del conductor (56 para el cobre).

S: sección del cable en  $mm^2$ .

4. Una vez calculada la sección de la línea por ambos métodos, se escogerá como resultado la mayor.



5. Para terminar obtenemos la sección del neutro y del cable de protección siguiendo las tablas de la ITC-BT-07 u otras ITC correspondientes. El tipo de instalación y los conductores se detallan, así como la tabla completa de cómo quedan los cables, en el documento cálculos.

#### **1.4.10. Soluciones adoptadas**

##### **1.4.10.1 Conductores**

- RZ1-K 0.6/1 KV PRYSMIAN, (para la acometida).  
Conductor: cobre recocido flexible clase 5.  
Aislamiento: polietileno reticulado (XLPE).  
Cubierta: Mezcla especial cero halógenos, tipo AFUMEX Z1.  
Tª de servicio:  
    Servicio permanente: 90°C.  
    Cortocircuito: 250°C.
- RV-K 0.6/1 KV PRYSMIAN, (interior de la Nave Industrial).  
Conductor: cobre recocido flexible clase 5.  
Aislamiento: polietileno reticulado (XLPE).  
Cubierta: PVC.  
Tª de servicio:  
    Servicio permanente: 90°C.  
    Cortocircuito: 250°C.

Tendrán sección suficiente para las caídas de tensión determinadas por el RBT y las intensidades admisibles por los conductores en todos los casos, siempre serán superiores a las máximas previsibles para el circuito de la instalación.

Las secciones adoptadas, se justifican en el documento Cálculos del presente proyecto, tanto por lo que se refiere a intensidades admisibles como a caídas de tensión.

##### **1.4.10.2 Canalizaciones**

La canalización por donde se llevarán los conductores se dividirá en las siguientes partes desarrolladas a continuación:

- Línea general de alimentación:

La línea general de alimentación partirá desde el centro de transformación (cuadro de baja tensión) hasta el cuadro general de distribución en el interior de la nave, situado a 35 metros. Irá enterrado a 0,7 m de profundidad. Se realizará una zanja de 40x70cm. Con arena lavada debajo del tubo y relleno de tierra excavada. Se llevarán tres fases y neutro, constituida cada una de las fases por tres conductores unipolares de 70 mm<sup>2</sup> y el neutro por tres cables unipolares de 35mm<sup>2</sup>. Los cables de cada fase irán dispuestos en trébol y separada cada terna de cables 2 veces el diámetro del conductor unipolar como mínimo. El diámetro del tubo de la acometida será de 125 mm, de 2,2



mm de espesor, liso por el interior y corrugado por el exterior, color rojo FU 15 R, de resistencia de aplastamiento 450 N.

#### - Canalización general:

La canalización general de la nave se realizará a través de bandeja portacables de malla de acero galvanizado de 400mm de ancho y 60mm de alto. Se llevará canalizado desde el CGD a los diferentes cuadros auxiliares de la empresa. Cuando las líneas lleguen a donde están situados los cuadros auxiliares, se bajarán mediante tubos metálicos. Esta bandeja irá rodeando las diferentes zonas de la empresa, a una altura de 4 metros.

#### - Derivaciones:

En la zona de producción, la derivación de esta canalización a las diferentes máquinas se realizará a través de bandeja portacables de malla de acero galvanizado de 200mm de ancho y 35mm. Todo el alumbrado, tanto interior, exterior, como el de emergencia y las tomas de corriente irán en tubo grapado al techo.

La canalización se realizará a través de tubos de PVC que irá a través de falso techo, por catas y/o empotrado en la pared.

TIPO DE TUBO	LONGITUD (m)
Tubo de termoplástico de PVC flexible, $\Phi$ 16 mm	219,9
Tubo de termoplástico de PVC flexible, $\Phi$ 20 mm	448,74
Tubo de termoplástico de PVC flexible, $\Phi$ 25 mm	205,5
Tubo de termoplástico de PVC flexible, $\Phi$ 32 mm	90,2
Tubo de termoplástico de PVC flexible, $\Phi$ 40 mm	14,5
Tubo de termoplástico de PVC flexible, $\Phi$ 50 mm	12,6
Tubo de termoplástico de PVC flexible, $\Phi$ 63 mm	12,8
Tubo de termoplástico de PVC flexible, $\Phi$ 75 mm	32,5

## 1.5 PROTECCIONES EN BAJA TENSIÓN

### 1.5.1. Introducción

Toda instalación eléctrica tiene que estar dotada de una serie de protecciones que la hagan segura, tanto desde el punto de vista de los conductores y los aparatos a ellos conectados, como de las personas que han de trabajar con ella.

Existen muchos tipos de protecciones que pueden hacer a una instalación eléctrica completamente segura ante cualquier contingencia. En las instalaciones de baja tensión, y de acuerdo con las ITC-BT-22, ITC-BT-23 e ITC-BT-24, debemos considerar las siguientes protecciones:

- Protección de la instalación:



- Contra sobrecargas.
- Contra cortocircuitos.

- Protección de las personas:

- Contra contactos directos.
- Contra contactos indirectos.

### 1.5.2 Conceptos básicos

Para la realización de la protección de la nave se han de tener en cuenta una serie de conceptos básicos:

- Interruptor diferencial: es un dispositivo electromecánico que se coloca en las instalaciones eléctricas con el fin de proteger a las personas de las derivaciones causadas por la falta de aislamiento entre los conductores y tierra o masa de los aparatos. Consta de dos bobinas, colocadas en serie con los conductores de alimentación de corriente y que producen campos magnéticos opuestos y un núcleo o armadura que mediante un dispositivo mecánico adecuado puede accionar unos contactos. Dicho interruptor provocará la apertura automática de la instalación cuando la suma vectorial de las intensidades que atraviesan los polos del aparato alcanza un valor determinado.
- Conductor eléctrico: se dice que un cuerpo es conductor eléctrico cuando puesto en contacto con un cuerpo cargado de electricidad transmite ésta a todos los puntos de su superficie. Generalmente suelen ser hilos de cobre.
- Interruptor automático: es un aparato mecánico de conexión capaz de establecer, soportar e interrumpir corrientes en condiciones normales, así como de establecer y soportar durante un tiempo corrientes de cortocircuito.

El interruptor automático consta de:

1. Cámara de extinción: absorbe el arco que se produce al abrir y cerrar los contactos.
2. Mecanismo de apertura y cierre: lo que hace es abrir y cerrar el contacto.
3. Disparadores: es el que manda abrir este mecanismo de apertura: Hay de dos tipos.

a) Disparadores primarios:

- Térmicos: Verifica si se produce una sobrecarga.
- Electromagnéticos: para verificar cortocircuitos. A partir de 125 A el disparador es regulable.

b) Disparador secundario: Siempre está conectado a un contacto auxiliar que está alimentado a una fuente de alimentación. Este disparador también se puede utilizar para el rearme de automático, determinada condición que nosotros hayamos impuesto.



- **Interruptor magnetotérmico:** Es un pequeño interruptor automático. Tiene las mismas partes que un interruptor automático excepto que no tienen disparadores secundarios. Además tampoco son regulables. Es el elemento responsable del corte de la corriente con el fin de protegernos. Es un dispositivo electromecánico que se coloca en las instalaciones eléctricas con el fin de proteger frente a las intensidades excesivas, producidas como consecuencia de cortocircuitos o por el excesivo número de elementos de consumo conectados a ellas. Para su funcionamiento, los interruptores magnetotérmicos aprovechan dos de los efectos producidos por la circulación de corriente eléctrica por un circuito, el magnético y el térmico. El dispositivo consta, por tanto, de dos partes, un electroimán y una lámina bimetálica, conectadas en serie y por las que circula la corriente que va a hacia la carga.
- **Fusibles:** Es un aparato de conexión que provoca la apertura del circuito por fusión debido al calentamiento de uno o varios elementos destinados a ese fin.

Tiene 2 componentes:

1. Portafusibles es la parte fija donde se coloca el fusible.
2. Fusible: está formado por un cartucho aislante donde en su interior está el conductor, la parte metálica donde se va a fundir. Luego también tiene dentro aire en vacío. La característica del fusible es que tiene un alto poder de corte (hasta 100 KA) y tiene el inconveniente de que no se puede rearmar.

### 1.5.3. Protección de la instalación

Los dispositivos de protección tienen por finalidad registrar de forma selectiva las averías y separar las partes de la instalación defectuosas, así como para limitar las sobrintensidades y los defectos de los arcos.

Cuando se disponen varios interruptores en serie, generalmente se requiere que estos sean selectivos. La selectividad es la coordinación de dispositivos de corte automático para que un defecto, producido en un punto cualquiera de la red, sea eliminado por el interruptor colocado inmediatamente aguas arriba del defecto, y solo por él. La selectividad de las protecciones es un elemento esencial que debe ser tomado desde el momento de la concepción de una instalación en baja tensión, con el fin de garantizar a los usuarios la mejor disponibilidad de la energía. La selectividad es importante en todas las instalaciones para el confort de los usuarios, pero fundamentalmente solo se encuentra en las instalaciones que alimentan los procesos industriales de fabricación. Un dispositivo de protección se considera selectivo cuando solamente dispara el interruptor inmediatamente anterior al punto defectuoso, tomando como base el sentido de flujo de la energía. En caso de fallar el interruptor, tiene que actuar otro de orden superior.

Una instalación no selectiva está expuesta a riesgos de diversa gravedad:

- Imperativos de producción no respetados.



- Obligación de volver a realizar los procesos de arranque para cada una de las máquinas herramientas, como consecuencia de una pérdida de alimentación general.
- Paros de motores de seguridad tales como bombas de lubricación, extractores de humos, etc.
- Roturas de fabricación con:
  - Pérdida de producción o de producto terminado
  - Riesgo de avería en los útiles de producción dentro de procesos continuos.

Se entiende por tiempo de escalonamiento al intervalo de tiempo necesario para que dispare con seguridad sólo el elemento de protección anterior al punto de defecto. Las características de disparo de los diversos elementos de protección no deben entrecruzarse.

### 1.5.3.1 Protección contra sobrecargas

Se denomina sobrecarga al paso de una intensidad superior a la nominal de la instalación. Esta intensidad superior a la nominal, no producirá daños en la instalación si su duración es breve. Se comprende que producirá grandes daños si su duración es larga, pues los aparatos receptores y conductores no están preparados para soportar este incremento de temperatura a la que se verán sometidos como consecuencia del incremento de la intensidad. La consecuencia más directa de la sobrecarga es una elevación de la temperatura, que por otra parte, es la causa directa de los desperfectos que pueda ocasionar la sobrecarga en la instalación.

Los dispositivos de protección, deben estar previstos para interrumpir toda corriente de sobrecarga en los conductores del circuito antes de que ésta pueda provocar calentamiento que afecte al aislamiento, las conexiones, los terminales, o el medio ambiente. Las protecciones que se utilizan para sobrecargas, se tratan esencialmente de una protección térmica, es decir, basada en la medición directa o indirecta de la temperatura del objeto que se va a proteger, permitiendo además la utilización racional de la capacidad de sobrecarga de este mismo objeto.

Debe instalarse un dispositivo que asegura la protección contra las sobrecargas en los lugares en que un cambio trae consigo una reducción del valor de la corriente admisible de los conductores, por ejemplo, un cambio de sección, de naturaleza, de modo de instalación...

Según la ITC-BT-22, los dispositivos de protección contra sobrecargas serán fusibles calibrados de características de funcionamiento adecuadas o interruptores automáticos de corte omnipolar con curva térmica de corte.

### 1.5.3.2. Protección contra cortocircuitos

Se produce un cortocircuito en un sistema de potencia cuando entran en contacto entre sí o con tierra conductores correspondientes a distintas fases. Normalmente las corrientes de cortocircuito son muy elevadas, entre 5 y 20 veces al valor máximo de la corriente de carga en el punto de falta.





La corriente de cortocircuito es la corriente que fluye por el punto en que se ha producido el cortocircuito y mientras tenga duración éste. Dicha corriente transcurre, generalmente, en un principio de forma asimétrica con respecto a la línea cero y contiene una componente alterna y otra continua. La componente de corriente alterna se amortigua hasta alcanzar el valor de la intensidad permanente de cortocircuito. La componente de corriente continua se atenúa hasta anularse completamente.

Un cortocircuito tiene las siguientes características:

- Su duración: auto extinguido, transitorio, permanente.
- Su origen: originados por factores mecánicos (rotura de conductores, conexión eléctrica accidental entre dos conductores producida por un objeto conductor extraño, como herramientas o animales) debidos a sobretensiones eléctricas de origen interno o atmosférico, causados por la degradación del aislamiento provocada por el calor, la humedad o un ambiente corrosivo.
- Su localización: dentro o fuera de una máquina o un cuadro eléctrico.

Desde otro punto de vista, los cortocircuitos pueden ser: monofásicos (el 80% de los casos), bifásicos ( el 15% de los casos, que suelen degenerar en trifásicos) y trifásicos de origen ( el 5% de los casos).

El RBT admite como dispositivo de protección contra cortocircuitos los fusibles de características de funcionamiento adecuadas o los interruptores automáticos con sistema de corte omnipolar.

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 instalación. Se admite, no obstante que, cuando se trate de circuitos derivados de uno principal, cada uno de estos circuitos derivados disponga de protección contra sobrecarga, mientras que un solo dispositivo general pueda asegurar la protección contra cortocircuitos para todos los circuitos derivados.

Los dispositivos de protección deben ser previstos para interrumpir toda la corriente del cortocircuito en los conductores, antes que ésta pueda causar daños como consecuencia de los efectos térmicos y mecánicos producidos en los conductores y en las conexiones. Todo dispositivo que asegure la protección contra cortocircuito debe responder a las dos siguientes condiciones:

1. Su poder de ruptura debe ser por lo menos, igual a la corriente de cortocircuito presunta en el punto en el que se encuentra instalado. Puede admitirse un dispositivo de poder de ruptura inferior al previsto, a condición de que por el lado de la alimentación se instale otro dispositivo con el poder de ruptura necesario.
2. El tiempo de ruptura de toda corriente resultante de un cortocircuito producido en un punto cualquiera del circuito no debe ser superior al tiempo que se requiera para llevar la temperatura de los conductores al límite admisible.



Un cortocircuito puede tener diferentes consecuencias dependiendo de la naturaleza y duración de los defectos, del punto de la instalación afectado y de la magnitud de la intensidad.

Según el lugar del defecto, la presencia de un arco puede:

- Degradar los aislantes.
- Fundir los conductores.
- Provocar un incendio o representar un peligro para las personas.

Según el circuito afectado, pueden presentarse:

- Sobreesfuerzos electrodinámicos con deformación de los juegos de barras y arrancado o desprendimiento de los cables.

Puede haber un sobrecalentamiento debido al aumento de pérdidas por efecto Joule, con riesgo de deterioro de los aislantes.

Para la correcta aplicación de las medidas de protección expuestas en la norma UNE 20.460 se deberá aplicar lo indicado en la tabla 1 de la ITC-BT-22, del RBT.

### 1.5.3.3. Cálculo de las corrientes de cortocircuito

Para el diseño de una instalación y poder elegir adecuadamente los dispositivos de protección debemos conocer las corrientes de cortocircuito máximas y mínimas en los distintos niveles.

- **Corriente de cortocircuito máxima:**

Estas corrientes corresponden a un cortocircuito en los bornes de salida del dispositivo de protección, considerando la configuración de la red y al tipo de cortocircuito de mayor aporte. En general, en las instalaciones de baja tensión el tipo de cortocircuito de mayor aporte es el trifásico.

Estas corrientes se utilizan para determinar:

- El poder de corte y de cierre de los interruptores.
- Los esfuerzos térmicos y electrodinámicos en los componentes.

Para el cálculo de la corriente de cortocircuito máxima tendremos en cuenta todo lo que hay aguas arriba del interruptor automático a calcular.

Dicha corriente se calculará mediante las siguientes expresiones, en función de si es un cortocircuito tetrapolar o bipolar:

$$I_{cc \max} = \frac{Un \cdot C}{\sqrt{3} \cdot Zd} \qquad I_{cc \max} = \frac{Un \cdot C}{2 \cdot Zd}$$



Donde:

I<sub>cc max</sub>: corriente de cortocircuito eficaz en A.

C: Variación de tensión. Su valor para instalaciones de baja tensión, a 230/400 V es de 1.

U<sub>n</sub>: tensión entre fases en vacío del secundario del transformador.

Z<sub>d</sub>: impedancia total por fase de la red aguas arriba del defecto en Ω.

Una vez se ha calculado la corriente de cortocircuito máxima, se obtiene el poder de corte, que deberá cumplir la siguiente condición:

$$PdC \geq I_{ccmax}$$

Siendo el PdC el poder de corte de los interruptores magnetotérmicos que escogeremos.

- **Corriente de cortocircuito mínima:**

Estas corrientes corresponden a un cortocircuito en el extremo del circuito protegido, considerando la configuración de la red y al tipo de cortocircuito de menor aporte. En las instalaciones de baja tensión los tipos de cortocircuito de menor aporte son el fase-neutro (circuito con neutro) o entre dos fases (circuitos sin neutro).

Estas corrientes se utilizan para determinar:

- El ajuste de los dispositivos de protección para la protección de los conductores frente a cortocircuitos.
- Tipo de curva del interruptor magnetotérmico.

Esta corriente se calcula mediante la siguiente expresión:

$$I_{cc \min} = \frac{\sqrt{3} \cdot C \cdot U_n}{|2Z_d + Z_o|}$$

Donde:

I<sub>cc</sub>: corriente de cortocircuito eficaz en A.

C: Variación de tensión. Su valor para instalaciones de baja tensión, a 230/400V es de 0,95.

U<sub>n</sub>: tensión entre fases en vacío del secundario del transformador.

Z<sub>d</sub>: impedancia directa en Ω, teniendo en cuenta que la temperatura de cortocircuito es de 250°C.

Z<sub>o</sub>: impedancia homopolar en Ω.

Una vez calculada la corriente de cortocircuito mínima, antes de elegir el tipo de curva del interruptor magnetotérmico, es necesario calcular su calibre (intensidad nominal). Se acotará del siguiente modo:



$$I_{cal} < I_{nom} < I_{adm}$$

Donde:

$I_{cal}$ : es la intensidad prevista partiendo de la previsión de cargas que va a ser alimentada por la línea en la que está la protección, su tensión y el factor de potencia. Por tanto se puede determinar de la siguiente manera:

$$I_{cal} = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\phi}$$

$I_{adm}$ : es la máxima intensidad que puede circular por el cable sin que sufra daños irreversibles. Se obtiene de la tabla 1 de la ITC-BT-19.

Dentro del intervalo que nos ofrecen estos dos valores se escoge el que más convenga teniendo en cuenta los valores normalizados.

Finalmente ya se puede conocer el tipo de curva del interruptor magnetotérmico, de forma que la  $I_{ccmin}$  sea mayor o igual que la corriente de magnetización, siendo esta corriente para cada curva:

Curva B:  $I_{mag} = 5I_n$

Curva C:  $I_{mag} = 10I_n$

Curva D:  $I_{mag} = 20I_n$

#### 1.5.3.4. Cálculo de las impedancias

- **Impedancia directa ( $Z_d$ ):**

Cada constituyente de una red de baja tensión se caracteriza por una impedancia  $Z$  compuesta de:

- un elemento resistivo puro  $R$ .
- un elemento inductivo puro  $X$ , llamado reactancia.

El método consiste en descomponer la red en trozos y en calcular para cada uno de ellos los valores de  $R$  y de  $X$ . Después se suman aritméticamente por separado.

$$Z_d = Z_a + Z_T + Z_L + Z_{aut}$$

- **Impedancia de la línea MT/AT ( $Z_a$ )**

La potencia de cortocircuito de la red es un dato de la compañía distribuidora de energía (500MVA). Despreciando la resistencia frente a la reactancia se puede calcular la impedancia de la red aguas arriba llevada al secundario del transformador:



$$Z_a = X = \frac{Us_2}{S_{cc}}$$

Donde:

Us: tensión en vacío del secundario del transformador en voltios.

S<sub>cc</sub>: potencia de cortocircuito en VA.

Z<sub>a</sub>: impedancia aguas arriba del defecto en j Ω. Es totalmente inductiva.

- **Impedancia del transformador de distribución (Z<sub>T</sub>)**

Para el cálculo aproximado, se puede igualmente despreciar la resistencia debida a las pérdidas en el cobre según la relación:

$$Z_T = X = Us_2 \cdot \frac{U_{cc}}{S}$$

Donde:

Us: tensión en vacío entre fases en voltios.

U<sub>cc</sub>: tensión de cortocircuito en % (4%).

S: potencia aparente en VA del transformador (400 KVA).

Z<sub>T</sub>: impedancia o reactancia al secundario en j Ω.

La resistencia y la reactancia, tanto del transformador como del aparellaje de alta tensión lo podemos considerar despreciable, con el motivo de ahorrar cálculos prácticamente innecesarios.

- **Impedancia de los conductores (Z<sub>L</sub>)**

La resistencia de los conductores se calculará según la fórmula:

$$R = \rho \frac{L}{S}$$

Donde:

R: resistencia del conductor en Ω.

ρ: resistividad del material, la resistividad de un conductor de cobre a 20°C es de 0,011724

Ω mm<sup>2</sup>/m.

L: longitud del conductor

S: sección por fase del conductor.

Para secciones iguales o inferiores a 150 mm<sup>2</sup> se desprecia la reactancia de la línea.

- **Impedancia de los automatismos (Z<sub>aut</sub>)**



Esta impedancia representa los automatismos (protecciones, relés, bobinas...) de aguas arriba. El valor de la impedancia de cada automatismo es de  $0,15 \text{ jm } \Omega$ .

$$Z_{\text{aut}} = X_{\text{aut}} = n^{\circ} \text{ de automatismos} \cdot 0,15 \text{ jm } \Omega$$

En el n° de automatismos se incluye el que se está calculando, así como otros de otra índole como diferenciales, relés, fusibles...

- **Impedancia directa nueva ( $Z_d$  nueva)**

Con el objetivo de determinar la curva del interruptor magnetotérmico, se procede a calcular la nueva impedancia directa. Para ello se debe tener en cuenta la  $Z_d$  de la línea más desfavorable, es decir, también hay que tener en cuenta las impedancias aguas abajo.

Otra novedad es que para calcular la nueva  $Z_L$ , hay que calcularlo a temperatura de cortocircuito ( $250^{\circ}\text{C}$ ). Para ellos se hace la siguiente transposición:

$$Z_{L250^{\circ}} = Z_{L20^{\circ}} \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T)$$

Donde:

$$\alpha : 4 \cdot 10^{-3}$$

$$\Delta T : 250^{\circ} - 20^{\circ} = 230^{\circ}$$

Por tanto:

$$Z_d \text{ nueva} = Z_a + Z_T + Z_{L250^{\circ}} + Z_{\text{aut}}$$

- **Impedancia homopolar**

En este caso también se calcula la impedancia al final de la línea:

$$Z_o = Z_{a0} + Z_{T0} + Z_{L0} + Z_{\text{auto}}$$

Donde:

$$Z_{a0} = 0$$

$$Z_{T0} = Z_T$$

$$Z_{L0} = 3 \times Z_{L250^{\circ}}$$

$$Z_{\text{auto}} = 3 \times Z_{\text{aut}}$$

#### 1.5.4. Protección de las personas

Siempre que existan entre dos puntos una diferencia de potencial y un elemento conductor que los une entre sí, se establecerá una corriente eléctrica entre ellos. La circulación de la corriente por las personas puede producir:

- Cuando las personas se pongan en contacto directo con una parte eléctrica que normalmente estará en tensión (contacto directo) debido a que un conductor descubierto se ha hecho accesible por ruptura, defecto en el aislamiento...



- Cuando la persona se pone en contacto con una parte metálica que accidentalmente se encuentra bajo tensión (contacto indirecto), como puede ser la carcasa conductora de un motor o máquina..., que puedan quedar bajo tensión por un defecto en el aislamiento, por confusión en la conexión del conductor de protección con el de fase activa.

Se han realizado diversos estudios para determinar con exactitud los valores peligrosos de intensidad y tiempo, trazándose de esta forma curvas límites de tiempo-corriente para diferentes grados de peligrosidad. En general, valores inferiores a 30 mA se ha comprobado que no son peligrosos para el hombre, así como tiempos inferiores a 30 ms. Como es lógico, los valores de esta intensidad dependerán de los de la tensión existente y de la resistencia eléctrica del cuerpo humano. Las distintas precauciones que se emplean tenderán a limitar la tensión de contacto.

El RBT fija según la ITC-BT-24 estos valores:

- 24 V para locales o emplazamientos húmedos
- 50 V en los demás casos.

El grado de peligrosidad de la corriente eléctrica para la persona que pueda establecer contacto directo o indirecto dependerá de factores fisiológicos, e incluso de su estado concreto en el momento del contacto; sin embargo, al margen de ello, a nivel general, se puede decir que depende del valor de la corriente que pasa por él y de la duración de la misma.

#### **1.5.4.1. Protección contra contactos directos**

Para asegurar una protección eficaz ante los contactos directos que se puedan producir es conveniente tomar las siguientes medidas:

- Alejamiento de las partes activas de la instalación, de este modo se hace imposible un contacto fortuito con las manos.
- Interposición de obstáculos (ej. Armarios eléctricos aislantes o barreras de protección), con ellos se impide cualquier contacto accidental con las partes activas de la instalación. Si los obstáculos son metálicos, se deben tomar también las medidas de protección previstas contra contactos indirectos.
- Recubrimiento con material aislante ( ej. Aislamiento de cables, portalámparas...). No se consideran materiales aislantes apropiados la pintura, los barnices, las lacas o productos similares.

En esta instalación se adoptará principalmente el indicado en el último apartado, es decir, todos los conductores activos estarán recubiertos por aislamientos apropiados.

#### **1.5.4.2. Protección contra contactos indirectos**

Los sistemas de protección contra estos contactos están fundamentados en estos tres principios:



- Impedir la aparición de defectos mediante aislamientos complementarios.
- Hacer que el contacto eléctrico no sea peligroso mediante el uso de tensiones no peligrosas.
- Limitar la duración del contacto a la corriente mediante dispositivos de corte.

Las medidas de protección contra contactos indirectos dependen del esquema de distribución, siendo en este caso un esquema TT las características y prescripciones serán las siguientes:

- Todas las masas de los equipos eléctricos y 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, o, si no existe, un conductor de fase de cada generador o transformador, debe ponerse a tierra.

Se cumplirá la siguiente condición:

$$R_A \times I_A < U$$

Siendo:

$R_A$  = suma de las resistencias de toma de tierra y de los conductores de protección de las masas.

$I_A$  = corriente que asegura el funcionamiento automático del dispositivo de protección.

$U$  = tensión de contacto límite convencional.

Los dispositivos de protección utilizados en el esquema TT son los siguientes:

- Dispositivos de protección de corriente diferencial residual.
- Dispositivos de protección de máxima corriente, tales como fusibles, interruptores automáticos.

El valor mínimo de la corriente de defecto, a partir de la cual el interruptor diferencial debe abrir automáticamente, en un tiempo conveniente, la instalación a proteger, determina la sensibilidad de funcionamiento del aparato.

La elección de la sensibilidad del diferencial que debe utilizarse en cada caso viene determinada por la resistencia de tierra de las masas, medida en cada punto de conexión de las mismas. Debe cumplir la relación:

- En locales secos:  $R \leq (50/I_s)$
- En locales húmedos o mojados:  $R \leq (24/I_s)$

Siendo  $I_s$  la sensibilidad en mA.





### 1.5.5. Solución adoptada

En el cuadro general de distribución se ha de colocar un interruptor automático de cabecera y dos interruptores diferenciales distribuidos de la siguiente forma: uno para las líneas 1 y 2, y otro para las líneas 3 y 4, con el fin de proteger las 4 líneas correspondientes a los cuatro cuadros secundarios. Se colocan de esta manera con el fin de que hubiese algún fallo imprevisto (contacto indirecto), no nos quedemos sin suministro en toda la nave. A parte de esto, también se han de colocar cuatro interruptores automáticos al principio de cada una de las cuatro líneas, para la protección de éstas.

En los cuadros auxiliares se ha de colocar un interruptor automático y otro diferencial para la protección de cada una de las máquinas que alimentan. Para la protección de las tomas de corriente se ha de colocar un interruptor automático y otro diferencial para proteger tanto a la toma de corriente trifásica como a las monofásicas. En el caso de los aparatos de alumbrado irán protegidos con un interruptor automático cada una de las distintas agrupaciones de aparatos existentes, además de un diferencial para cubrir posibles desperfectos en las líneas y quedando un sistema trifásico totalmente equilibrado.

La distribución de las distintas protecciones estará representada en los planos de los cuatro cuadros auxiliares.

Los elementos de protección utilizados son de la marca Merlin Gerin. Para su elección se tendrá en cuenta, aparte del calibre y del poder de corte, la selectividad y las curvas de limitación de los mismos que aparecen en los catálogos comerciales.

La protección diferencial debe ser selectiva para lo cual se debe dotar a los diferenciales situados en cabecera de línea del retraso correspondiente en función de los diferenciales colocados en dichas líneas aguas abajo. Partiendo de un retardo de 0 ms en los diferenciales situados más abajo en las líneas, se dotarán a los situados aguas arriba por encima de estos de un retraso de 30-60 ms. Se incrementará el retraso en esta misma cantidad para los diferenciales situados por encima de los anteriores y así progresivamente hasta los diferenciales de cabecera de la línea.

#### 1.5.5.1. Cuadro general de distribución

##### **ENTRADA:**

Sección del cable:  $3 \times (3 \times 70/35) \text{ mm}^2$   
RZ1-K 0.6/1 KV PRYSMIAN.

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 400A
- Poder de corte: 25 KA
- N° de polos: III+N
- Curva D



- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 320A
- Sensibilidad: 500 mA
- N° de polos: 4P

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 80 A
- Sensibilidad: 300 mA
- N° de polos: 4P

### **SALIDAS:**

Línea cuadro secundario I:

Sección del cable: 3x70/35+35TT  $mm^2$

RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 160A
- Poder de corte: 25 KA
- N° de polos: III+N
- Curva D

Línea cuadro secundario II:

Sección del cable: 3x95/50+50TT  $mm^2$

RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 250A
- Poder de corte: 25 KA
- N° de polos: III+N
- Curva D

Línea cuadro secundario “alumbrado”:

Sección del cable: 3x35/25+25TT  $mm^2$

RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 30A
- Poder de corte: 25 KA
- N° de polos: III+N



- Curva D

Línea cuadro secundario "E":

Sección del cable: 3x25/16+16TT  $mm^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 40A
- Poder de corte: 25 KA
- N° de polos: III+N
- Curva D

Línea de la batería de condensadores:

Sección del cable: 3x50/25+25TT  $mm^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 160A
- Poder de corte: 25 KA
- N° de polos: III+N
- Curva D

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 160 A
- Sensibilidad: 300 mA
- N° de polos: 4P

### 1.5.5.2. Cuadro secundario I

**ENTRADA:**

Sección del cable: 3x70/35+35TT  $mm^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 160A
- Poder de corte: 22 KA
- N° de polos: III+N
- Curva D

**SALIDAS:**



Circuito 1:

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 40 A
- Sensibilidad: 300 mA
- N° de polos: 3P

- C1.A:

Sección del cable: 3x6+6TT  $mm^2$

RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 40A
- Poder de corte: 22 KA
- N° de polos: III
- Curva D

Circuito 2:

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 16 A
- Sensibilidad: 300 mA
- N° de polos: 3P

- C2.A:

Sección del cable: 3x1,5+1,5TT  $mm^2$

RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 6A
- Poder de corte: 22 KA
- N° de polos: III
- Curva D

- C2.B:

Sección del cable: 3x1,5+1,5TT  $mm^2$

RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:



- Calibre: 6A
- Poder de corte: 22 KA
- N° de polos: III
- Curva D

#### Circuito 3:

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 16 A
- Sensibilidad: 300 mA
- N° de polos: 3P

- C3.A:

Sección del cable:  $3 \times 1,5 + 1,5 \text{TT } \text{mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 6A
- Poder de corte: 22 KA
- N° de polos: III
- Curva D

- C3.B:

Sección del cable:  $3 \times 1,5 + 1,5 \text{TT } \text{mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 6A
- Poder de corte: 22 KA
- N° de polos: III
- Curva D

#### Circuito 4:

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 32 A
- Sensibilidad: 300 mA
- N° de polos: 3P

- C4.A:



Sección del cable:  $3 \times 6 + 6TT \text{ mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 32A
  - Poder de corte: 22 KA
  - N° de polos: III
  - Curva D

Circuito 5:

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 25 A
  - Sensibilidad: 300 mA
  - N° de polos: 3P
  
- C5.A

Sección del cable:  $3 \times 1,5 + 1,5TT \text{ mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 10A
  - Poder de corte: 22 KA
  - N° de polos: III
  - Curva D
  
- C5.B

Sección del cable:  $3 \times 1,5 + 1,5TT \text{ mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 10A
  - Poder de corte: 22 KA
  - N° de polos: III
  - Curva D

Circuito 6:

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:



Características principales:

- Calibre: 25 A
- Sensibilidad: 30 mA
- N° de polos: 4P

- C6.A:

Sección del cable:  $3 \times 1,5 + 1,5 \text{TT} \text{ mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 6A
- Poder de corte: 22 KA
- N° de polos: III
- Curva D

- C6.B:

Sección del cable:  $3 \times 1,5 + 1,5 \text{TT} \text{ mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 16A
- Poder de corte: 22 KA
- N° de polos: III
- Curva D

Circuito 7:

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 6 A
- Sensibilidad: 30 mA
- N° de polos: 4P

- C7.A:

Sección del cable:  $3 \times 1,5 / 1,5 + 1,5 \text{TT} \text{ mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 6A
- Poder de corte: 22 KA



- N° de polos: III+N
- Curva D

### 1.5.5.3. Cuadro secundario II

#### ENTRADA:

Sección del cable: 3x95/50+50TT  $mm^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 250A
  - Poder de corte: 22 KA
  - N° de polos: III+N
  - Curva D

#### SALIDAS:

Circuito 1:

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 16 A
  - Sensibilidad: 300 mA
  - N° de polos: 3P

- C1.A:

Sección del cable: 3x10+10TT  $mm^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 16A
  - Poder de corte: 22 KA
  - N° de polos: III
  - Curva D

Circuito 2:

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 63 A
  - Sensibilidad: 300 mA
  - N° de polos: 3P





- C2.A:

Sección del cable:  $3 \times 16 + 16 \text{TT} \text{ mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 63A
- Poder de corte: 22 KA
- N° de polos: III
- Curva D

Circuito 3:

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 63 A
- Sensibilidad: 300 mA
- N° de polos: 3P

- C3.A:

Sección del cable:  $3 \times 4 + 4 \text{TT} \text{ mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 25A
- Poder de corte: 22 KA
- N° de polos: III
- Curva D

- C3.B:

Sección del cable:  $3 \times 10 + 10 \text{TT} \text{ mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 25A
- Poder de corte: 22 KA
- N° de polos: III
- Curva D

Circuito 4:

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:



- Calibre: 32 A
- Sensibilidad: 300 mA
- N° de polos: 3P

- C4.A

Sección del cable:  $3 \times 2,5 + 2,5 \text{TT} \text{ mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 10A
- Poder de corte: 22 KA
- N° de polos: III
- Curva D

- C4.B

Sección del cable:  $3 \times 2,5 + 2,5 \text{TT} \text{ mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 10A
- Poder de corte: 22 KA
- N° de polos: III
- Curva D

- C4.C

Sección del cable:  $3 \times 4 + 4 \text{TT} \text{ mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 10A
- Poder de corte: 22 KA
- N° de polos: III
- Curva D

Circuito 5:

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 20 A
- Sensibilidad: 300 mA
- N° de polos: 3P

- C5.A:



Sección del cable:  $3 \times 10 + 10TT \text{ mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 20A
- Poder de corte: 22 KA
- N° de polos: III
- Curva D

Circuito 6:

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 20 A
- Sensibilidad: 300 mA
- N° de polos: 4P

- C6.A

Sección del cable:  $3 \times 1,5/1,5 + 1,5TT \text{ mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 6A
- Poder de corte: 22 KA
- N° de polos: III+N
- Curva D

- C6.B

Sección del cable:  $3 \times 1,5/1,5 + 1,5TT \text{ mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 6A
- Poder de corte: 22 KA
- N° de polos: III+N
- Curva D

- C6.C

Sección del cable:  $3 \times 1,5/1,5 + 1,5TT \text{ mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN



- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 6A
- Poder de corte: 22 KA
- N° de polos: III+N
- Curva D

Circuito 7:

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 20 A
- Sensibilidad: 30 mA
- N° de polos: 4P

- C7.A

Sección del cable:  $3 \times 1,5/1,5+1,5TT \text{ mm}^2$

RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 6A
- Poder de corte: 22 KA
- N° de polos: I+N
- Curva D

- C7.B

Sección del cable:  $3 \times 1,5/1,5+1,5TT \text{ mm}^2$

RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 6A
- Poder de corte: 22 KA
- N° de polos: I+N
- Curva D

- C7.C

Sección del cable:  $3 \times 1,5/1,5+1,5TT \text{ mm}^2$

RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 6A
- Poder de corte: 22 KA



- N° de polos: I+N
- Curva D

#### 1.5.5.4. Cuadro secundario de alumbrado

##### ENTRADA:

Sección del cable: 3x35/16+16TT  $mm^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 100 A
  - Poder de corte: 10 KA
  - N° de polos: III+N
  - Curva D

##### SALIDAS:

Circuito 1:

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 32 A
  - Sensibilidad: 30 mA
  - N° de polos: 4P

- C1.A:

Sección del cable: 2x4+4TT  $mm^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 6A
  - Poder de corte: 10 KA
  - N° de polos: I+N
  - Curva D

- C1.B:

Sección del cable: 2x16+16 TT  $mm^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 16A
  - Poder de corte: 10 KA
  - N° de polos: I+N



- Curva D

- C1.C:

Sección del cable:  $2 \times 10 + 10 \text{TT} \text{ mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 6A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: I+N
- Curva D

Circuito 2:

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 25 A
- Sensibilidad: 30 mA
- N° de polos: 4P

- C2.A:

Sección del cable:  $2 \times 1.5 + 1.5 \text{TT} \text{ mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 6A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: I+N
- Curva D

- C2.B:

Sección del cable:  $2 \times 2.5 + 2.5 \text{TT} \text{ mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 6A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: I+N
- Curva D



- C2.C:

Sección del cable:  $2 \times 10 + 10 \text{TT} \text{ mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 10A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: I+N
- Curva D

Circuito3:

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 20 A
- Sensibilidad: 30 mA
- N° de polos: 4P

- C3.A:

Sección del cable:  $2 \times 2,5 + 2,5 \text{TT} \text{ mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 6A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: I+N
- Curva D

- C3.B:

Sección del cable:  $2 \times 1,5 + 1,5 \text{TT} \text{ mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 6A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: I+N
- Curva D

- C3.C:

Sección del cable:  $2 \times 2,5 + 2,5 \text{TT} \text{ mm}^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN



- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 6A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: I+N
- Curva D

#### 1.5.5.5. Cuadro secundario “E”:

#### ENTRADA:

Sección del cable: 3x35/16+16TT  $mm^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 40 A
- Poder de corte: 22 KA
- N° de polos: III+N
- Curva D

#### SALIDAS:

Circuito 1:

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 20 A
- Sensibilidad: 30 mA
- N° de polos: 4P

- C1.A:

Sección del cable: 2x1.5+1.5TT  $mm^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 6A
- Poder de corte: 22 KA
- N° de polos: I+N
- Curva D

- C1.B:

Sección del cable: 2x1.5+1.5TT  $mm^2$   
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN





- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 6A
- Poder de corte: 22 KA
- N° de polos: I+N
- Curva D

- C1.C:

Sección del cable:  $2 \times 1.5 + 1.5 \text{TT} \text{ mm}^2$

RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 6A
- Poder de corte: 22 KA
- N° de polos: I+N
- Curva D

Circuito 2:

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 20 A
- Sensibilidad: 30 mA
- N° de polos: 4P

- C2.A:

Sección del cable:  $2 \times 4 + 4 \text{TT} \text{ mm}^2$

RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 6A
- Poder de corte: 22 KA
- N° de polos: I+N
- Curva D

- C2.B:

Sección del cable:  $2 \times 2,5 + 2,5 \text{TT} \text{ mm}^2$

RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:



- Calibre: 6A
- Poder de corte: 22 KA
- N° de polos: I+N
- Curva D

- C2.C:

Sección del cable:  $2 \times 1,5 + 1,5 \text{TT mm}^2$

RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- Calibre: 6A
- Poder de corte: 22 KA
- N° de polos: I+N
- Curva D

## 1.6 PUESTAS A TIERRA

### 1.6.1 Introducción

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 a tierra se plantea como una instalación paralela a la instalación eléctrica, como un circuito de protección, que tiene que proteger a las personas, a las instalaciones eléctricas y a los receptores conectados a ellas.

El límite de tensión admisible entre una masa cualquiera y la relación a tierra, o entre masas distintas, nos viene definido en la ITC-BT 18.

- Locales húmedos: 24 voltios.
- Locales secos 50: voltios.

Las tomas de tierra limitan las sobreintensidades que por diferentes causas aparecen en las instalaciones, siendo esta limitación tanto mayor en cuanto a las tomas de tierra presenten menor impedancia al paso de esta corriente.

Durante el transcurso de las perturbaciones, los equipos de una misma instalación deben quedar al mismo potencial; siendo muy importante la necesidad de corregir pequeños valores de puesta a tierra, con el fin de obtener la equipotencialidad.

### 1.6.2. Objetivo de la puesta a tierra



La puesta a tierra, es la unión eléctrica directa, sin fusibles ni protección alguna, de sección suficiente, entre determinados elementos o partes de una instalación y un electrodo o grupos de electrodos enterrados en el suelo, con el objeto de 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 falta o las de descarga de origen atmosférico.

La instalación a tierra manda a tierra toda corriente eléctrica que se salga de su recorrido normal y también enviará a tierra corrientes o descargas de origen atmosférico procedentes de otras fuentes.

El paso de estas diferentes corrientes por el terreno conductor, con unas características eléctricas variables por sus características geológicas, producen unas distribuciones de potencial en toda su masa y en particular en su superficie, con las consiguientes diferencias de potencial entre puntos del terreno que inciden directamente sobre la seguridad de las personas. Por ello, los estudios de las puestas a tierra deberían considerar:

- La seguridad de las personas.
- La protección de las instalaciones.
- La protección de equipos sensibles.
- Un potencial de referencia.
- 

Para ellos es necesario conocer:

- Los elementos que forman las instalaciones.
- Las diferentes fuentes de corriente que las solicitan.
- Las respuestas de los diferentes elementos a estas diferentes fuentes.
- El terreno, teniendo en cuenta su heterogeneidad (rocas que lo forman, estratos, textura...) y los factores que sobre él actúan (humedad y temperatura).

### **1.6.3. Partes de la puesta a tierra**

#### **1.6.3.1 El terreno**

El terreno, desde el punto de vista eléctrico, se considera como el elemento encargado de disipar corrientes de defecto o descargas de origen atmosférico. Este comportamiento viene determinado por la resistividad, que es una característica de todos los materiales y que nos da una idea de la resistencia que ofrece un material al ser atravesado por una corriente eléctrica.

Los cuerpos que tiene una resistividad muy baja, dejan pasar fácilmente la corriente eléctrica y los que la tienen muy alta, se oponen al paso de corriente. La resistividad del terreno se mide en ohmios por metro.

Como los terrenos no suelen ser uniformes en cuanto a su composición, un determinado terreno tendrá una resistividad aparente que promedia los efectos de las



diferentes capas que componen el terreno. La investigación de las características eléctricas del terreno es un requerimiento de la instrucción MIE-RAT-13, para realizar el proyecto de una instalación de puesta a tierra.

El terreno, como conductor de la corriente eléctrica, se puede considerar como un agregado formado por una parte sólida mineral y sendas partes líquida y gaseosa. La resistividad del terreno depende de los siguientes conceptos:

- Humedad.
- Resistividad de los minerales que forman la fracción sólida.
- Resistividad de los líquidos y gases que rellenan los poros de la fracción sólida.
- Porosidad.
- Salinidad.
- Superficie de separación de la fase líquida con la fase sólida.
- Temperatura.
- Textura.

### 1.6.3.2 Las tomas de tierra

La toma de tierra es el elemento de unión entre el terreno y el circuito instalado en el interior del edificio.

La toma de tierra consta de tres partes fundamentales:

#### 1.6.3.2.1 Electrodo

Es una masa metálica, permanentemente en buen contacto con el terreno, para facilitar el paso a éste, de la corriente de defecto que pueda presentarse a la carga eléctrica que tenga o pueda tener.

Los electrodos estarán contruidos con materiales inalterables a la humedad y a la acción química del terreno. Por ellos, se suelen usar materiales tales como el cobre, el acero galvanizado y el hierro zincado.

Según su estructura, los electrodos pueden ser:

- Placas: Serán de cobre o hierro zincado. En caso de ser necesarias varias placas, estas se colocarán separadas una distancia de 3 metros.
- Picas: Pueden estar formadas por tubos de acero zincado de 60 mm de diámetro mínimo, o de cobre de 14 mm de diámetro, y con unas longitudes nunca inferiores a 2 metros. En el caso de ser necesarias varias picas, la distancia entre ellas será, al menos, igual a la longitud.
- Conductores enterrados: Se usarán cables de cobre desnudo de al menos 35  $mm^2$  de sección, o cables de acero galvanizado de un mínimo de 2,5mm de diámetro. Estos electrodos deberán enterrarse horizontalmente a una profundidad no inferior a 50 cm.
- Mallas metálicas: Formadas por electrodos simples del mismo tipo unidos entre sí y situados bajo tierra.



En todos los casos, la sección del electrodo debe ser tal que ofrezca menor resistencia que la del conductor de las líneas principales de tierra. La resistencia del electrodo depende de su forma, de sus dimensiones y de la resistividad del terreno. Las fórmulas que se deben utilizar para calcular dicha resistencia vienen recogidas en la ITC-BT-18.

#### **1.6.3.2 Línea de enlace con tierra**

La línea de enlace con la tierra está formada por los conductores que unen el electrodo, conjunto de electrodos o anillo, con el punto de puesta a tierra. Los conductores de enlace con tierra, desnudos en el suelo, se consideran que forman parte del electrodo y deberán ser de cobre u otro metal de alto punto de fusión con un mínimo de 35 mm<sup>2</sup> de sección en caso de ser de cobre o su equivalente de otros metales.

#### **1.6.3.3 Punto de puesta a tierra**

Es una parte situada fuera del suelo, que sirve de unión entre la línea de enlace con tierra y la línea principal de tierra. La instalación que lo precise, dispondrá de un número suficiente de puntos de puesta a tierra convenientemente distribuidos, que estarán conectados al mismo electrodo o conjunto de electrodos. El punto de puesta a tierra estará constituido por un dispositivo de conexión (regleta, placa, borne, etc.), que permita la unión entre los conductores de las líneas de enlace y principal de tierra, de forma que pueda, mediante útiles apropiados, separarse éstas, con el fin de poder realizar la medida de la resistencia de tierra.

#### **1.6.3.3 La línea principal de tierra**

Es la parte del circuito de puesta a tierra del edificio, que está formado por conductores de cobre, que partiendo de los puntos de puesta a tierra, conecta con las derivaciones necesarias para la puesta a tierra de todas las masas o elementos necesarios.

Serán de cobre y se dimensionarán con la máxima corriente de falta que se prevé, siendo como mínimo de 16 mm<sup>2</sup> de sección.

Su tendido se hará buscando los caminos más cortos y evitando los cambios bruscos de dirección. Se evitará someterlos a desgastes mecánicos y estarán protegidos contra la corrosión y los desgastes mecánicos. La línea principal de tierra termina en el punto de puesta a tierra, teniendo especial cuidado en la conexión, asegurando una conexión efectiva.

#### **1.6.3.4 Las derivaciones de las líneas principales de tierra**

Son los conductores que unen la línea principal de tierra con los conductores de protección o bien directamente las masas significativas que existen en el edificio. Serán de cobre o de otro metal de elevado punto de fusión. El dimensionamiento viene en la ITC-BT-18.



### 1.6.3.5 Los conductores de protección

Son los conductores de cobre, encargados de unir eléctricamente las masas de una instalación y de los aparatos eléctricos, con las derivaciones de la línea principal de tierra, con el fin de asegurar la protección contra los contactos indirectos.

El dimensionamiento de estos conductores, viene dado en función de la sección del conductor de fase de la instalación que protege, según la ITC-BT-19.

### 1.6.4 Elementos a conectar a la toma de tierra

Una vez realizada la toma de tierra del edificio, se deberá conectar en los puntos de puesta a tierra todos los elementos metálicos o elementos susceptibles de ponerse en tensión, con el fin de conseguir una gran red equipotencial dentro del edificio y en contacto íntimo con tierra.

Según la norma tecnológica de la edificación, deberá conectarse a tierra:

- Las instalaciones de fontanería, gas y calefacción, depósitos, calderas, etc.
- Guías metálicas de los aparatos elevadores.
- Caja general de Protección (No obligatorio según R.E.B.T.).
- Instalación de pararrayos.
- Instalación de antenas colectivas de TV y FM.
- Redes equipotenciales de cuarto de baño, que unan enchufes eléctricos y masas metálicas.
- Toda masa o elemento metálico significativo.
- Estructuras metálicas y armaduras de muros de hormigón.

### 1.6.5 Solución adoptada

El electrodo de puesta a tierra está formado por un conductor de cobre de 50 mm<sup>2</sup> desnudo y enterrado a una profundidad de 0.8 m. El conductor abarca todo el perímetro de la nave, y en cada vértice tendrá una pica de acero recubierto de cobre de 14 mm de diámetro y 2 metros de longitud.

El número total de picas será 4, y toda la red estará unida en mallazo metálico de cimentación y a los pilares metálicos. Todas las uniones se realizarán mediante soldadura aluminotérmica. En cada pica se pondrá una arqueta de registro para poder comprobar el buen estado de las picas y de las conexiones al anillo de cobre desnudo.

El anillo de puesta a tierra se conectará al borneo principal de tierra del cuadro general a través de una caja de seccionamiento y medida de puesta a tierra situada junto al cuadro, desde donde partirán las derivaciones a los cuadros auxiliares de distribución



y de estos partirán los conductores de protección a los distintos receptores (alumbrado de la nave, tomas de corriente y maquinaria).

Los conductores de tierra se distinguen fácilmente de los conductores activos por el color amarillo-verde.

## 1.7 POTENCIA A COMPENSAR

Según los datos calculados en el apartado cálculos y expuestos en las tablas, determinaremos el  $\cos \phi$  medio:

$$\cos \phi = \frac{\sum P}{\sum S} = \frac{198988,1}{228478,39} = 0,871$$

Por lo tanto, la potencia reactiva consumida será:

$$Q = P \cdot \operatorname{tg} \phi = 112238,202 \text{ VAr.}$$

La idea es colocar un condensador en la acometida para corregir el factor de potencia puesto que la compañía suministradora de energía eléctrica (en este caso Iberdrola), dependiendo de dicho factor, en la factura eléctrica aplica un recargo o una bonificación.

Con el factor de potencia que presenta la instalación antes de compensar la energía reactiva consumida, la compañía eléctrica, nos aplicaría un recargo sobre el término de potencia.

Para el factor de potencia que presenta la instalación después de compensar la energía eléctrica, nos aplicará una bonificación.

Aparte del ahorro económico que supone en la factura eléctrica, la compensación de energía reactiva reporta mejoras en las prestaciones y funcionamiento de la instalación, disminuyendo las caídas de tensión y las pérdidas por efecto Joule.

Para ello, se colocará, como se ha comentado, un condensador en la acometida. El equipo seleccionado para la corrección automática del factor de potencia es una **batería de condensadores de 105 KVar, serie RECTIMAT 2 Clase H 400 V.**

La batería automática escogida tiene una serie de características:

- Tensión asignada: 400 V, trifásicos 50 Hz.
- Grado de protección IP31.
- Auto transformador 400/230 V, integrado.
- Protección contra contactos directos (puerta abierta).
- Normas: CEI 439-1, EN 60439.

## 1.8 CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

### 1.8.1. Introducción



La alimentación de todos los circuitos de la instalación se realizará a partir del centro de transformación propiedad de la empresa, ubicado en un local de uso exclusivo y de fácil acceso. En él se encuentran los elementos de unión entre la red de distribución y el transformador de potencia.

Al centro de transformación llegará la acometida de alta tensión a 13,2 KV subterránea, y en él se dispondrán los elementos necesarios y exigidos por la reglamentación vigente. Las necesidades de la instalación serán cubiertas mediante un transformador de 400KVA.

### **1.8.2. Reglamentación y disposiciones oficiales**

Para la elaboración del proyecto se ha tenido en cuenta la siguiente normativa:

- Reglamento sobre las Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación e Instrucciones Técnicas Complementarias.
- Reglamento electrónico de Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias.
- Reglamento de Verificaciones Eléctricas y Regularidad en el Suministro de Energía Eléctrica.
- Normas UNE y Recomendaciones UNESA que sean de aplicación.
- Normas particulares de Iberdrola.
- Condiciones impuestas por las entidades públicas afectadas.

### **1.8.3. Tipos de Centro de Transformación**

- **De red pública**

Cuando se trata de alimentar a diversos abonados en baja tensión, la empresa distribuidora, instala un CT de potencia adecuada al consumo previsto del conjunto de abonados. Por tanto, el CT es propiedad de la empresa suministradora de electricidad, la cual efectúa su explotación y mantenimiento, y se responsabiliza de su funcionamiento. Por tanto, este CT forma parte de la red de distribución también denominada red pública.

- **De abonado**

A partir de determinada potencia y/o consumo, existe la opción de contratar el suministro de energía directamente en media tensión. En este caso, el abonado debe instalar su propio CT y realizar su explotación y mantenimiento. Se habla pues de un CT de abonado. Como el precio de la energía en media tensión es mas bajo que en baja, a partir de ciertas potencias (KVA) y/o consumos (KWh), resulta mas favorable contratar el suministro en media tensión, aún teniendo en cuenta el coste del CT y su mantenimiento (ambos a cargo del abonado).

Esta opción de CT propio presenta otras ventajas adicionales:

- Independencia respecto de otros abonados de baja tensión.





- Poder elegir el régimen del neutro de baja tensión más conveniente, aspecto importante para ciertas industrias, en las que la continuidad de servicios puede ser prioritaria.
- Poder construir el CT, ya previsto para futuras ampliaciones.

#### **1.8.4. Situación y emplazamiento**

El centro de transformación está ubicado en un edificio prefabricado situado en la parte delantera-lateral de la nave industrial, destinado exclusivamente a su uso. El acceso al CT se hará mediante dos puertas frontales que se han construido en dicho edificio prefabricado.

#### **1.8.5. Características generales del Centro de Transformación**

El centro de transformación objeto del presente proyecto será de tipo exterior, y dadas las características de ubicación de la parcela en la que se emplaza la nave, la empresa suministradora, clasifica el centro de transformación objeto de estudio como centro de transformación de abonado. Será necesaria una caseta o edificio prefabricado de obra civil.

El centro de transformación será prefabricado de la marca ORMAZABAL, modelo PFU-4, empleando para su aparillaje celdas prefabricadas bajo envolvente metálica según la norma UNE-20.099-90 de la marca ORMAZABAL.

La acometida al mismo será aérea, alimentando al centro mediante una red de MT, y el suministro de energía se efectuará a una tensión de servicio de 13.2 KV y una frecuencia de 50 Hz, siendo la Compañía Eléctrica suministradora IBERDROLA.

Los compartimentos diferenciados serán los siguientes:

- Compartimento de aparillaje.
- Compartimento de juego de barras.
- Compartimento de conexión de cables.
- Compartimento de mando.
- Compartimento de control.

#### **1.8.6. Características de las celdas**

Los tipos generales de celdas empleadas en este proyecto son sistema CGM: celdas modulares de aislamiento en aire equipadas de aparillaje 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 apartamentada bajo envolvente metálica compartimentada de acuerdo con la norma UNE-20.099-90.

#### **1.8.7. Descripción de la instalación**

##### **1.8.7.1. Obra civil**



## 1. Local

El centro estará ubicado en una caseta independiente destinada únicamente a esta finalidad, situado en la parte delantera-lateral de la Nave Industrial.

La caseta será de construcción prefabricada de hormigón de la marca ORMAZABAL, modelo PFU-4.

El acceso al centro estará restringido al personal de la Compañía Eléctrica suministradora y al personal de mantenimiento especialmente autorizado. Se dispondrá de dos puertas, una peatonal y otra para el CT. Dichas puertas permanecerán cerradas con un sistema de cierre que permitirá el acceso a ambos tipos de personal, teniendo en cuenta que le primero lo hará con la llave normalizada por la Compañía Eléctrica.

## 2. Características Constructivas

Se trata de una constitución prefabricada de hormigón modelo PFU-4 de ORMAZABAL.

Las características más destacadas del prefabricado serán:

- Compacidad:

Esta serie de prefabricados se montarán enteramente en fábrica, lo que supondrá obtener calidad en origen, reducción del tiempo de instalación y posibilidad de posibles traslados.

- Facilidad de instalación:

La innecesaria cimentación y el montaje en fábrica permitirán asegurar una cómoda y fácil instalación.

- Material:

El material empleado en la fabricación de las piezas (bases, paredes, techos) es hormigón armado. Con la justa dosificación y el vibrado adecuado, se conseguirán unas características óptimas de resistencia característica y una perfecta impermeabilidad.

- Equipotencialidad

La propia armadura de mallazo electro-soldado garantizará la perfecta equipotencialidad de todo el prefabricado. Como se indica en la recomendación UNESA las puertas y rejillas de ventilación no estarán conectadas al sistema equipotencial.

Entre la armadura equipotencial, embebida de hormigón, y las puertas y rejillas existirá una resistencia eléctrica superior a 10000 ohmios.

Ningún elemento metálico unido al sistema de equipotencialidad será accesible desde el exterior.

- Impermeabilidad



Los techos estarán diseñados de tal forma que se impidan las filtraciones y la acumulación de agua sobre estos, desaguado directamente al exterior desde su perímetro.

- Pinturas

El acabado de las superficies exteriores se efectuará con pintura acrílica, de color blanco-crema y textura rugosa en las paredes, y marrón en el perímetro de las cubiertas o techo, puertas y rejillas de ventilación.

- Grados de protección

Serán conformes a la UNE 20324/89 de tal forma que la parte exterior del edificio prefabricado será IP239, excepto las rejillas de ventilación donde el grado de protección será IP339.

Las componentes principales que formarán el edificio prefabricado son las que se indican a continuación:

- Envolvente:

La envolvente (base, paredes y techos) de hormigón armado se fabricará de tal manera que se cargará sobre camión como un solo bloque en fábrica.

La envolvente estará diseñada de tal forma que se garantizará una total permeabilidad y equipotencialidad del conjunto, así como una elevada resistencia mecánica.

En la base de la envolvente irán dispuestos, tanto en el lateral como en la solera, los orificios para la entrada de cables de Alta y Baja tensión. Estos orificios son partes debilitadas del hormigón que se deberán romper (desde el interior del prefabricado) para realizar la acometida de cables.

- Suelos:

Estarán constituidos por elementos planos prefabricados de hormigón armado apoyados en un extremo sobre unos soportes metálicos en forma de U, los cuales constituirán los huecos que permitirán la conexión de cables en las celdas. Los huecos que no queden cubiertos por las celdas o cuadros eléctricos, se taparán con unas placas prefabricadas para tal efecto. En la parte frontal se dispondrán unas placas de peso reducido que permitirán el acceso de personas a la parte inferior del prefabricado a fin de facilitar las operaciones de conexión de los cables.

- Cuba de recogida de aceite

La cuba de recogida de aceite se integra en el propio diseño del hormigón. Tendrá una capacidad suficiente para transformadores de hasta 400KVA, estando así diseñada para recoger en su interior el aceite del transformador sin que este se derrame por la base.

- Puertas y rejillas de ventilación:



Estarán construidas en chapa de acero galvanizado recubierta con resina epoxi. Esta doble protección, galvanizado más pintura, las hará muy resistentes a la corrosión causada por los agentes atmosféricos.

Las puertas estarán abisagradas para que se puedan abatir 180° hacia el exterior, y se podrá mantener en la posición de 90° con retenedor metálico.

El acabado estándar del centro se realiza con pintura acrílica rugosa, de color blanco en las paredes y marrón en los techos, puertas y rejillas.

Las dimensiones del centro de transformación quedan reflejadas en el siguiente cuadro:

	<b>Dimensiones exteriores</b>	<b>Dimensiones interiores</b>	<b>Dimensiones excavación</b>
<b>Longitud (mm)</b>	4460	4280	5260
<b>Altura (mm)</b>	2380	2200	3180
<b>Anchura (mm)</b>	3035	2355	560 (Profundidad)
<b>Superficie (m<sup>2</sup>)</b>	10,7	9,4	

Peso= 12000 Kg.

Los equipos eléctricos inmersos en el centro de transformación serán prefabricados y cumplirán con las especificaciones indicadas en MIE RAT 19.

### **1.8.8. Instalación eléctrica**

#### **1.8.8.1. Introducción**

El centro de transformación se compone de una serie de celdas unidas eléctricamente entre sí, de un transformador y de un cuadro de baja tensión.

En primer lugar habrá una celda de línea, que se utiliza para la maniobra de entrada de los cables que forman el circuito de alimentación del centro de transformación. Después se conectará una celda de protección, que se utiliza para la ejecución de maniobras para la conexión y desconexión del transformador o para su protección, realizándose esta última mediante fusibles. Seguidamente se conectará la celda de medida, justo antes del transformador de MT/BT. Para finalizar se conectará el transformador a un cuadro de baja tensión, en el que se ubicarán las distintas protecciones del alumbrado y de las tomas de corriente del centro.

#### **1.8.8.2. Características de la red de alimentación**

La red de alimentación al centro de transformación será de tipo aéreo a una tensión de 13.2 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.

#### **1.8.8.3. Características de la aparamenta en media tensión**



Características generales de los tipos de aparataje empleados en la instalación:

### **Celdas CGM:**

El sistema CGM está formado por un conjunto de celdas modulares de media tensión, con aislamiento y corte de hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>), cuyos embarrados se conectan utilizando unos elementos patentados por ORMAZABAL y denominados “conjuntos de unión”, consiguiendo una unión totalmente apantallada, e insensible a las condiciones externas.

Las partes que componen estas celdas son:

- Base y frente:

La altura y el diseño de esta base permiten el paso de cables entre celdas sin necesidad de foso, y presentan el mismo unifilar del circuito principal y ejes de accionamiento de la aparataje a la altura idónea para su operación. Igualmente, la altura de esta base facilita la conexión de los cables frontales de la acometida.

La parte frontal incluye en su parte superior la placa de características eléctricas, la mirilla para el manómetro, el esquema eléctrico de la celda y los accesos de lámparas de señalización de tensión y el panel de acceso de los cables y fusibles. En su interior hay una pletina de cobre a lo largo de toda la celda, permitiendo la conexión a la misma del sistema de tierras y de las pantallas de los cables.

- Cuba:

La cuba fabricada de acero inoxidable de 2 mm de espesor, contiene el interruptor, el embarrado y los portafusibles. El gas SF<sub>6</sub> se encuentra en su interior a una presión absoluta de 1,3 bares. El sellado de la cuba permite el mantenimiento de los requisitos de operación segura durante más de 30 años, sin necesidad de reposición de gas.

Esta cuba cuenta con un dispositivo de evacuación de fases que, en caso de arco interno, permite su salida hacia la parte trasera de la celda, evitando así, con la ayuda de la altura de las celdas, su incidencia sobre las personas, los cables, o la aparataje del centro de transformación.

- Interruptor-Seccionador-Seccionador de puesta a tierra:

El interruptor disponible en el sistema CGM tiene las tres posiciones: conectado, seccionado y puesto a tierra (salvo para el interruptor de la celda CMIP).

La actuación de este interruptor se realiza mediante palanca de accionamiento sobre dos ejes distintos: uno para el interruptor (conmutaciones entre las posiciones de interruptor conectado e interruptor seccionado); y otro para el seccionador de puesta a tierra de los cables de acometida (que conmuta entre las posiciones de seccionado y puesto a tierra).



- Mando:

Los mandos de actuación son accesibles desde la parte frontal, pudiendo ser accionados de forma manual o motorizada.

- Fusibles (Celda CMP-F):

En las celdas CMP-F de protección mediante fusibles, los fusibles se montan sobre unos carros que se introducen en los tubos portafusibles de resina aislante, que son perfectamente estancos respecto del gas y del exterior. El disparo se producirá por fusión de uno de los fusibles o cuando la presión interior de los tubos portafusibles se eleve, debido a un fallo en los fusibles o al calentamiento excesivo de éstos.

- Conexión de cables:

La conexión de cables se realiza por la parte frontal, mediante unos pasatapas estándar.

- Enclavamientos:

Los enclavamientos incluidos en todas las celdas CGM pretenden que:

- No se pueda conectar el seccionador de puesta a tierra con el aparato principal cerrado y, recíprocamente, no se pueda cerrar el aparato principal si el seccionador de puesta a tierra está conectado.

- No se pueda quitar la tapa frontal si el seccionador de puesta a tierra está abierto y, a la inversa, no se pueda abrir el seccionador de puesta a tierra cuando la tapa frontal ha sido extraída.

- Características eléctricas:

Las características generales de las celdas CGM son las siguientes:

Tensión nominal, (Un) → 24 KV

Nivel de aislamiento:

Frecuencia industrial (1 min)

- A tierra y entre fases → 50 KV

- A la distancia de seccionamiento → 60 KV

Impulso tipo rayo

- A tierra y entre fases → 125 KV

- A la distancia de seccionamiento → 145 KV

En la descripción de cada celda se incluyen los valores propios correspondientes a las intensidades nominales, térmicas y dinámicas.



#### **1.8.8.4. Características descriptivas de las celdas y transformadores de media tensión.**

##### **CGM-CML. Interruptor seccionador**

Celda con envolvente metálica fabricada por ORMAZABAL, formada por un módulo de  $U_n=24\text{KV}$  e  $I_n=17,5\text{ A}$  y 370 mm de ancho por 850 mm de fondo por 1800 mm de alto y 135 kg de peso.

La celda CML de interruptor seccionador, o celda de línea, está constituida por un módulo metálico, con aislamiento y corte en SF6, que incorpora en su interior un embarrado superior de cobre, y una derivación con interruptor-seccionador rotativo, con capacidad de corte y aislamiento, y posición de puesta a tierra de los cables de acometida inferior-frontal mediante bornas enchufables. Presenta también captadores capacitivos para la detención de tensión en los cables de acometida.

Permite comunicar el embarrado del conjunto de celdas con los cables, cortar la corriente asignada, seccionar esta unión o poner a tierra simultáneamente las tres bornas de los cables de media tensión.

Otras características constructivas:

- Capacidad de ruptura:
  - Corriente principalmente activa 17,5 A.
  - Corriente capacitiva 31,5 A.
  - Corriente inductiva 16 A.
  - Falta a tierra 63 A.
- Intensidad de cortocircuito: 16 KA/20 KA.
- Capacidad de cierre: 40 KA.

##### **Celda de protección con fusibles**

Celda con envolvente metálica, prefabricada por ORMAZABAL, formada por un módulo  $U_n=24\text{ KV}$  e  $I_n=17,5\text{ A}$  y 480 mm de ancho por 850 mm de fondo por 1800 mm de alto y 215 Kg de peso.

La celda CMP-F de protección con fusibles está constituida por un módulo metálico, con aislamiento y corte en SF6, que incorpora en su interior un embarrado superior de cobre, y una derivación con interruptor-seccionador rotativo, con capacidad de corte y aislamiento, y posición de puesta a tierra de los cables de acometida inferior-frontal mediante bornas enchufables, y en serie con él, un conjunto de fusibles fríos, combinados o asociados a ese interruptor.

Otras características constructivas:

- Capacidad de ruptura:
  - Corriente principalmente activa 17,5 A.
  - Corriente capacitiva 31,5 A.
  - Corriente inductiva 16 A.



- Falta a tierra 63 A.

- Intensidad de cortocircuito: 16 KA/20 KA.
- Capacidad de cierre: 40 KA.
- Fusible: 3x40A.

### **Celda de medida**

Celda con envolvente metálica, fabricada por ORMAZABAL, formada por un módulo de  $U_n=24$  KV y 800 mm de ancho por 1025 mm de fondo por 1800 mm de alto y 180 kg de peso.

La celda CMM de medida es un módulo metálico, construido en chapa galvanizada, que permite la incorporación en su interior de los transformadores de tensión e intensidad que se utilizan para dar los valores correspondientes a los contadores de medida de energía.

Por su constitución, esta celda puede incorporar los transformadores de cada tipo (tensión e intensidad), normalizados en las distintas empresas suministradoras de electricidad.

La tapa de la celda cuenta con los dispositivos que evitan la posibilidad de contactos indirectos y permiten el sellado de la misma para garantizar la no manipulación de las conexiones.

La celda de medida contiene:

- 2 juegos de barras tripolar  $I_n = 17,5$  A.
- 3 transformadores de intensidad de relación 15-30/5 A Clase 0.5, aislamiento 24 KV.
- 3 transformadores de tensión, bipolares de relación 13200-22000/110, Clase 0.5, aislamiento 24 KV.
- Embarrado de puesta a tierra.

### **Transformador**

Será una máquina trifásica reductora de tensión, siendo la tensión entre fases a la entrada de 13,2 KV, y la tensión a la salida de 400 V entre fases y 230 V entre fases y neutro. El transformador a instalar será de la marca Cotradis (ORMAZABAL) conectado con acoplamiento Dyn 11.

La tecnología empleada será la de llenado integral a fin de conseguir una mínima degradación del aceite por oxidación y absorción de humedad, así como unas dimensiones reducidas de la máquina y un mantenimiento mínimo.

Sus características mecánicas y eléctricas se ajustarán a la norma UNE-21428 y a las normas particulares de la compañía suministradora, siendo las siguientes:

- Potencia: 400 KVA.





- Tensión primaria: 13,2/20 KV.
- Refrigeración: natural.
- Aislamiento: aceite mineral.
- Cuba de aletas: llenado integral.

#### EQUIPO BASE:

- Pasatapas de media tensión de porcelana.
- Pasatapas de baja tensión de porcelana.
- Conmutador de regulación maniobrable sin tensión.
- 2 cáncamos de elevación y desencubado.
- Orificio de llenado.
- Dispositivo de vaciado y toma de muestras.
- 4 ruedas bidireccionales.
- 2 tomas de puesta a tierra.

#### CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS DEL TRANSFORMADOR:

Potencia en KVA	400
Tensión primaria	13,2/20
Tensión secundario en vacío	420
Grupo de conexión	Dyn11
Pérdidas en vacío (W)	750
Pérdidas den carga (W)	4600
Tensión de corto circuito (%)	4
Caida de tensión a plena carga (%)	1,22
Rendimiento (%)	98,7

#### DIMENSIONES DEL TRANSFORMADOR:

Potencia (KVA)	400
Largo (mm)	1537
Ancho (mm)	941
Alto (mm)	1004
Volumen líquido aislante	330

En cuanto a las medidas de seguridad a tomar, se colocarán rótulos indicadores, extintores, equipos para primeros auxilios, etc., de conformidad con las Normas del Reglamento de centros de Transformación en vigor.

#### 1.8.8.5. Cuadro auxiliar de baja tensión del centro de transformación

##### ENTRADA

Sección del cable: 3x6/6+6TT mm<sup>2</sup> Cu.



- Interruptor magnetotérmico de la marca MerlinGerin:  
Características principales:
  - Calibre: 10 A.
  - Poder de corte: 36 KA.
  - N° de polos: III+N.
  - Curva B.
  
- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - Calibre: 10 A.
  - Sensibilidad: 30 mA.
  - N° de polos: 4P.

### 1.8.9. Instalación de puesta a tierra

#### Tierra de protección

Se conectarán a este sistema las partes metálicas de la instalación que no estén en tensión normalmente pero puedan estarlo a consecuencia de averías, accidentes, descargas atmosféricas o sobretensiones, tales como los chasis y los bastidores de los aparatos de maniobra, envolventes metálicas de las celdas prefabricadas, cubas de los transformadores, envolventes metálicas de los cuadros de baja tensión...

Los cálculos realizados para la elección de la puesta a tierra quedan indicados en el documento cálculos; optando finalmente por un sistema de picas en rectángulo de 5x4 m, cuyo código de identificación es 50-40/5/42 de UNESA.

#### Tierra de servicio

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

Los cálculos realizados para la elección de la puesta a tierra queda indicados en el documento de cálculo; optando finalmente por un sistema de 3 picas en hilera separadas 3 metros, cuyo código de identificación es 5/32 de UNESA.

#### Tierras interiores

Las tierras interiores del centro de transformación tendrán la misión de poner en continuidad eléctrica todos los elementos que deban estar conectados a tierra con sus correspondientes tierras exteriores.

La tierra interior de protección se realizará con cable de 50 mm<sup>2</sup> de cobre desnudo formando un anillo. Este cable conectará a tierra los elementos indicados en el apartado anterior e irá sujeto a las paredes mediante bridas de sujección y conexión, conectando el anillo al final a una caja de seccionamiento con un grado de protección IP545.



La tierra interior de servicio se realizará con cable de 50 mm<sup>2</sup> de cobre aislado formando un anillo. Este cable conectará a tierra los elementos indicados en el apartado anterior e irá sujeto a las paredes mediante bridas de sujeción y conexión, conectando el anillo al final a una caja de seccionamiento con un grado de protección IP545.

Las cajas de seccionamiento de la tierra de servicio y protección estarán separadas por una distancia mínima de 1m.

### **Tierra de Pararrayos**

Debe instalarse un pararrayos de Punta Franklin lo mas recto posible al suelo evitando así curvas u obstáculos.

La distancia de cebado para un rayo de 5KA es de 29,24 m según el grupo de trabajo de CIGRE.

Los pararrayos punta Franklin vienen de una o cuatro puntas y son elementos de protección. Su función es captar los rayos (descargas atmosféricas) para llevar la energía del mismo a tierra en forma segura y confiable sin afectar la edificación y/o construcción protegida.

#### **1.8.10. Instancias**

Las celdas de media tensión en este proyecto, están constituidas por aparatos de fabricación en serie, y cumplen con lo indicado por el Ministerio de Industria, de acuerdo con la orden 11-1971.

#### **1.8.11. Aparatos de media tensión**

Todos los aparatos que se proyectan colocar están previstos para una tensión nominal de 20 KV, con lo que cumplen las prescripciones del Reglamento.

#### **1.8.12. Aislamiento**

Todos los elementos que se utilizan en el montaje de la instalación de alta tensión, estarán diseñados según la técnica de aislamiento pleno. Siendo 20 KV, el valor eficaz de la tensión nominal de servicio y de 24 KV, el valor eficaz de la tensión mas elevada de la red entre fases, deberán soportar sin fallo alguno los siguientes ensayos:

- 125 KV (cresta) tensión de ensayo soportada al choque con onda 1,2/50  $\mu$  seg
- 50 KV (valor eficaz) tensión soportada durante un minuto a 50 Hz.

#### **1.8.13. Instalaciones secundarias en el centro de transformación**

- **Alumbrado**

En el interior del centro de transformación se instalarán 2 lámparas TMS022 1XTL-D58W HFS+GMS022R, capaz de proporcionar un nivel de iluminación suficiente para la comprobación y maniobra de los elementos del mismo.



La luminaria estará dispuesta de tal forma que mantenga la misma uniformidad posible en la iluminación. Además se deberá poder efectuar la sustitución de las lámparas sin peligro de contacto con otros elementos en tensión.

Se instalará también un punto de luz de alumbrado de emergencia de carácter autónomo, Luminaria Legrand Serie C3 6W 100lm, no permanentes con señalización, el cual señalará el acceso peatonal al centro de transformación.

- **Tomas de corriente**

Se colocará una toma de corriente monofásica.

- **Ventilación**

La ventilación del centro de transformación se realizará de modo natural por convención mediante las rejillas de entrada y salida de aire dispuestas para tal efecto. Se dispondrá de una rejilla lateral inferior para entrada de aire de  $2,0425 \text{ m}^2$ , y una rejilla situada en la parte superior de superficie  $2,2 \text{ m}^2$  para la salida de aire.

Estas rejillas estarán protegidas mediante una tela metálica con el fin de impedir el paso de pequeños animales, la entrada de agua de lluvia y los contactos accidentados con partes en tensión si se introdujeran elementos metálicos por las mismas.

- **Elementos y medidas de seguridad**

Como requerimiento de seguridad para trabajos en el interior de celdas, los interruptores instalados cumplen por si solos en cuanto a distancias de seccionamiento, ya que su tensión de cebado entre polos abiertos se halla conforme la exigencia de la norma UNE 20.099.

Las celdas estarán separadas eléctricamente y mecánicamente por medio de placas metálicas y por el propio carácter aislante del interruptor seccionador, lo que asegura la independencia entre ellas y evitan la posible propagación de defecto entre celdas contiguas.

El centro estará dotado con el siguiente equipamiento auxiliar:

- Banqueta aislante.
- Cuadro de primeros auxilios.
- Un par de guantes aislantes.
- Placa de peligro y cartel de primeros auxilios para guía en caso de accidente eléctrico (cinco reglas de oro).

## 1.9 RESUMEN DEL PRESUPUESTO



Instalación eléctrica en BT de una nave industrial con CT  
Mikel Sanchez Clemente  
Memoria

El presupuesto total asciende a la cantidad CIENTO CUARENTA Y SEIS MIL SEIS CON OCHENTA Y NUEVE CENTIMOS.



Instalación eléctrica en BT de una nave industrial con CT  
Mikel Sanchez Clemente  
Memoria

**Pamplona, Junio 2014**

**Mikel Sanchez Clemente**



## ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

“ INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BAJA TENSIÓN DE UNA  
NAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE  
TRANSFORMACIÓN ”

### CÁLCULOS

Alumno: Mikel Sanchez Clemente

Tutor: Amaya Perez Ezcurdia

Pamplona, Junio 2014







2.1. CÁLCULOS LUMINOTÉCNICOS:.....	4
2.1.1. Cálculo de iluminación interior de la nave: .....	4
2.1.2 Cálculo de iluminación exterior: .....	4
2.1.3 Cálculo de iluminación de emergencia:.....	5
2.2 CÁLCULO DE LAS INTENSIDADES DE LÍNEA .....	6
2.2.1. Método de cálculo .....	6
2.2.2. Tabla resumen de las intensidades de los cuadros .....	6
2.2.2.1. Cuadro secundario I .....	6
2.2.2.2. Cuadro secundario II .....	6
2.2.2.3. Cuadro secundario de alumbrado .....	7
2.2.2.4. Cuadro secundario E.....	7
2.2.2.5. Cuadro general de distribución.....	8
2.2.3. Cálculo de la potencia del transformador. ....	8
2.3 CÁLCULO DE LOS CONDUCTORES DE BAJA TENSIÓN:.....	9
2.3.1. Introducción: .....	9
2.3.2 Acometida. Transformador – C.G.D. ....	10
2.3.3. Cuadro general de distribución y cuadros auxiliares. ....	11
2.3.3.1 Cuadro general de distribución.....	11
2.3.3.2 Cuadro secundario I .....	11
2.3.3.3. Cuadro secundario II.....	12
2.3.3.4. Cuadro secundario de alumbrado .....	13
2.3.3.5. Cuadro secundario de E.....	13
2.3.4. Interpretación de las tablas anteriores: .....	14
2.4. CÁLCULO DE LAS INTENSIDADES DE CORTOCIRCUITO: .....	14
2.4.1. Introducción: .....	14
2.4.2 Cálculo de la intensidad de cortocircuito en el secundario del transformador .....	15
2.4.3. Cálculo de la intensidad de cortocircuito en el cuadro general de distribución .....	16
2.4.4. Cálculo de la intensidad de cortocircuito en el cuadro general de distribución .....	17
2.4.4.1 Interpretación tablas:.....	17
2.4.4.2 Cuadro general de distribución:.....	17
2.4.4.3 Cuadro secundario I:.....	17
2.4.4.4 Cuadro secundario II:.....	18
2.4.4.5. Cuadro de alumbrado.....	18
2.4.4.6. Cuadro de E.....	19
2.5 CÁLCULO DE LOS CONDENSADORES PARA LA CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA. ....	19
2.5.1. Batería de condensadores para la instalación: .....	19
2.5.1.1. Cuadro secundario I .....	19
2.5.1.2. Cuadro secundario II.....	20
2.5.1.3. Cuadro secundario alumbrado.....	20
2.5.1.4. Cuadro secundario E.. ..	21
2.5.1.5. Cuadro auxiliar del Centro de Transformación .....	21



2.5.2 Cálculo del conductor de unión de la batería:.....	22
2.5.3. Cálculo de la protección de la batería:.....	23
2.6 INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA:.....	23
2.6.1 Investigación del terreno.....	23
2.6.2. Cálculo de la resistencia de tierra .....	23
2.6.3 Sección del cable de tierra y conductor de protección.....	24
2.6.4. Punto de puesta a tierra.....	24
2.7. CÁLCULO DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN: .....	25
2.7.1. Intensidad en alta tensión:.....	25
2.7.2. Intensidad en baja tensión:.....	25
2.7.3. Cortocircuitos: .....	26
2.7.3.1. Introducción: .....	26
2.7.3.2. Corrientes de cortocircuito: .....	26
2.7.3.3. Conexión celdas- transformador .....	27
2.7.3.4. Conexión del secundario del transformador al cuadro BT.....	27
2.7.4. Otras instalaciones del centro: .....	28
2.7.4.1. Iluminación: .....	28
2.7.4.2. Luminarias de emergencia y señalización: .....	28
2.7.4.3. Cuadro auxiliar de baja tensión del centro de transformación: .....	28
2.7.4.4. Dimensionamiento de los cables del cuadro auxiliar de baja tensión del Centro de Transformación .....	28
2.7.5. Dimensionamiento de la ventilación del Centro de Transformación .....	29
2.7.6. Dimensiones del pozo apagafuegos .....	30
2.7.7. Cálculo de la instalación de puesta a tierra: .....	30
2.7.7.1. Introducción: .....	30
2.7.7.2. Tierra de Protección: .....	31
2.7.7.3. Tierra de Servicio: .....	32
2.7.7.4. Resistencia de la tierra de Protección: .....	33
2.7.7.5. Resistencia de la tierra de Servicio: .....	34
2.7.7.6. Tensiones en el exterior de la instalación: .....	34
2.7.7.7. Tensiones en el interior de la instalación: .....	34
2.7.7.8. Tensiones aplicadas:.....	35
2.7.7.9. Tensiones transferidas al exterior: .....	36
2.7.7.10. Separación entre las tomas de tierra de las masas de las instalaciones de utilización y de las masas del centro de transformación.....	36
2.7.7.11. Corrección y ajuste si procede.....	37
2.8. ANEXO CÁLCULOS DIALUX.....	38



Instalación eléctrica en BT de una nave industrial con CT  
Mikel Sanchez Clemente  
Cálculos



## 2.1. CÁLCULOS LUMINOTÉCNICOS

### 2.1.1. Cálculo iluminación interior

Para el cálculo de la iluminación interior se ha usado el programa Dialux.

Introduciendo en el programa las dimensiones de cada dependencia, el nivel de iluminancia (en luxes) y el tipo de luminarias y lámparas adecuadas para cada una, éste nos dará el número de luminarias y lámparas que se deben poner, así como su distribución y su consumo. Las hojas de cálculo que resultan del programa se encuentran en el anexo.

Tabla alumbrado interior de la nave:

	<b>Luminaria Philips</b>
<b>caldera</b>	HPK150 1x HPI-P400W- BU SGR P-WB
<b>almacén</b>	HPK150 1x HPI-P400W- BU SGR P-WB
<b>preparación</b>	HPK150 1x HPI-P400W- BU SGR P-WB
<b>etiquetado</b>	HPK150 1x HPI-P400W- BU SGR P-WB
<b>perchado</b>	HPK150 1x HPI-P400W- BU SGR P-WB
<b>enrolladora</b>	HPK150 1x HPI-P400W- BU SGR P-WB
<b>tundoso</b>	HPK150 1x HPI-P400W- BU SGR P-WB
<b>vestuario hombre</b>	FBS120 2XPL-C/2P 18W P
<b>vestuario mujer</b>	FBS120 2XPL-C/2P 18W P
<b>recibidor</b>	BPS800 DYNAMIC 3000K AC-MLO
<b>oficina</b>	BPS800 DYNAMIC 3000K AC-MLO
<b>Centro transformación</b>	TMS022 1xTL-D58W HFS+GMS022 R

Las luminarias se han obtenido del catálogo Philips.

### 2.1.2. Cálculo iluminación exterior

Para este cálculo se han elegido unas luminarias recomendadas para exteriores y se han colocado a lo largo de todo el perímetro de la nave para que esta tenga suficiente visibilidad en horario nocturno.

Se ha elegido la luminaria PHILIPS SGS253 CDM-TT150W K 230V II OR GB GR ST colocadas cada 10 metros.

Tabla alumbrado exterior de la nave:



	Nº	Punidad(W)	Ptotal (W)
<b>exterior</b>	10	250	2500

### 2.1.3 Cálculo de iluminación de emergencia

El cálculo del alumbrado de emergencia se realiza para obtener una iluminación media de 5 lm/m<sup>2</sup> en toda la nave, de manera que en caso de que el alumbrado general falle, se mantenga un nivel de iluminación que permita evacuar la nave por las rutas marcadas.

La colocación del alumbrado de emergencia se situará justo encima de los marcos de las puertas o similar, a una altura de 2,3 m respecto del suelo en el área de oficinas, vestuarios, recibidor y baños. En los locales con grandes alturas, zona de producción, almacenes y taller de mantenimiento, se colocarán a una altura de 3,5 metros respecto del suelo.

Las luminaras de emergencia elegidas se consideran luminarias autónomas, no permanentes con señalización y son de la marca LEGRAND.

Tabla alumbrado emergencia:

	Superficie	Iluminacion (lm/ m2)	Flujo necesario	Luminaria	Nº de luminarias	Potencia total (W)
<b>caldera</b>	25,58	5	127,9	Legrand C3 160lm	1	6
<b>almacen</b>	100,45	5	502,25	Legrand B65 315lm	2	12
<b>preparación</b>	110	5	550	Legrand B65 315lm	3	18
<b>etiquetado</b>	15	5	75	Legrand C3 160lm	1	6
<b>perchado</b>	17,26	5	86,3	Legrand C3 160lm	1	6
<b>oficina</b>	13,95	5	69,75	Legrand C3 70lm	2	12
<b>recibidor</b>	36,18	5	180,9	Legrand B65 315lm	1	6
<b>pasillo</b>	3,32	5	16,6	Legrand C3 70lm	1	6
<b>vestuario hombre</b>	8,68	5	43,4	Legrand C3 70lm	1	6
<b>vestuario mujer</b>	8,59	5	42,95	Legrand C3 70lm	1	6
<b>tundoso</b>	35	5	175	Legrand B65 315lm	1	6
<b>enrolladora y embolsadora</b>	42,37	5	211,85	Legrand B65 315lm	1	6
<b>Centro transformacion</b>	10,6	5	53	Legrand C3 70lm	1	6



El método utilizado para obtener el número de luminarias a modo de ejemplo ha sido el siguiente:

Cálculo alumbrado caldera de superficie  $25,58\text{m}^2$ , hacen falta  $5\text{ lm/m}^2$ , se necesitan  $127,9\text{ lm}$ , por tanto se eligen 1 luminaria LEGRAND B65 de  $6\text{W}$  y  $160\text{lm}$ . Para las otras zonas se sigue el mismo procedimiento.

## 2.2 CÁLCULO DE LAS INTENSIDADES DE LÍNEA

### 2.2.1. Método de cálculo

El método a seguir es el explicado en el apartado de memoria.

### 2.2.2. Tabla resumen de las intensidades de los cuadros

#### 2.2.2.1. Cuadro secundario I

Cuadro secundario I		situado preparación						
	Descripcion	Potencia	tension	cos y	Inom	Fcor	Ical	Fase
L1C1A	Tundosa	22000	400	0,87	36,50	1,25	45,62	Trifásica
L1C2A	Cortadora	3000	400	0,8	5,41	1,25	6,77	Trifásica
L1C2B	Encoladora	3000	400	0,8	5,41	1,25	6,77	Trifásica
		17000	400	0,8	30,67	1,25	38,34	Trifásica
L1C3A	Cinta transporta	3000	400	0,8	5,41	1,25	6,77	Trifásica
L1C3B	Cinta transporta	3000	400	0,8	5,41	1,25	6,77	Trifásica
L1C4A	Rame	14000	400	0,8	25,26	1,25	31,57	Trifásica
L1C5A	Enrolladora	4000	400	0,8	7,22	1,25	9,02	Trifásica
L1C5B	Embolsadora	4000	400	0,8	7,22	1,25	9,02	Trifásica
L1C6A	2TC enro y emb	4050	400	1	5,85	1	5,85	Trifásica
L1C6B	4 TC preparació	8100	400	1	11,69	1	11,69	Trifásica
L1C7A	2TC tundosado	4050	400	1	5,85	1	5,85	Trifásica
	total	89200			151,90		184,03	
	F.simultaneidad	80280			136,71		165,62	

#### 2.2.2.2. Cuadro secundario II



Instalación eléctrica en BT de una nave industrial con CT  
Mikel Sanchez Clemente  
Cálculos

Cuadro secundario II	situado preparación		tension	cos y	Inom	Fcor	Ical	Fase
	Descripcion	Potencia						
L2C1A	Compactadora	8000	400	0,8	14,43	1,25	18,04	Trifásica
L2C2A	Caldera	34000	400	0,9	54,53	1,25	68,16	Trifásica
L2C3A	Percha	14000	400	0,85	23,77	1,25	29,72	Trifásica
L2C3B	Percha	14000	400	0,85	23,77	1,25	29,72	Trifásica
L2C4A	Autoclave	5000	400	0,8	9,02	1,25	11,28	Trifásica
L2C4B	Autoclave	5000	400	0,8	9,02	1,25	11,28	Trifásica
L2C4C	Autoclave	5000	400	0,8	9,02	1,25	11,28	Trifásica
L2C5A	Centrifugadora	10000	400	0,8	18,04	1,25	22,55	Trifásica
L2C6A	2 TC caldera	4050	400	1	5,85	1	5,85	Trifásica
L2C6B	2 TC almacen	4050	400	1	5,85	1	5,85	Trifásica
L2C6C	2 TC perchado	4050	400	1	5,85	1	5,85	Trifásica
L2C7A	4 TC vestuarios	2070	230	1	5,20	1	5,20	S-N
L2C7B	4 TC oficinas	2070	230	1	5,20	1	5,20	R-N
L2C7C	1 TC informatica	517,5	230	1	1,30	1	1,30	T-N
	total	111807,5			190,84		231,24	
	F.simultaneidad	100626,75			171,76		208,12	

### 2.2.2.3. Cuadro alumbrado

cuadro alumbrado	Descripcion	Potencia	tension	cos y	Inom	Fcor	Ical	Fase
L3C1A	Alumbrado emb	940	230	0,95	4,30	1,8	7,74	S-N
L3C1B	Alumbrado prep	2820	230	0,95	12,91	1,8	23,23	R-N
L3C1C	Alumbrado tund	1840	230	0,95	8,42	1,8	15,16	T-N
L3C2A	Alumb oficina	600	230	0,95	2,75	1,8	4,94	S-N
L3C2B	Alumb vest y pa	809,6	230	0,95	3,71	1,8	6,67	R-N
L3C2C	Alumb almacen	1880	230	0,95	8,60	1,8	15,49	T-N
L3C3A	Alumb perchado	940	230	0,95	4,30	1,8	7,74	S-N
L3C3B	Alumb etiquetac	470	230	0,95	2,15	1,8	3,87	R-N
L3C3C	Alumb caldera	940	230	0,95	4,30	1,8	7,74	T-N
	total	11239,6			51,44		92,59	
	F.simultaneidad	10115,64			46,30		83,33	



### 2.2.2.4. Cuadro E.

cuadro E.	Descripcion	Potencia	tension	cos y	Inom	Fcor	Ical	Fase
L4C1A	Emerg 1	24	230	0,95	0,11	1,8	0,20	R-N
L4C1B	Emerg 2	24	230	0,95	0,11	1,8	0,20	S-N
L4C1C	Emerg 3	42	230	0,95	0,19	1,8	0,35	T-N
L4C2A	Alumbrado exte	1000	230	0,95	4,58	1,8	8,24	R-N
L4C2B	Alumbrado exte	750	230	0,95	3,43	1,8	6,18	S-N
L4C2C	Alumbrado exte	750	230	0,95	3,43	1,8	6,18	T-N
	total	2590			11,85		21,34	
	F.simultaneidad	2331			10,67		19,20	

### 2.2.2.5. Cuadro general de distribución

Línea	Descripción	Potencia	Tensión	Inom	Ical	Fase
<b>L1</b>	Cuadro I	89200	400	121,23	165,62	Trifásica
<b>L2</b>	Cuadro II	111807,5	400	190,85	208,12	Trifásica
<b>L3</b>	Cuadro alumbrado	11239,6	400	51,44	83,33	Trifásica
<b>L4</b>	Cuadro E.	2590	400	11,85	19,20	Trifásica
<b>Total</b>		<b>214837,1</b>	<b>400</b>	<b>375,37</b>	<b>476,27</b>	

#### POTENCIA PREVISTA PARA LAS TOMAS DE CORRIENTE:

Para tomas de corriente monofásica, se considera una potencia prevista por toma de 3450W, con un factor de simultaneidad de 0,2 y factor de utilización de 0,25. Para poder alimentar las tomas con una línea trifásica equilibrada, situamos tres enchufes monofásicos. Así la potencia total será de:  $3 \times 3450 \times 0,2 \times 0,25 = 517,5W$

Para tomas de corriente trifásica, se considera un potencia prevista por toma de 5400W, con un factor de simultaneidad de 0,5 y factor de utilización de 0,75. Así, la potencia total será de:  $5400 \times 0,5 \times 0,75 = 2025W$

### 2.2.3. Cálculo de la potencia del transformador.





Calculada la previsión de carga, y las intensidades que demandará la empresa, se prevé necesario la utilización de un transformador de 400 KVA que proporciona una intensidad de  $I = S_n / \sqrt{3} \cdot V = 400\text{KVA} / \sqrt{3} \cdot 400 = 577,35 \text{ A}$ .

De esta forma la instalación de la nave queda abastecida, ya que la demanda es de 342,35A. En un principio no se prevé ampliar la potencia de la nave, aunque si fuese necesario, con dicho transformador se podrían cubrir dichas necesidades notablemente.

## 2.3 CÁLCULO DE LOS CONDUCTORES DE BAJA TENSIÓN

### 2.3.1. Introducción:

Siguiendo el proceso de cálculo descrito en la memoria, y una vez conocida la intensidad nominal, se calculará:

- Fc: factor de corrección, que depende de la temperatura del tipo de canalización y del número de conductores que se alojan en la misma.
- Iadm: es la intensidad resultante del cociente de Ical entre Fc.

Una vez hecho esto, hay que ir al Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y en la tabla correspondiente se elige la sección que corresponda a la Intensidad máxima admisible.

Además se calculará la sección por el método de caída de tensión, con el fin de elegir un conductor que cumpla con la normativa (la cdt debe ser menor del 4,5% para el alumbrado y del 6,5% para los demás usos), según la ITC-BT-19.

La sección por caída de tensión se calculará del siguiente modo, dependiendo del tipo de red que tengamos:

Monofásica:

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I_n \cdot \cos \varphi}{U \cdot C}$$

Trifásica:



$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I_n \cdot \cos\phi}{U \cdot C}$$

Donde:

U: caída de tensión en voltios

L: longitud de la línea en metros

I<sub>n</sub>: intensidad nominal de la línea en amperios

cos φ : factor de potencia

C: conductividad del material del conductor (56 para el cobre)

S: sección del cable en mm<sup>2</sup>

### 2.3.2 Acometida. Transformador – C.G.D.

Es la línea que une el centro de transformación con el cuadro general de distribución. Transporta toda la corriente de la instalación y está diseñada para ampliar en un 30% la carga de la misma, o para poder aprovechar el transformador al 100%.

Como se ha calculado anteriormente, esta línea se dimensionará para una corriente de 577,35 amperios. La longitud desde el centro de transformación hasta el cuadro general es de 35 metros.

Se designan 3 conductores por fase, por lo que la corriente que lleve cada conductor será un tercio de la total.

La línea será subterránea a una profundidad de 0.7 metros. Así mismo, también se debe aplicar un factor de corrección de 0.8 ya que se instalarán tres ternas de conductores unipolares dispuestos en trébol.

Los cálculos se realizan según la ITC-BT 07 tablas 5 y 8 que dan la sección y el factor de corrección que se debe emplear para agrupaciones de cables unipolares en instalación enterrada.

L = 35 m (longitud de la acometida)

I<sub>n</sub> = 577,35 A

S = 70x3 mm<sup>2</sup>

C = 56 (Cobre)

$$Cdt = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I_n \cdot \cos\phi}{S \cdot C} = \frac{\sqrt{3} \cdot 35 \cdot 577,35 \cdot 0,9}{3 \cdot 70 \cdot 56} = 2,678 \text{ V}$$



$$Cdt(\%) = \frac{U}{400} \times 100 = \frac{2,678}{400} \times 100 = 0,6695\%$$

La distribución de la corriente del centro de transformación al cuadro general de distribución se hará mediante nueve conductores unipolares de cobre de 70 mm<sup>2</sup> de sección. Siendo para cada una de las fases tres de ellos. Para el neutro se utilizarán tres conductores de 35 mm<sup>2</sup> de sección cada uno, con aislamiento de Polietileno Reticulado (XLPE), según dicta la tabla 7.1 de la ITC-BT-07. El diámetro del tubo de la acometida será de 125 mm.

### 2.3.3. Cuadro general de distribución y cuadros auxiliares.

Para el caso del cuadro general de distribución y sus respectivos cuadros auxiliares se realizará a través de bandeja portacables de malla de acero galvanizado, de 200 mm de ancho y 35 mm de alto. Se llevará canalizado desde el CGD hasta los diferentes cuadros secundarios de la empresa. A partir de los cuadros secundarios la distribución se realizará de idéntica manera. Esta bandeja irá rodeando las diferentes zonas de la empresa, a una altura de 4 metros.

#### 2.3.3.1 Cuadro general de distribución

Línea	Inom(A)	Ical(A)	Fc	Iadm(A)	L(m)	cos y	Canalización	C.termico	Cdt	S(mm <sup>2</sup> )	ΦTubo (mm)
L1	126,19	155,10	0,8	193,88	12,8	0,9	Bandeja portacables	50	16,82	R 3x50/25 + TT 25	50
L2	159,19	195,55	0,8	244,44	32,5	0,9	Bandeja portacables	70	33,80	R 3x70/35 + TT 35	63
L3	23,48	42,26	0,8	52,82	12,6	0,9	Tubo Grapado	10	14,31	R 3x16/16 + TT 16	32
L4	33,49	60,28	0,8	75,35	4,7	0,9	Tubo Grapado	10	34,44	R 3x35/16 + TT 16	40

#### 2.3.3.2 Cuadro secundario I



Instalación eléctrica en BT de una nave industrial con CT  
Mikel Sanchez Clemente  
Cálculos

	Inom	Ical	Fc	Iadm	L (m)	Canalización	C. Térmico	Cdt		Tubo
LIC1A	36,50	45,62	0,8	57,03	18	Bandeja portada	10	8,48	R 3x10/1	32
LIC2A	5,41	6,77	0,8	8,46	11,5	Bandeja portada	1,5	0,74	R 3x1,5/1	20
LIC2B	5,41	6,77	0,8	8,46	12,5	Bandeja portada	1,5	0,80	R 3x1,5/1	20
LIC3A	5,41	6,77	0,8	8,46	8	Bandeja portada	1,5	0,51	R 3x1,5/1	20
LIC3B	5,41	6,77	0,8	8,46	13	Bandeja portada	1,5	0,84	R 3x1,5/1	20
LIC4A	25,26	31,57	0,8	39,47	9,5	Bandeja portada	4	2,85	R 3x4/4 +	25
LIC5A	7,22	9,02	0,8	11,28	7	Bandeja portada	1,5	0,60	R 3x1,5/1	20
LIC5B	7,22	9,02	0,8	11,28	4	Bandeja portada	1,5	0,34	R 3x1,5/1	20
LIC6A	5,85	5,85	1	5,85	11	Tubo grapado	1,5	0,76	R 3x1,5/1	20
LIC6B	11,69	11,69	1	11,69	12	Tubo grapado	1,5	1,67	R 3x1,5/1	20
LIC7A	5,85	5,85	1	5,85	17,5	Tubo grapado	1,5	1,21	R 3x1,5/1	20

### 2.3.3.3. Cuadro secundario II

	Inom	Ical	Fc	Iadm	L (m)	Canalización	C. Térmico	Cdt		Tubo
L2C1A	14,43	18,04	0,8	22,55	18,5	Bandeja portada	1,5	1,38	R 3x4/4 +	25
L2C2A	54,53	68,16	0,8	85,20	14,5	Bandeja portada	16	4,61	R 3x16/10	40
L2C3A	23,77	29,72	0,8	37,15	13	Bandeja portada	4	1,70	R 3x6/6 +	25
L2C3B	23,77	29,72	0,8	37,15	15	Bandeja portada	4	1,96	R 3x6/6 +	25
L2C4A	9,02	11,28	0,8	14,10	16	Bandeja portada	1,5	0,75	R 3x2,5/2	20
L2C4B	9,02	11,28	0,8	14,10	18	Bandeja portada	1,5	0,84	R 3x2,5/2	20
L2C4C	9,02	11,28	0,8	14,10	20	Bandeja portada	1,5	0,94	R 3x4/4 +	25
L2C5A	18,04	22,55	0,8	28,19	18,5	Bandeja portada	2,5	1,73	R 3x6/6 +	25
L2C6A	5,85	5,85	1	5,85	17	Tubo grapado	1,5	0,52	R 3x1,5/1	20
L2C6B	5,85	5,85	1	5,85	28,5	Tubo grapado	1,5	0,86	R 3x1,5/1	20
L2C6C	5,85	5,85	1	5,85	16,5	Tubo grapado	1,5	0,50	R 3x1,5/1	20
L2C7A	5,20	5,20	1	5,20	12	Tubo grapado	1,5	0,32	R 2x2,5 +	20
L2C7B	5,20	5,20	1	5,20	12	Tubo grapado	1,5	0,32	R 2x2,5 +	20
L2C7C	1,30	1,30	1	1,30	12	Tubo grapado	1,5	0,08	R 2x2,5 +	20

### 2.3.3.4. Cuadro alumbrado

Línea	Inom	Ical	Fc	Iadm	L (m)	Canalización	C. Térmico	Cdt		tubo
L3C1A	4,30	7,74	0,9	8,60	44	Tubo grapado	1,5	2,33	R 2x4 +	20
L3C1B	12,91	23,23	0,9	25,81	67,5	Tubo grapado	4	10,70	R 2x16 +	32
L3C1C	8,42	15,16	0,9	16,84	51	Tubo grapado	2,5	5,28	R 2x10 +	25
L3C2A	2,75	4,94	0,9	5,49	19,5	Tubo grapado	1,5	0,66	R 2x1,5 +	16
L3C2B	3,71	6,67	0,9	7,41	30	Tubo grapado	1,5	1,37	R 2x2,5 +	20
L3C2C	8,60	15,49	0,9	17,21	60	Tubo grapado	2,5	6,34	R 2x10 +	25
L3C3A	4,30	7,74	0,9	8,60	26	Tubo grapado	1,5	1,37	R 2x2,5 +	20
L3C3B	2,15	3,87	0,9	4,30	26	Tubo grapado	1,5	0,69	R 2x1,5 +	16
L3C3C	4,30	7,74	0,9	8,60	29	Tubo grapado	1,5	1,53	R 2x2,5 +	20



### 2.3.3.5. Cuadro E.

Línea	Inom(A)	Ical(A)	Fc	Iadm	L (m)	Canalización	C. Térmico	Cdt	S	tubo	
L4C1A	0,11	0,20	0,9	0,22	80	Tubo grapado		1,5	0,11	R 2x1,5 +	16
L4C1B	0,11	0,20	0,9	0,22	28	Tubo grapado		1,5	0,04	R 2x1,5 +	16
L4C1C	0,19	0,35	0,9	0,38	32,5	Tubo grapado		1,5	0,08	R 2x1,5 +	16
	0,00	0,00	0,9	0,00	20,8	Tubo grapado		1,5	0,00	R 2x1,5 +	16
	0,00	0,00	0,9	0,00	37,35	Tubo grapado		2,5	0,00	R 2x10 +	25
	0,00	0,00	0,9	0,00	26,68	Tubo grapado		1,5	0,00	R 2x4 +	20
L4C2A	4,58	8,24	0,9	9,15	55	Tubo grapado		1,5	3,18	R 2x4 +	20
L4C2B	3,43	6,18	0,9	6,86	36,24	Tubo grapado		1,5	1,57	R 2x2,5 +	20
L4C2C	3,43	6,18	0,9	6,86	27,9	Tubo grapado		1,5	1,21	R 2x1,5 +	16

### 2.3.4. Interpretación de las tablas anteriores

Línea= designación de la línea eléctrica a la que hace referencia.

Inom= intensidad nominal de la línea en amperios.

Ical= intensidad resultante de multiplicar Inom por un factor de corrección que depende del tipo de receptor.

Fc= factor de corrección, que depende de la temperatura, del tipo de canalización y del número de conductores que se alojan en la misma.

Iadm= es la intensidad resultante del cociente de Ical entre Fc.

L= longitud de la línea en metros.

Canalización= Tipo de canalización por la que se distribuye la línea.

S= sección del cable en mm<sup>2</sup>.

Φ Tubo = Diámetro exterior mínimo del tubo que aloja los cables y se calcula según el número y sección de los cables a conducir.

## 2.4. CÁLCULO DE LAS INTENSIDADES DE CORTOCIRCUITO

### 2.4.1. Introducción

El cálculo de la corriente de cortocircuito en diferentes puntos de una instalación tiene por objeto determinar el poder de corte de los dispositivos de protección considerados, estos puntos serán las entradas a los cuadros de distribución, ya que es aquí donde se colocarán las protecciones. El poder de corte y el calibre calculado para las protecciones magnetotérmicas, serán los que se utilizarán para las protecciones diferenciales. El poder de corte de las protecciones deberá ser igual o superior a la corriente de cortocircuito Icc calculada para su valor máximo en ausencia del dispositivo de protección.



Para el cálculo de las intensidades de cortocircuito se seguirá el método de las impedancias descrito en la memoria del presente proyecto.

El cálculo de protecciones es posible que nos fuerce a cambiar alguna de las secciones de los cables debido a:

- La intensidad nominal normalizada de los interruptores.
- El tiempo máximo que el conductor aguanta la intensidad de cortocircuito es inferior que el marcado (0.1 segundos).
- La ITC-RBT 25 obliga a unas determinadas secciones e intensidades de los interruptores que conllevarán al cambio para cumplir todas las condiciones.

#### 2.4.2. Cálculo de la intensidad de cortocircuito en el secundario del transformador

En primer lugar se calcula la impedancia aguas arriba del transformador. La potencia de cortocircuito que proporciona la red es  $S_{cc} = 500 \text{ MVA}$ . ( Dato obtenido de la compañía suministradora, en nuestro caso IBERDROLA S.A. ).

Si despreciamos la resistencia R frente a la reactancia X, se puede calcular la impedancia de la red aguas arriba del transformador.

$$Z_a = \frac{U^2}{S_{cc}} = \frac{13200^2}{500 \times 10^6} = 0,35j\Omega$$

Donde:

U: tensión en vacío del secundario en voltios

S<sub>cc</sub>: potencia de cortocircuito en KVA

Z, X: impedancia o reactancia aguas arriba en mΩ

Este valor está referido a MT, para pasarlo a BT, hacemos lo siguiente:

$$Z = 0,35 \times \left( \frac{400}{13200} \right)^2 = 0,32 \text{ m}\Omega j$$



En segundo lugar, se calcula la impedancia del transformador, para ello se considera despreciable la apartamentada de alta tensión. Además se desprecia la resistencia del transformador frente a la impedancia.

$$Z = U_{cc} \times \frac{U^2}{S_n}$$

$$Z = \left( \frac{4}{100} \right) \times \frac{400^2}{400 \times 10^3} = 0,016 \Omega_j$$

Donde:

U: tensión en vacío entre fases en voltios  
U<sub>cc</sub>: tensión de cortocircuito en % (4%)  
S<sub>n</sub>: potencia aparente en KVA (400KVA)  
Z,X: impedancia o reactancia al secundario en mΩ

Así pues ya se puede calcular la intensidad de cortocircuito en el secundario del transformador:

$$Z_d = 0,32 + 16 = 16,32 \text{ m}\Omega_j$$

$$I_{cc} = \frac{U_s}{\sqrt{3} \cdot Z_d} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 16,32} = 14,15 \text{ KA}$$

Donde:

I<sub>cc</sub>: corriente de cortocircuito eficaz en KA  
U<sub>s</sub>: tensión entre fases en vacío del secundario del transformador  
Z<sub>T</sub>: impedancia total por fase de la red aguas arriba del defecto en mΩj

### 2.4.3. Cálculo de la intensidad de cortocircuito en el cuadro general de distribución

Se parte de los datos obtenidos en el secundario del transformador en los que tenemos una impedancia Z<sub>T</sub>= 16.32 mΩj inductiva.

Una vez hecho esto se calculan los valores de la resistencia, la reactancia y la impedancia, desde la acometida hasta el Cuadro General de Distribución de la empresa: 40 metros de acometida, formada por 3 fases de 3x70 mm<sup>2</sup>



$$R_L = \rho \frac{L}{S} = 0,01724 \frac{35}{3 \times 70} = 2,87 \text{ m}\Omega$$

$$X_{a'} = 16 \text{ m}\Omega j$$

$$X_T = 0.32 \text{ m}\Omega j$$

$$X_{\text{aut}} = (0.15 \text{ m}\Omega j \times 3) = 0.45 \text{ m}\Omega j$$

$$Z_d = R_L + (X_{a'} + X_T + X_{\text{aut}})j$$

$$|Z_d| = 17.08 \text{ m}\Omega j$$

$$I_{cc} = \frac{U_s}{\sqrt{3} \cdot Z_d} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 17,08} = 13.51 \text{ KA}$$

## 2.4.4. Cálculo de la intensidad de cortocircuito en los cuadros auxiliares

### 2.4.4.1. Interpretación de las tablas

A continuación se explican abreviaturas de las tablas que se describen a continuación:

Línea: designación de la línea eléctrica a la que hace referencia

L (m): longitud en metros desde el cuadro hasta el circuito que se alimenta

S ( $\text{mm}^2$ ): sección en milímetros del cable por el que pasa la corriente, desde el cuadro hasta alcanzar el circuito.

V (V): tensión nominal de la línea en voltios

Z<sub>d</sub>: impedancia directa en mΩj

Z<sub>o</sub>: impedancia homopolar en mΩj

I<sub>ccmax</sub>: es la corriente de cortocircuito máxima en KA

I<sub>ccmin</sub>: es la corriente de cortocircuito mínima en KA

T<sub>ccmin</sub>: tiempo de desconexión para cada I<sub>ccmin</sub> (seg)

Curva: es el tiempo de disparo del interruptor.





### 2.4.4.2. Cuadro general de distribución

Línea	L (m)	S(mm <sup>2</sup> )	Tensión(V)	Zdmax	2Zd+Zo	Iccmax (KA)	Pdc(KA)	Iccmin(KA)	tmicc(s)	In(A)	Curva
L1	16,62	70	400	0,018	0,0839	13099	25	7848,63	1,6266	160	D
L2	1,5	95	400	0,018	0,0672	13099	25	9797,32	1,9227	250	D
L3	2,5	35	400	0,018	0,0710	13099	25	9263,89	0,2919	63	D
L4	3,5	25	400	0,018	0,0761	13099	25	8644,63	0,1710	22	D

### 2.4.4.3. Cuadro secundario I

Línea	L (m)	S(mm <sup>2</sup> )	Tensión(V)	Zdmax	2Zd+Zo	Iccmax (KA)	Pdc(KA)	Iccmin(KA)	tmicc(s)	In(A)	Curva
L1C1A	18	16	400	0,020	0,1981	11690,08	22	3322,35	0,4743	40	D
L1C2A	11,5	4	400	0,020	0,3746	11690,08	22	1756,86	0,1060	6	D
L1C2B	12,5	4	400	0,020	0,4001	11690,08	22	1645,02	0,1209	6	D
L1C3A	8	10	400	0,020	0,1661	11690,08	22	3961,47	0,1303	6	D
L1C3B	13	10	400	0,020	0,2155	11690,08	22	3054,18	0,2192	6	D
L1C4A	9,5	10	400	0,020	0,1808	11690,08	22	3639,75	0,1544	30	D
L1C5A	7	10	400	0,020	0,1564	11690,08	22	4207,38	0,1155	10	D
L1C5B	4	10	400	0,020	0,1278	11690,08	22	5148,36	0,0771	10	D
L1C6A	11	4	400	0,020	0,3619	11690,08	22	1818,62	0,0989	6	D
L1C6B	12	4	400	0,020	0,3874	11690,08	22	1699,12	0,1133	16	D
L1C7A	17,5	1,5	400	0,020	1,2762	11690,08	22	515,72	0,1730	6	D



#### 2.4.4.4. Cuadro secundario II

Línea	L (m)	S(mm <sup>2</sup> )	Tensión(V)	Zdmax	2Zd+Zo	Iccmax (KA)	Pdc(KA)	Iccmin(KA)	tmicc(s)	In(A)	Curva
L2C1A	18,5	4	400	0,018	0,5228	12726,45	22	1258,85	0,2065	16	D
L2C2A	14,5	25	400	0,018	0,1169	12726,45	22	5632,31	0,4029	63	D
L2C3A	13	10	400	0,018	0,1859	12726,45	22	3540,68	0,1631	25	D
L2C3B	15	10	400	0,018	0,2057	12726,45	22	3199,89	0,1997	25	D
L2C4A	16	2,5	400	0,018	0,7047	12726,45	22	933,97	0,1465	10	D
L2C4B	18	2,5	400	0,018	0,7868	12726,45	22	836,54	0,1826	10	D
L2C4C	20	4	400	0,018	0,5612	12726,45	22	1172,75	0,2379	10	D
L2C5A	18,5	6	400	0,018	0,3654	12726,45	22	1801,03	0,2270	20	D
L2C6A	17	1,5	400	0,018	1,2113	12726,45	22	543,37	0,1558	6	D
L2C6B	28,5	1,5	400	0,018	1,9994	12726,45	22	329,19	0,4246	6	D
L2C6C	16,5	1,5	400	0,018	1,1770	12726,45	22	559,18	0,1471	6	D
L2C7A	12	2,5	230	0,018	0,5408	12726,45	22	1217,16	0,0863	6	D
L2C7B	12	2,5	230	0,018	0,5408	12726,45	22	1217,16	0,0863	6	D
L2C7C	12	2,5	230	0,018	0,5408	12726,45	22	1217,16	0,0863	6	D

#### 2.4.4.5. Cuadro alumbrado

Línea	L (m)	S(mm <sup>2</sup> )	Tensión(V)	Zdmax	2Zd+Zo	Iccmax (KA)	Pdc(KA)	Iccmin(KA)	tmicc(s)	In(A)	Curva
L3C1A	44	4	230	0,018	1,1848	12494,10	10	555,54	1,0601	6	D
L3C1B	67,5	16	230	0,018	0,4890	12494,10	10	1346,10	2,8891	16	D
L3C1C	51	10	230	0,018	0,5791	12494,10	10	1136,47	1,5833	6	D
L3C2A	19,5	1,5	230	0,018	1,3903	12494,10	10	473,41	0,2053	6	D
L3C2B	30	1,5	230	0,018	2,1099	12494,10	10	311,94	0,4728	6	D
L3C2C	60	10	230	0,018	0,6714	12494,10	10	980,34	2,1277	10	D
L3C3A	26	2,5	230	0,018	1,1231	12494,10	10	586,04	0,3721	6	D
L3C3B	26	1,5	230	0,018	1,8358	12494,10	10	358,53	0,3579	6	D
L3C3C	29	2,5	230	0,018	1,2464	12494,10	10	528,06	0,4583	6	D

#### 2.4.4.6. Cuadro E.



Línea	L (m)	S(mm2)	Tensión(V)	Zdmax	2Zd+Zo	Iccmax (KA)	Pdc(KA)	Iccmin(KA)	tmicc(s)	In(A)	Curva
L4C1A	80	1,5	230	0,019	5,5476	12178,27	22	118,64	3,2687	6	D
L4C1B	28	1,5	230	0,019	1,9823	12178,27	22	332,02	0,4174	6	D
L4C1C	32,5	1,5	230	0,019	2,2908	12178,27	22	287,31	0,5574	6	D
L4C2A	55	4	230	0,019	1,4769	12178,27	22	445,66	1,6474	6	D
L4C2B	36,24	2,5	230	0,019	1,5536	12178,27	22	423,66	0,7121	6	D
L4C2C	27,9	1,5	230	0,019	1,9755	12178,27	22	333,17	0,4145	6	D

## 2.5 CÁLCULO DE LOS CONDENSADORES PARA LA CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA.

### 2.5.1. Batería de condensadores para la instalación:

Calculo la potencia aparente de cada circuito y la total para hallar el  $\cos \phi$  medio.

#### 2.5.1.1. Cuadro secundario I

Línea	Descripción	Potencia (W)	cos $\phi$	S (VA)
L1C1A	Tundosa	22000	0,87	25287,36
L1C2A	Cortadora	3000	0,8	3750
L1C2B	Encoladora	3000	0,8	3750
L1C3A	Cinta transportadora	3000	0,8	3750
L1C3B	Cinta transportadora	3000	0,8	3750
L1C4A	Rame	14000	0,8	17500
L1C5A	Enrolladora	4000	0,8	5000
L1C5B	Embolsadora	4000	0,8	5000
L1C6A	2 TC enro y embol	4050	1	4050
L1C6B	4 TC preparación	8100	1	8100
L1C7A	2 TC tundosado	4050	1	4050
<b>Total</b>		<b>72200</b>		<b>83987,36</b>



### 2.5.1.2. Cuadro secundario II

Línea	Descripción	Potencia (W)	cos $\phi$	S (VA)
L2C1A	Compactadora	8000	0,8	10000
L2C2A	Caldera	34000	0,9	37777,78
L2C3A	Percha	14000	0,85	16470,59
L2C3B	Percha	14000	0,85	16470,59
L2C4A	Autoclave	5000	0,8	6250
L2C4B	Autoclave	5000	0,8	6250
L2C4C	Autoclave	5000	0,8	6250
L2C5A	Centrifugadora	10000	0,8	12500
L2C6A	2 TC caldera	4050	1	4050
L2C6B	2 TC almacen	4050	1	4050
L2C6C	2 TC perchado	4050	1	4050
L2C7A	4 TC vestuarios	4140	1	4140
L2C7B	4 TC oficinas	4140	1	4140
L2C7C	TC informatica	517,5	1	517,5
<b>Total</b>		<b>115947,5</b>		<b>132916,46</b>

### 2.5.1.3. Cuadro alumbrado

Línea	Descripción	Potencia (W)	cos $\phi$	S (VA)
L3C1A	Alumbrado embolsadora y enrolladora	940	0,95	987
L3C1B	Alumbrado preparación	2820	0,95	2961
L3C1C	Alumbrado tundosado y recibidor	1840	0,95	1932
L3C2A	Alumb oficina	600	0,95	631,58
L3C2B	Alumb vest y pasillo	809,6	0,95	852,21
L3C2C	Alumb almacen	1880	0,95	1978,95
L3C3A	Alumb perchado	940	0,95	989,47
L3C3B	Alumb etiquetado	470	0,95	494,74
L3C3C	Alumb caldera	940	0,95	989,47
<b>Total</b>		<b>11239,6</b>		<b>11816,42</b>

#### 2.5.1.4. Cuadro E.

Línea	Descripción	Potencia (W)	cos $\phi$	S (VA)
L4C1A	Emerg 1	24	0,95	25,2
L4C1B	Emerg 2	24	0,95	25,2
L4C1C	Emerg 3	42	0,95	44,1
L4C2A	Alumbrado exterior 3-4	1000	0,95	1052,63
L4C2B	Alumbrado exterior 1	750	0,95	789,47
L4C2C	Alumbrado exterior 2	750	0,95	789,47
<b>Total</b>		<b>2590</b>		<b>2726,07</b>

#### 2.5.1.5. Cuadro auxiliar centro de transformación

Línea	Descripción	Potencia (W)	cos $\phi$	S (VA)
LCT	Protección cuadro auxiliar CT	633,5	1	633,5

La potencia total activa es de:

$$P = 201977,1 \text{ W}$$

La potencia total aparente es de:

$$S = 231446,31 \text{ VA}$$

Por lo tanto, la potencia total reactiva consumida será:

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2} = 113016,129 \text{ VAR}$$

Se quiere conseguir un cos  $\phi$  cercano a 1, con cos  $\phi' = 0,97$ .

$$Q' = P \cdot \text{tg } \phi' = 50620,23 \text{ VAR}$$

Por lo que la potencia a compensar sería de:



$$Q_b = Q - Q' = 62395,89 \text{ VAr}$$

Esta potencia será la que tenga que suministrar la batería de condensadores, puesto que se ha elegido compensación automática. Se elegirá una batería de condensadores que pueda llegar a suministrar una energía reactiva mayor de 62,4 KVAR. El equipo seleccionado para la corrección automática del factor de potencia es una batería de condensadores de **105 KVAR** serie **RECTIMAT 2 Clase H 400 V**, que se colocará en el lado del cuadro general de baja tensión.

La batería automática elegida tiene una serie de características:

- Tensión asignada: 400 V, trifásicos 50 Hz.
- Grado de protección IP31
- Auto transformador 400/230 V, integrado.
- Protección contra contactos directos (puerta abierta)
- Normas: CEI 439-1, EN 60439

### 2.5.2 Cálculo del conductor de unión de la batería

Aplicando la fórmula de la potencia se halla la intensidad:

$$Q = 3 \cdot V \cdot I_n \cdot \text{sen}\varphi$$

Siendo:

$\text{Sen}\varphi = 1$ , el de la batería de condensadores

$V = 400 \text{ V}$

$Q =$  potencia de la batería de condensadores (105 KVAR).

Sustituyendo y despejando  $I_n = 151,55 \text{ A}$

El cable de la conexión de la batería con el C.G.D. tendrá una sección de  $50 \text{ mm}^2$ ,  
RV-K 0.6/ 1 kV PRYSMIAN

### 2.5.3. Cálculo de la protección de la batería

El cálculo del interruptor automático se basa en la intensidad consumida por la batería de condensadores.

$$I_n = 151,55 \text{ A}$$



La intensidad de cortocircuito será la de la entrada al CGD.

$$I_{cc} = 12,97 \text{ KA}$$

Se elige un interruptor magnetotérmico con poder de corte 25 KA,  $I_n = 160 \text{ A}$ .

## 2.6 INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA

### 2.6.1 Investigación del terreno

Dependiendo de la naturaleza y de la profundidad del terreno variará la resistencia de tierra, para lograr la resistividad del terreno se acudirá a la tabla 3 de la ITC-BT-18.

Dada la naturaleza del terreno (margas y arcilla compactada) se obtiene un valor orientativo de la resistividad de terreno, que será de 100 a 200  $\Omega\text{m}$  (valor medio 150  $\Omega\text{m}$ ).

### 2.6.2. Cálculo de la resistencia de tierra

Según se explica en la memoria, la diferencia de tensión entre masa y tierra no debe ser nunca superior a 24 voltios en lugares húmedos o de 50 voltios en lugares secos. De los dos valores se cogerá el de 50 Voltios, ya que se trata de una nave con ambiente seco.

#### Resistencia de las picas

Según la tabla 5 de la ITC-BT-18 tenemos que:

$$R_{\text{pica}} = \rho / L = 150/2 = 75 \Omega$$

$L =$  longitud de la pica = 2m  
 $D =$  diámetro de la pica = 14 mm  
 $\rho =$  Resistividad del terreno

Se sabe que la resistencia equivalente a un grupo de picas es inversamente proporcional al número de estas, aunque esto en la práctica no sea rigurosamente cierto, se considerara así.

$$R_{\text{equivalente}} = R_{\text{pica}} / N \quad N = \text{número de picas}$$

Es nuestro caso se colocarán 4 picas situadas conforme la ITC-BT-18 en los vértices del perímetro formado por el conductor enterrado en los cimientos del edificio, como puede observarse en los planos adjuntos al proyecto.

$$R_{\text{equivalente}} = R_{\text{pica}} / N = 75/4 = 18,75$$

### Resistencia de tierra del conductor de cobre enterrado

El conductor irá enterrado a una profundidad mínima de 0.5 m ( ITC-BT-18). Se colocará a 0.8 m. Por la tabla 5 de dicha ITC, se tiene que

$$R_{conductor} = 2 \cdot \frac{\rho}{L} = 2 \cdot \frac{150}{89,2} = 3,36 \Omega$$

L= longitud del conductor en metros 89,2m.

### Resistencia a tierra total de la instalación

$$R_{total} = \frac{R_{equivalente} \cdot R_{conductor}}{R_{equivalente} + R_{conductor}} = \frac{18,75 \cdot 3,36}{18,75 + 3,36} = 2,852 \Omega$$

Se comprueba, sabiendo que la intensidad de defecto máxima sería 300 mA, si la tensión es menor que la máxima permitida:

$$V = I \times R_{total} = 0,3 \times 2,852 = 0,855 \text{ V} < 50 \text{ V}$$

Por tanto, se toma la instalación por buena.

### 2.6.3 Sección del cable de tierra y conductor de protección

El conductor de tierra será de cobre de 50 mm<sup>2</sup> de sección, mientras que el conductor de protección tendrá una sección como máximo de 50 mm<sup>2</sup>.

### 2.6.4. Punto de puesta a tierra

El dispositivo que mide la puesta a tierra se colocará sobre el conductor de puesta a tierra y en un lugar accesible, tal y como dice la ITC-BT-18. Se ha elegido para ello la zona del receptor, al lado del cuadro general.

## 2.7. CÁLCULO DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

### 2.7.1. Intensidad en alta tensión

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





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

Siendo:

S= Potencia del transformador en KVA. (400 KVA)

U<sub>p</sub>= Tensión compuesta primaria en KV (13,2 KV)

I<sub>p</sub>= Intensidad primaria en amperios.

Sustituyendo valores, obtendremos:

$$I_p = \frac{400 \times 10^3}{\sqrt{3} \cdot 13200} = 17,49A$$

### 2.7.2. Intensidad en baja tensión

En un sistema trifásico la intensidad secundaria I<sub>s</sub> viene determinada por la expresión:

Siendo:

$$I_s = \frac{S - W_{Cu} - W_{Fe}}{\sqrt{3} \cdot U}$$

S= Potencia del transformador en KVA.(400KVA)

W<sub>Cu</sub> = Pérdidas en el cobre (arrollamientos) del transformador.

W<sub>Fe</sub>= Pérdidas en el hierro del transformador.

U= Tensión compuesta en carga del secundario en KV (0,4 KV)

I<sub>s</sub>= Intensidad secundaria en Amperios.

Despreciamos las pérdidas del hierro y el cobre y sustituimos:

$$I_s = \frac{400 \times 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400} = 577,35^a$$

### 2.7.3. Cortocircuitos



### 2.7.3.1. Introducción

Para el cálculo de la intensidad de cortocircuito se determina una potencia de cortocircuito de 500 MVA en la red de distribución, dato proporcionado por la compañía suministradora (Iberdrola).

### 2.7.3.2. Corrientes de cortocircuito

Para la realización del cálculo de las corrientes de cortocircuito se utilizarán las expresiones:

- Intensidad primaria para cortocircuito en el lado de baja tensión:

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

Siendo:

$S_{cc}$  = potencia de cortocircuito de la red en MVA (500 MVA)

$U$  = tensión primaria en KV (13,2 KV)

$I_{ccp}$  = intensidad de cortocircuito primaria en KA

Sustituyendo valores se tendrá una intensidad primaria máxima para un cortocircuito en el lado de alta tensión de:

$$I_{ccp} = \frac{500 \times 10^6}{\sqrt{3} \cdot 13200} = 21,87 \text{ KA}$$

- Intensidad secundaria para cortocircuito en el lado de baja tensión (despreciando la impedancia de la red de alta tensión):

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

Siendo:

$S$  = potencia del transformador en KVA (400 KVA).

$U_{cc}$  = tensión porcentual de cortocircuito del transformador (4 %).



$U_s$  = tensión secundaria en carga en voltios.  
 $I_{ccs}$  = intensidad secundaria máxima para un cortocircuito en el lado de baja tensión en KA.

Sustituyendo valores, se tendrá:

$$I_{ccs} = \frac{400 \times 10^3}{\sqrt{3} \cdot \frac{4}{100} \cdot 400} = 14,43 \text{ KA}$$

### 2.7.3.3. Conexión celdas- transformador

La intensidad nominal que ha de soportar el cable es:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 13,2} = 17,5A$$

Se ha decidido colocar conductores unipolares de  $35 \text{ mm}^2$  de sección, que en condiciones de instalación soporta 154A, y provoca una caída de tensión despreciable, cumpliendo así con los criterios de calentamiento y de caída de tensión. El aislamiento del conductor será de XLPE (Polietileno Reticulado).

### 2.7.3.4. Conexión del secundario del transformador al cuadro BT

La intensidad nominal que tienen que soportar los cables que unen el secundario del transformador con el cuadro de Baja Tensión del CT es:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 577,35A$$

Se ha decidido poner dos conductores por fase de cobre de  $95 \text{ mm}^2$  de sección, que en condiciones normales soporta 296 A ( $2 \cdot 296 \text{ A} = 592 \text{ A} > 577,35 \text{ A}$ ) y provoca una caída de tensión despreciable, cumpliendo así con los criterios de calentamiento y de caída de tensión. El aislamiento del conductor será de XLPE (Polietileno Reticulado).

## 2.7.4. Otras instalaciones del centro

### 2.7.4.1. Iluminación



Se ha decidido colocar dos lámparas fluorescentes de la marca Philips, modelo TMS022 1XTL-D58W HFS+GMS022R

- Tipo de local: Centro de transformación
- Área del local:  $10.61 \text{ m}^2$
- Solución: 2 lámparas TMS022 1XTL-D58W HFS+GMS022R
- Potencia: 110W

#### 2.7.4.2. Luminarias de emergencia y señalización

- Tipo de local: Centro de Transformación
- Área del local :  $10.61 \text{ m}^2$
- Proporción  $5 \text{ lm}/\text{m}^2$
- Solución: 1 luminaria Legrand Serie C3 6W, no permanentes con señalización.
- Potencia: 6W

#### 2.7.4.3. Cuadro auxiliar de baja tensión del centro de transformación

Línea	Descripción	Potencia (W)	Tensión (V)	cos $\phi$	In (A)	Fc	Ical (A)	Fase
<b>Ctrafo.L1</b>	Iluminación del centro	110	230	0,95	0,503	1,8	0,906	R-N
<b>Ctrafo.L2</b>	Iluminación de emergencia	6	230	0,95	0,027	1,8	0,049	S-N
<b>Ctrafo.L3</b>	T.C. Monof	517,5	230	1	2,25	1,8	4,05	T-N
<b>Total</b>		<b>633,5</b>			<b>2,781</b>		<b>5,005</b>	

#### 2.7.4.4. Dimensionamiento de los cables del cuadro auxiliar de baja tensión del Centro de Transformación

Linea	Ical(A)	Fc	Iadm(A)	Canalización	L(m)	C.T	Cdt	Sección
<b>Ctrafo.L1</b>	0,906	0,9	1,01	Tubo grapado	1,5	1,5	0,00144	R 2x1,5+1,5TT
<b>Ctrafo.L2</b>	0,049	0,9	0,05	Tubo grapado	2,5	1,5	0,00023	S 2x1,5+1,5TT
<b>Ctrafo.L3</b>	4,05	0,9	4,5	Tubo grapado	2	1,5	0,072	T 2x1,5+1,5TT
<b>Total</b>	<b>5,005</b>		<b>5,56</b>					

#### 2.7.5. Dimensionamiento de la ventilación del Centro de Transformación



El objeto de la ventilación en los centros de transformación es evacuar el calor producido en el transformador o transformadores debido a las pérdidas magnéticas (pérdidas en vacío) y las de los arrollamientos por efecto Joule (pérdidas en carga).

El caudal de aire es función de las pérdidas de potencia del transformador y de la diferencia de temperaturas de entrada y salida de aire (15°C como máximo según proyecto tipo UNESA). Considerando que 1 m<sup>3</sup> de aire por segundo absorbe 1.16 KW por cada grado centígrado, el caudal de aire necesario será:

$$Q = \frac{P_p}{1,16 \cdot \Delta\theta_{aire}} = \frac{8,6 + 2,3}{1,16 \times 15} = 0,626 m^3/s$$

Siendo:

Q = Caudal de aire en m<sup>3</sup>/s

P<sub>p</sub> = Pérdida de potencia del transformador a plena carga, pérdidas en el hierro más pérdidas en el cobre en KW.

Δθ<sub>aire</sub> = Incremento de la temperatura del aire en °C.

La superficie de la rejilla de entrada de aire es función del caudal en m<sup>3</sup>/s y de la velocidad de salida del aire en m/s.

$$S_{rejilla} = \frac{Q}{V_s}$$

La superficie total de la rejilla será superior a la superficie neta debido a que las láminas de la rejilla, para no permitir el paso de agua, pequeños animales o de objetos metálicos según MIE RAT 13, disminuyen el paso del aire; por lo que la superficie total mínima de la rejilla se aumentará como mínimo un 40%.

La ventilación de salida del aire es función de la distancia vertical en metros entre los centros de las dos rejillas, y del incremento de la temperatura del aire en °C.

$$V_s = 4,6 \times \frac{\sqrt{H}}{\Delta\theta_{aire}} = 4,6 \times \frac{\sqrt{2}}{15} = 0,433 \text{ m/s}$$

Por tanto, la superficie mínima de rejilla para entrada de aire será:



$$S_{rejilla} = 1,4 \times \frac{Q}{V_s} = 1,4 \times \frac{0,626}{0,433} = 2,022 m^2$$

La superficie de rejilla para la salida del aire caliente debe ser mayor que la superficie de la rejilla para la entrada de aire, admitiéndose la relación:

$$S_{entrada} = 0,92 \times S_{salida}$$

Por tanto la superficie mínima de la rejilla de salida es:  $S_{salida} = 2,198 m^2$

El edificio dispondrá de 1 rejilla de ventilación para la entrada de aire situada en la parte lateral izquierda inferior (detrás del transformador), de dimensiones 2150/950 mm y superficie total de  $2,0425 m^2$ , que es ligeramente superior a la necesaria ( $2,022 m^2$ ). Para la salida de aire se dispone de una rejilla en la parte superior lateral, 2 m por encima de la anterior de dimensiones 2200/1000 mm, consiguiendo así una superficie total de rejilla para salida de aire de  $2,20 m^2$ , prácticamente igual a la necesaria ( $2,198 m^2$ ). Las rejillas de entrada y salida de aire irán situadas en las paredes a diferente altura., siendo la distancia media verticalmente de separación entre los puntos medios de dichas rejillas de 2 m, tal coma ya se ha tenido en cuenta en el cálculo anterior.

Por otra parte, decir que el precio de dichas rejillas así como su colocación y suministro, viene incluido en el precio del prefabricado.

## 2.7.6. Dimensiones del pozo apagafuegos

El foso de recogida de aceite tiene que ser capaz de alojar la totalidad del volumen de aceite refrigerante que contiene el transformador en caso de su vaciado total. Dado que el foso de recogida de aceite del prefabricado será de 760 litros, no habrá ninguna delimitación en ese sentido, ya que entrará toda la totalidad del aceite, 330 litros, que está incorporado en el transformador.

## 2.7.7. Cálculo de la instalación de puesta a tierra

### 2.7.7.1. Introducción

Hay que distinguir entre la tierra de protección y la de servicio. Deberán estar separadas para evitar que se transfieran tensiones peligrosas, tal y como se calcula posteriormente.

Datos de partida:



- Según la investigación previa del terreno donde se instalará el centro de transformación, se determina una resistividad superficial de 150  $\Omega\text{m}$ .
- Tensión de red: 13,2 KV
- Nivel de aislamiento en las instalaciones de baja tensión del centro de transformación = 24KV
- Intensidad de defecto máxima permitida de acuerdo con las normas dadas por las Empresas suministradoras de energía:  $I_d = 400\text{ A}$

Características del Centro de Transformación:

- La caseta tiene 4460 mm de largo, 2380 mm de ancho y 3045 mm de alto.
- La resistividad del terreno:  $\rho = 150\ \Omega\text{m}$
- La resistividad del hormigón:  $\rho_H = 3000\ \Omega\text{m}$

El neutro de la red de distribución en media tensión está conectado rígidamente a tierra. Por ellos, la intensidad máxima de defecto dependerá de la resistencia de puesta a tierra de protección del centro, así como de las características de la red de media tensión.

La intensidad máxima de defecto a tierra es 400 A y el tiempo de eliminación del defecto es inferior a 0,45 segundos, según datos proporcionados por la compañía suministradora (Iberdrola).

### 2.7.7.2. Tierra de Protección

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 se emplearán 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:

Para la tierra de protección se ha adoptado la configuración 50-40/5/42 cuyos datos son los siguientes:

$$K_r = 0,086\ \Omega / \Omega\text{m}$$

$$K_p = 0,0192\ \text{V} / \Omega\text{mA}$$

$$K_c = 0,0421\ \text{V} / \Omega\text{mA}$$



Siendo:

Kr: Resistencia.

Kp: tensión de paso.

Kc: Tensión de contacto exterior.

Descripción:

Estará constituida por 4 picas en hilera 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 metros. Se enterrarán verticalmente a una profundidad de 0,5 metros. Estas picas formarán un rectángulo de dimensiones 5x4 metros.

NOTA: Se pueden utilizar otras configuraciones siempre y cuando se cumplan las comprobaciones realizadas anteriormente.

La conexión desde el centro hasta la primera pica se realizará con cable de cobre aislado de 0,6/1KV protegido contra daños mecánicos.

### 2.7.7.3. Tierra de Servicio

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

Para la tierra de servicio se ha adoptado la configuración 5/32 cuyos datos son los siguientes:

$$K_r = 0,135 \Omega / \Omega m$$

Descripción:

Estará constituida por 3 picas en hilera 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 metros. Se enterrarán verticalmente a una profundidad de 0,5 metros, y la separación entre cada pica será de 3 metros. Con esta configuración, la longitud de conductor desde la primera pica a la última será de 6 metros, dimensión que tendrá que haber disponible en el terreno.





NOTA: Se pueden utilizar otras configuraciones siempre y cuando se cumplan las Comprobaciones.

La conexión desde el centro hasta la primera pica se realizará con cable de cobre aislado de 0,6/1KV protegido contra daños mecánicos.

El valor de la resistencia de puesta a tierra de este electrodo deberá ser inferior a  $37\Omega$ . Con este criterio se consigue que un defecto a tierra en una instalación de Baja Tensión protegida contra contactos indirectos por un interruptor diferencial de sensibilidad 300 mA no ocasione en el electrodo de puesta a tierra una tensión superior a 24 V ( $=37 \times 300$ ).

Existirá una separación mínima entre las picas de tierra de protección y las picas de tierra de servicio, a fin de evitar la posible transferencia de tensiones elevadas a la red de baja tensión.

#### 2.7.7.4. Resistencia de la tierra de Protección

La compañía suministradora proporciona los datos de la puesta a tierra del neutro, cuyos valores son los siguientes:  $R_n=0\ \Omega$  ;  $X_n=25\ \Omega_j$ .

Para el cálculo de la resistencia de la puesta a tierra de las masas del centro y tensión de defecto correspondiente, se utilizarán las siguientes fórmulas:

- Resistencia del sistema de puesta a tierra:

$$R_t = K_r \cdot \rho = 0,086 \cdot 150 = 12,9\ \Omega$$

- Intensidad de defecto:

$$I_d = \frac{U}{\sqrt{3} \times \sqrt{(R_n + R_t)^2 + X_n^2}} = \frac{13200}{\sqrt{3} \times \sqrt{(0 + 12,9)^2 + 25^2}} = 270,9\ \text{A}$$

- Tensión de defecto:

$$U_d = R_t \cdot I_d = 12,9 \cdot 270,9 = 3494,64\ \text{V}$$



El aislamiento de las instalaciones de Baja Tensión del Centro de Transformación deberá ser mayor o igual que la tensión máxima de defecto calculada (Ud), por lo que deberá ser como mínimo 3500V.

De esta manera se evitará que las sobretensiones que aparezcan al producirse un defecto en la parte de Alta Tensión deterioren los elementos de Baja Tensión del Centro.

Comprobamos además que la intensidad de defecto calculada es superior a 100A, lo que permitirá que pueda ser detectada por las protecciones normales.

#### **2.7.7.5. Resistencia de la tierra de Servicio**

$$R_t = K_r \cdot \rho = 0,135 \cdot 150 = 20,25 \Omega < 37 \Omega$$

#### **2.7.7.6. Tensiones en el 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:

$$V_p = K_p \cdot I_d \cdot \rho = 0,0192 \cdot 400 \cdot 150 = 1152V$$

#### **2.7.7.7. 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 0.30x0.30m. 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 proteger a la persona que deba acceder a 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.

De esta forma no será necesario el cálculo de las tensiones de contacto y de paso en el interior, ya que su valor será prácticamente cero.



No obstante, la existencia de una superficie equipotencial conectada al electrodo de tierra, hace que la tensión de paso en el acceso sea equivalente al valor de la tensión de contacto exterior:

$$V_p(\text{acc}) = K_c \cdot I_d \cdot \rho = 0,0421 \cdot 400 \cdot 150 = 2526 \text{ V}$$

### 2.7.7.8. Tensiones aplicadas:

Para la determinación de los valores máximos admisibles de la tensión de paso en el exterior, y en el acceso al Centro de Transformación, se emplearán las siguientes expresiones:

$$V_p(\text{exterior}) = 10 \cdot \frac{K}{t^n} \cdot \left( 1 + \frac{6 \cdot \rho}{1000} \right)$$

$$V_p(\text{acceso}) = 10 \cdot \frac{K}{t^n} \cdot \left( 1 + \frac{3 \cdot \rho + 3 \cdot \rho_H}{1000} \right)$$

Siendo:

Up: tensiones de paso en voltios

K= 72

n = 1

K y n se obtienen en el MIE RAT 13, en función del tiempo de desconexión t.

t : tiempo de desconexión en segundos (0,45s)

$\rho$  : resistividad del terreno

$\rho_H$  : resistividad del hormigón (3000  $\Omega\text{m}$ )

Obteniendo los siguientes resultados:

$$V_p(\text{exterior}) = 3040 \text{ V}$$

$$V_p(\text{acceso}) = 16720 \text{ V}$$

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

- En el exterior:



$$U_p' = K_p \cdot \rho \cdot I_d = 1152 < 3040 \text{ V}$$

- En el acceso al centro de transformación:

$$U_p'(\text{acc}) = K_c \cdot \rho \cdot I_d = 2526 \text{ V} < 16720 \text{ V}$$

### 2.7.7.9. Tensiones transferidas al exterior

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

No obstante, con el objeto de garantizar que el sistema de puesta a tierra de servicio no alcance tensiones elevadas que puedan afectar a las instalaciones de los usuarios, cuando se produce un defecto, existirá una distancia de separación mínima  $D_{\min}$ , entre los electrodos de los sistemas de puesta a tierra de protección y de servicio, determinada por la expresión:

$$D_{\min} \geq \frac{\rho \cdot I_d}{2 \cdot \pi \cdot 1000} = \frac{150 \cdot 400}{2 \cdot \pi \cdot 1000} = 9,55 \text{ m}$$

### 2.7.7.10. Separación entre las tomas de tierra de las masas de las instalaciones de utilización y de las masas del centro de transformación.

Se verificará que las masas de puesta a tierra en una instalación de utilización, así como los conductores de protección asociados a estas masas, no están unidas a las tomas a tierra de las masas del centro de transformación, para evitar que durante la evacuación de un defecto a tierra en el centro de transformación, se transfieran tensiones de contacto peligrosas a las masas de las instalaciones de utilización.

Se considerará que las tierras son independientes cuando se cumplan todas y cada una de las condiciones siguientes:

- No exista canalización metálica conductora que una la zona de tierra del CT con la zona donde se encuentran los aparatos de utilización.
- La distancia entre la toma de tierra del CT y la de las masas de la instalación debe ser como mínimo de 15 m para una  $\rho < 100 \Omega\text{m}$

Cuando el terreno no sea tan bueno, se utilizará esta ecuación:



$$D = \frac{\rho \cdot I_d}{2 \cdot \pi \cdot 1200}$$

Siendo:

D: distancia entre electrodos, en metros

$\rho$  : resistividad media del terreno en  $\Omega\text{m}$

Id: Intensidad de defecto a tierra en A.

V= 1200 V para sistemas de distribución TT siempre que el tiempo de eliminación del defecto en la instalación de alta tensión sea menor o igual a 5 segundos y 250V.

- El centro de transformación debe estar situado en un recinto aislado de locales de utilización.

$$D = \frac{\rho \cdot I_d}{2 \cdot \pi \cdot 1200} = 7,96\text{m}$$

#### 2.7.7.11. Corrección y ajuste si procede

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 corregirán estas mediante la disposición de una alfombra aislante en el suelo del centro, o cualquier otro medio permitido por el reglamento, que asegure la no peligrosidad de estas tensiones.



Pamplona, Junio 2014

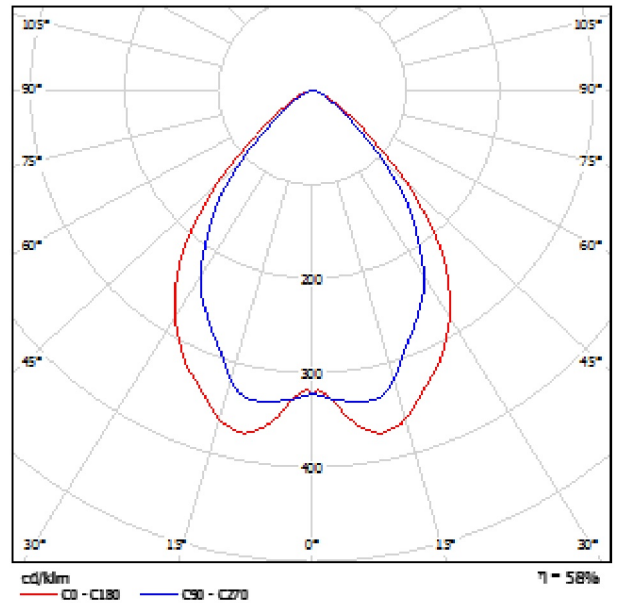
Mikel Sanchez Clemente

# ANEXO DIALUX

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**PHILIPS FBS120 2xPL-C/2P18W P / Hoja de datos de luminarias**

Emisión de luz 1:



Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 75 96 100 100 59

Emisión de luz 1:

Valoración de deslumbramiento según UGR										
		70	70	50	50	30	70	70	50	50
o Techo		70	70	50	50	30	70	70	50	50
o Paredes		50	50	50	50	30	50	50	50	30
o Suelo		20	20	20	20	20	20	20	20	20
Tamaño del local	X	Y	Mirada en perpendicular al eje de lámpara				Mirada longitudinalmente al eje de lámpara			
2H	2H	19.2	20.1	19.4	20.3	20.9	17.9	18.8	18.2	19.0
	3H	19.3	20.1	19.6	20.4	20.6	18.0	18.8	18.3	19.1
	4H	19.3	20.1	19.6	20.3	20.6	18.0	18.7	18.3	19.0
	5H	19.2	19.9	19.6	20.2	20.9	17.9	18.6	18.2	18.9
4H	2H	19.2	19.9	19.3	20.2	20.9	17.9	18.5	18.2	18.8
	3H	19.2	19.8	19.3	20.1	20.4	17.8	18.5	18.2	18.8
	4H	19.1	19.9	19.4	20.2	20.4	18.0	18.7	18.3	19.0
	5H	19.3	20.0	19.7	20.3	20.6	18.1	18.8	18.3	19.1
5H	2H	19.4	19.9	19.7	20.3	20.6	18.1	18.7	18.3	19.0
	3H	19.3	19.8	19.7	20.1	20.9	18.0	18.5	18.4	18.9
	4H	19.3	19.7	19.7	20.1	20.9	18.0	18.4	18.4	18.8
	5H	19.2	19.8	19.7	20.0	20.4	18.0	18.4	18.4	18.8
1.2H	2H	19.2	19.8	19.7	20.0	20.4	18.0	18.4	18.4	18.8
	3H	19.2	19.8	19.7	20.0	20.9	18.0	18.4	18.4	18.8
	4H	19.2	19.8	19.7	20.0	20.9	18.0	18.4	18.4	18.8
	5H	19.1	19.4	19.8	19.8	20.3	17.9	18.1	18.4	18.8
Variedad de la posición del espectador para separaciones entre luminarias										
S = 1.0H	+1.1 / -3.2				+1.7 / -3.8					
S = 1.5H	+2.9 / -4.0				+2.8 / -4.5					
S = 2.0H	+4.6 / -5.3				+4.3 / -5.9					
Tabla estándar	SK01				SK01					
Sumando de combinación	-0.9				-1.7					
Índice de deslumbramiento corrigido en relación a 2400 m Rujos luminarios: total										

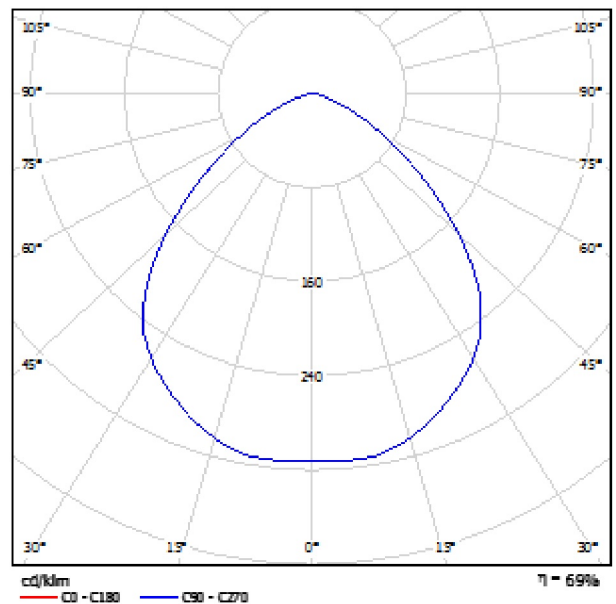
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**PHILIPS HPK238 1xHPI-P400W-BUS +GPK238 R-WB +ZDK004 GC-WB / Hoja de datos de luminarias**



Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 62 92 99 100 69

Emisión de luz 1:



Emisión de luz 1:

Valoración de deslumbramiento según UGR												
		70	70	50	50	30	70	70	50	50	30	30
a) Techo		70	70	50	50	30	70	70	50	50	30	30
b) Paredes		50	50	50	50	30	50	50	50	50	30	30
c) Suelo		20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Tamaño del local		Mirada en perpendicular al eje de lámparas					Mirada longitudinalmente al eje de lámparas					
X	Y	2H	25.1	28.2	25.3	28.4	28.8	25.1	28.2	25.3	28.4	28.8
		3H	25.4	28.4	25.7	28.8	28.9	25.4	28.4	25.7	28.8	28.9
		4H	25.4	28.4	25.8	28.8	28.9	25.4	28.4	25.8	28.8	28.9
		6H	25.4	28.3	25.8	28.8	28.9	25.4	28.3	25.8	28.8	28.9
		8H	25.4	28.2	25.7	28.8	28.8	25.4	28.2	25.7	28.8	28.8
		12H	25.4	28.1	25.7	28.4	28.8	25.4	28.1	25.7	28.4	28.8
		4H	25.3	28.2	25.8	28.8	28.8	25.3	28.2	25.8	28.8	28.8
		5H	25.7	28.5	26.1	28.8	27.1	25.7	28.5	26.1	28.8	27.1
		6H	25.8	28.5	26.2	28.8	27.2	25.8	28.5	26.2	28.8	27.2
		8H	25.8	28.4	26.2	28.8	27.1	25.8	28.4	26.2	28.8	27.1
		8H	25.8	28.3	26.2	28.7	27.1	25.8	28.3	26.2	28.7	27.1
		12H	25.7	28.2	26.2	28.6	27.1	25.7	28.2	26.2	28.6	27.1
		4H	25.8	28.3	26.2	28.7	27.1	25.8	28.3	26.2	28.7	27.1
		6H	25.8	28.2	26.2	28.6	27.1	25.8	28.2	26.2	28.6	27.1
		8H	25.8	28.1	26.2	28.6	27.1	25.8	28.1	26.2	28.6	27.1
		12H	25.7	28.0	26.2	28.5	27.0	25.7	28.0	26.2	28.5	27.0
		4H	25.7	28.2	26.2	28.6	27.1	25.7	28.2	26.2	28.6	27.1
		6H	25.8	28.1	26.2	28.6	27.0	25.8	28.1	26.2	28.6	27.0
		8H	25.7	28.1	26.2	28.5	27.0	25.7	28.1	26.2	28.5	27.0
Variación de la posición del espectador para separaciones 5 entre luminarias												
S = 1.0H		+0.8 / -0.8					+0.8 / -0.8					
S = 1.5H		+1.1 / -2.0					+1.1 / -2.0					
S = 2.0H		+2.2 / -3.5					+2.2 / -3.5					
Tabla estándar		S01					S01					
Sumando de corrección		0.4					0.4					
Índice de deslumbramiento corregido: en relación a 22500 m Rq (luminosidad)												

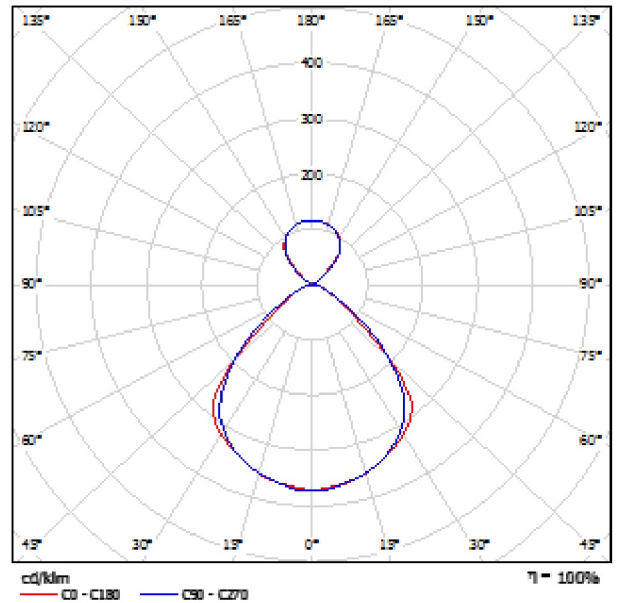


Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**PHILIPS BPS800 1xLXML/CW AC-MLO / Hoja de datos de luminarias**



Emisión de luz 1:



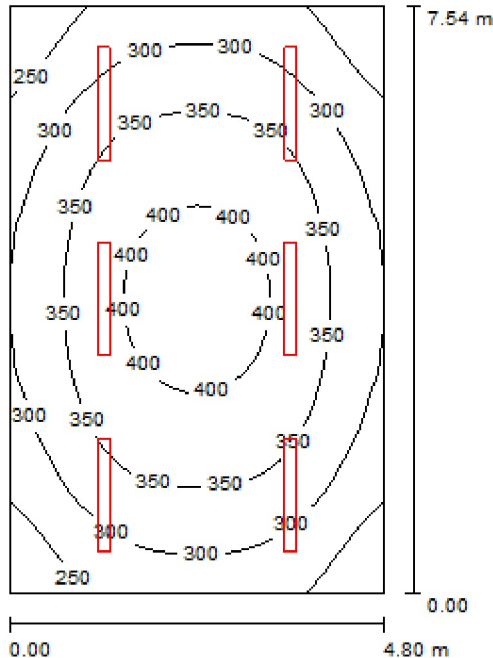
Clasificación luminarias según CIE: 78  
Código CIE Flux: 64 92 98 78 100

Emisión de luz 1:

Valoración de deslumbramiento según UGR										
		70	70	50	50	30	70	70	50	50
o Techo		70	70	50	50	30	70	70	50	50
o Paredes		50	50	50	50	30	50	50	50	30
o Suelo		20	20	20	20	20	20	20	20	20
Tamaño del local	X	Y	Mirado en perpendicular al eje de lámpara				Mirado longitudinalmente al eje de lámpara			
2H	2H	14.4	15.2	14.9	15.5	15.4	14.5	15.7	15.4	15.9
	3H	14.6	15.4	15.2	15.7	15.5	15.0	15.5	15.5	17.1
	4H	14.7	15.4	15.3	15.7	15.7	15.1	15.5	15.7	15.4
	5H	14.8	15.5	15.4	15.1	15.5	15.1	15.5	15.5	15.4
	5H	14.8	15.5	15.5	15.1	15.5	15.1	15.5	15.5	15.4
4H	2H	14.4	15.2	15.1	15.5	15.5	14.5	15.5	15.4	15.5
	3H	14.7	15.4	15.4	15.7	15.5	15.1	15.7	15.5	17.1
	4H	14.9	15.5	15.5	15.2	15.5	15.3	15.5	15.7	15.5
	5H	15.1	15.5	15.5	15.3	17.1	15.4	15.5	15.1	15.5
	5H	15.2	15.5	15.7	15.4	17.2	15.3	15.5	15.2	15.5
5H	2H	14.8	15.4	15.5	15.1	15.5	15.2	15.5	15.5	15.4
	3H	14.9	15.4	15.7	15.1	15.5	15.3	15.7	15.7	17.2
	4H	15.3	15.5	15.7	15.3	17.2	15.5	15.5	15.2	15.5
	5H	15.4	15.7	15.2	15.5	17.4	15.5	15.5	15.4	15.5
	5H	15.5	15.5	15.3	15.5	17.5	15.7	15.7	15.5	15.7
1.2H	4H	14.9	15.3	15.7	15.7	15.9	15.2	15.5	15.7	17.2
	5H	15.1	15.5	15.7	15.3	17.2	15.3	15.5	15.2	15.5
	5H	15.4	15.7	15.2	15.5	17.4	15.5	15.5	15.4	15.5
Variación de la posición del espectador para separaciones entre luminarias										
S = 1.0H	+0.5 / -1.2				+0.7 / -0.9					
S = 1.5H	+1.5 / -2.0				+1.5 / -2.0					
S = 2.0H	+2.2 / -2.7				+2.5 / -2.5					
Tubo estándar	5X02				5X02					
Sumando de combinación	-1.5				-1.5					
Índice de deslumbramiento corrigido en relación a 4400 m Rujó luminaria total										

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

RECIBIDOR / Resumen



Altura del local: 5.000 m, Altura de montaje: 4.400 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:97

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	330	210	417	0.635
Suelo	20	285	202	346	0.711
Techo	70	195	62	638	0.318
Paredes (4)	50	165	75	298	/

**Plano útil:**  
 Altura: 0.850 m  
 Trama: 32 x 32 Puntos  
 Zona marginal: 0.000 m

**UGR**  
 Pared izq 14  
 Pared inferior 14  
 (CIE, SHR = 0.25.)

Longi- 14  
 Tran 15  
 al eje de luminaria

Lista de piezas - Luminarias

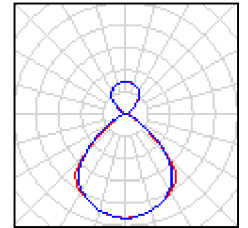
Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	6	PHILIPS BPS800 1xLXML/CW AC-MLO (1.000)	4400	4400	150.0
			Total: 26400	Total: 26400	900.0

Valor de eficiencia energética:  $24.87 \text{ W/m}^2 = 7.54 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $36.19 \text{ m}^2$ )

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## RECIBIDOR / Lista de luminarias

6 Pieza PHILIPS BPS800 1xLXML/CW AC-MLO  
N° de artículo:  
Flujo luminoso (Luminaria): 4400 lm  
Flujo luminoso (Lámparas): 4400 lm  
Potencia de las luminarias: 150.0 W  
Clasificación luminarias según CIE: 78  
Código CIE Flux: 64 92 98 78 100  
Lámpara: 1 x LXML/CW/- (Factor de corrección 1.000).



Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## RECIBIDOR / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 26400 lm  
Potencia total: 900.0 W  
Factor mantenimiento: 0.80  
Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m <sup>2</sup> ]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	231	99	330	/	/
Suelo	191	94	285	20	18
Techo	125	70	195	70	43
Pared 1	78	87	165	50	26
Pared 2	78	87	166	50	26
Pared 3	78	86	164	50	26
Pared 4	78	87	166	50	26

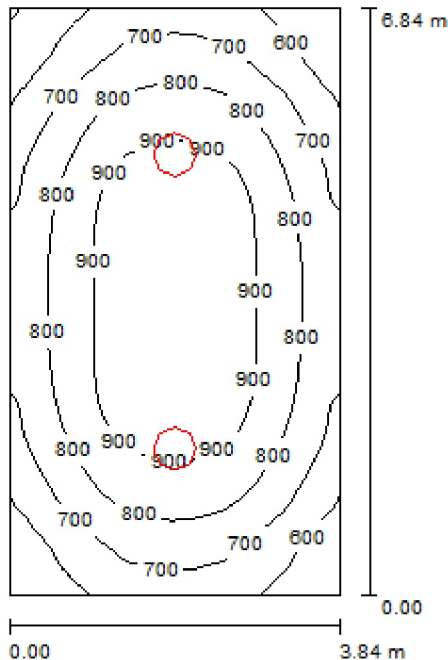
Simetrías en el plano útil  
 $E_{\min} / E_{\max}$ : 0.635 (1:2)  
 $E_{\min} / E_{\max}$ : 0.503 (1:2)

**UGR** Longi- Tran al eje de luminaria  
Pared izq 14 15  
Pared inferior 14 15  
(CIE, SHR = 0.25.)

Valor de eficiencia energética: 24.87 W/m<sup>2</sup> = 7.54 W/m<sup>2</sup>/100 lx (Base: 36.19 m<sup>2</sup>)

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**CALDERA / Resumen**



Altura del local: 5.000 m, Altura de montaje: 5.000 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:88

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	788	494	980	0.627
Suelo	20	656	463	788	0.707
Techo	70	149	110	172	0.737
Paredes (4)	50	382	112	755	/

**Plano útil:**  
 Altura: 0.850 m  
 Trama: 64 x 64 Puntos  
 Zona marginal: 0.000 m

**UGR**  
 Pared izq 25  
 Pared inferior 25  
 (CIE, SHR = 0.25.)

Longi- 25  
 Tran 25  
 al eje de luminaria

**Lista de piezas - Luminarias**

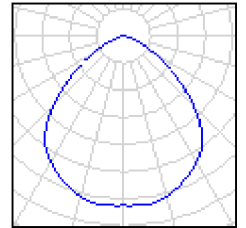
Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	2	PHILIPS HPK238 1xHPI-P400W-BUS +GPK238 R-WB +ZDK004 GC-WB (1.000)	22425	32500	428.0
			Total: 44850	Total: 65000	856.0

Valor de eficiencia energética:  $32.59 \text{ W/m}^2 = 4.14 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $26.27 \text{ m}^2$ )

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## CALDERA / Lista de luminarias

2 Pieza PHILIPS HPK238 1xHPI-P400W-BUS +GPK238  
R-WB +ZDK004 GC-WB  
N° de artículo:  
Flujo luminoso (Luminaria): 22425 lm  
Flujo luminoso (Lámparas): 32500 lm  
Potencia de las luminarias: 428.0 W  
Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 62 92 99 100 69  
Lámpara: 1 x HPI-P400W-BUS/743 (Factor de  
corrección 1.000).



Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## CALDERA / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 44850 lm  
Potencia total: 856.0 W  
Factor mantenimiento: 0.80  
Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m <sup>2</sup> ]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	603	185	788	/	/
Suelo	472	184	656	20	42
Techo	0.00	149	149	70	33
Pared 1	220	161	380	50	61
Pared 2	220	163	383	50	61
Pared 3	220	160	380	50	60
Pared 4	220	164	383	50	61

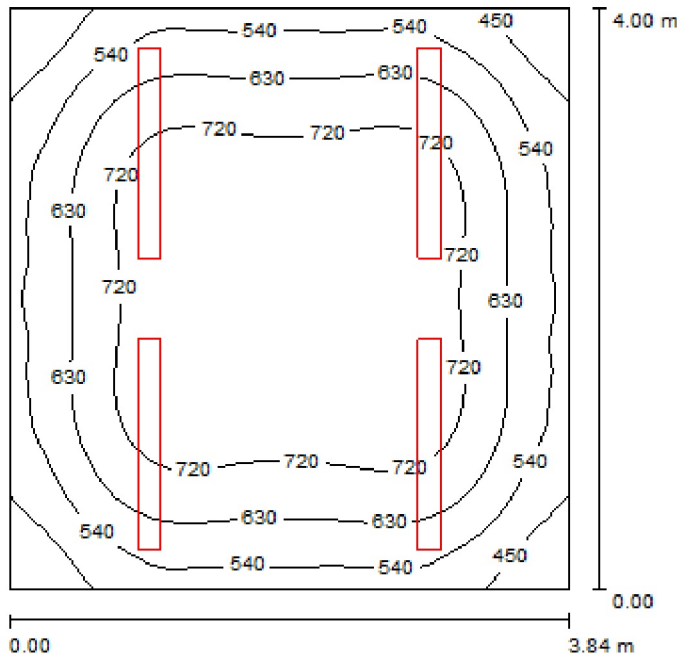
Simetrías en el plano útil

$E_{\min} / E_m$ : 0.627 (1:2)	<b>UGR</b>	Longi-	Tran	al eje de luminaria
$E_{\min} / E_{\max}$ : 0.504 (1:2)	Pared izq	25	25	
	Pared inferior	25	25	
	(CIE, SHR = 0.25.)			

Valor de eficiencia energética: 32.59 W/m<sup>2</sup> = 4.14 W/m<sup>2</sup>/100 lx (Base: 26.27 m<sup>2</sup>)

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**OFICINA / Resumen**



Altura del local: 3.000 m, Altura de montaje: 2.400 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:52

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	643	378	783	0.589
Suelo	20	512	335	645	0.654
Techo	70	294	112	679	0.380
Paredes (4)	50	253	112	533	/

<b>Plano útil:</b>		<b>UGR</b>	Longi-	Tran	al eje de luminaria
Altura:	0.850 m	Pared izq	15	15	
Trama:	32 x 32 Puntos	Pared inferior	15	15	
Zona marginal:	0.000 m	(CIE, SHR = 0.25.)			

**Lista de piezas - Luminarias**

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	4	PHILIPS BPS800 1xLXML/CW AC-MLO (1.000)	4400	4400	150.0
			Total: 17600	Total: 17600	600.0

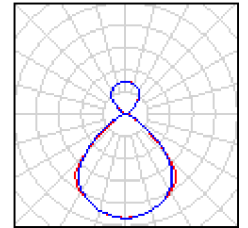
Valor de eficiencia energética:  $39.06 \text{ W/m}^2 = 6.08 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $15.36 \text{ m}^2$ )



Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## OFICINA / Lista de luminarias

4 Pieza PHILIPS BPS800 1xLXML/CW AC-MLO  
N° de artículo:  
Flujo luminoso (Luminaria): 4400 lm  
Flujo luminoso (Lámparas): 4400 lm  
Potencia de las luminarias: 150.0 W  
Clasificación luminarias según CIE: 78  
Código CIE Flux: 64 92 98 78 100  
Lámpara: 1 x LXML/CW/- (Factor de corrección 1.000).



Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## OFICINA / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 17600 lm  
Potencia total: 600.0 W  
Factor mantenimiento: 0.80  
Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m <sup>2</sup> ]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	489	154	643	/	/
Suelo	364	148	512	20	33
Techo	189	105	294	70	65
Pared 1	125	134	259	50	41
Pared 2	111	136	247	50	39
Pared 3	125	134	259	50	41
Pared 4	111	136	247	50	39

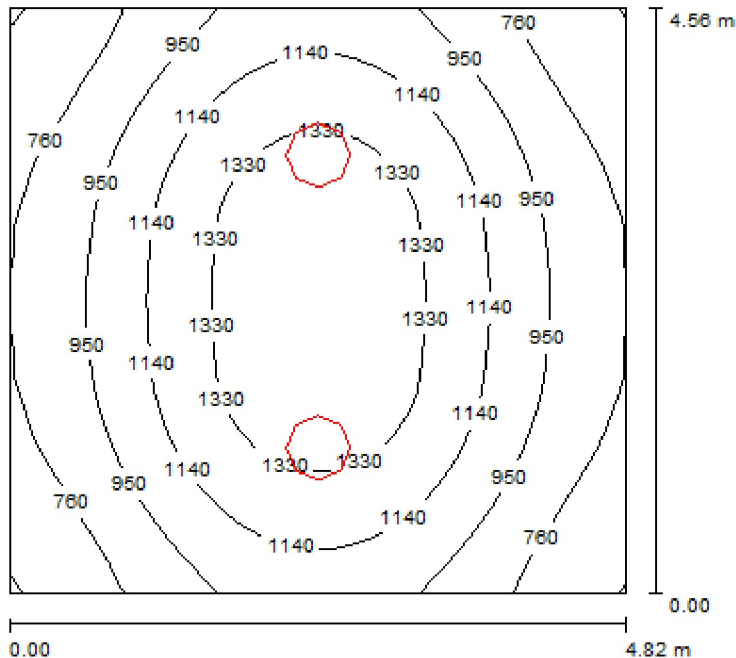
Simetrías en el plano útil  
 $E_{\min} / E_m$ : 0.589 (1:2)  
 $E_{\min} / E_{\max}$ : 0.483 (1:2)

**UGR** Longi- Tran al eje de luminaria  
 Pared izq 15 15  
 Pared inferior 15 15  
 (CIE, SHR = 0.25.)

Valor de eficiencia energética: 39.06 W/m<sup>2</sup> = 6.08 W/m<sup>2</sup>/100 lx (Base: 15.36 m<sup>2</sup>)

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**Z. TUNDOSADO / Resumen**



Altura del local: 5.000 m, Altura de montaje: 4.400 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:59

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	1051	561	1483	0.534
Suelo	20	861	594	1086	0.690
Techo	70	156	121	180	0.775
Paredes (4)	50	410	113	1494	/

**Plano útil:**

Altura: 0.850 m  
Trama: 32 x 32 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

**Lista de piezas - Luminarias**

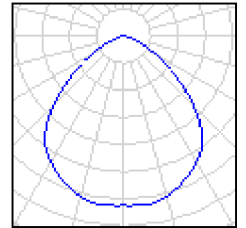
Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	2	PHILIPS HPK238 1xHPI-P400W-BUS +GPK238 R-WB +ZDK004 GC-WB (1.000)	22425	32500	428.0
			Total: 44850	Total: 65000	856.0

Valor de eficiencia energética:  $38.95 \text{ W/m}^2 = 3.70 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $21.98 \text{ m}^2$ )

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Z. TUNDOSADO / Lista de luminarias

2 Pieza PHILIPS HPK238 1xHPI-P400W-BUS +GPK238  
R-WB +ZDK004 GC-WB  
N° de artículo:  
Flujo luminoso (Luminaria): 22425 lm  
Flujo luminoso (Lámparas): 32500 lm  
Potencia de las luminarias: 428.0 W  
Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 62 92 99 100 69  
Lámpara: 1 x HPI-P400W-BUS/743 (Factor de  
corrección 1.000).



Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Z. TUNDOSADO / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 44850 lm  
Potencia total: 856.0 W  
Factor mantenimiento: 0.80  
Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m <sup>2</sup> ]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	845	206	1051	/	/
Suelo	645	216	861	20	55
Techo	0.00	156	156	70	35
Pared 1	270	176	447	50	71
Pared 2	189	181	370	50	59
Pared 3	270	176	446	50	71
Pared 4	189	181	371	50	59

Simetrías en el plano útil

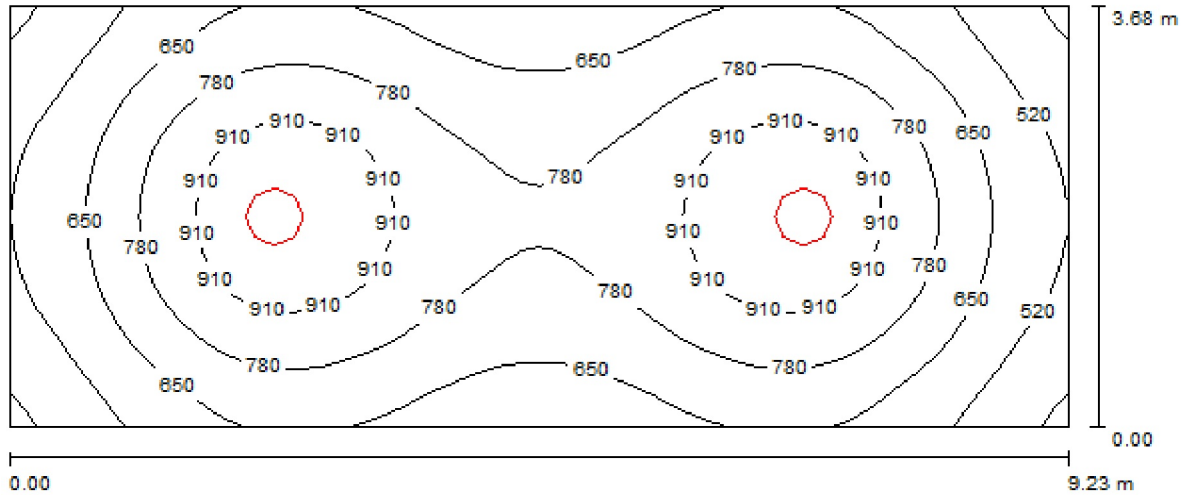
$E_{\min} / E_{\max}$ : 0.534 (1:2)

$E_{\min} / E_{\max}$ : 0.378 (1:3)

Valor de eficiencia energética:  $38.95 \text{ W/m}^2 = 3.70 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $21.98 \text{ m}^2$ )

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**ENROLLADORA / Resumen**



Altura del local: 5.000 m, Altura de montaje: 4.400 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:66

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	732	364	1002	0.498
Suelo	20	610	381	738	0.625
Techo	70	106	79	122	0.745
Paredes (4)	50	276	74	638	/

**Plano útil:**

Altura: 0.850 m  
Trama: 64 x 32 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

**Lista de piezas - Luminarias**

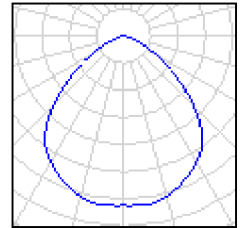
Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	2	PHILIPS HPK238 1xHPI-P400W-BUS +GPK238 R-WB +ZDK004 GC-WB (1.000)	22425	32500	428.0
			Total: 44850	Total: 65000	856.0

Valor de eficiencia energética:  $25.20 \text{ W/m}^2 = 3.44 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $33.97 \text{ m}^2$ )

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## ENROLLADORA / Lista de luminarias

2 Pieza PHILIPS HPK238 1xHPI-P400W-BUS +GPK238  
R-WB +ZDK004 GC-WB  
N° de artículo:  
Flujo luminoso (Luminaria): 22425 lm  
Flujo luminoso (Lámparas): 32500 lm  
Potencia de las luminarias: 428.0 W  
Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 62 92 99 100 69  
Lámpara: 1 x HPI-P400W-BUS/743 (Factor de  
corrección 1.000).



Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## ENROLLADORA / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 44850 lm  
Potencia total: 856.0 W  
Factor mantenimiento: 0.80  
Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m <sup>2</sup> ]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	596	136	732	/	/
Suelo	466	144	610	20	39
Techo	0.00	106	106	70	24
Pared 1	165	122	286	50	46
Pared 2	131	118	249	50	40
Pared 3	165	121	286	50	46
Pared 4	131	118	249	50	40

Simetrías en el plano útil

$E_{\min} / E_{\max}$ : 0.498 (1:2)

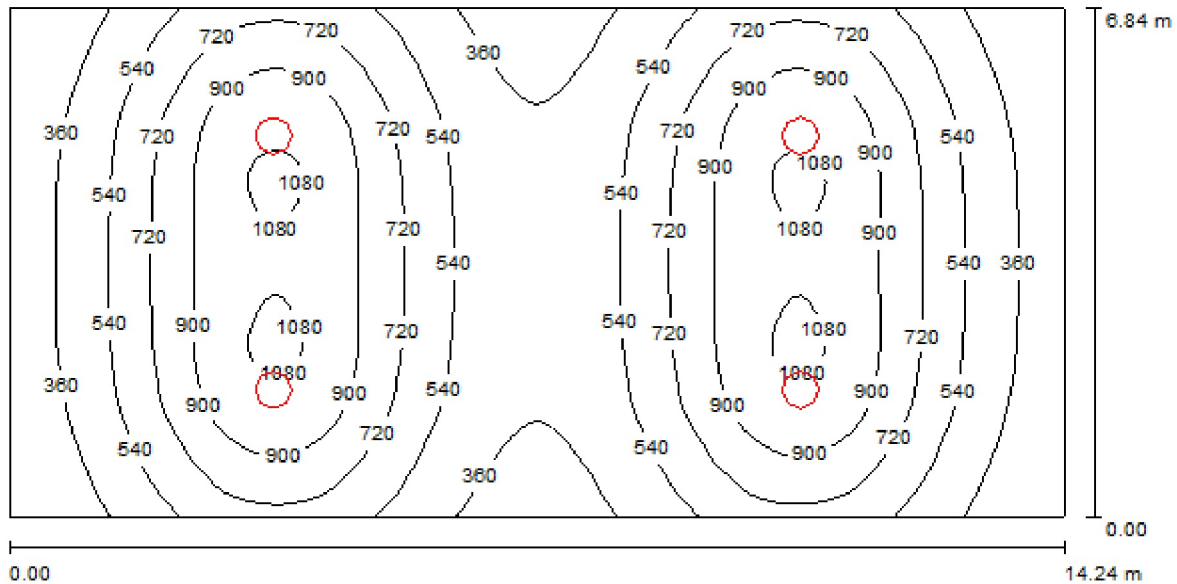
$E_{\min} / E_{\max}$ : 0.364 (1:3)

Valor de eficiencia energética: 25.20 W/m<sup>2</sup> = 3.44 W/m<sup>2</sup>/100 lx (Base: 33.97 m<sup>2</sup>)



Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**ALMACEN / Resumen**



Altura del local: 5.000 m, Altura de montaje: 4.400 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:102

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	643	211	1110	0.328
Suelo	20	584	267	848	0.457
Techo	70	101	72	118	0.707
Paredes (4)	50	215	70	696	/

Plano útil:		UGR	Longi-	Tran	al eje de luminaria
Altura:	0.850 m	Pared izq	25	25	
Trama:	64 x 128 Puntos	Pared inferior	25	25	
Zona marginal:	0.000 m	(CIE, SHR = 0.25.)			

**Lista de piezas - Luminarias**

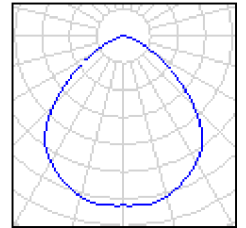
Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	4	PHILIPS HPK238 1xHPI-P400W-BUS +GPK238 R-WB +ZDK004 GC-WB (1.000)	22425	32500	428.0
			Total: 89700	Total: 130000	1712.0

Valor de eficiencia energética:  $17.58 \text{ W/m}^2 = 2.73 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $97.40 \text{ m}^2$ )

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## ALMACEN / Lista de luminarias

4 Pieza PHILIPS HPK238 1xHPI-P400W-BUS +GPK238  
R-WB +ZDK004 GC-WB  
N° de artículo:  
Flujo luminoso (Luminaria): 22425 lm  
Flujo luminoso (Lámparas): 32500 lm  
Potencia de las luminarias: 428.0 W  
Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 62 92 99 100 69  
Lámpara: 1 x HPI-P400W-BUS/743 (Factor de  
corrección 1.000).



Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## ALMACEN / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 89700 lm  
Potencia total: 1712.0 W  
Factor mantenimiento: 0.80  
Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m <sup>2</sup> ]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	550	93	643	/	/
Suelo	481	102	584	20	37
Techo	0.00	101	101	70	23
Pared 1	139	98	237	50	38
Pared 2	74	97	171	50	27
Pared 3	139	97	236	50	37
Pared 4	74	99	173	50	28

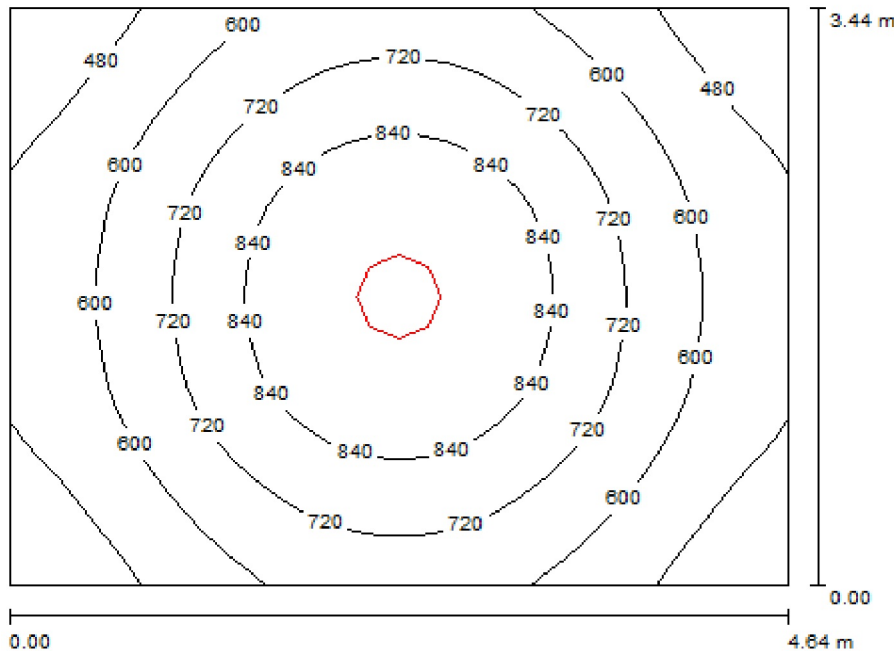
Simetrías en el plano útil

$E_{\min} / E_m$ : 0.328 (1:3)	<b>UGR</b>	Longi-	Tran	al eje de luminaria
$E_{\min} / E_{\max}$ : 0.190 (1:5)	Pared izq	25	25	
	Pared inferior	25	25	
	(CIE, SHR = 0.25.)			

Valor de eficiencia energética: 17.58 W/m<sup>2</sup> = 2.73 W/m<sup>2</sup>/100 lx (Base: 97.40 m<sup>2</sup>)

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**ZONA ETIQUETADO / Resumen**



Altura del local: 5.000 m, Altura de montaje: 4.400 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:45

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	674	373	961	0.554
Suelo	20	528	370	657	0.701
Techo	70	92	73	104	0.793
Paredes (4)	50	262	66	699	/

**Plano útil:**

Altura: 0.850 m  
Trama: 32 x 32 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

**Lista de piezas - Luminarias**

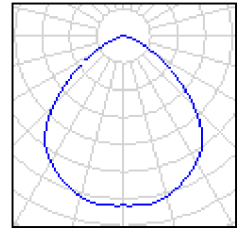
Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	1	PHILIPS HPK238 1xHPI-P400W-BUS +GPK238 R-WB +ZDK004 GC-WB (1.000)	22425	32500	428.0
			Total: 22425	Total: 32500	428.0

Valor de eficiencia energética:  $26.81 \text{ W/m}^2 = 3.98 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $15.96 \text{ m}^2$ )

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## ZONA ETIQUETADO / Lista de luminarias

1 Pieza PHILIPS HPK238 1xHPI-P400W-BUS +GPK238  
R-WB +ZDK004 GC-WB  
N° de artículo:  
Flujo luminoso (Luminaria): 22425 lm  
Flujo luminoso (Lámparas): 32500 lm  
Potencia de las luminarias: 428.0 W  
Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 62 92 99 100 69  
Lámpara: 1 x HPI-P400W-BUS/743 (Factor de  
corrección 1.000).



Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## ZONA ETIQUETADO / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 22425 lm  
Potencia total: 428.0 W  
Factor mantenimiento: 0.80  
Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m <sup>2</sup> ]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	532	142	674	/	/
Suelo	383	145	528	20	34
Techo	0.00	92	92	70	21
Pared 1	161	116	276	50	44
Pared 2	126	116	242	50	39
Pared 3	161	116	276	50	44
Pared 4	126	118	244	50	39

Simetrías en el plano útil

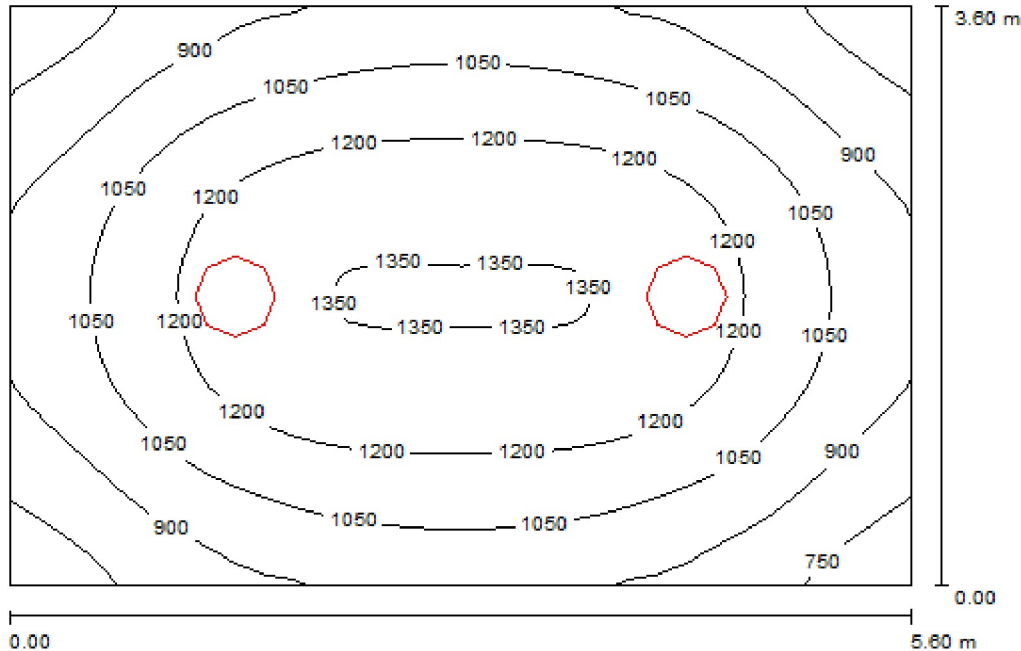
$E_{\min} / E_{\max}$ : 0.554 (1:2)

$E_{\min} / E_{\max}$ : 0.389 (1:3)

Valor de eficiencia energética: 26.81 W/m<sup>2</sup> = 3.98 W/m<sup>2</sup>/100 lx (Base: 15.96 m<sup>2</sup>)

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**ZONA PERCHADO / Resumen**



Altura del local: 5.000 m, Altura de montaje: 4.400 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:47

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	1071	648	1362	0.605
Suelo	20	869	634	1050	0.729
Techo	70	161	125	186	0.776
Paredes (4)	50	445	117	1073	/

**Plano útil:**

Altura: 0.850 m  
Trama: 32 x 32 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

**Lista de piezas - Luminarias**

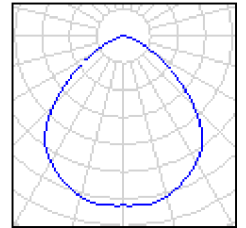
Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	2	PHILIPS HPK238 1xHPI-P400W-BUS +GPK238 R-WB +ZDK004 GC-WB (1.000)	22425	32500	428.0
			Total: 44850	Total: 65000	856.0

Valor de eficiencia energética:  $42.46 \text{ W/m}^2 = 3.96 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $20.16 \text{ m}^2$ )

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## ZONA PERCHADO / Lista de luminarias

2 Pieza PHILIPS HPK238 1xHPI-P400W-BUS +GPK238  
R-WB +ZDK004 GC-WB  
N° de artículo:  
Flujo luminoso (Luminaria): 22425 lm  
Flujo luminoso (Lámparas): 32500 lm  
Potencia de las luminarias: 428.0 W  
Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 62 92 99 100 69  
Lámpara: 1 x HPI-P400W-BUS/743 (Factor de  
corrección 1.000).





Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## ZONA PERCHADO / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 44850 lm  
Potencia total: 856.0 W  
Factor mantenimiento: 0.80  
Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m <sup>2</sup> ]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	842	229	1071	/	/
Suelo	635	234	869	20	55
Techo	0.00	161	161	70	36
Pared 1	244	195	439	50	70
Pared 2	261	191	452	50	72
Pared 3	244	195	439	50	70
Pared 4	261	195	456	50	73

Simetrías en el plano útil

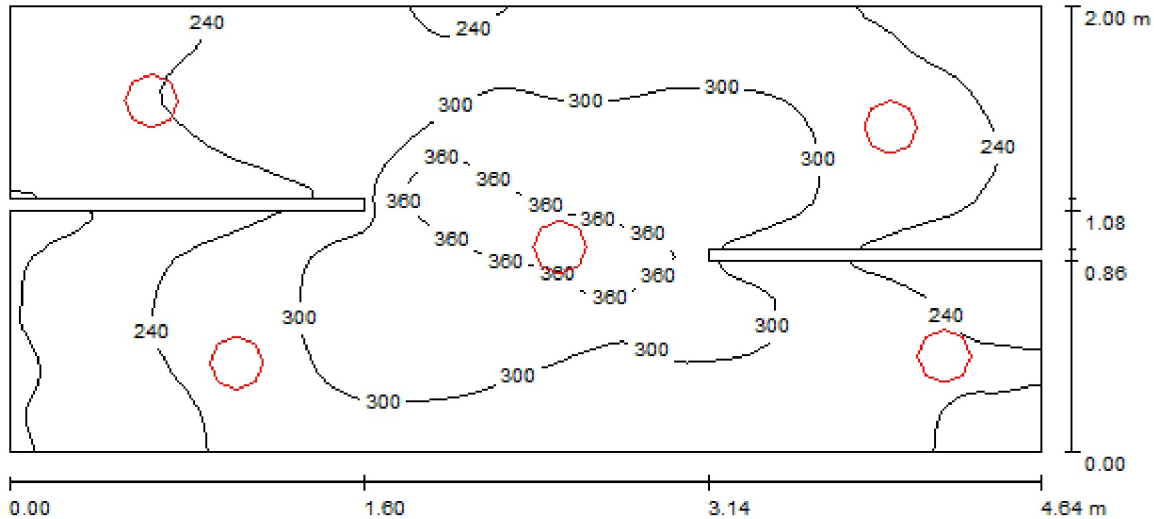
$E_{\min} / E_{\max}$ : 0.605 (1:2)

$E_{\min} / E_{\max}$ : 0.476 (1:2)

Valor de eficiencia energética:  $42.46 \text{ W/m}^2 = 3.96 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $20.16 \text{ m}^2$ )

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**VEST. MASCULINO / Resumen**



Altura del local: 3.000 m, Altura de montaje: 3.122 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:34

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	271	144	397	0.530
Suelo	20	197	109	297	0.553
Techo	70	62	45	137	0.716
Paredes (12)	50	133	45	636	/

**Plano útil:**

Altura: 0.850 m  
Trama: 64 x 32 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

**Lista de piezas - Luminarias**

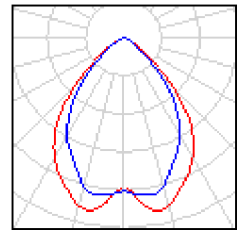
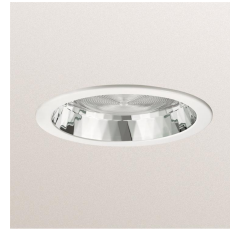
N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	5	PHILIPS FBS120 2xPL-C/2P18W P (1.000)	1392	2400	50.6
			Total: 6960	Total: 12000	253.0

Valor de eficiencia energética:  $27.80 \text{ W/m}^2 = 10.27 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $9.10 \text{ m}^2$ )

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## VEST. MASCULINO / Lista de luminarias

5 Pieza PHILIPS FBS120 2xPL-C/2P18W P  
N° de artículo:  
Flujo luminoso (Luminaria): 1392 lm  
Flujo luminoso (Lámparas): 2400 lm  
Potencia de las luminarias: 50.6 W  
Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 75 96 100 100 59  
Lámpara: 2 x PL-C/2P18W/840 (Factor de corrección 1.000).



Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## VEST. MASCULINO / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 6960 lm  
Potencia total: 253.0 W  
Factor mantenimiento: 0.80  
Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m <sup>2</sup> ]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	209	62	271	/	/
Suelo	147	51	197	20	13
Techo	0.00	62	62	70	14
Pared 1	54	53	108	50	17
Pared 2	75	58	133	50	21
Pared 3	119	70	189	50	30
Pared 4	71	71	142	50	23
Pared 5	105	54	159	50	25
Pared 6	66	62	128	50	20
Pared 7	82	59	141	50	22
Pared 8	70	59	129	50	21
Pared 9	85	65	150	50	24
Pared 10	71	65	135	50	22
Pared 11	74	57	130	50	21
Pared 12	55	58	112	50	18

Simetrías en el plano útil

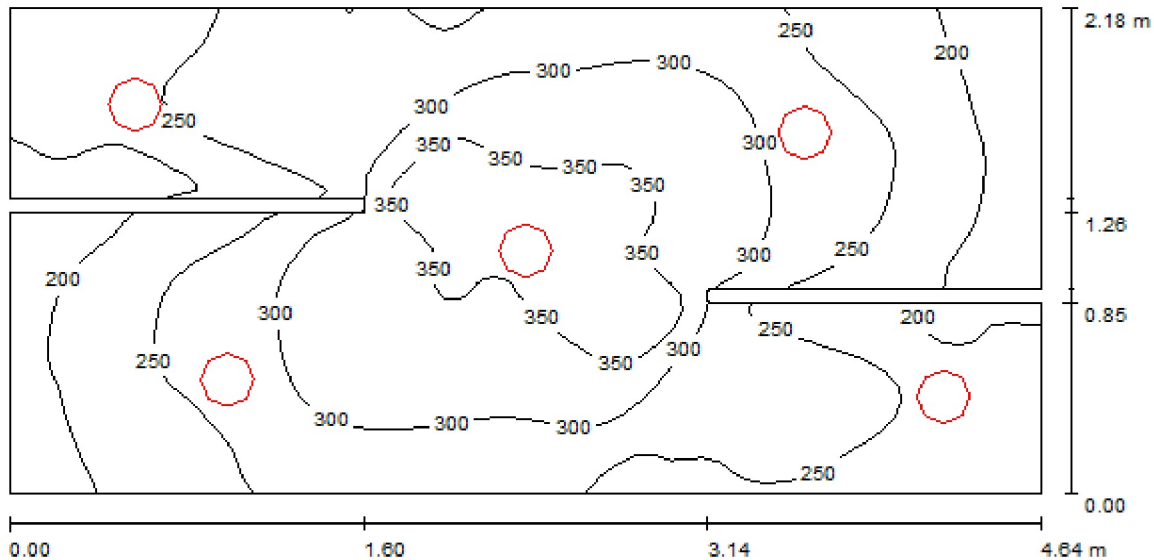
$E_{\min} / E_{\max}$ : 0.530 (1:2)

$E_{\min} / E_{\max}$ : 0.361 (1:3)

Valor de eficiencia energética: 27.80 W/m<sup>2</sup> = 10.27 W/m<sup>2</sup>/100 lx (Base: 9.10 m<sup>2</sup>)

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**VEST. FEMENINO / Resumen**



Altura del local: 3.000 m, Altura de montaje: 3.122 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:34

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	268	150	397	0.558
Suelo	20	197	113	297	0.576
Techo	70	57	38	138	0.668
Paredes (12)	50	127	40	637	/

**Plano útil:**

Altura: 0.850 m  
Trama: 64 x 32 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

**Lista de piezas - Luminarias**

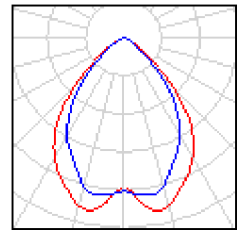
Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	5	PHILIPS FBS120 2xPL-C/2P18W P (1.000)	1392	2400	50.6
			Total: 6960	Total: 12000	253.0

Valor de eficiencia energética: 25.48 W/m<sup>2</sup> = 9.52 W/m<sup>2</sup>/100 lx (Base: 9.93 m<sup>2</sup>)

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## VEST. FEMENINO / Lista de luminarias

5 Pieza PHILIPS FBS120 2xPL-C/2P18W P  
N° de artículo:  
Flujo luminoso (Luminaria): 1392 lm  
Flujo luminoso (Lámparas): 2400 lm  
Potencia de las luminarias: 50.6 W  
Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 75 96 100 100 59  
Lámpara: 2 x PL-C/2P18W/840 (Factor de corrección 1.000).



Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## VEST. FEMENINO / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 6960 lm  
Potencia total: 253.0 W  
Factor mantenimiento: 0.80  
Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m <sup>2</sup> ]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	209	59	268	/	/
Suelo	147	50	197	20	13
Techo	0.00	57	57	70	13
Pared 1	71	66	137	50	22
Pared 2	92	52	145	50	23
Pared 3	52	54	107	50	17
Pared 4	57	51	107	50	17
Pared 5	71	57	128	50	20
Pared 6	114	70	184	50	29
Pared 7	71	70	141	50	22
Pared 8	80	52	132	50	21
Pared 9	54	53	106	50	17
Pared 10	52	50	102	50	16
Pared 11	71	56	126	50	20
Pared 12	94	65	160	50	25

Simetrías en el plano útil

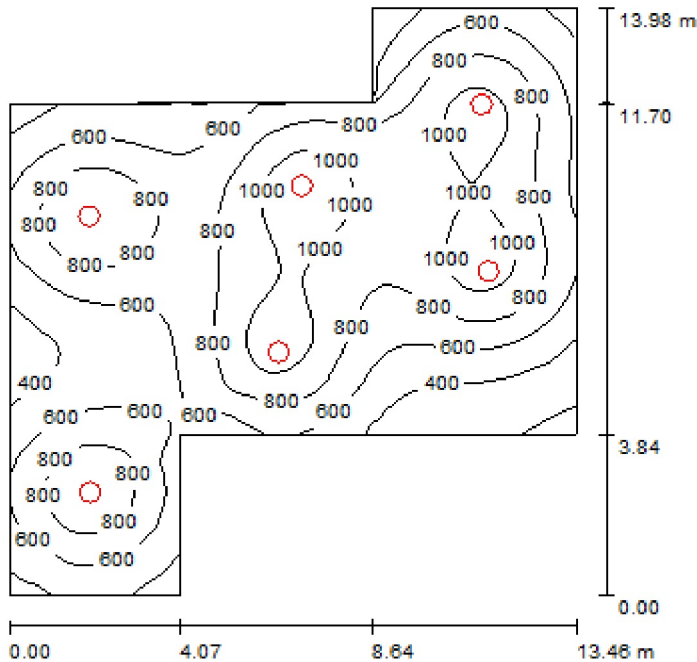
$E_{\min} / E_{\max}$ : 0.558 (1:2)

$E_{\min} / E_{\max}$ : 0.376 (1:3)

Valor de eficiencia energética: 25.48 W/m<sup>2</sup> = 9.52 W/m<sup>2</sup>/100 lx (Base: 9.93 m<sup>2</sup>)

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

**Z. PREPARACION / Resumen**



Altura del local: 5.000 m, Altura de montaje: 4.400 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:180

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	717	158	1125	0.220
Suelo	20	654	233	940	0.356
Techo	70	114	77	141	0.678
Paredes (8)	50	238	74	596	/

**Plano útil:**

Altura: 0.850 m  
Trama: 128 x 128 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

**Lista de piezas - Luminarias**

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	6	PHILIPS HPK238 1xHPI-P400W-BUS +GPK238 R-WB +ZDK004 GC-WB (1.000)	22425	32500	428.0
			Total: 134550	Total: 195000	2568.0

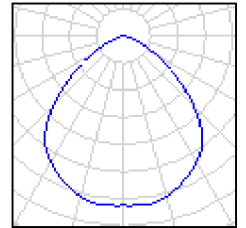
Valor de eficiencia energética:  $19.38 \text{ W/m}^2 = 2.70 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $132.54 \text{ m}^2$ )



Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Z. PREPARACION / Lista de luminarias

6 Pieza PHILIPS HPK238 1xHPI-P400W-BUS +GPK238  
R-WB +ZDK004 GC-WB  
N° de artículo:  
Flujo luminoso (Luminaria): 22425 lm  
Flujo luminoso (Lámparas): 32500 lm  
Potencia de las luminarias: 428.0 W  
Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 62 92 99 100 69  
Lámpara: 1 x HPI-P400W-BUS/743 (Factor de  
corrección 1.000).



Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Z. PREPARACION / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 134550 lm  
Potencia total: 2568.0 W  
Factor mantenimiento: 0.80  
Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m <sup>2</sup> ]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	615	102	717	/	/
Suelo	542	112	654	20	42
Techo	0.00	114	114	70	25
Pared 1	110	103	213	50	34
Pared 2	132	102	235	50	37
Pared 3	113	113	226	50	36
Pared 4	140	106	246	50	39
Pared 5	124	106	230	50	37
Pared 6	101	108	209	50	33
Pared 7	143	115	257	50	41
Pared 8	139	105	244	50	39

Simetrías en el plano útil

$E_{\min} / E_{\max}$ : 0.220 (1:5)

$E_{\min} / E_{\max}$ : 0.140 (1:7)

Valor de eficiencia energética:  $19.38 \text{ W/m}^2 = 2.70 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $132.54 \text{ m}^2$ )



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

“ INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BAJA TENSIÓN DE UNA  
NAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE  
TRANSFORMACIÓN ”

## PLANOS

Alumno: Mikel Sanchez Clemente

Tutor: Amaya Perez Ezcurdia

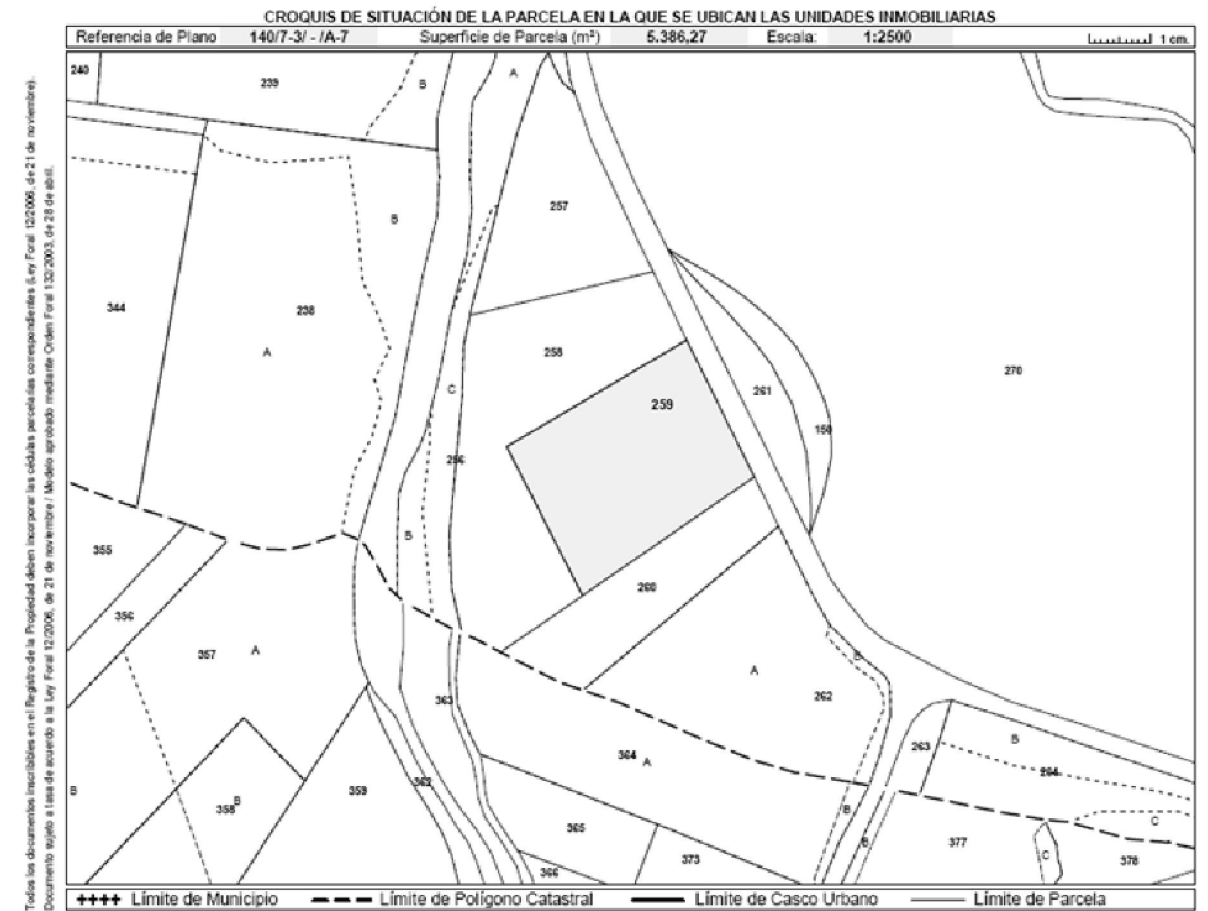
Pamplona, Junio 2014



SITUACIÓN: NAVARRA, ALLÍN




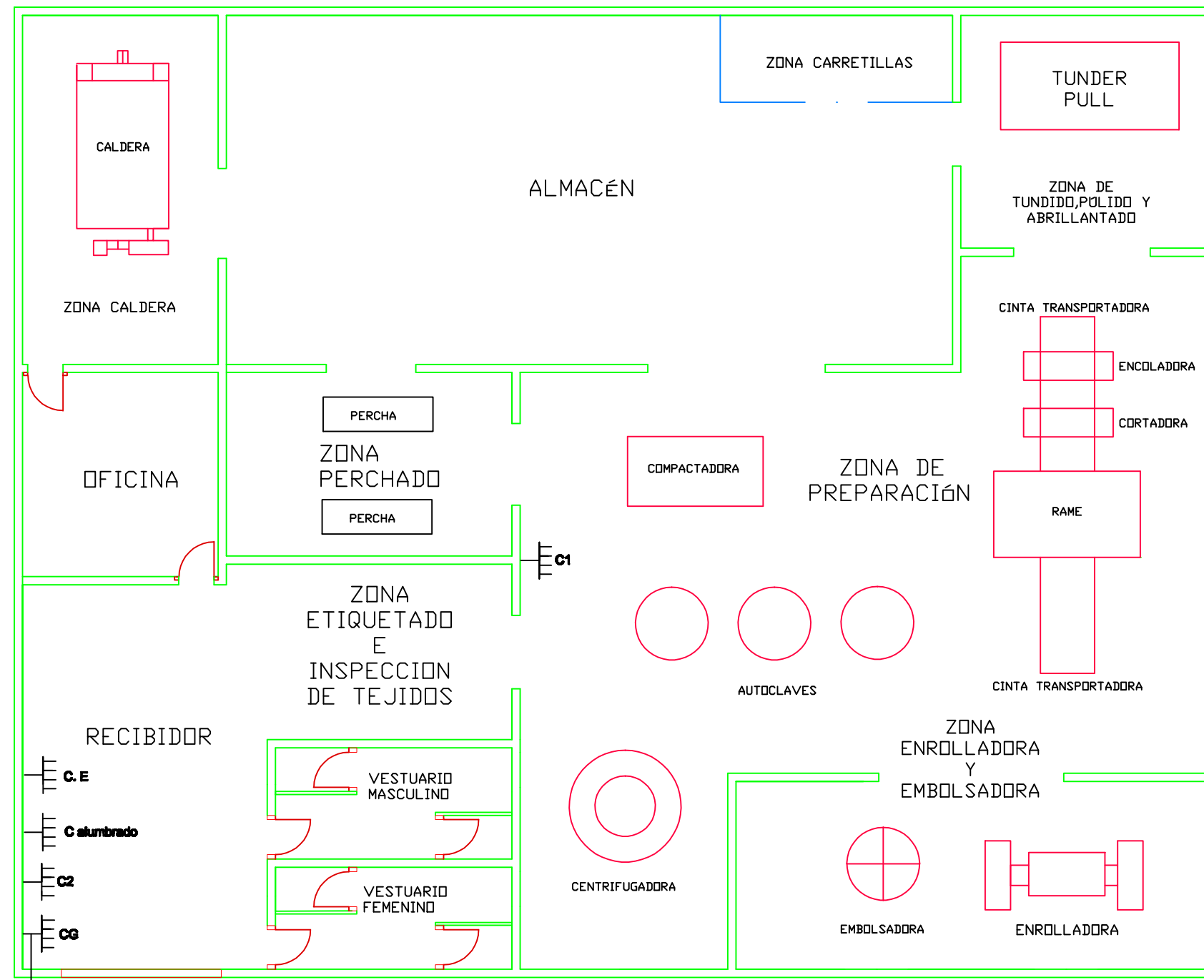
SITUACIÓN NAVE INDUSTRIAL



EMPLAZAMIENTO: CASCO URBANO LARRIÓN



 <b>Universidad Pública de Navarra</b> <b>Nafarroako Unibertsitate Publikoa</b>	<b>E.T.S.I.I.T.</b>	DEPARTAMENTO:
	<b>INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.</b>	<b>DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL</b>
PROYECTO: <b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CT</b>		REALIZADO: <b>SANCHEZ CLEMENTE, MIKEL</b>
PLANO: <b>SITUACIÓN</b>		FIRMA: FECHA: 06/2014    ESCALA: S/E    Nº PLANO: 1




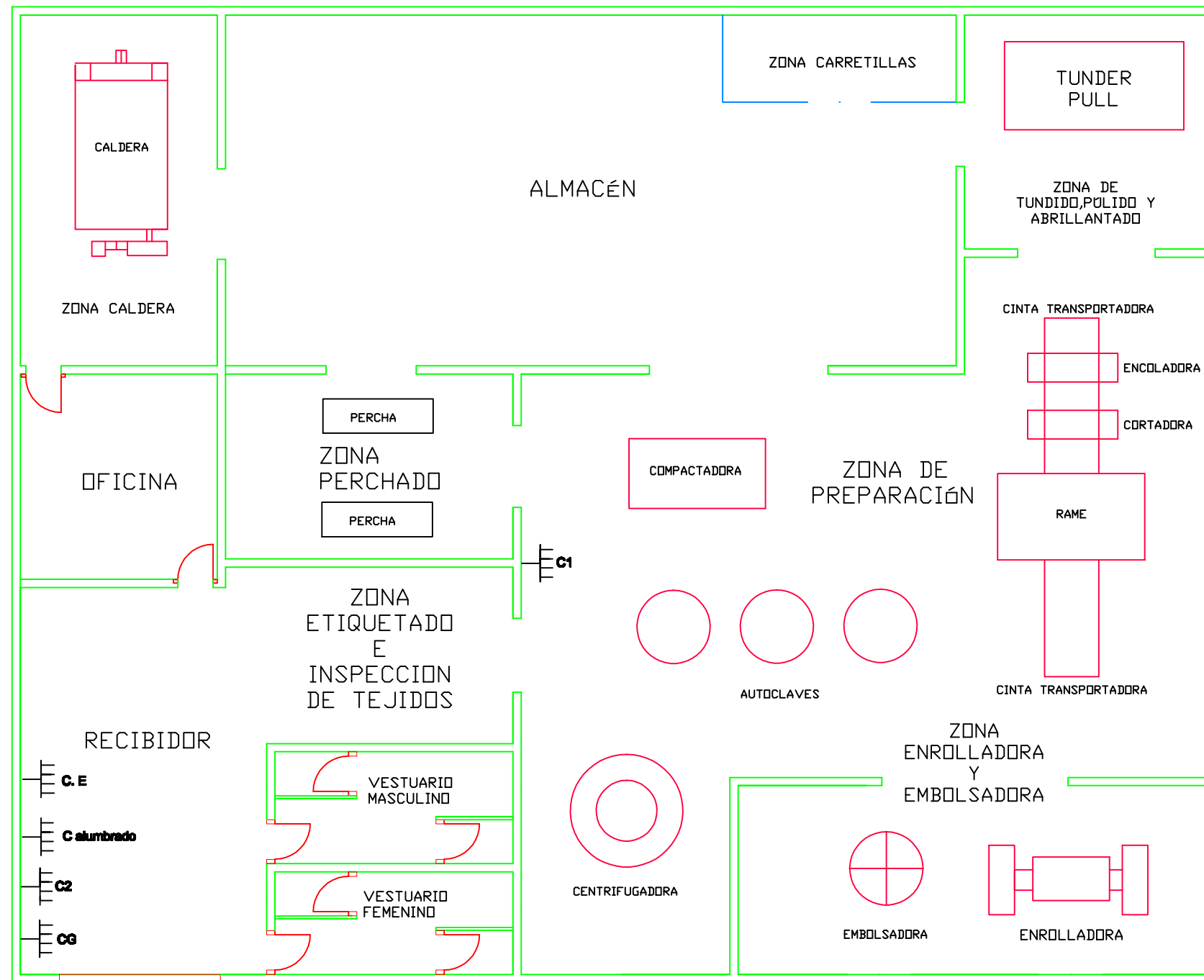
35 m

CT

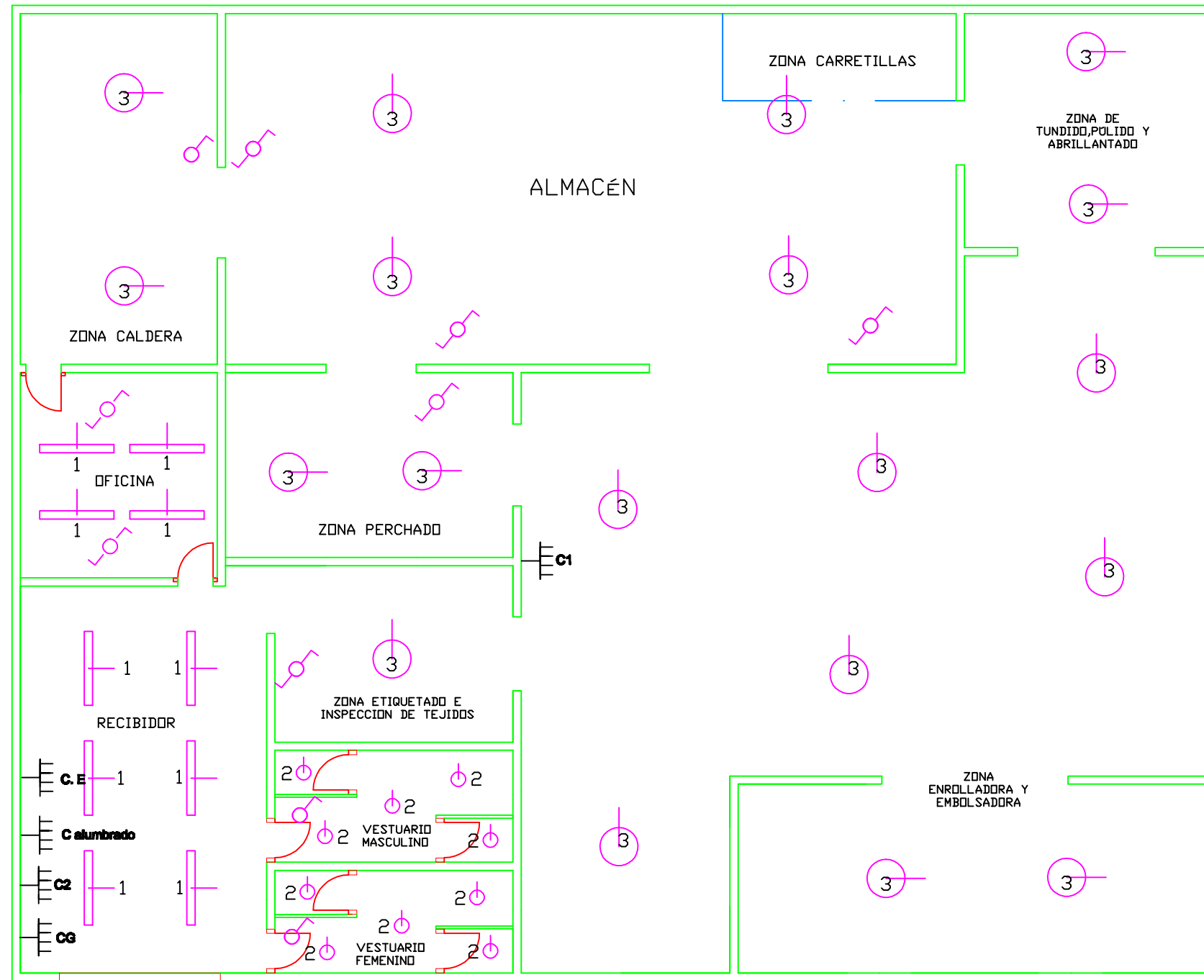
29,24 m


PUNTA FRANKLIN

 <b>Universidad Pública de Navarra</b> <i>Nafarroako Unibertsitate Publikoa</i>	<b>E.T.S.I.I.T.</b>	DEPARTAMENTO: <b>DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL</b>	
	<b>INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.</b>		REALIZADO: <b>SANCHEZ CLEMENTE, MIKEL</b>
PROYECTO: <b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CT</b>		FIRMA:	
PLANO: <b>SITUACIÓN PLANTA, CT Y PARARRAYOS</b>		FECHA: 06/2014	ESCALA: 1:100
		Nº PLANO: 2	

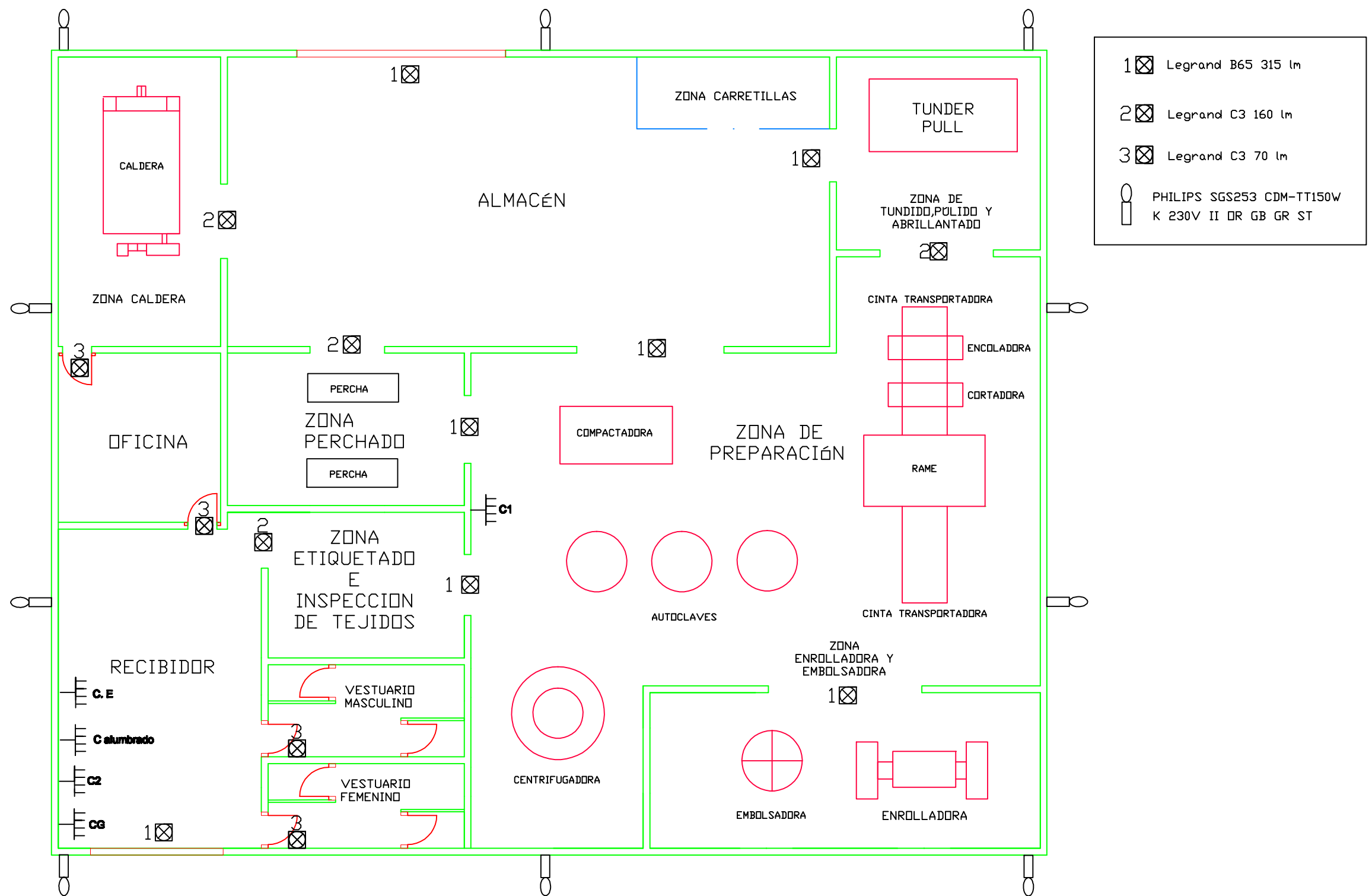


 <b>Universidad Pública de Navarra</b> <i>Nafarroako Unibertsitate Publikoa</i>	<b>E.T.S.I.I.T.</b>	DEPARTAMENTO: <b>DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL</b>
	<b>INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.</b>	REALIZADO: <b>SANCHEZ CLEMENTE, MIKEL</b>
PROYECTO: <b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CT</b>		FIRMA:
PLANO: <b>PLANTA NAVE</b>	FECHA: 06/2014	ESCALA: 1:100
		Nº PLANO: 3

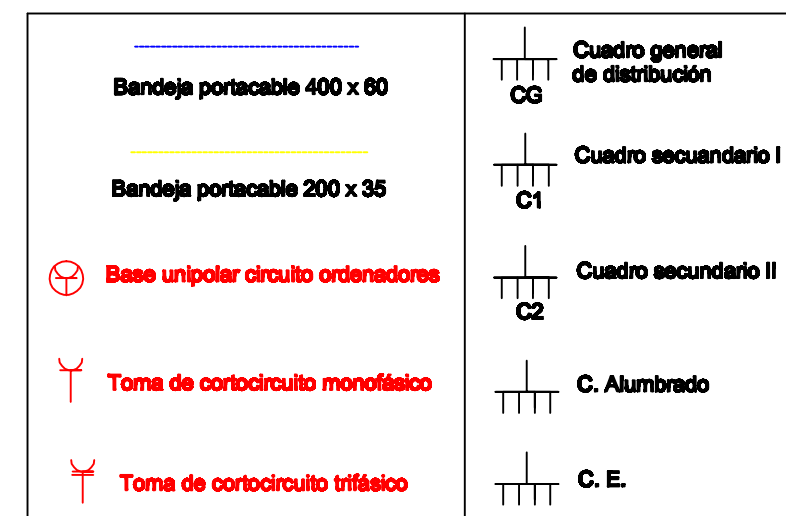
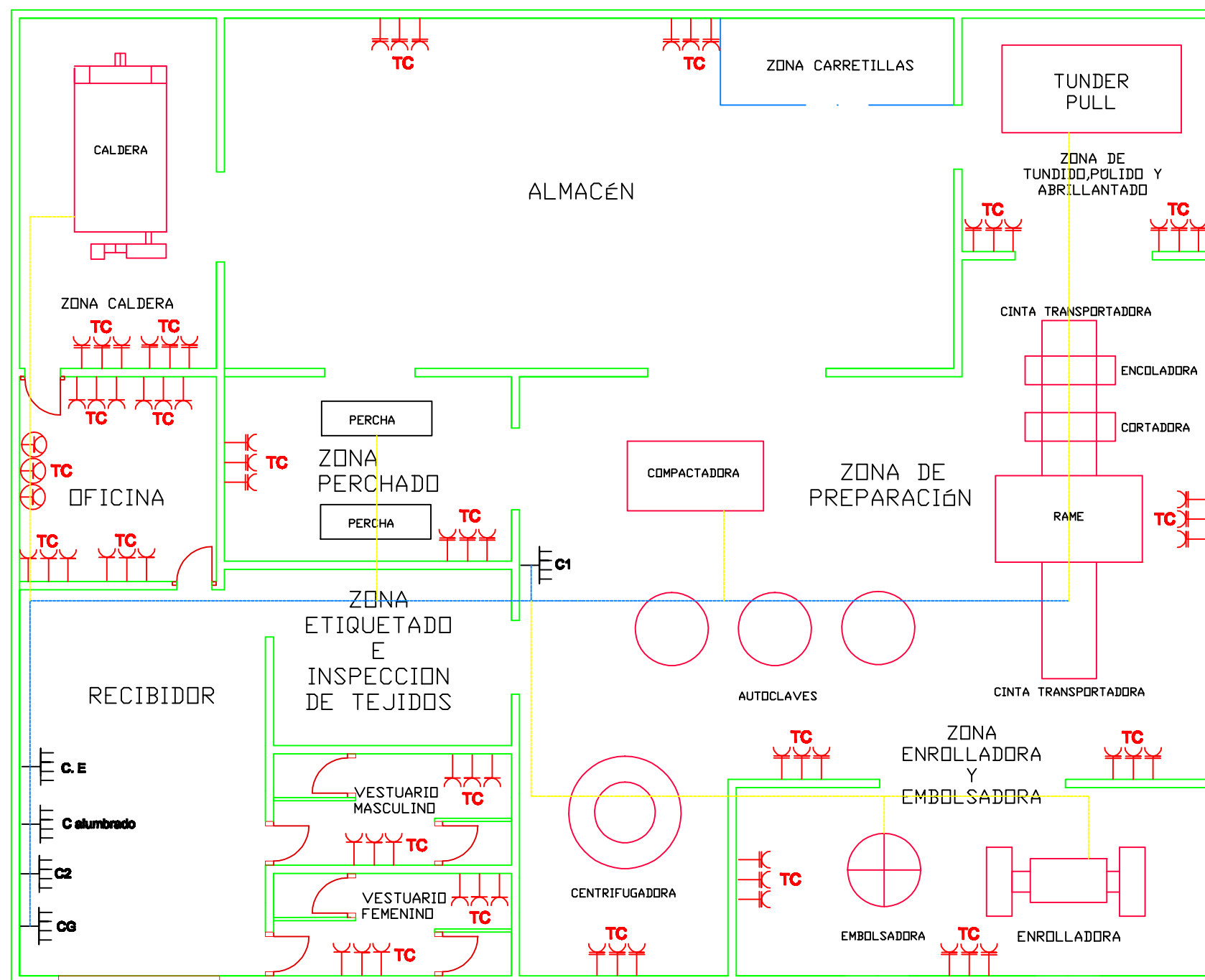


 <b>Universidad Pública de Navarra</b> <b>Nafarroako Unibertsitate Publikoa</b>	<b>E.T.S.I.I.T.</b>	DEPARTAMENTO: <b>DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL</b>	
	<b>INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.</b>	REALIZADO: <b>SANCHEZ CLEMENTE, MIKEL</b>	
PROYECTO: <b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CT</b>		FIRMA:	
PLANO: <b>ALUMBRADO INTERIOR</b>	FECHA: 06/2014	ESCALA: 1:100	Nº PLANO: 4



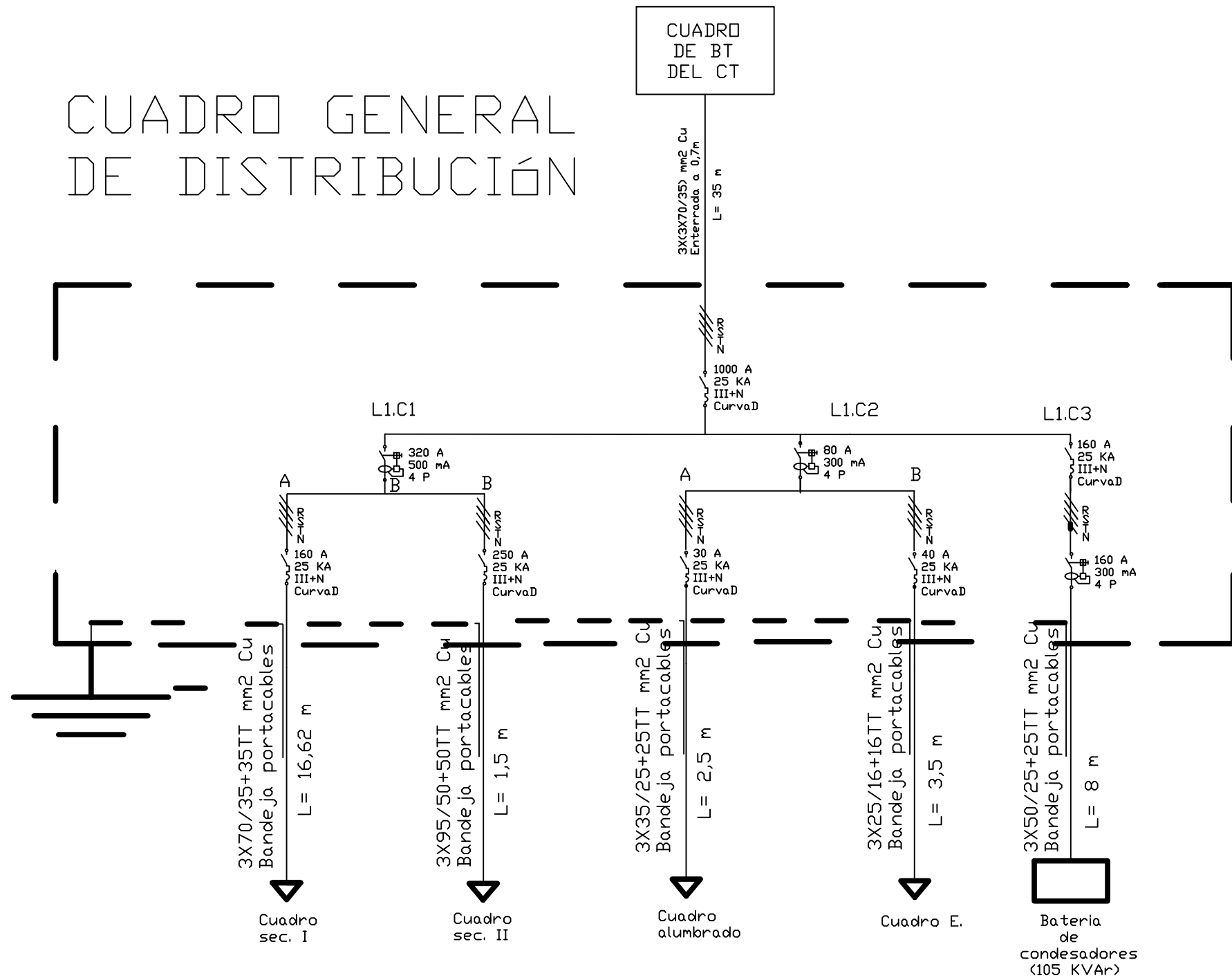


 <b>Universidad Pública de Navarra</b> <i>Nafarroako Unibertsitate Publikoa</i>	<b>E.T.S.I.I.T.</b>	DEPARTAMENTO:
	<b>INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.</b>	<b>DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL</b>
PROYECTO: <b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CT</b>		REALIZADO: <b>SANCHEZ CLEMENTE, MIKEL</b>
PLANO: <b>ALUMBRADO EXTERIOR Y DE EMERGENCIA</b>		FIRMA:
	FECHA: 06/2014	ESCALA: 1:100
	N° PLANO: 5	



<b>Universidad Pública de Navarra</b> <i>Nafarroako Unibertsitate Publikoa</i>	<b>E.T.S.I.I.T.</b>	DEPARTAMENTO: <b>DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL</b>	
	<b>INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.</b>	REALIZADO: <b>SANCHEZ CLEMENTE, MIKEL</b>	
PROYECTO: <b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CT</b>		FIRMA:	
PLANO: <b>DISTRIBUCIÓN DE FUERZA Y TOMAS DE CORRIENTE</b>		FECHA: 06/2014	ESCALA: 1:100
		Nº PLANO: 6	

# CUADRO GENERAL DE DISTRIBUCIÓN



Calibre Sensibilidad N° polos

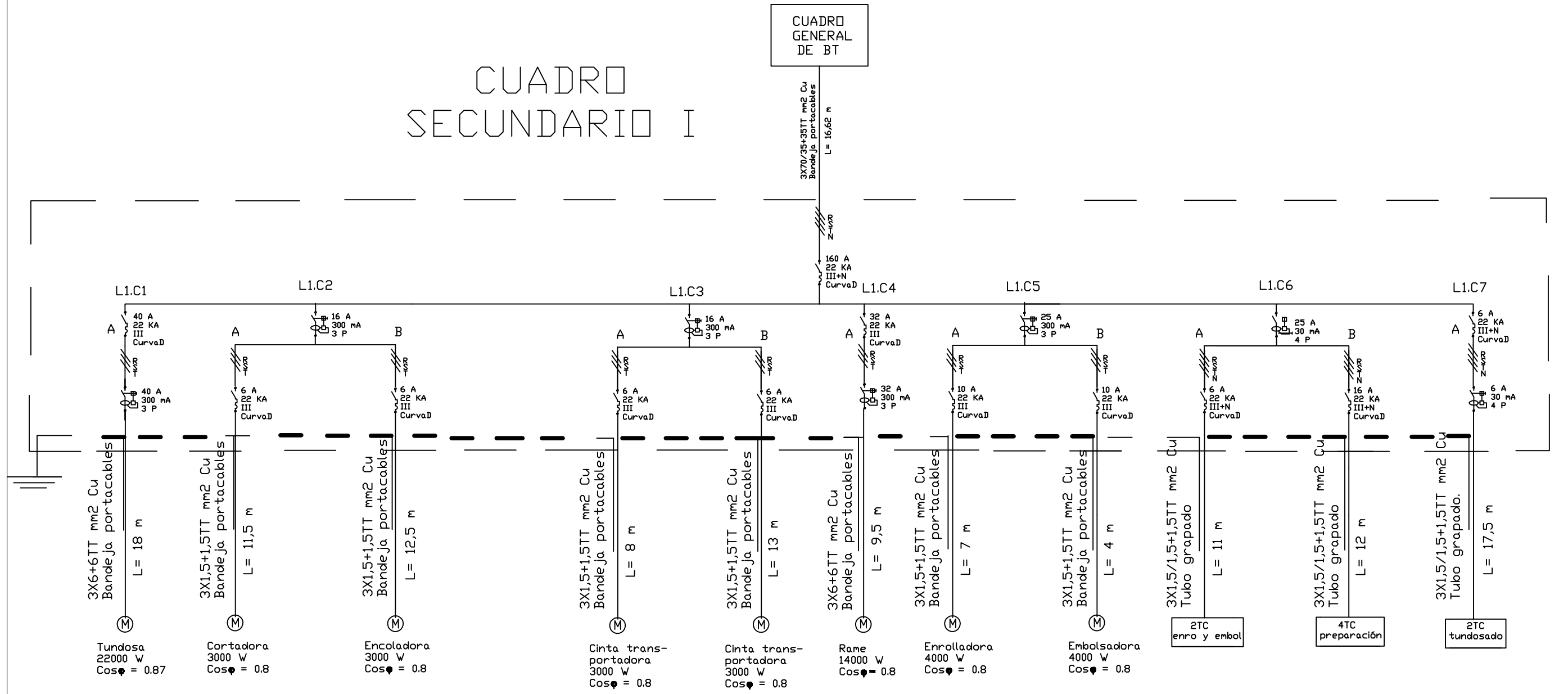
Interruptor diferencial

Inom. PDC Curva

Interruptor automático magnetotérmico

 <p>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</p>	<p><b>E.T.S.I.I.T.</b></p>	<p>DEPARTAMENTO:</p> <p><b>DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL</b></p>
	<p>INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.</p>	<p>REALIZADO:</p> <p><b>SANCHEZ CLEMENTE, MIKEL</b></p>
<p>PROYECTO:</p> <p><b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CT</b></p>		<p>FIRMA:</p>
<p>PLANO:</p> <p><b>ESQUEMA UNIFILAR CUADRO GENERAL</b></p>	<p>FECHA:</p> <p>06/2014</p>	<p>ESCALA:</p>
		<p>Nº PLANO:</p> <p>7</p>

# CUADRO SECUNDARIO I



Calibre  
Sensibilidad  
Nº polos

Interruptor  
diferencial

M Máquina

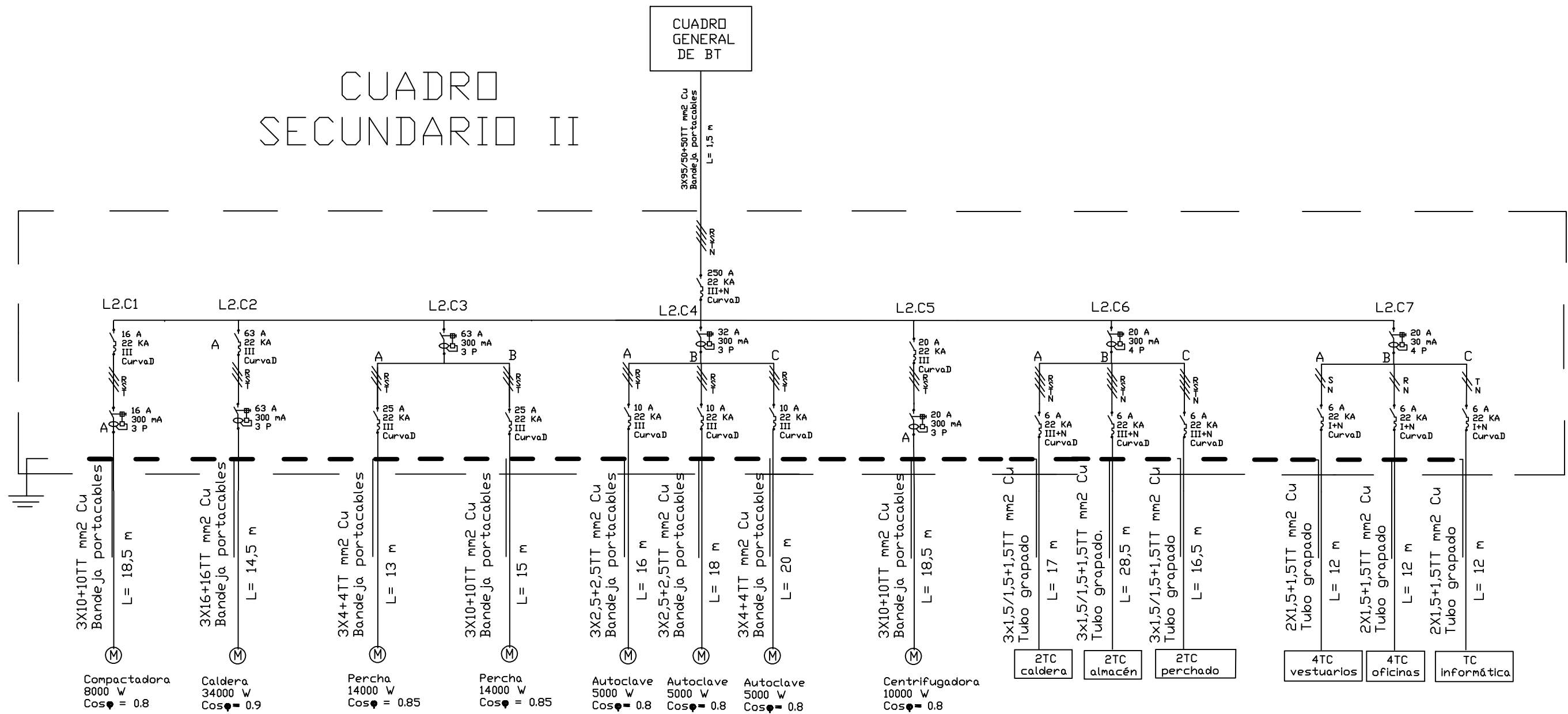
Inom.  
PDC  
Curva

Interruptor  
automático  
magnetotérmico

TC Toma de corriente

 <b>Universidad Pública de Navarra</b> <b>Nafarroako Unibertsitate Publikoa</b>	<b>E.T.S.I.I.T.</b>	DEPARTAMENTO:
	<b>INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.</b>	<b>DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL</b>
PROYECTO: <b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CT</b>		REALIZADO: <b>SANCHEZ CLEMENTE, MIKEL</b>
PLANO: <b>ESQUEMA UNIFILAR CUADRO SECUNDARIO I</b>		FIRMA:
FECHA: 06/2014	ESCALA:	Nº PLANO: 8

# CUADRO SECUNDARIO II



Calibre  
Sensibilidad  
Nº polos


Interruptor  
diferencial

M Máquina

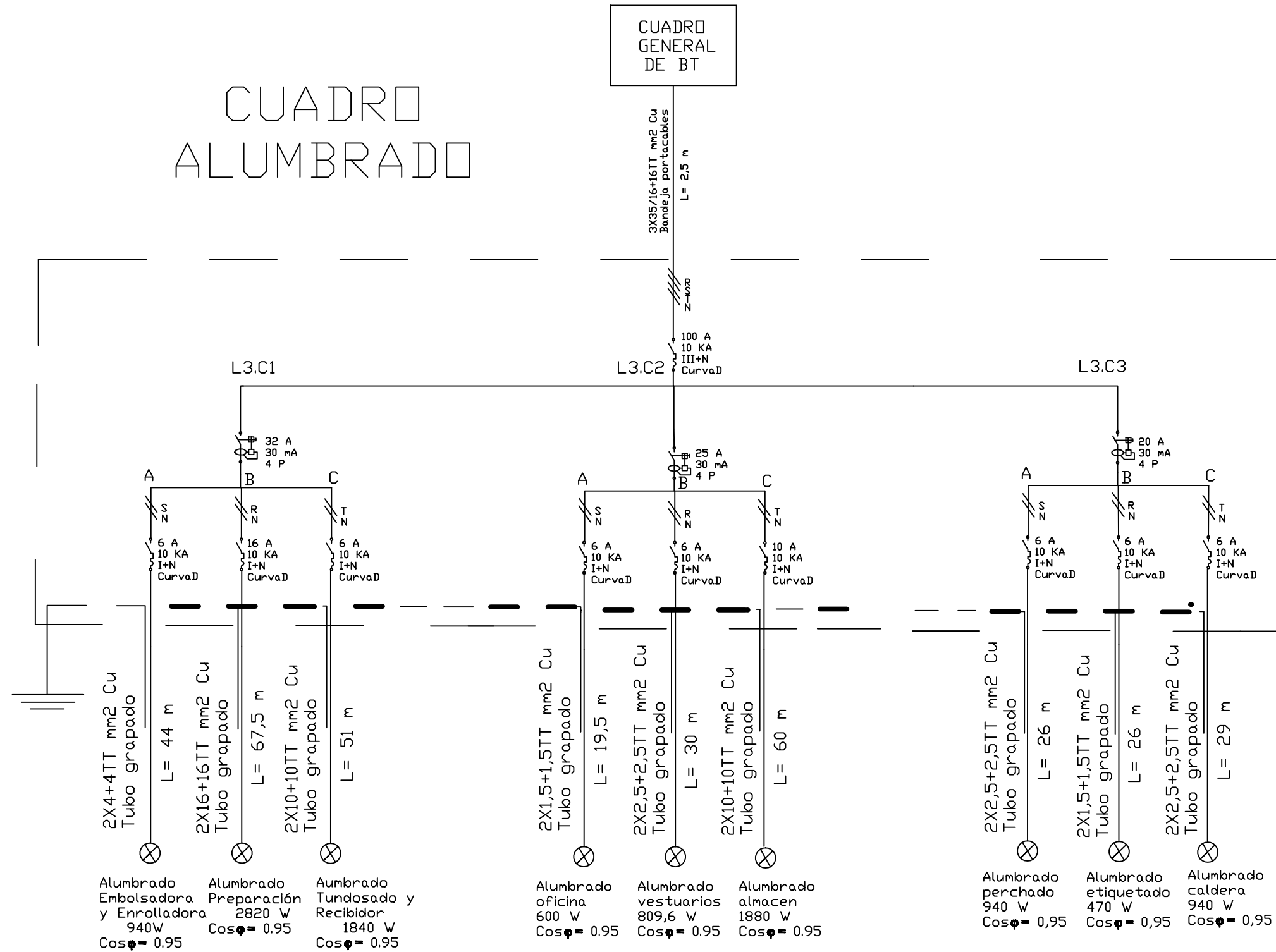
Inom.  
PDC  
Curva

Interruptor  
automático  
magnetotérmico

TC Toma de corriente

 <p><b>Universidad Pública de Navarra</b> Nafarroako Unibertsitate Publikoa</p>	<p><b>E.T.S.I.I.T.</b></p>	DEPARTAMENTO:
	<p><b>INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.</b></p>	<p><b>DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL</b></p>
<p>PROYECTO:</p> <p><b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CT</b></p>		<p>REALIZADO:</p> <p><b>SANCHEZ CLEMENTE, MIKEL</b></p>
<p>PLANO:</p> <p><b>ESQUEMA UNIFILAR CUADRO SECUNDARIO II</b></p>		<p>FIRMA:</p>
	<p>FECHA:</p> <p>06/2014</p>	<p>ESCALA:</p>
	<p>Nº PLANO:</p> <p>9</p>	

# CUADRO ALUMBRADO



Calibre  
Sensibilidad  
N° polos

Interruptor  
diferencial

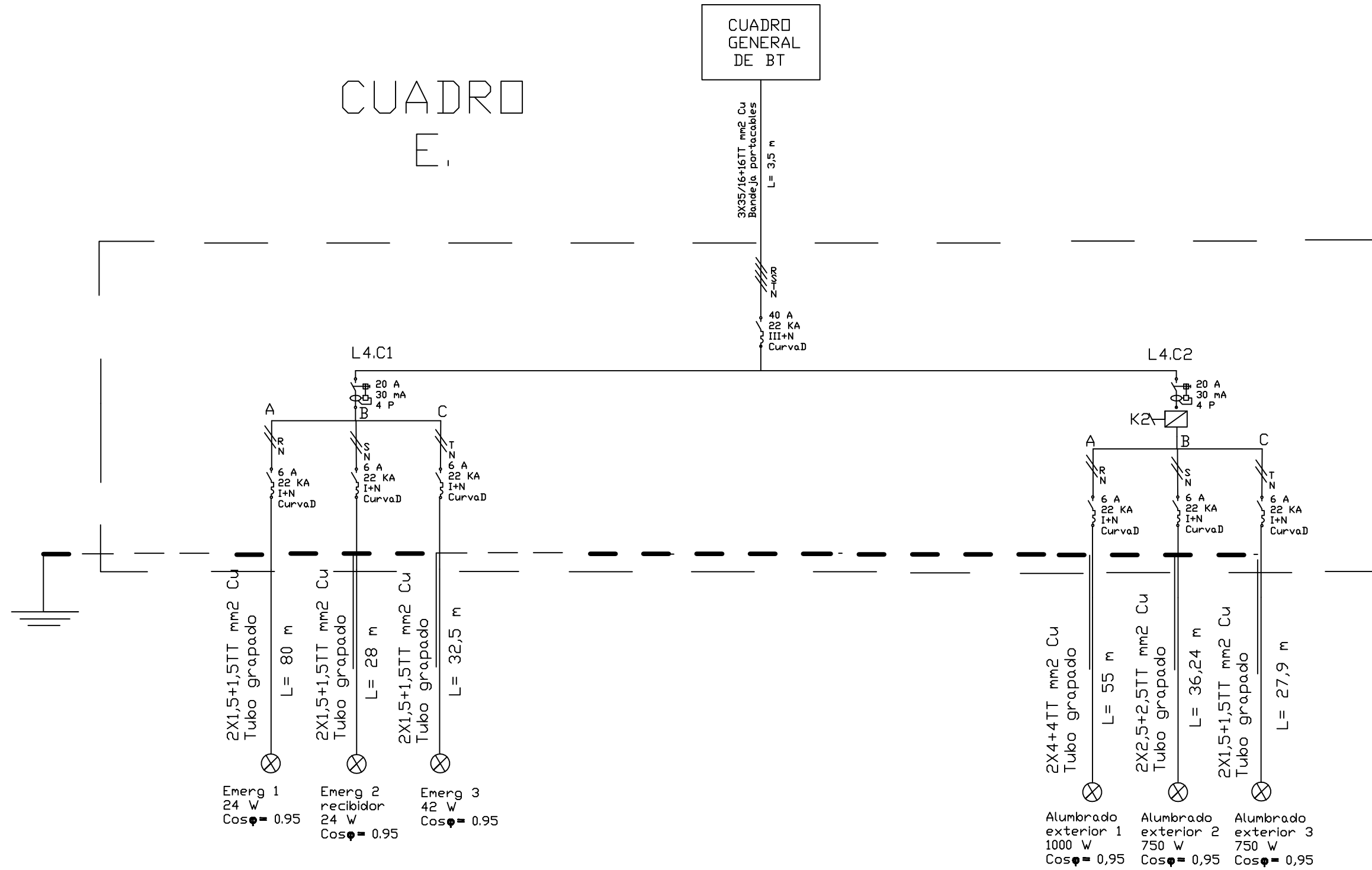
Alumbrado

Inom.  
PDC  
Curva

Interruptor  
automático  
magnetotérmico

 <b>Universidad Pública de Navarra</b> <b>Nafarroako Unibertsitate Publikoa</b>	<b>E.T.S.I.I.T.</b>	DEPARTAMENTO:
	<b>INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.</b>	<b>DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL</b>
PROYECTO: <b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CT</b>		REALIZADO: <b>SANCHEZ CLEMENTE, MIKEL</b>
PLANO: <b>ESQUEMA UNIFILAR CUADRO ALUMBRADO</b>		FIRMA:
	FECHA: 06/2014	ESCALA: N° PLANO: 10

# CUADRO E.



Calibre  
Sensibilidad  
Nº polos

Interruptor  
diferencial

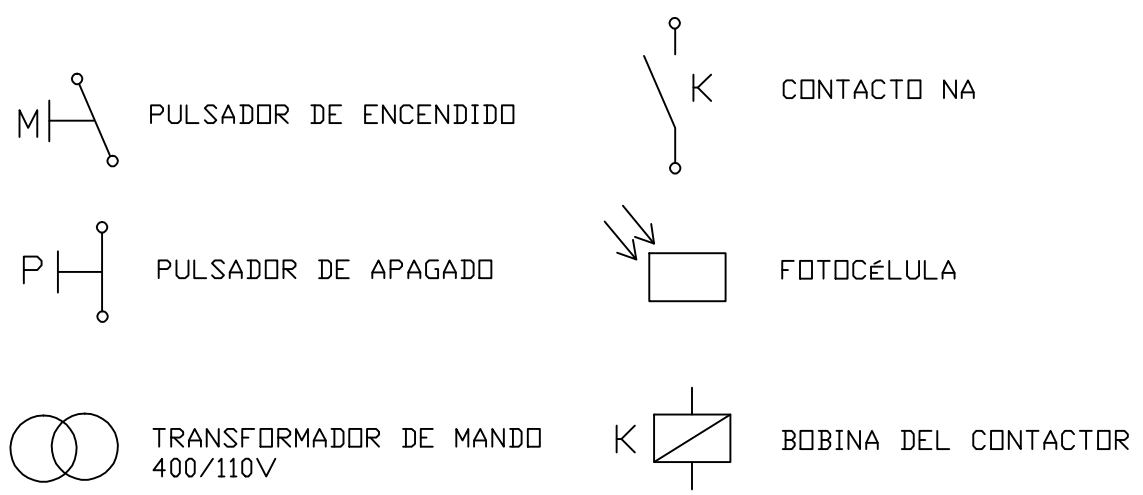
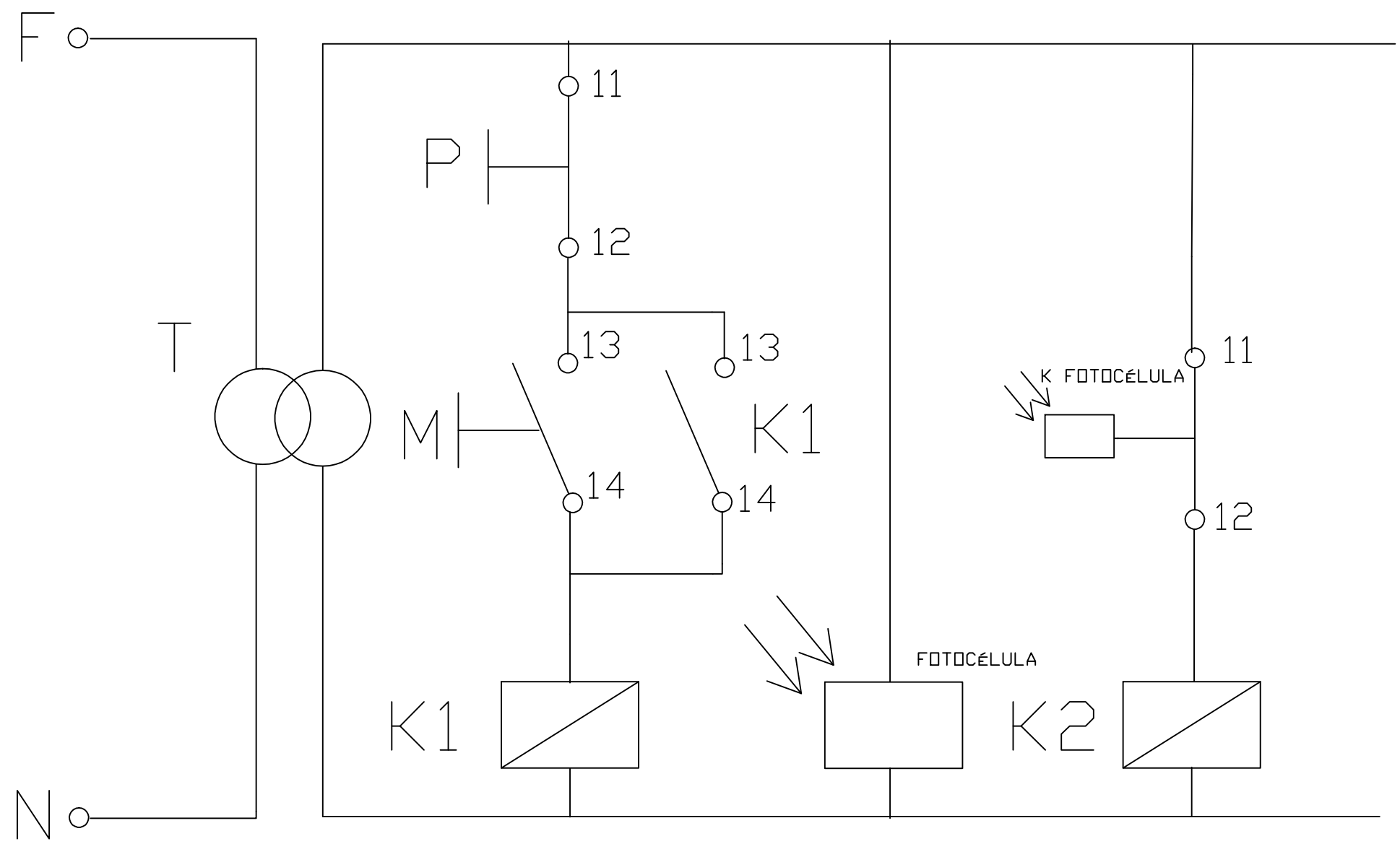
Aluminado


Inom.  
PDC  
Curva

Interruptor  
automático  
magnetotérmico

Bobina contactor

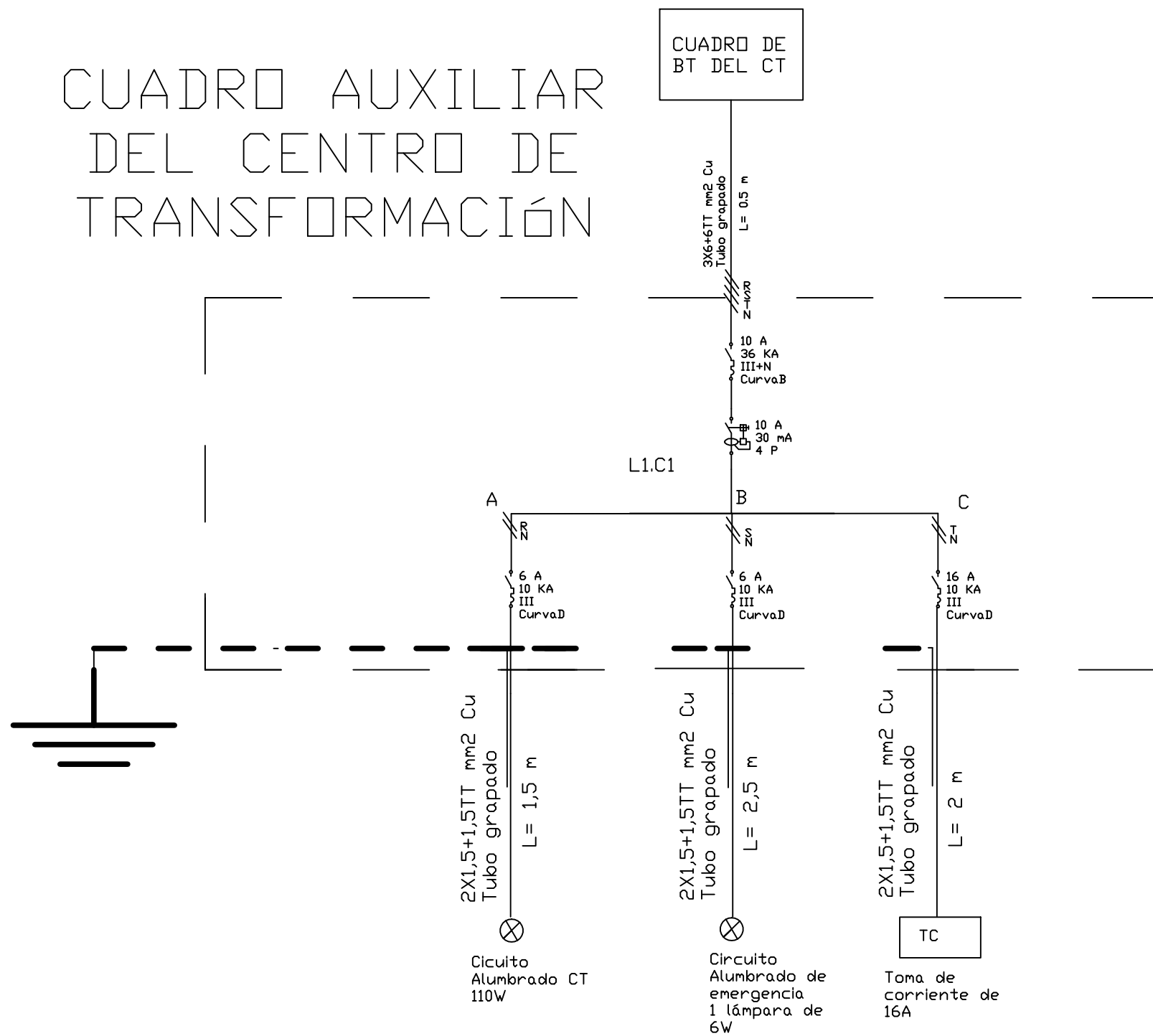
 <b>Universidad Pública de Navarra</b> <b>Nafarroako Unibertsitate Publikoa</b>	<b>E.T.S.I.I.T.</b>	DEPARTAMENTO:
	<b>INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.</b>	<b>DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL</b>
PROYECTO: <b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CT</b>		REALIZADO: <b>SANCHEZ CLEMENTE, MIKEL</b>
PLANO: <b>ESQUEMA UNIFILAR CUADRO E.</b>		FIRMA:
	FECHA: 06/2014	ESCALA:
	Nº PLANO: 11	



 <b>Universidad Pública de Navarra</b> <i>Nafarroako Unibertsitate Publikoa</i>	<b>E.T.S.I.I.T.</b>	DEPARTAMENTO: <b>DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL</b>
	<b>INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.</b>	REALIZADO: <b>SANCHEZ CLEMENTE, MIKEL</b>
PROYECTO: <b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CT</b>		FIRMA:
PLANO: <b>ESQUEMA DE MANDO ALUMBRADO</b>	FECHA: 06/2014	ESCALA: 
		Nº PLANO: 12



# CUADRO AUXILIAR DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN



Calibre  
Sensibilidad  
Nº polos

Interruptor  
diferencial

Alumbrado

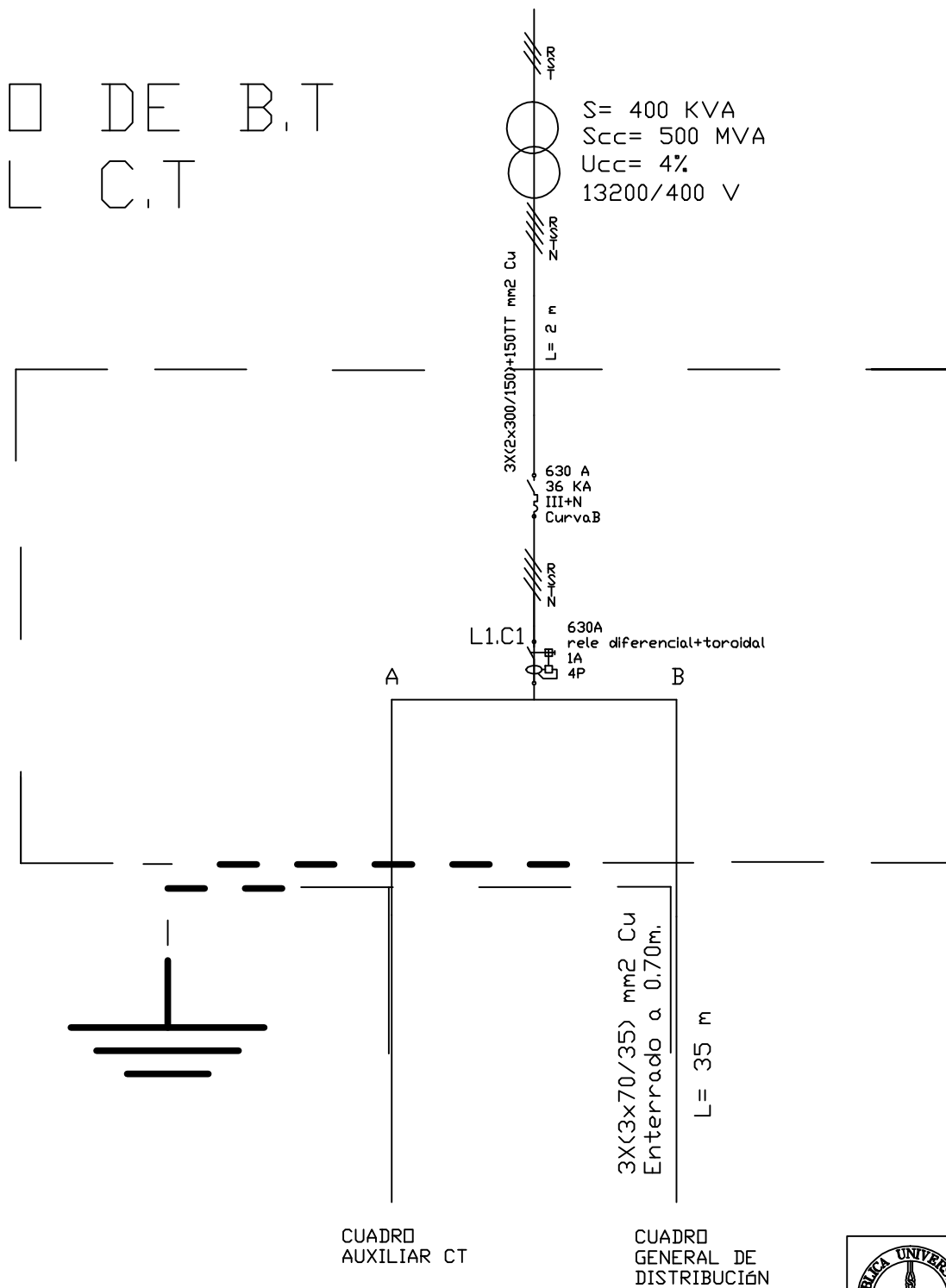
Inom.  
PDC  
Curva



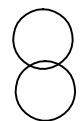
Interruptor  
automático  
magnetotérmico

TC Toma de corriente  
monofásica 16A  
2P+T

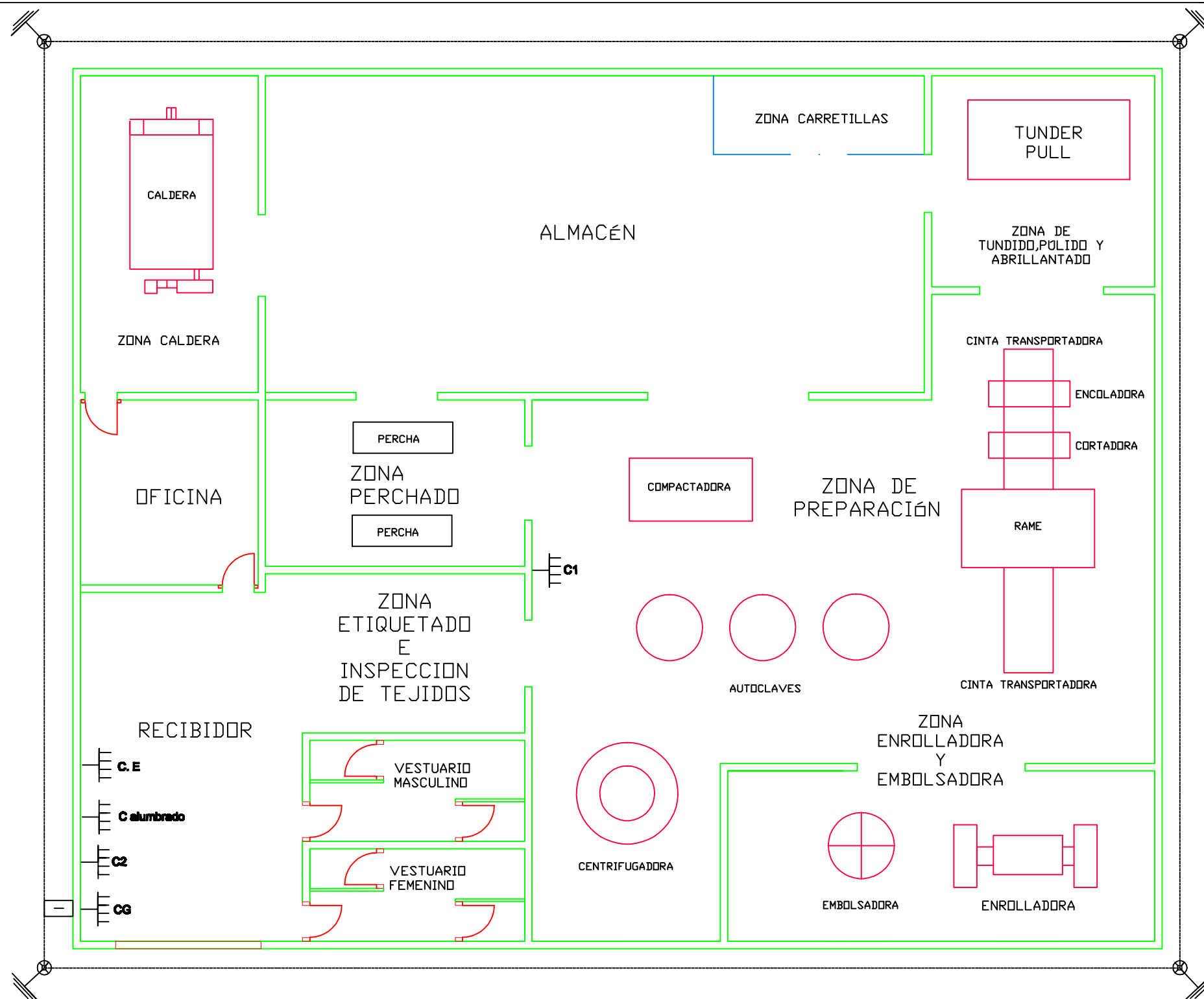
 <b>Universidad Pública de Navarra</b> <b>Nafarroako Unibertsitate Publikoa</b>	<b>E.T.S.I.I.T.</b>	DEPARTAMENTO:
	<b>INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.</b>	<b>DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL</b>
PROYECTO: <b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CT</b>		REALIZADO: <b>SANCHEZ CLEMENTE, MIKEL</b>
PLANO: <b>ESQUEMA UNIFILAR CUADRO AUXILIAR CT</b>		FIRMA:
FECHA:	ESCALA:	Nº PLANO:
06/2014		13





# CUADRO DE B.T DEL C.T




-  Calibre  
Sensibilidad  
Nº polos      Interruptor  
diferencial
-  Inom.  
PDC  
Curva      Interruptor  
automático  
magnetotérmico
-       Transformador  
de potencia

 <b>Universidad Pública de Navarra</b> <i>Nafarroako Unibertsitate Publikoa</i>	<b>E.T.S.I.I.T.</b>	DEPARTAMENTO: <b>DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL</b>	
	<b>INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.</b>	REALIZADO: <b>SANCHEZ CLEMENTE, MIKEL</b>	
PROYECTO: <b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CT</b>		FIRMA:	
PLANO: <b>ESQUEMA UNIFILAR CUADRO BT DEL CT</b>	FECHA: 06/2014	ESCALA:	Nº PLANO: 14



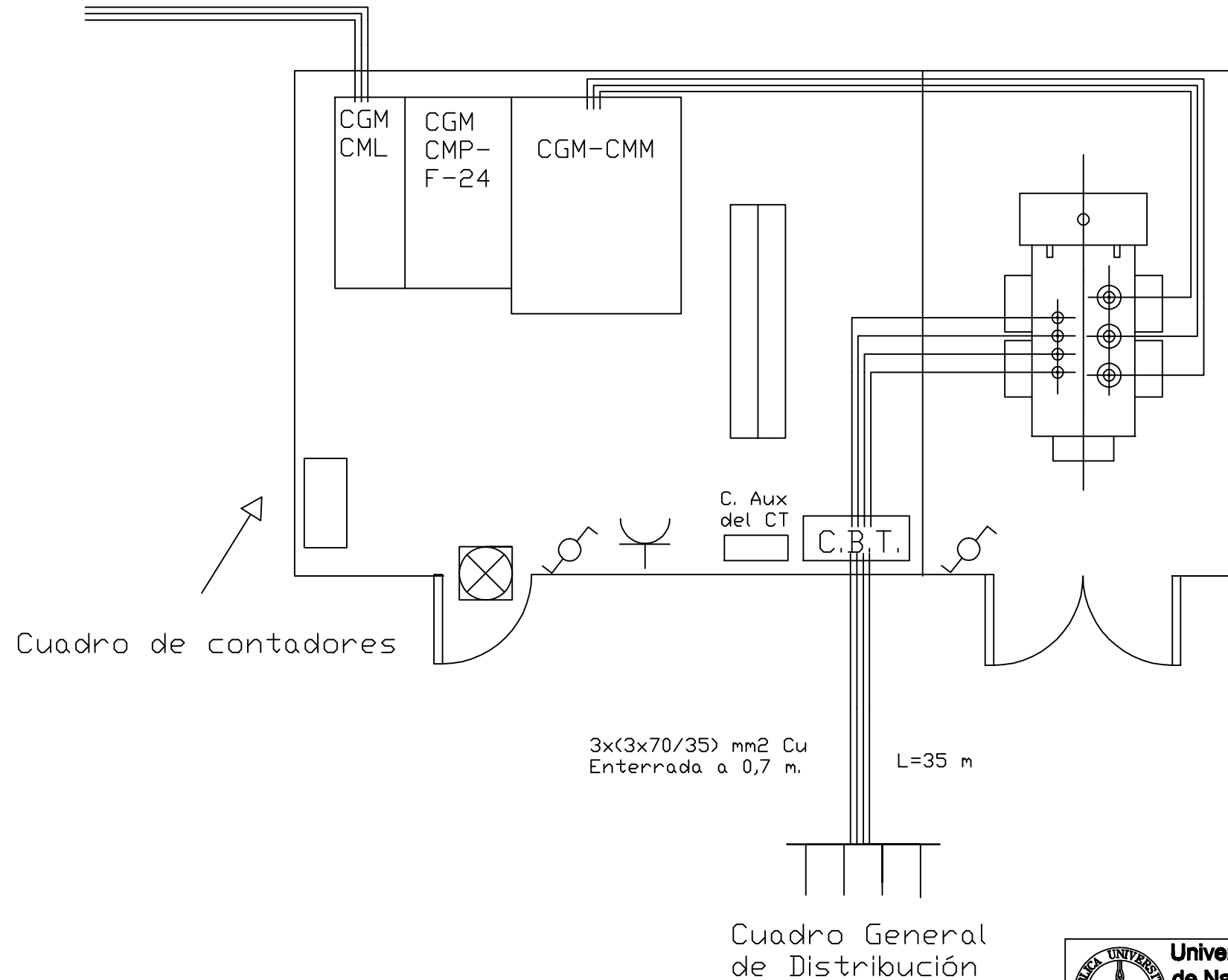
-  **PICA DE 2 m DE LONGITUD Y 14 mm DE DIÁMETRO**
-  **GRAPAS PARA CONEXIÓN PICA-CONDUCTOR**
-  **CABLE DE COBRE DESNUDO DE 50mm<sup>2</sup> DE SECCIÓN ENTERRADO A 0,5m DE PROFUNDIDAD**
-  **CAJA DE MEDICIÓN Y SECCIONAMIENTO DE PUESTA A TIERRA QUE UNE EL ANILLO DE TIERRA CON EL CUADRO GENERAL DE BAJA TENSIÓN**

 <b>Universidad Pública de Navarra</b> <b>Nafarroako Unibertsitate Publikoa</b>	<b>E.T.S.I.I.T.</b>	DEPARTAMENTO: <b>DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL</b>
	<b>INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.</b>	REALIZADO: <b>SANCHEZ CLEMENTE, MIKEL</b>
PROYECTO: <b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CT</b>		FIRMA:
PLANO: <b>PUESTA A TIERRA</b>	FECHA: 06/2014	ESCALA: 1:100
		Nº PLANO: 15

# Centro de Transformación de Superficie

Dimensiones exteriores Planta: 4,46 x 2,38 m.

Línea de Media tensión  
13,2KV; IBERDROLA  
Subterránea



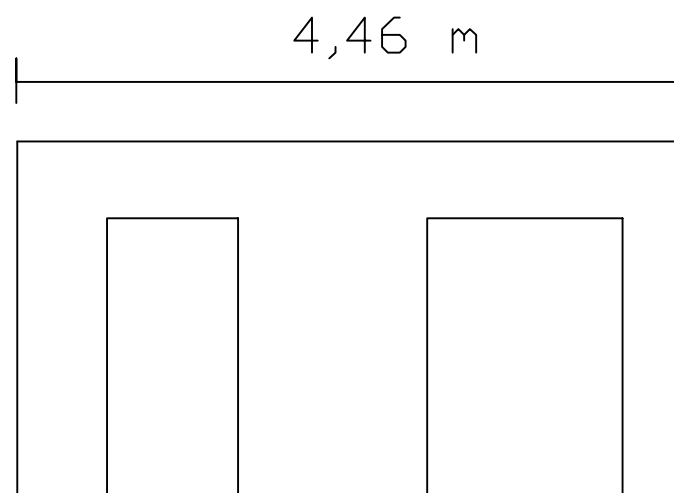
CGM-CML: Celda de línea CGM-CMP-F-24: Celda de protección con fusible CGM-CML: Celda de línea	
	Toma monofásica
	Luminaria TMS022 1XTL-D58W HFS+GMS022R
	Interruptor conmutado
	Alumbrado de emergencia
	Cuadro general de distribución

<p><b>Universidad Pública de Navarra</b> Nafarroako Unibertsitate Publikoa</p>	<p><b>E.T.S.I.I.T.</b></p>	<p>DEPARTAMENTO:</p> <p><b>DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL</b></p>
	<p><b>INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.</b></p>	<p>REALIZADO:</p> <p><b>SANCHEZ CLEMENTE, MIKEL</b></p>
<p>PROYECTO:</p> <p><b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CT</b></p>		<p>FIRMA:</p>
<p>PLANO:</p> <p><b>DISTRIBUCIÓN DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN</b></p>	<p>FECHA:</p> <p>06/2014</p>	<p>ESCALA:</p> <p>1:25</p>
		<p>Nº PLANO:</p> <p>16</p>

# CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE SUPERFICIE

Dimensiones exteriores Planta: 4,46 x 2,38 x 3,035 m

Fachada delantera

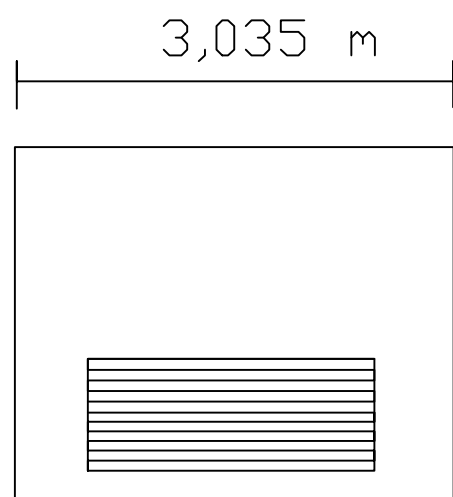


Fachada trasera

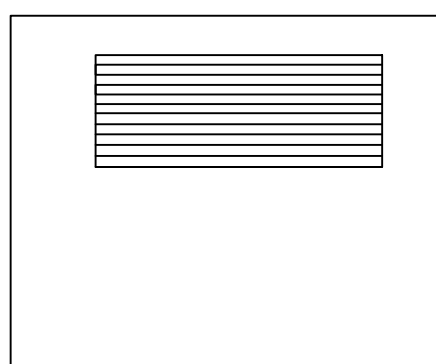


2,38 m

Fachada lateral izquierda



Fachada lateral derecha



NOTA:

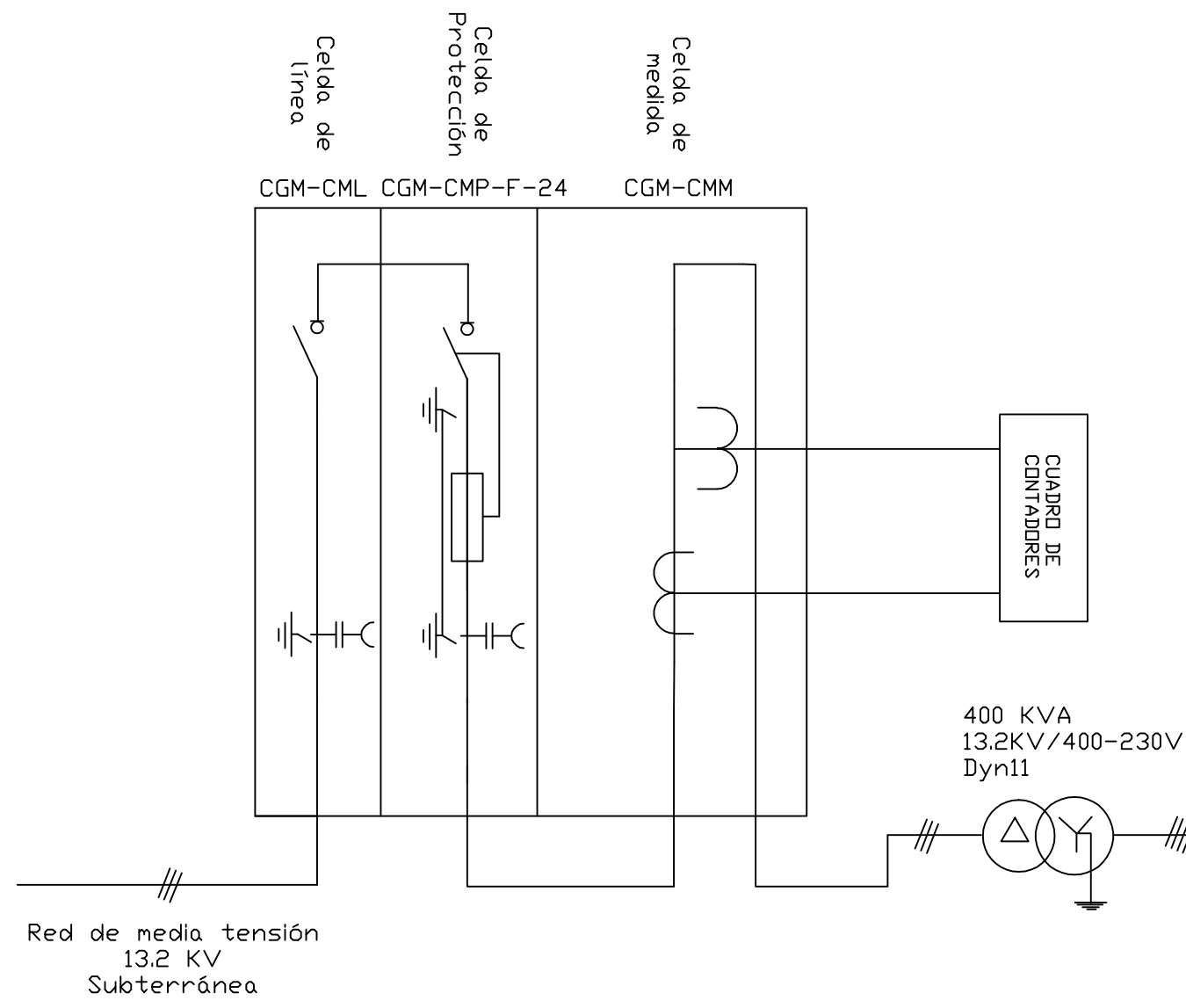
La ventilación será de tipo natural con las rejillas de entrada y de salida enfrentadas

La diferencia de altura entre la de entrada y la de salida es de 2m.

Rejilla de entrada  
(2,15 x 0,95 m)

Rejilla de salida  
(2,2 x 1 m)

 <b>Universidad Pública de Navarra</b> <i>Nafarroako Unibertsitate Publikoa</i>	<b>E.T.S.I.I.T.</b>	DEPARTAMENTO: <b>DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL</b>
	<b>INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.</b>	REALIZADO: <b>SANCHEZ CLEMENTE, MIKEL</b>
PROYECTO: <b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CT</b>		FIRMA:
PLANO: <b>DISTRIBUCIÓN REJILADO DEL CT</b>	FECHA: 06/2014	ESCALA: 1:50
		Nº PLANO: 17



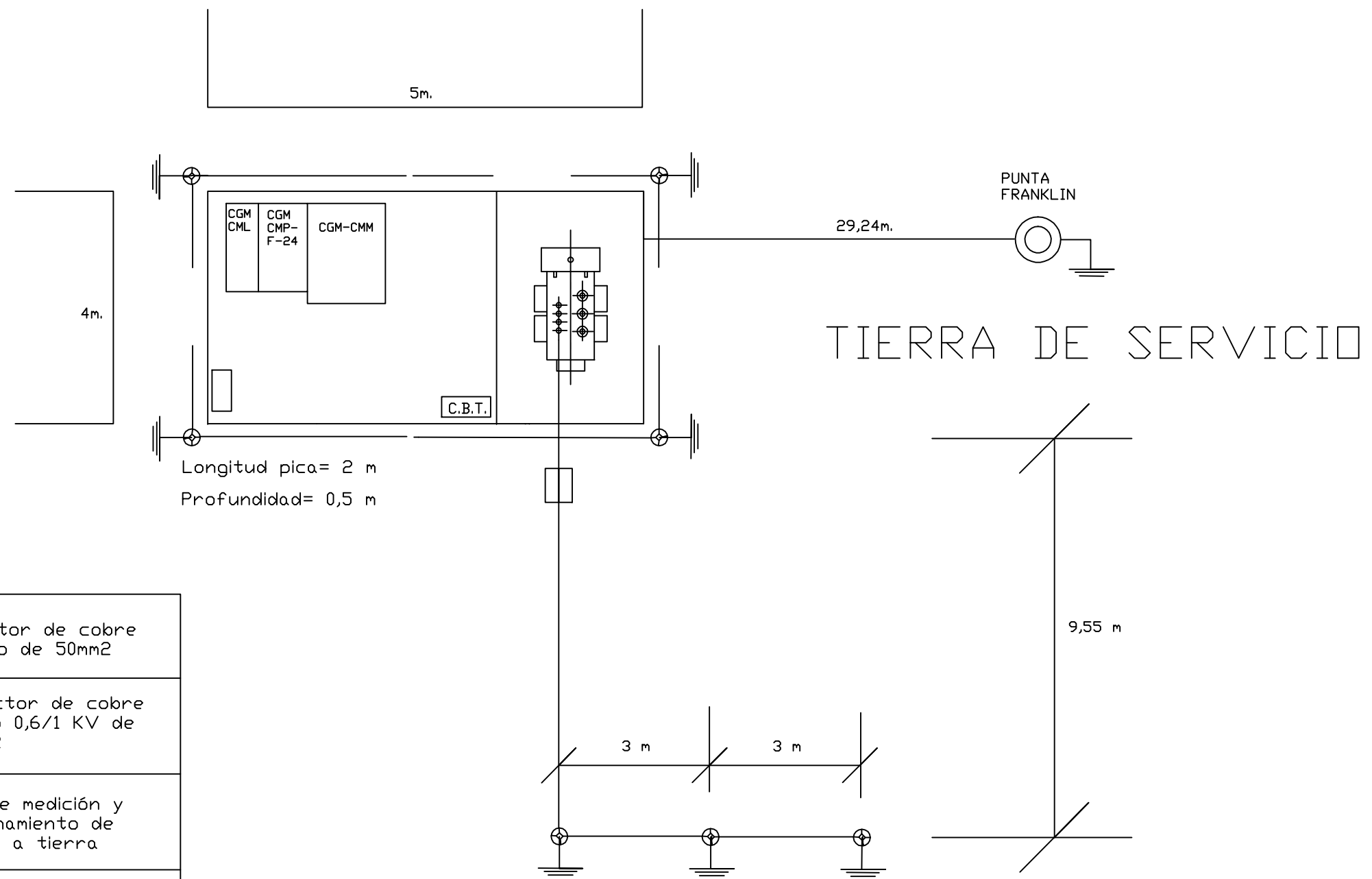
	Seccionador de puesta a tierra
	Interruptor seccionador
	Indicador de presencia de tensión
	Interruptor automático de corte con fusible
	Transformador de tensión
	Transformador de intensidad
	Transformador Dyn11

Características principales de las celdas

CGM-CML: Celda de línea	Un=24KV, In=17,5A Interruptor-seccionador rotativo. Intensidad de cortocircuito:16KA-20KA Capacidad de cierre: 40KA
CGM-CMP-F-24: Celda de protección con fusible	Un=24KV, In=17,5A Interruptor-seccionador rotativo. Intensidad de cortocircuito:16KA-20KA Capacidad de cierre: 40KA Fusibles: 3x40A
CGM-CMM: Celda de medida	Un=24KV, In=17,5A 3 Transformadores de intensidad de relación 15-30/5A Clase 05 Aislamiento 24KV. 3 Transformadores de tensión de relación 13200-22000/110 Clase 05 Aislamiento 24KV.

 <b>Universidad Pública de Navarra</b> <b>Nafarroako Unibertsitate Publikoa</b>	<b>E.T.S.I.I.T.</b> <b>INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.</b>	DEPARTAMENTO: <b>DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL</b>
	PROYECTO: <b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CT</b>	
PLANO: <b>CENTRO DE TRANSFORMACIÓN (UNIFILAR)</b>	FECHA: 06/2014	REALIZADO: <b>SANCHEZ CLEMENTE, MIKEL</b> FIRMA: ESCALA: Nº PLANO: 18

# TIERRA DE PROTECCIÓN



	Conductor de cobre desnudo de 50mm <sup>2</sup>
	Conductor de cobre aislado 0,6/1 KV de 50 mm <sup>2</sup>
	Caja de medición y seccionamiento de puesta a tierra
	Arqueta de registro
	Punta Franklin
	Pica de cobre de 14mm de diámetro

<b>Universidad Pública de Navarra</b> <i>Nafarroako Unibertsitate Publikoa</i>	<b>E.T.S.I.I.T.</b>	DEPARTAMENTO: <b>DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL</b>	
	<b>INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.</b>	REALIZADO: <b>SANCHEZ CLEMENTE, MIKEL</b>	
PROYECTO: <b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CT</b>		FIRMA:	
PLANO: <b>PUESTA A TIERRA DEL DENTRO DE TRANSFORMACIÓN</b>		FECHA: 06/2014	ESCALA: 1:50
		N° PLANO: 19	



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

“ INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BAJA TENSIÓN DE UNA  
NAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE  
TRANSFORMACIÓN ”

## PLIEGO DE CONDICIONES

Alumno: Mikel Sanchez Clemente

Tutor: Amaya Perez Ezcurdia

Pamplona, Junio de 2014





4.1 OBJETO.....	4
4.2 CONDICIONES GENERALES: .....	4
4.2.1 Normas generales: .....	4
4.2.2 Ámbito de aplicación: .....	4
4.2.3 Conformidad y variación de las condiciones: .....	4
4.2.4 Rescisión del contrato: .....	4
4.2.5 Condiciones generales: .....	5
4.3 CONDICIONES GENERALES DE EJECUCIÓN: .....	5
4.3.1 Datos de la obra: .....	5
4.3.2 Obras que comprende: .....	6
4.3.3 Mejoras y variaciones del proyecto: .....	6
4.3.4 Personal: .....	6
4.3.5 Abono de la obra: .....	7
4.4 CONDICIONES PARTICULARES.....	7
4.4.1 Disposiciones aplicables: .....	7
4.4.2 Contradicciones y omisiones del proyecto: .....	7
4.4.3 Prototipos: .....	7
4.5 NORMATIVA GENERAL: .....	8
4.6 REDES SUBTERRÁNEAS DE BAJA TENSIÓN: .....	8
4.6.1 Objetivo: .....	8
4.6.2 Condiciones generales: .....	9
4.6.3 Ejecución del trabajo: .....	9
4.6.4 Trazado de zanjas: .....	9
4.6.5 Tendido de conductores: .....	9
4.6.6 Identificación del conductor: .....	10
4.6.7 Cierre de zanjas: .....	10
4.7 RECEPTORES: .....	11
4.7.1. Condiciones generales de la instalación: .....	11
4.7.2. Receptores de alumbrado. Instalación: .....	11
4.7.3. Conexiones de receptores: .....	12
4.7.4. Receptores a motor. Instalación. ....	12
4.7.5 Materiales auxiliares: .....	13
4.8 PROTECCIÓN CONTRA SOBREINTENSIDADES Y SOBRETENSIONES: 13	
4.8.1. Protección de las instalaciones: .....	13
4.8.1.1 Protección contra sobreintensidades: .....	13
4.8.1.2 Protección contra sobrecargas: .....	13
4.8.2 Situación de los dispositivos de protección: .....	14
4.8.3. Características de los dispositivos de protección: .....	14
4.9 PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS DIRECTOS E INDIRECTOS:.....	14
4.9.1 Protección contra contactos directos: .....	14
4.9.2 Protección contra contactos indirectos: .....	15
4.9.3. Puesta a tierra de las masas y dispositivos de corte por intensidad de defecto: 15	
4.10 ALUMBRADOS ESPECIALES.....	16
4.10.1 Alumbrado de emergencia: .....	16
4.10.2 Alumbrado de señalización: .....	16

4.10.3. Locales de deberán ser provistos de alumbrados especiales: .....	17
4.10.4. Fuentes propias de energía: .....	17
4.10.5 Instrucciones complementarias: .....	17
4.11 LOCAL: .....	17
4.11.1 Prescripciones de carácter general: .....	17
4.12 MEJORAMIENTO DEL FACTOR DE POTENCIA: .....	18
4.13 PUESTA A TIERRA .....	19
4.13.1 Generalidades: .....	19
4.13.2 Ensayos: .....	19



## **4.1 OBJETO**

El presente Pliego de Condiciones tiene por objeto definir al Contratista el alcance del trabajo y la ejecución cualitativa del mismo. Determina los requisitos a los que debe ajustar la ejecución de instalaciones para la distribución de energía Eléctrica cuyas características técnicas se especifican en el Proyecto.

El trabajo eléctrico consistirá en la instalación eléctrica completa de fuerza, alumbrado interior, exterior, toma tierra y el Centro de transformación de la Nave Industrial dedicada al proceso de tintes y acabados de tejidos industriales.

La Nave estará situada en el casco urbano de Larrión, en la parcela 259.

## **4.2 CONDICIONES GENERALES**

### **4.2.1 Normas generales**

Todas las unidades de obra se ejecutarán cumpliendo las prescripciones indicadas en los Reglamentos de Seguridad y Normas Técnicas de obligado cumplimiento para este tipo de instalaciones, tanto de ámbito nacional, autonómico como municipal, así como, todas las otras que se establezcan en la Memoria Descriptiva del mismo.

Se adaptarán además, a las presentes condiciones particulares que complementarán las indicadas por los Reglamentos y Normas citadas.

### **4.2.2 Ámbito de aplicación**

Se aplicará todo lo expuesto en el presente pliego de condiciones en las obras de suministro y colocación de todas y cada una de las piezas o unidades de la obra necesarias para efectuar debidamente la instalación eléctrica de la nave industrial anteriormente descrita.

### **4.2.3 Conformidad y variación de las condiciones**

Se aplicarán estas condiciones para todas incluidas en el apartado anterior, entendiéndose que el contratista, conoce estos pliegos, no admitiéndose otras modificaciones más que aquellas que pudiera introducir el autor del proyecto.

### **4.2.4 Rescisión del contrato**

Se consideraran causas suficientes para la rescisión del contrato las siguientes:

- Primero: Muerte o incapacitación del Contratista.
- Segunda: La quiebra del contratista.

- Tercera: Modificación del proyecto cuando produzca alteración en más o menos 25% del valor contratado.
- Cuarta: Modificación de las unidades de obra en número superior al 40% del original.
- Quinta: La no iniciación de las obras en el plazo estimulado cuando sea por causas ajenas a la Propiedad.
- Sexta: La suspensión de las obras ya iniciadas siempre que el plazo de Suspensión sea mayor de seis meses.
- Séptima: Incumplimiento de las condiciones del Contrato cuando implique mala fe.
- Octava: Terminación del plazo de ejecución de la obra sin haberse llegado a completar ésta.
- Novena: Actuación de mala fe en la ejecución de los trabajos.
- Décima: Destajar o subcontratar la totalidad o parte de la obra a terceros sin la autorización del Técnico Director y la Propiedad.

#### **4.2.5 Condiciones generales**

El contratista está obligado al cumplimiento de la Reglamentación del trabajo correspondiente, la contratación del seguro obligatorio, subsidio familiar y vejez, seguro de enfermedad y todas aquellas reglamentaciones de carácter social vigentes o que en sucesivo se dicten. En particular deberá cumplir lo dispuesto en la Norma UNE 2402 “Contratación de Obras. Condiciones Generales”, siempre que no lo modifique el presente Pliego de Condiciones.

### **4.3 CONDICIONES GENERALES DE EJECUCIÓN**

#### **4.3.1 Datos de la obra**

Se entregará al contratista una copia de la Memoria, planos y Pliego de Condiciones, así como cuantos datos necesite para la completa ejecución de la obra.

El contratista podrá tomar nota ó sacar copia a su costa de la memoria, presupuesto y anexos del proyecto.

El contratista se hace responsable de la buena conservación de los originales de donde obtenga las copias, los cuales serán devueltos al Director de la Obra después de su utilización.

Por otra parte, en un plazo máximo de dos meses después de la terminación de los trabajos, el Contratista deberá actualizar diversos planos y documentos existentes, de acuerdo con las características de la obra terminada, entregando al Director de Obra dos expedientes completos relativos a los trabajos realmente ejecutados.

No se harán por el Contratista alteraciones, correcciones, omisiones, adiciones, en los datos fijados en el Proyecto, salvo por aprobación previa del Director de Obra.

### **4.3.2 Obras que comprende**

Las obras se ejecutan conforme al proyecto, a las condiciones contenidas en este pliego de condiciones y el particular, si lo hubiere, y de acuerdo con las normas de la empresa suministradora.

Las obras que comprende este proyecto, abarcan el suministro e instalación de los materiales precisos para efectuar la instalación eléctrica de la nave industrial, considerando Nave Industrial a las oficinas, almacenes, nave propiamente dicha, locales no nombrados que se encuentren dentro de la propiedad, así como el centro de transformación.

Las labores comprendidas son las siguientes.

- a) Los transportes necesarios, tanto para la traída de materiales, como para el envío de estos fuera de la zona.
- b) Suministros de todo material necesario para las instalaciones.
- c) Ejecución de los trabajos necesarios para la instalación de todo lo reseñado:
- d) Colocación de luminarias.
- e) Colocación de cableado.
- f) Instalación de las protecciones eléctricas.
- g) Colocación de bandejas y tubos protectores para cableado.
- h) Ejecución del centro de transformación.

### **4.3.3 Mejoras y variaciones del proyecto**

No se considerarán como mejoras ó variaciones del proyecto más que aquellas que hayan sido ordenadas expresamente por el Director de Obra y convenido precio del proceder a su ejecución.

Las obras delicadas, no incluidas en los precios de adjudicación, podrán ejecutarse con personal independiente del Contratista.

### **4.3.4 Personal**

El contratista no podrá utilizar personal que no sea de su exclusiva cuenta y cargo, salvo la excepción del apartado anterior. Igualmente, será de su exclusiva cuenta y cargo aquel personal ajeno al trabajo propiamente manual y que sea necesario para el control administrativo del mismo. El contratista deberá tener al frente de los trabajadores un técnico suficientemente especializado a juicio del director de obra.

El contratista deberá emplear en sus trabajos el número de operarios que sean necesarios para llevarlo a cabo con la conveniente rapidez, así como organizar el número de brigadas que se le indiquen, para trabajar varios puntos a la vez.

El contratista tendrá al frente de los trabajadores, personal idóneo, el cual deberá atender cuantas ordenes procedan de la dirección técnicas de las obras, estando a la expectativa, con objeto de que se lleven con el orden debido. El contratista es el único responsable de todas las contravenciones que él o su personal cometan durante la ejecución de las obras u operaciones relacionadas con las mismas.

También es responsable de los accidentes o daños que por errores, inexperiencia o empleo de métodos inadecuados se produzcan a la propiedad a los vecinos o terceros en general. El Contratista es el único responsable del incumplimiento de las disposiciones vigentes en la materia laboral respecto de su personal y por tanto los accidentes que puedan sobrevenir y de los derechos que puedan derivarse de ellos.

#### **4.3.5 Abono de la obra**

En el contrato se deberá fijar detalladamente la forma y plazos que se abonarán las obras. Las liquidaciones parciales que puedan establecerse tendrán carácter de documentos provisionales a buena cuenta, sujetos a las certificaciones que resulten de la liquidación final. No suponiendo, dichas liquidaciones, aprobación ni recepción de las obras que comprenden. Terminadas las obras se procederá a la liquidación final que se efectuara de acuerdo con los criterios establecidos en el contrato.

Cuando la propiedad o le director de la obra presumiese la existencia de vicios o defectos de construcción sea en el curso de ejecución de la obra o antes de su recepción definitiva, podrán ordenar la demolición y reconstrucción en la parte o extensión necesaria. Los gastos de estas operaciones serán de cuenta del contratista, cuando se confirmen los vicios o defectos supuestos.

### **4.4 CONDICIONES PARTICULARES**

#### **4.4.1 Disposiciones aplicables**

Antes de las disposiciones contenidas en este pliego de condiciones, serán de aplicación en todas las instalaciones lo siguiente:

- Todas las disposiciones generales vigentes para la contratación de obras públicas.
- Normas UNE del instituto de normalización Española y aplicándose ante la no existencia de dicha normativa, las especificaciones recogidas en las Normas internacionales ISO; CIE; CEI o en su defecto DIN; UTE o rango equivalente.
- Normas de la compañía suministradora de energía.

#### **4.4.2 Contradicciones y omisiones del proyecto**

Lo mencionado en la memoria y omitido en los planos, o viceversa, habrá de ser ejecutado como si estuviera expuesto en ambos documentos; en caso de contradicción entre planos y memoria, prevalecerá lo prescrito en esta última.

Las omisiones en los planos o las descripciones erróneas de los detalles de la obra en este pliego de condiciones, no sólo no eximen al contratista de la obligación de ejecutar estos detalles de obra, omitidos o erróneamente descritos sino que, por el contrario, deberán ser ejecutados como si estuvieses correctamente especificados en los planos y en este pliego de condiciones.

#### **4.4.3 Prototipos**



Antes de comenzar la obra, el adjudicatario podrá someter a la aprobación de la Dirección de Obras un prototipo de alguno de los materiales de los que consta el proyecto, con los cuales podrá realizar los ensayos que estime oportunos.

Tanto los materiales como el importe de los ensayos, serán por cuenta del adjudicatario.

#### **4.5 NORMATIVA GENERAL**

- a) se calificará como instalación eléctrica de baja tensión todo conjunto de aparatos y circuitos asociados en previsión de un fin particular. Producción, conservación, transformación, transmisión, distribución o utilización de la energía eléctrica, cuyas tensiones nominales sean iguales o inferiores a 1000V para corriente alterna.
- b) Los materiales, aparatos y receptores utilizados en las instalaciones eléctricas de baja tensión cumplirán en lo que se refiere a condiciones de seguridad técnica, dimensiones y calidad, lo determinado en el reglamento.
- c) Si en la instalación eléctrica están integrados circuitos en los que las tensiones empleadas son superiores al límite establecido para baja tensión se deberá cumplir en ellos las prescripciones del reglamento de alta tensión.

**Nota:** en virtud de este artículo se detallará la normativa a cerca del transformador en un capítulo específico del presente pliego.

d) Cuando se construya un local, edificio, o agrupación de estos, cuya previsión de carga exceda de 50KVA, o cuando la demanda de un nuevo suministro sea superior a esta cifra, la propiedad del inmueble deberá reservar un local destinado al montaje de la instalación de un centro de transformación, cuya disposición en el edificio corresponda a las características de la red de suministro aérea o subterránea, tenga las dimensiones necesarias para el montaje de los equipos y aparatos requeridos para dar suministro de energía previsible. El local, que debe ser de fácil acceso, se destinará exclusivamente a la finalidad prevista y no podrá utilizarse como depósito de materiales, ni de piezas o elementos de recambio.

e) Corresponde al Ministerio de Industria, con arreglo a la ley de 24 de noviembre de 1939, la ordenación e inspección de la generación, transformación, distribución y aplicación de la energía eléctrica.

f) Las delegaciones provinciales del Ministerio de Industria, autorizarán el enganche y funcionamiento de las instalaciones eléctricas de baja tensión. Según su importancia, sus fines o la peligrosidad de sus características o de su situación, las delegaciones exigirán la presentación de un proyecto de la instalación, suscrito por un técnico competente, antes de iniciarse el montaje de la misma. En todo caso, y para autorizar cualquier instalación, la delegación deberá recibir y conformar el boletín extendido por el instalador autorizado que realiza el montaje, así como un acta de las pruebas realizadas por la compañía suministradora en la forma en que se establece en las instrucciones complementarias.

#### **4.6 REDES SUBTERRÁNEAS DE BAJA TENSIÓN**

##### **4.6.1 Objetivo**

Se determinan las condiciones mínimas aceptables APRA la ejecución de las obras en la instalación de redes subterráneas de distribución.

#### **4.6.2 Condiciones generales**

Se refieren al suministro e instalación de los materiales necesarios en la ejecución de las redes subterráneas de baja y media tensión.

Cualquier duda de cualquier tipo que pueda surgir de la interpretación del presente pliego durante el periodo de construcción, será resuelta por el director de Obra, cuya interpretación será aceptada íntegramente.

#### **4.6.3 Ejecución del trabajo**

Corresponde al contratista la responsabilidad en la ejecución de los trabajos que deberán realizarse conforme a las reglas del arte.

#### **4.6.4 Trazado de zanjas**

Antes de comenzar los trabajos, se marcarán en el pavimento las zonas donde se abrirán las zanjas, marcando tanto su anchura como su longitud y las tomas donde se dejan las llaves para la contención del terreno. Su ha habido posibilidad de conocer las acometidas de otros servicios a las fincas construidas, se indicarán sus situaciones con el fin de tomar las precauciones debidas.

Antes de proceder a la apertura de las zanjas se abrirán calas de reconocimiento para confirmar o rectificar el trazado. Se estudiará la señalización de acuerdo con las normas municipales y se determinarán las protecciones precisas tanto de las zanjas como de los pasos que sean necesarios, así como las chapas de hierro que hayan de colocarse sobre la zanja para el paso de vehículos. Al marcar el trazado de las zanjas se tendrá en cuenta el radio mínimo que hay que dejar en la curva con arreglo a la sección del conductor o conductores que se vayan a colocar.

#### **4.6.5 Tendido de conductores**

Los cables deben ser siempre desenrollados y puestos en su sitio con el mayor cuidado evitando que sufran torsión, hagan bucles, etc., y teniendo siempre en cuenta que el radio de curvatura del cable sea superior a 20 veces su diámetro durante su tendido y superior a 10 veces su diámetro una vez instalado.

En todo caso el radio de curvatura del cable no debe ser inferior a los valores indicados en las Normas UNE correspondientes relativas a cada tipo de cable. Cuando los cables se tienden a mano los operarios estarán distribuidos de una manera uniforme a lo largo de la zanja. También se puede tender mediante cabrestantes tirando del extremo del cable al que se le habrá adaptado una cabeza apropiada y con un esfuerzo de tracción por mm<sup>2</sup> de conductor que no debe pasar del indicado por el fabricante del mismo. Será imprescindible la colocación de dinamómetros para medir dicha tensión.

El tendido se hará obligatoriamente por rodillos que puedan girar libremente y contruidos de forma que no dañen el cable. Durante el tendido se tomarán precauciones

para evitar que el cable sufra esfuerzos importantes, golpes o rozaduras. No se permitirá desplazar lateralmente el cable por medio de palancas, deberá siempre hacerse a mano. Sólo de manera excepcional se autorizará desenrollar el cable fuera de la zanja, siempre bajo la vigilancia del Director de Obra.

Cuando la temperatura ambiente sea inferior a 0°C no se permitirá hacer el tendido del cable debido a la rigidez que toma el aislamiento. No se dejará nunca el cable tendido en una zanja abierta sin haber tomado antes la precaución de cubrirlo con una capa de 10 cm de arena fina y la protección de rasillas.

La zanja en toda su longitud deberá estar cubierta con una capa de arena fina en el fondo antes de proceder al tendido del cable. En ningún caso se dejarán los extremos del cable en la zanja sin haber asegurado antes una buena estanqueidad de los mismos.

Cuando los cables que se canalicen vayan a ser empalmados, se solaparán al menos en una longitud de 0,5 m. Si las pendientes son muy pronunciadas y el terreno es rocoso e impermeable, se corre el riesgo de que la zanja de canalización sirva de drenaje originando un arrastre de la arena que sirve de lecho a los cables. En este caso se deberá efectuar la canalización asegurada con cemento en el tramo afectado.

Si con motivo de las obras de canalización aparecieran instalaciones de otros servicios, se tomarán todas las precauciones para no dañarlas, dejándolas al terminar los trabajos en las mismas condiciones en las que se encontraban primitivamente. Si involuntariamente se causara alguna avería en dichos servicios, se avisará con toda urgencia al Director de Obra y a la empresa correspondiente con el fin de que procedan a su reparación. El encargado de obra por parte del Contratista deberá conocer la dirección de los servicios públicos así como su número de teléfono para comunicarse en caso de necesidad.

En el caso de que los cables sean unipolares:

- Se recomienda colocar en cada metro y medio por fase y en el neutro unas vueltas de cinta adhesiva para indicar el color distinto de dicho conductor.
- Cada metro y medio, envolviendo las tres fases de media Tensión, o las tres fases y el neutro en Baja Tensión, se colocará una sujeción que agrupe dichos conductores y los mantenga unidos.

#### **4.6.6 Identificación del conductor**

Los cables deberán llevar marcas que indiquen el nombre del fabricante, el año de fabricación y sus características. Estas marcas serán grabadas de forma indeleble y se distanciarán entre sí unos 30 cm, tal y como se indica en las normas UNE-21123 y R.U. 3305

#### **4.6.7 Cierre de zanjas**

Una vez colocadas al cable las protecciones señaladas anteriormente, se rellenará toda la zanja con tierra de excavación, debiendo realizarse los primeros 20 centímetros de forma manual.

El cierre de las zanjas deberá hacerse por capas sucesivas de 10 cm de espesor, las cuales serán apisonadas y regadas si fuese necesario con el fin de que quede suficientemente consolidado el terreno.

El contratista será el responsable de los hundimientos que se produzcan y serán de su cuenta las posteriores reparaciones oportunas. La carga y el transporte a vertederos de las tierras sobrantes están incluidos en la misma unidad de obra que el cierre de las zanjas con objeto de que el apisonado sea lo mejor posible.

## **4.7 RECEPTORES**

### **4.7.1. Condiciones generales de la instalación**

Los receptores que se instalen tendrán que cumplir los requisitos de correcta utilización y seguridad. Durante su funcionamiento no deberán producir perturbaciones en las redes de distribución pública ni en las comunicaciones.

Los receptores se instalarán de acuerdo con su destino (clase de local, emplazamiento, utilización, etc...), con los esfuerzos mecánicos previsibles y en las condiciones de ventilación necesarias para que ninguna temperatura peligrosa, tanto para la propia instalación como para objetos próximos, pueda producirse en funcionamiento. Soportarán la influencia de agentes exteriores a que estén sometidos en servicio: polvo, humedad, gases, etc.

Los circuitos que formen parte de los receptores salvo las excepciones que para cada caso puedan señalar las prescripciones de carácter particular, deberán estar protegidos contra sobreesfuerzos siendo de aplicación para ellos lo dispuesto en la instrucción ITC BT-22. Se adoptarán las características intensidad-tiempo de los dispositivos, de acuerdo con las características y condiciones de utilización de los receptores a proteger.

### **4.7.2. Receptores de alumbrado. Instalación**

Se prohíbe terminantemente colgar las armaduras de las lámparas utilizando para ellos los conductores que llevan la corriente a las mismas. Las armaduras irán firmemente enganchadas a los techos mediante tirafondos atornillados o sistema similar. Si se emplea otro sistema de suspensión, este deberá ser firme y estar aislado totalmente de la armadura.

En caso de lámpara fluorescente se utilizarán modelos iguales o similares a los presentados en la memoria, siendo la única condición que lleven una corrección del factor de potencia de por lo menos hasta 0,90.

Para la instalación de lámparas suspendidas en el exterior, se seguirá lo dispuesto a la ITCBT-09 del RBT.

### **4.7.3. Conexiones de receptores**

Todo receptor será accionado por un dispositivo que puede ir incorporado al mismo o a la instalación de alimentación. Para este accionamiento se utilizará alguno de los dispositivos indicados en la ITC-BT-43.

Se admitirá, cuando prescripciones particulares no señalen lo contrario, que el accionamiento afecta a un conjunto de receptores.

Los receptores podrán conectarse a las canalizaciones directamente o por intermedio de un conductor movable. Cuando esta conexión se efectúe directamente a una canalización fija, los receptores se situarán de manera que se pueda verificar su funcionamiento, proceder a su mantenimiento y controlar esta conexión. Si la conexión se efectuara por intermedio de un conductor movable, este incluirá el número de conductores necesarios y, si procede, el conductor de protección.

En cualquier caso, los conductores en la entrada del aparato estarán protegidos contra riesgos de tracción, torsión, cizallamiento, abrasión, plegados excesivos, etc., por medio de dispositivos apropiados constituidos por materiales aislantes. No se permitirá anudar los conductores o atarlos al receptor. Los conductores de protección tendrán longitud tal que, en caso de fallar el dispositivo impeditivo de tracción, queden únicamente sometidos hasta después que la hayan soportado los conductores de alimentación.

En los receptores que produzcan calor, si las partes del mismo que puedan tocar a su conductor de alimentación, alcanzan más de 85 grados centígrados de temperatura, la envolvente exterior del conductor no será de materia termoplástica.

La conexión de conductores movibles a la instalación alimentadora se realizará utilizando:

- Tomas de corriente
- Cajas de conexión
- Trole para el caso de vehículos a tracción eléctrica o aparatos movibles.

### **4.7.4. Receptores a motor. Instalación.**

Los motores se instalarán de manera que la aproximación a sus partes en movimiento no pueda ser causa de accidente. No estarán nunca en contacto con materiales fácilmente combustibles, guardando las siguientes distancias de seguridad:

- 0,5 metros si la potencia del motor es igual o menor a 1 KW.
- 1 metro si la potencia nominal es superior a 1 KW.

Todos los motores de potencia superior a 0,25 CV, y todos los situados en los locales con riesgo de incendio o explosión, tendrán su instalación propia de protección. Esta constará de por lo menos un juego de fusibles cortacircuitos de acuerdo con las características del motor.

También se dotará al motor de un sistema de protección contra la falta de tensión mediante un dispositivo de corte automático de la alimentación, cuando el arranque espontáneo del motor, como consecuencia del restablecimiento de la tensión, pueda provocar accidente o perjudicar a éste.

#### **4.7.5 Materiales auxiliares**

Toda la tornillería, así como arandelas, tuercas, contratuercas, etc., que se utilizan como material auxiliar de la instalación eléctrica, serán de acero inoxidable. La pasta de sellado de tubos metálicos, cajas de derivación, etc., será por cuenta del contratista.

Todos los tubos protectores de PVC estarán sellados con espuma de poliuretano o producto equivalente.

### **4.8 PROTECCIÓN CONTRA SOBREINTENSIDADES Y SOBRETENSIONES**

#### **4.8.1. Protección de las instalaciones**

##### **4.8.1.1 Protección contra sobreintensidades**

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.

Excepto los conductores de protección, todos los conductores que forman parte de un circuito, incluyendo el conductor neutro o compensador, estarán protegidos contra los efectos de las sobreintensidades.

Se admiten como dispositivos de protección contra cortocircuitos los fusibles de características de funcionamiento adecuadas y los interruptores automáticos con sistema de corte electromagnético.

##### **4.8.1.2 Protección contra sobrecargas**

El límite de intensidad admisible en un conductor ha de quedar en todo caso garantizado por el dispositivo de protección utilizado.

El dispositivo de protección general puede estar constituido por un interruptor automático de corte omnipolar o por un interruptor automático que corte únicamente los conductores de fase o polares bajo la acción del elemento que controle la corriente en el conductor neutro.

Como dispositivos de protección contra sobrecargas serán utilizados los fusibles calibrados de características adecuadas o los interruptores automáticos con curva térmica de corte.

#### **4.8.2 Situación de los dispositivos de protección**

Todos los dispositivos de protección se instalarán en los diferentes cuadros instalados en la nave. Estos dispositivos protegerán tanto a las instalaciones como a las personas contra sobrecargas y cortocircuitos.

Se instalarán a tal interruptor automático, diferencial y fusibles.

#### **4.8.3. Características de los dispositivos de protección**

Deberán poder soportar la influencia de los agentes exteriores a que estén sometidos, presentado el grado de protección que les corresponda de acuerdo con sus condiciones de instalación.

Los fusibles irán colocados sobre material aislante incombustible y estarán contruidos de forma que no puedan proyectar metal al fundirse. Cumplirán la condición de permitir su recambio bajo tensión de la instalación sin peligro alguno. Deberán llevar marcada la intensidad y tensión nominales de trabajo.

Los interruptores automáticos serán los apropiados a los circuitos a proteger en su funcionamiento a las curvas intensidad-tiempo adecuadas. Deberán cortar 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 entre las correspondientes a las de apertura y cierra. Cuando se utilicen para la protección contra cortocircuitos, su capacidad de corte estará de acuerdo con la intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en el punto de su instalación, salvo que vayan asociados con fusibles adecuados que cumplan este requisito.

Los interruptores automáticos, llevarán marcada su intensidad y tensión nominales, el símbolo de la naturaleza de corriente en que hayan de emplearse y el símbolo que indique las características de desconexión, de acuerdo con la norma que le corresponda, o en su defecto, irán acompañados de las curvas de desconexión.

### **4.9 PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS DIRECTOS E INDIRECTOS**

#### **4.9.1 Protección contra contactos directos**

Para considerar satisfactoria la protección contra los contactos directos se tomará una de las siguientes medidas:

- a) Alejamiento de las partes activas de la instalación del lugar donde circulen las personas habitualmente con un mínimo de 2,5 metros hacia arriba, 1 metros abajo y 1 metro lateralmente.
- b) Interposición de obstáculos que impidan todo contacto accidental con las partes activas de la instalación. Los obstáculos deben estar fijados de forma segura y resistir a los esfuerzos mecánicos usuales que pueden presentarse en su función.

c) Recubrimiento de las partes activas de la instalación por medio de un aislamiento apropiado capaz de conservar sus propiedades con el tiempo y que limite la corriente de contacto a un valor no superior a 1mA.

#### **4.9.2 Protección contra contactos indirectos**

Para la elección de las medidas de protección contra contactos indirectos, se tendrá en cuenta la naturaleza de los locales o emplazamientos, las masas y los elementos conductores, la extensión e importancia de la instalación, etc. , que obligarán en cada caso a adoptar la medida de protección mas adecuada.

Para instalaciones con tensiones superiores a 250 V con relación a tierra es necesario establecer sistemas de protección, cualquiera que sea el local, naturaleza del suelo, etc.

Las medidas de protección contra contactos indirectos pueden ser de las clases siguientes:

##### **Clase A:**

Se basa en los siguientes sistemas:

- Separación de circuitos
- Empleo de pequeñas tensiones.
- Separación entre las partes activas y las masas accesibles por medio de aislamientos de protección; inaccesibilidad simultáneamente de elementos conductores y masas
- Recubrimiento de las masas con aislamientos de protección
- Conexiones equipotenciales.

##### **Clase B:**

Se basa en los siguientes sistemas:

- Puesta a tierra de las masas y dispositivos de corte por intensidad de defecto
- Puesta a tierra de las masas y dispositivos de corte por tensión de defecto
- Puesta a neutro de las masas y dispositivos de corte por intensidad de defecto.

La aplicación de los sistemas de protección de la Clase A no es generalmente posible, sin embargo se puede aplicar de manera limitada y solamente para ciertos equipos, materiales o partes de la instalación.

#### **4.9.3. Puesta a tierra de las masas y dispositivos de corte por intensidad de defecto**

Este sistema de protección consiste en la puesta a tierra de las masas, asociada a un dispositivo de corte automático sensible a la intensidad de defecto que origine la desconexión de la instalación defectuosa. Requiere que se cumplan las condiciones siguientes:



En instalaciones con el punto neutro unido directamente a tierra (como es el caso):

- La corriente a tierra producida por un solo defecto franco debe hacer actuar el dispositivo de corte en un tiempo no superior a 5 segundos.
- Una masa cualquiera no puede permanecer en relación a una toma de tierra eléctricamente distinta, a un potencial superior, en valor eficaz a:
  - 24 voltios en locales conductores
  - 50 voltios en los demás casos
- Todas las masas de una instalación deben estar unidas a la misma toma de Tierra

Se utilizarán como dispositivos de corte automáticos sensibles a la corriente de defecto interruptores diferenciales. Los diferenciales provocan la apertura automática de la instalación cuando la suma vectorial de las intensidades que atraviesan los polos del aparato alcanza un valor determinado.

El valor mínimo de la corriente de defecto, a partir de la cual el interruptor diferencial abre automáticamente, en su tiempo conveniente a la instalación a proteger, determina la sensibilidad de funcionamiento del aparato.

## **4.10 ALUMBRADOS ESPECIALES**

### **4.10.1 Alumbrado de emergencia**

Es aquel que debe permitir, en caso de fallo del alumbrado general, la evacuación segura y fácil del personal hacia el exterior. Solamente podrá ser alimentado por fuentes propias de energía, sean o no exclusivas para dicho alumbrado, pero no por fuente de suministro exterior, cuando la fuente propia de energía esté constituida por baterías de acumuladores o por aparatos autónomos automáticos, se podrá utilizar un suministro exterior para proceder a su carga.

El alumbrado de emergencia deberá poder funcionar durante un mínimo de una hora, proporcionando en el eje de los pasos principales una iluminación adecuada.

Este alumbrado se instalará en las salidas y en las señales indicadoras de la dirección de las mismas. Si hay un cuadro principal de distribución, en el local donde este se instale, así como sus accesos, estarán provistos de alumbrado de emergencia.

Deberá entrar en funcionamiento al producirse el fallo de los alumbrados generales o cuando la tensión de estos baje a menos del 70% de su tensión nominal.

### **4.10.2 Alumbrado de señalización**

Es el que se instala para funcionar de modo continuo durante determinados periodos de tiempo. Este alumbrado debe señalar de modo permanente la situación de puertas, pasillos, escaleras y salidas de los locales, durante todo el tiempo que permanezcan con público.

Deberá ser alimentado, al menos por dos suministros, sean ellos normales, complementarios o procedentes de fuente propia de energía eléctrica. Deberá proporcionar en el eje de los pasos principales una iluminación mínima de 1 Lux.

Cuando el suministro habitual del alumbrado de señalización falle, o su tensión baje a menos del 70% de su valor nominal, la alimentación del alumbrado de señalización pasará automáticamente al segundo suministro.

Cuando los locales o dependencias que deban iluminarse con este alumbrado, coincidan con los que precisan alumbrado de emergencia, los puntos de luz de ambos alumbrados podrán ser los mismos.

#### **4.10.3. Locales de deberán ser provistos de alumbrados especiales**

a) Con alumbrado de emergencia: Todos los locales de reunión que puedan albergar 300 personas o mas, los locales de espectáculos y los establecimientos sanitarios

b) Con alumbrado de señalización: Estacionamientos subterráneos de vehículos, teatros y cines en sala oscura, grandes establecimientos sanitarios y cualquier otro local donde puedan producirse aglomeraciones de público en horas o lugares en que la iluminación natural de luz solar no sea suficiente para proporcionar en el eje de los pasos principales una iluminación mínima de 1 Lux.

#### **4.10.4. Fuentes propias de energía**

La fuente propia de energía estará constituida por baterías de acumuladores o aparatos automáticos autónomos o grupos electrógenos; la puesta en funcionamiento de unos y otros se producirá al producirse la falta de tensión en los circuitos alimentados por los diferentes suministros procedentes de la empresa o empresas distribuidores de la energía eléctrica, o cuando aquella tensión descienda por debajo del 70% de su valor nominal. La fuente propia de energía en ningún caso podrá estar constituida por baterías de pilas.

#### **4.10.5 Instrucciones complementarias**

Las líneas que alimentan directamente los circuitos individuales de las lámparas de los alumbrados especiales estarán protegidas por interruptores automáticos con una intensidad nominal de 10 amperios como máximo. Una misma línea no podrá alimentar más de 12 puntos de luz, o si en el local existen varios puntos de luz estos deberán ser alimentados por, al menos, dos líneas diferentes, aunque su número sea inferior a 12.

### **4.11 LOCAL**

#### **4.11.1 Prescripciones de carácter general**

Las instalaciones en los locales a que afectan las presentes prescripciones, cumplirán las condiciones de carácter general que a continuación se señalan, así como para determinados locales, las complementarias que más adelante se fijan:

a) Será necesario disponer de una acometida individual, siempre que el conjunto de las dependencias del local considerado constituya un edificio independiente o,

igualmente, e el caso en que existan varios locales o viviendas en el mismo edificio y la potencia instalada en el local de pública concurrencia lo justifique.

- b) El cuadro general de distribución deberá colocarse en el punto más próximo posible a la entrada de la acometida o de la derivación individual y se colocará junto o sobre é el dispositivo de mando y protección preceptivo según la Instrucción MI BT 16. Cuando no sea posible la instalación del cuadro general en este punto, se instalará, de todas formas en dicho punto, un dispositivo de mando y protección. Del citado general saldrá las líneas que alimentan directamente los aparatos receptores o bien las líneas generales de distribución a las que se conectará mediante cajas o a través de cuadros secundarios.
- c) El cuadro general de distribución e, igualmente, los cuadros secundarios, se instalarán en locales o recintos a los que no tenga acceso el público y que estarán separados de los locales donde exista un peligro acusado de incendio o de pánico (cabinas de proyección, escenarios, salas de público, escaparates...), por medio de elementos a prueba de incendios y puertas no propagadoras del fuego. Los contadores podrán instalarse en otro lugar, de acuerdo con la empresa distribuidora de energía eléctrica, y siempre del cuadro general.
- d) En el cuadro general de distribución o en los secundarios se dispondrán dispositivos de mando y protección para cada una de las líneas generales de distribución, y las de alimentación directa a receptores. Cerca de cada uno de los interruptores del cuadro se colocará una placa indicadora del circuito al que pertenecen.
- e) En las instalaciones para alumbrado de locales o dependencias donde se reúna público, el número de líneas secundarias y su disposición en relación con el total de lámparas a alimentar, deberá ser tal que el corte de corriente en una cualquiera de ellas no afecte a más de la tercera parte del total de las lámparas instaladas en los locales o dependencias que se iluminan alimentadas por dichas líneas.
- f) Las canalizaciones estarán constituidas por:
  - Conductores aislados, de tensión nominal no inferior a 750 V, colocados bajo tubos protectores, de tipo no propagador de la llama, preferentemente empotrados, en especial en las zonas accesibles al público.
  - Conductores aislados, de tensión nominal no inferior a 750 V, con cubierta de protección, colocados en huecos de la construcción, totalmente construidos en materiales incombustibles.
  - Conductores rígidos, aislados de tensión nominal no inferior a 1000V, armados directamente sobre paredes.
- g) Se adoptarán las disposiciones convenientes para que las instalaciones no puedan ser alimentadas simultáneamente por dos fuentes de alimentación independientes entre sí.

#### **4.12 MEJORAMIENTO DEL FACTOR DE POTENCIA**

Las instalaciones que suministren energía a receptores de los que resulte un factor de potencial inferior a 0,90 deberán ser compensadas, sin que en ningún momento la energía absorbida por la red pueda ser capacitiva.

La compensación del factor de potencia podrá hacerse por una de las dos formas siguientes:

- Por cada receptor o grupo de receptores que funcionen por medio de un solo interruptor; es decir funcionen simultáneamente.
- Por la totalidad de la instalación. En este caso, la instalación de compensación ha de estar dispuesta para que, de forma automática, asegure que la variación del factor de potencia no sea superior a un 10% del valor medio obtenido en un prolongado periodo de funcionamiento.

Cuando se instales condensadores y la conexión de estos con los receptores pueda ser cortada por medio de interruptores, estarán provistos aquellos de resistencias o reactancias de descarga a tierra.

## **4.13 PUESTA A TIERRA**

### **4.13.1 Generalidades**

En cada instalación se efectuará una red de tierra. El conjunto de líneas y tomas de tierra tendrán unas características tales, que las masas metálicas no podrán ponerse a una tensión superior a 24V, respecto de la tierra.

Todas las carcasas de aparatos de alumbrado, así como enchufes..., dispondrán de su toma de tierra, conectada a una red general independiente de la de los centros de transformación y de acuerdo con el Reglamento de BT.

Las instalaciones de toma de tierra, seguirán las normas establecidas en el RBT y sus instrucciones complementarias.

Los materiales que compondrán la red de tierra estarán formados por placas, electrodos, terminales, cajas de pruebas con sus terminales de aislamiento y medición, etc...

Donde se prevea falta de humedad o terreno de poca resistencia se colocarán tubos de humidificación además de reforzar la red con aditivos químicos. La resistencia mínima a corregir no alcanzará los 4 ohmios.

La estructura de obra civil será conectada a tierra. Todos los empalmes serán tipo soldadura aluminotermia sistema CADWELL o similar.

### **4.13.2 Ensayos**

La recepción de los materiales se hará comprobando que cumplan las condiciones funcionales y de calidad fijadas en el RBT y en el resto de normativa vigente.

Cuando el material llegue a la obra con Certificado de Origen Industrial que acredite el cumplimiento de dichas normativas, su recepción se realizará comprobando únicamente sus características aparentes.

El tipo de ensayos a realizar, así como su número y las condiciones de no aceptación automática serán los fijados por la NTE-IEP/1973: “Instalaciones de electricidad: Puesta a Tierra”.

**Pamplona, Junio 2014**

**Mikel Sánchez Clemente**



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

“ INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BAJA TENSIÓN DE UNA  
NAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE  
TRANSFORMACIÓN ”

## PRESUPUESTO

Alumno: Mikel Sanchez Clemente

Tutor: Amaya Perez Ezcurdia

Pamplona, Junio 2014





5.1 CAPÍTULO I: ACOMETIDA.....	3
5.1.1. ACOMETIDA: .....	3
5.2. CAPÍTULO II: PROTECCIONES .....	3
5.2.1. CUADRO GENERAL DE DISTRIBUCIÓN: .....	3
5.2.2. CUADRO SECUNDARIO I: .....	4
5.2.3. CUADRO SECUNDARIO II: .....	5
5.2.4 CUADRO SECUNDARIO DE ALUMBRADO:.....	6
5.2.5. CUADRO SECUNDARIO E.:.....	6
5.2.6 ARMARIOS CUADROS:.....	7
5.2.7 TABLA RESUMEN:.....	7
5.3. CAPÍTULO III: CONDUCTORES, TUBOS Y CANALIZACIONES .....	8
5.3.1. CONDUCTORES:.....	8
5.3.2 TUBOS: .....	9
5.3.3. CANALIZACIONES: .....	9
5.3.4. TABLA RESUMEN:.....	10
5.4 CAPÍTULO IV: PUESTA A TIERRA.....	10
5.4.1. PUESTA A TIERRA:.....	10
5.5 CAPÍTULO V: EQUIPOS DE ALUMBRADO .....	10
5.5.1. ALUMBRADO INTERIOR:.....	10
5.5.2. ALUMBRADO EXTERIOR:.....	11
5.5.3. ALUMBRADO DE EMERGENCIA: .....	11
5.5.4 TABLA RESUMEN:.....	11
5.6. CAPÍTULO VI: ELEMENTOS VARIOS .....	12
5.6.1. TOMAS DE CORRIENTE, BASES, INTERRUPTORES .....	12
5.7. CAPÍTULO VII: COMPENSACIÓN DE ENERGÍA REACTIVA .....	12
5.7.1. BATERÍA DE CONDENSADORES:.....	12
5.8 CAPÍTULO VIII: CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.....	12
5.8.1. OBRA CIVIL:.....	12
5.8.2. CASETA DEL CENTRO.....	13
5.8.3. TRANSFORMADOR DE POTENCIA: .....	13
5.8.4. APARAMENTA DE MEDIA TENSIÓN: .....	14
5.8.5 EQUIPO DE BAJA TENSIÓN: .....	15
5.8.6. PUESTA A TIERRA DEL CENTRO: .....	16
5.8.7. TABLA RESUMEN.....	16
5.9 CAPÍTULO IX: EQUIPO DE SEGURIDAD Y SALUD.....	17
5.9.1. SEGURIDAD Y SALUD: .....	17
5.10 RESUMEN DEL PRESUPUESTO DE LA INSTALACIÓN: .....	18





Instalación eléctrica en BT de una nave industrial con CT  
Mikel Sanchez Clemente  
Presupuesto



## 5.1 CAPÍTULO I: ACOMETIDA

### 5.1.1. ACOMETIDA

Nº orden	Descripcion	Cantidad(metros)	Precio unitario(€)	Importe(€)
5.1.1.1	Marca: PRYSMIAN Cable RV-k 0.6/1 KV Flexible (3x70 mm2) cobre	35	26,75	936,25
5.1.1.2	Marca: PRYSMIAN Cable RV-k 0.6/1 KV Flexible (3x35 mm2) cobre	35	13,30	465,5
5.1.1.3	Tubo de XLPE corrugado de doble pared, de 125mm de diámetro, de 2,2mm de espesor, liso por el interior y corrugado por el exterior, color rojo FU 15 R de resistencia de aplastamiento 140N	35	5,25	183,75
5.1.1.4	Zanja sobre tierra de 40x70 cm. Con arena lavada debajo de tubo y rellano de tierra excavada	35	3,15	110,25
5.1.1.5	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje	5	22,5	112,5
			<b>subtotal</b>	<b>1808,25</b>

## 5.2. CAPÍTULO II: PROTECCIONES

### 5.2.1. CUADRO GENERAL DE DISTRIBUCIÓN

Nº orden	Descripcion	Precio unitario(€)	cantidad	Importe(€)
5.2.1.1	interruptor magnetotérmico III+N pdC 25KA calibre 400A curva D	1612,19	1	1612,19
5.2.1.2	interruptor magnetotérmico III+N pdC 25KA calibre 160A curva D	537,68	2	1075,36
5.2.1.3	interruptor magnetotérmico III+N pdC 25KA calibre 250A curva D	762,51	1	762,51
5.2.1.4	interruptor magnetotérmico III+N pdC 25KA calibre 30A curva D	271,48	1	271,48
5.2.1.5	interruptor magnetotérmico III+N pdC 25KA calibre 40A curva D	410,25	1	410,25
5.2.1.6	interruptor diferencial 500mA 320 A 4P	1035,07	1	1035,07
5.2.1.7	interruptor diferencial 300mA 80 A 4P	626,12	1	626,12
5.2.1.8	interruptor diferencial 300mA 160 A 4P	823,15	1	823,15
5.2.1.9	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje	22,5	5	112,5
			<b>Subtotal</b>	<b>6728,63</b>



### 5.2.2. CUADRO SECUNDARIO I

Nº orden	Descripcion	Precio unitario(€)	cantidad	Importe(€)
5.2.2.1	interruptor magnetotérmico III pdC 22KA calibre 40A curva D	321,93	1	321,93
5.2.2.2	interruptor magnetotérmico III pdC 22KA calibre 6A curva D	187,55	4	750,2
5.2.2.3	Interruptor magnetotérmico III pdC 22KA calibre 16A curva D	157,53	1	157,53
5.2.2.4	interruptor magnetotérmico III pdC 22KA calibre 32A curva D	264,22	1	264,22
5.2.2.5	interruptor magnetotérmico III pdC 22KA calibre 10A curva D	201,53	2	403,06
5.2.2.6	interruptor magnetotérmico III+N pdC 22KA calibre 6A curva D	157,53	2	315,06
5.2.2.7	interruptor magnetotérmico III+N pdC 22KA calibre 160A curva D	402,08	1	402,08
5.2.2.8	interruptor diferencial 300mA 40 A 3P	322,35	1	322,35
5.2.2.9	interruptor diferencial 300mA 16 A 3P	226,21	2	452,42
5.2.2.10	interruptor diferencial 300mA 32 A 3P	303,64	1	303,64
5.2.2.11	interruptor diferencial 300mA 25 A 4P	98,26	1	98,26
5.2.2.12	Interruptor diferencial 300mA 25 A 3P	262,45	1	262,45
5.2.2.13	interruptor diferencial 300mA 6 A 4P	98,26	1	98,26
5.2.2.14	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje	22,5	5	112,5
			<b>Subtotal</b>	<b>4263,96</b>



### 5.2.3. CUADRO SECUNDARIO II

Nº orden	Descripcion	Precio unitario(€)	cantidad	Importe(€)
5.2.3.1	interruptor magnetotérmico III pdC 22KA calibre 16A curva D	157,53	1	157,53
5.2.3.2	interruptor magnetotérmico III pdC 22KA calibre 63A curva D	359,15	1	359,15
5.2.3.3	interruptor magnetotérmico III pdC 22KA calibre 25A curva D	202,34	2	404,68
5.2.3.4	interruptor magnetotérmico III pdC 22KA calibre 10A curva D	98,38	3	295,14
5.2.3.5	interruptor magnetotérmico III pdC 22KA calibre 20A curva D	189,19	1	189,19
5.2.3.6	interruptor magnetotérmico III+N pdC 22KA calibre 6A curva D	157,53	3	315,06
5.2.3.7	interruptor magnetotérmico I+N pdC 22KA calibre 6A curva D	76,64	3	76,64
5.2.3.8	interruptor magnetotérmico III +N pdC 22KA calibre 250A curva D	580,69	1	580,69
5.2.3.9	interruptor diferencial 300mA 16 A 3P	115,77	1	115,77
5.2.3.10	interruptor diferencial 300mA 63 A 3P	422,35	2	844,7
5.2.3.11	interruptor diferencial 300mA 32 A 3P	245,72	1	245,72
5.2.3.12	interruptor diferencial 300mA 20 A 3P	141,85	1	141,85
5.2.3.13	interruptor diferencial 300mA 20 A 4P	98,26	1	98,26
5.2.3.14	interruptor diferencial 30mA 20 A 4P	55,77	1	55,77
5.2.3.15	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje	22,5	5	112,5
			<b>Subtotal</b>	<b>4150,18</b>



#### 5.2.4. CUADRO SECUNDARIO DE ALUMBRADO

Nº orden	Descripción	Precio unitario(€)	cantidad	Importe(€)
5.2.4.1	interruptor magnetotérmico I+N pdC 10KA calibre 6A curva D	35,53	7	248,71
5.2.4.2	Interruptor magnetotérmico I+N pdC 10KA Calibre 16A curva D	51,23	1	51,23
5.2.4.3	interruptor magnetotérmico I+N pdC 10KA calibre 10A curva D	41,57	1	41,57
5.2.4.3	interruptor magnetotérmico III+N pdC 10KA calibre 30A curva D	177,23	1	177,23
5.2.4.4	Interruptor magnetotérmico I+N pdC 10KA Calibre 100A curva D	473,21	1	473,21
5.2.4.5	interruptor diferencial 30mA 25 A 4P	201,06	1	201,06
5.2.4.6	interruptor diferencial 30mA 20 A 4P	181,85	1	181,85
5.2.4.7	Interruptor diferencial 30mA 32 A 4P	279,21	1	279,21
5.2.4.8	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje	22,5	5	112,5
			<b>Subtotal</b>	<b>1766,57</b>

#### 5.2.5. CUADRO SECUNDARIO “E”

Nº orden	Descripción	Precio unitario(€)	cantidad	Importe(€)
5.2.5.1	interruptor magnetotérmico I+N pdC 22KA calibre 6A curva D	69,89	6	419,34
5.2.5.2	interruptor magnetotérmico III+N pdC 22KA calibre 40A curva D	388,28	1	388,28
5.2.5.3	interruptor diferencial 30mA 20 A 4P	151,85	2	303,70
5.2.5.4	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje	22,5	5	112,5
			<b>Subtotal</b>	<b>1223,82</b>



### 5.2.6. ARMARIOS CUADROS SECUNDARIOS

Nº orden	Cuadro	Descripcion	Precio unitario(€)	Cantidad(metros)	Importe(€)
5.2.6.1	general distribucion	Armario metálico ABB modelo ARTU K, o similar, de dimensiones 2231x2388x362 construido en chapa de acero de 2mm de espesor laminada y plegada en frío, pintada exterior e interiormente con pintura epoxy endurecida al horno y soportes de barras. Totalmente colocado	1969,73	1	1969,73
5.2.6.2	Alumbrado y "E"	Armario metálico de distribución. Marca: Merlin Gerin. Model: Prisma, Sistema G, con IP55, de 11 módulos, de medida: 650x600x250 mm. Con su placa de montaje y puesta a tierra Ref: 08303	188,72	2	377,44
5.2.6.3	secundarios I y II	Armario metálico de distribución. Marca: Merlin Gerin. Model: Prisma, Sistema G, con IP55, de 15 módulos, de medida: 850x600x250 mm. Con su placa de montaje y puesta a tierra Ref: 08304	214,16	2	428,32
				<b>Subtotal</b>	<b>2775,49</b>

### 5.2.7. TABLA RESUMEN

SUBTOTAL	PRESUPUESTO TOTAL CAPITULO II	IMPORTE (€)
5.2.1	CUADRO GENERAL DE DISTRIBUCIÓN	6728,63
5.2.2	CUADRO SECUNDARIO I	4263,96
5.2.3	CUADRO SECUNDARIO II	4150,18
5.2.4	CUADRO ALUMBRADO	1766,57
5.2.5	CUADRO "E"	1223,82
5.2.6	ARMARIOS CUADROS	2775,49
	<b>SUBTOTAL</b>	<b>20908,65</b>



### 5.3. CAPÍTULO III: CONDUCTORES, TUBOS Y CANALIZACIONES

#### 5.3.1. CONDUCTORES

Nº orden	Descripcion	Cantidad(metros)	Precio unitario(€)	Importe(€)
5.3.1.1	Cable RV-K 0.6/ 1 kV Flexible Marca: Prysmian 1,5 mm2 Cobre	479,04	1,1	526,94
5.3.1.2	Cable RV-K 0.6/ 1 kV Flexible Marca: Prysmian 2,5 mm2 Cu	157,41	1,86	292,78
5.3.1.3	Cable RV-K 0.6/ 1 kV Flexible Marca: Prysmian 4 mm2 Cu	47,77	2,16	103,18
5.3.1.4	Cable RV-K 0.6/ 1 kV Flexible Marca: Prysmian 6 mm2 Cu	133,85	2,5	334,62
5.3.1.5	Cable RV-K 0.6/ 1 kV Flexible Marca: Prysmian 10 mm2 Cu	157,8	4,1	646,98
5.3.1.6	Cable RV-K 0.6/ 1 kV Flexible Marca: Prysmian 16 mm2 Cu	128,67	6,21	799,04
5.3.1.7	Cable RV-K 0.6/ 1 kV Flexible Marca: Prysmian 25 mm2 Cu	127,13	9,51	1209
5.3.1.8	Cable RV-K 0.6/ 1 kV Flexible Marca: Prysmian 35 mm2 Cu	44,86	13,3	596,64
5.3.1.9	Cable RV-K 0.6/ 1 kV Flexible Marca: Prysmian 50 mm2 Cu	57,18	16	914,88
5.3.1.10	Cable RV-K 0.6/ 1 kV Flexible Marca: Prysmian 70 mm2 Cu	27,29	26,75	730
5.3.1.11	Cable RZ1 0.6/ 1 kV Flexible Marca: Prysmian 70 mm2	75	27,2	2040
5.3.1.12	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje	5	22,5	112,5
			<b>Subtotal</b>	<b>8306,56</b>



### 5.3.2 TUBOS

Nº orden	Descripcion	Cantidad(metros)	Precio unitario(€)	Importe(€)
5.3.2.1	Tubo de termoplástico de PVC corrugado de color negro, temperatura máxima de instalación 20°C, Φ 16 mm	605	0,25	151,25
5.3.2.2	Tubo de termoplástico de PVC corrugado de color negro, temperatura máxima de instalación 20°C, Φ 20 mm	135,38	0,45	60,92
5.3.2.3	Tubo de termoplástico de PVC corrugado de color negro, temperatura máxima de instalación 20°C, Φ 25 mm	62,7	0,74	46,4
5.3.2.4	Tubo de termoplástico de PVC corrugado de color negro, temperatura máxima de instalación 20°C, Φ 32 mm	494,45	0,95	469,73
5.3.2.5	Tubo de termoplástico de PVC corrugado de color negro, temperatura máxima de instalación 20°C, Φ 40 mm	4,7	1,05	4,94
5.3.2.6	Tubo de termoplástico de PVC corrugado de color negro, temperatura máxima de instalación 20°C, Φ 50 mm	12,8	1,2	15,36
5.3.2.7	Tubo de termoplástico de PVC corrugado de color negro, temperatura máxima de instalación 20°C, Φ 63 mm	32,5	1,32	42,9
5.3.2.8	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje	5	22,5	112,5
			<b>Subtotal</b>	<b>904</b>

### 5.3.3. CANALIZACIONES

Nº orden	Descripcion	Cantidad(metros)	Precio unitario(€)	Importe(€)
5.3.3.1	M.I.Bandeja metálica de rejilla galvanizada en caliente REJIBAND de 400x60 , incluso p.p. de uniones, soportes, fijaciones y mano de obra de instalación.	65,6	16,8	1102,08
5.3.3.2	M.I.Bandeja metálica de rejilla galvanizada en caliente REJIBAND de 200x35 , incluso p.p. de uniones, soportes, fijaciones y mano de obra de instalación.	42,62	11,4	485,87
5.3.3.3	Soporte para la bandeja (cada 3 m) Marca: Pemsaband Modelo: Omega	37	6,5	240,5
5.3.3.4	Tubo grapado	98,4	2,5	246
5.3.3.5	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje	5	22,5	112,5
			<b>Subtotal</b>	<b>2186,95</b>





### 5.3.4. TABLA RESUMEN

Nº DE ORDEN	PRESUPUESTO TOTAL CAPITULO III	IMPORTE (€)
5.3.1	CABLES	8306,56
5.3.2	TUBOS	904
5.3.3	CANALIZACIONES	2186,95
	<b>SUBTOTAL</b>	<b>11397,51</b>

## 5.4 CAPÍTULO IV: PUESTA A TIERRA

### 5.4.1. PUESTA A TIERRA

Nº orden	Descripcion	Cantidad	Precio unitario(€)	Importe(€)
5.4.1.1	Pica de tierra de 2 metros de longitud de acero-cobre. Incluida soldadura aluminotérmica CADWEL a la red de tierra y otros accesorios.	4	14,35	57,4
5.4.1.2	Arqueta de registro de instalación de tierra con tapa de registro URIARTE TR-230, recibida en hormigón HM-20-E-40-2B de espesor 25 cm y 80 cm de profundidad.	4	27,32	109,28
5.4.1.3	Red de tierra constituida con cable de cobre desnudo de 50 mm2 de sección.	100	5,44	544
5.4.1.4	Caja de seccionamiento de tierra URIARTE CCST-50 con pletina de seccionamiento y bornes de conexión. Incluidos accesorios.	1	25,87	25,87
5.4.1.5	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje	5	22,5	112,5
			<b>Subtotal</b>	<b>849,05</b>

## 5.5 CAPÍTULO V: EQUIPOS DE ALUMBRADO

### 5.5.1. ALUMBRADO INTERIOR

Nº orden	Descripcion	Cantidad	Precio unitario(€)	Importe(€)
5.5.1.1	HPK150 1XHPI-P400W-BU SGR PWB+GPK150R+GC	19	279	5301
5.5.1.2	FBS120 2XPL-C/2P 18W P	16	172	2752
5.5.1.3	BPS800 DYNAMIC 3000 K AC-MLO	10	603	6030
5.5.1.4	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje	5	22,5	112,5
			<b>Subtotal</b>	<b>14195,5</b>



### 5.5.2. ALUMBRADO EXTERIOR

Nº orden	Descripcion	Cantidad	Precio unitario(€)	Importe(€)
5.5.2.1	Philips SGS253 CDM-TT 150W K 230V II OR GB GR ST	10	365	3650
5.5.2.2	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje	5	22,5	112,5
			<b>Subtotal</b>	<b>3762,5</b>

### 5.5.3. ALUMBRADO DE EMERGENCIA

Nº orden	Descripcion	Cantidad	Precio unitario(€)	Importe(€)
5.5.3.1	LEGRAND B65 61563 6W	7	64,32	450,24
5.5.3.2	LEGRAND C3 61514 6W	3	59,41	178,23
5.5.3.3	LEGRAND C3 61508 6W	5	52,34	261,7
5.5.3.4	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje	5	22,5	112,5
			<b>Subtotal</b>	<b>1002,67</b>

### 5.5.4 TABLA RESUMEN

Nº DE ORDEN	PRESUPUESTO TOTAL CAPITULO V	IMPORTE (€)
5.5.1	ALUMBRADO INTERIOR	14195,5
5.5.2	ALUMBRADO EXTERIOR	3762,5
5.5.3	ALUMBRADO DE EMERGENCIA	1002,67
	<b>SUBTOTAL</b>	<b>18960,67</b>



## 5.6. CAPÍTULO VI: ELEMENTOS VARIOS

### 5.6.1. TOMAS DE CORRIENTE, BASES, INTERRUPTORES...

Nº orden	Descripcion	Cantidad	Precio unitario(€)	Importe(€)
5.6.1.1	Toma de corriente (2P+T)de 16 A con caja de empotrar, 230 V. Marca:Legrand	12	8,97	107,64
5.6.1.2	Toma de corriente trifásica de 16 A (4P+T) con caja de empotrar, 400V. Marca: Legrand	21	24,13	506,73
5.6.1.3	Interruptor unipolar, 10 A, 230/240V, Serie: Coral Marca: BJC	3	3,9	11,7
5.6.1.4	Conmutador, 10 A, 230/240V, Serie: Ibiza Marca: BJC	7	11,11	77,77
5.6.1.6	Pulsador, 10 A, 230/240V, Serie: Coral Marca: BJC	1	5,29	5,29
5.6.1.7	Fotocélula 10 A, 230/240V, Marca: Rodman, Ref: 10	1	40,2	40,2
5.6.1.8	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje	5	22,5	112,5
			<b>Subtotal</b>	<b>861,83</b>

## 5.7. CAPÍTULO VII: COMPENSACIÓN DE ENERGÍA REACTIVA

### 5.7.1. BATERÍA DE CONDENSADORES

Nº orden	Descripcion	Cantidad	Precio unitario(€)	Importe(€)
5.7.1.1	Suministro y montaje de batería automática de condensadores modelo RECTIMAT 2, 105 KVar Clase H 400 V en polipropileno metalizado, con dimensiones 1940x690x540 mm, con embarrado, fusible y contadores	1	8842	8842
5.7.1.2	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje	2	22,5	45
			<b>Subtotal</b>	<b>8887</b>

## 5.8 CAPÍTULO VIII: CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

### 5.8.1. OBRA CIVIL

Nº orden	Descripcion	Cantidad	Precio unitario(€)	Importe(€)
5.8.1.1	Preparación y acondicionamiento para instalación de edificio prefabricado de Ormazabal tipo PFU-4. Dimensiones de excavación: 5260 mm de longitud, 3180	1	750	750



### 5.8.2. CASETA DEL CENTRO

Nº orden	Descripcion	Cantidad	Precio unitario(€)	Importe(€)
5.8.2.1	Caseta tipo PFU-4, de la marca ORMAZABAL, con paneles que forman la envolvente, armaduras de hormigón unidas entre sí y al colector de tierras. Se incluye el precio del montaje y del transporte.	1	7123	7123

### 5.8.3. TRANSFORMADOR DE POTENCIA

Nº orden	Descripcion	Cantidad	Precio unitario(€)	Importe(€)
5.8.3.1	Transformador trifásico, con neutro accesible en el secundario, de potencia 400 KVA, refrigeración natural de aceite, de tensión 13,2/0,4KV, grupo de conexión Dyn11, tensión de cortocircuito 4%. Medidas del transformador: 1537 mm de largo, 941 mm de ancho y 1004 mm de alto, de 1330 Kg de peso total. Incluye instalación.	1	10410	10410



#### 5.8.4. APARAMENTA DE MEDIA TENSIÓN

Nº orden	Descripcion	Cantidad	Precio unitario(€)	Importe(€)
5.8.4.1	CELDA DE LÍNEA: CML Celda de llegada de línea, de la marca ORMAZABAL, $V_n=24$ KV, $I_n=17,5$ A, de 370 mm de ancho por 1800 mm de alto y 850 mm de fondo. Dotada con un interruptor seccionador de tres posiciones, permite comunicar el embarrado de conjunto de las celdas con los cables, cortar la corriente asignada, seccionar esta unión o poner a tierra simultáneamente las tres bornas de los cables de Media Tensión. Incluido el transporte, montaje y conexión	1	2085	2085
5.8.4.2	CELDA DE MEDIDA: Celda de medida de tensión e intensidad con entrada inferior y salida superior lateral por barras, bajo envolvente metálica, de la marca ORMAZABAL, tipo CMM, $V_n=24$ KV, $I_n=17,5$ A, de 800 mm de ancho, 1800 mm de alto y 1025 mm de fondo, Con 3 transformadores de tensión y tres de intensidad. Incluido el transporte, montaje y conexión	1	5114	5114
5.8.4.3	CELDA DE PROTECCIÓN CON FUSIBLES: Celda CMP-F protección con fusibles asociados a la salida del cable, bajo envolvente metálica de la marca ORMAZABAL, $V_n=24$ KV, $I_n=17,5$ A, de 480 mm de ancho por 1800 mm de alto y 850 mm de fondo. Incluye tres fusibles limitadores de 24 KV y 40 A. Incluido el transporte, montaje y conexión	1	2727	2727
			<b>Subtotal</b>	<b>9926</b>



### 5.8.5 EQUIPO DE BAJA TENSIÓN

Nº orden	Descripcion	Cantidad	Precio unitario(€)	Importe(€)
5.8.5.1	Armario metálico de distribución. Marca: Merlin Gerin. Modelo: Prisma, Sistema G, con IP55, de 7 módulos, de medida: 450x600x250 mm Con su placa de montaje y puesta a tierra Ref: 0830	1	166,63	166,63
5.8.5.2	Interruptor automatico pdC36KA curva B III+N calibre 630	1	2733,22	2733,22
5.8.5.3	Interruptor toroidal 1A calibre 630	1	924,32	924,32
5.8.5.4	Interruptor automático magnetotérmico 4p Calibre=10A PdC=36KA Curva=D	1	128,15	128,15
5.8.5.5	Interruptor diferencial Bloque Vigi C60 10A 4p 30mA	1	91,37	91,37
5.8.5.6	Philips TMS022 1xTL-D58W HFS+GMS022 R	2	33	66
5.8.5.7	LEGRAND C3 61510 6W	1	56,46	56,46
5.8.5.8	Toma de corriente (2P+T)de 16 A con caja de empotrar, 230 V. Marca:Legrand	1	8,97	8,97
5.8.5.9	Tubo de termoplástico de PVC corrugado de color negro, temperatura máxima de instalación 20°C, Ø 16 mm	6	0,25	1,5
5.8.5.10	Interruptor unipolar, 10 A, 230/240V, Serie: Coral Marca: BJC	1	3,9	3,9
5.8.5.11	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje	5	22,5	112,5
			<b>Subtotal</b>	<b>4293,02</b>



### 5.8.6. PUESTA A TIERRA DEL CENTRO

Nº orden	Descripcion	Cantidad	Precio unitario(€)	Importe(€)
5.8.6.1	Tierra de protección del centro de transformación realizada en anillo de 5x4 m a 0,5 m de profundidad con conductor desnudo de cobre de 50 mm <sup>2</sup> y 4 picas de acero recubierto de cobre de 14 mm de diámetro y 2 m de largo. Incluida línea de tierra interior formada por conductor de cobre desnudo de 50 mm <sup>2</sup> . Incluidas arquetas de registro y caja de seccionamiento. Incluida soldadura aluminotérmica y otros elementos para conexión. Totalmente instalada y conexionada	1	760	760
5.8.6.2	Puesta a tierra interior CT: Conjunto de conductores de cobre de 50 mm <sup>2</sup> y conexionado a todas las partes metálicas (celdas, transformador, rejillas, herrajes, puerta, etc.)	1	180,5	180,5
5.8.6.3	Tierra de servicio realizada en hilera con 6 m de conductor de cobre desnudo de 50 mm <sup>2</sup> uniendo 3 picas de 14 mm de diámetro y 2 m de longitud separadas 3 m entre sí a 0,5 m de profundidad, unido al centro de transformación por conductor de cobre de 50 mm <sup>2</sup> RV-K 0.6/1 KV. Incluidas arquetas de registro y caja de seccionamiento. Incluidos elementos de conexión. Totalmente instalado y conexionado.	1	320	320
5.8.6.4	Punta de tipo Franklin de 5 m de altura para la protección ante la descarga atmosférica de rayos de 5 KA. Totalmente instalado y conexionado	1	830	830
			<b>Subtotal</b>	<b>2090,5</b>

### 5.8.7. TABLA RESUMEN

Nº DE ORDEN	PRESUPUESTO TOTAL CAPITULO VIII	IMPORTE (€)
5.8.1	OBRA CIVIL	750
5.8.2	CASETA DEL CENTRO	7123
5.8.3	TRANSFORMADOR DE POTENCIA	10410
5.8.4	APARAMENTA DE MEDIA TENSIÓN	9926
5.8.5	EQUIPO DE BAJA TENSIÓN	4293,02
5.8.6	PUESTA A TIERRA DEL C.T	2090,5
	<b>SUBTOTAL</b>	<b>34592,52</b>



## 5.9 CAPÍTULO IX: EQUIPO DE SEGURIDAD Y SALUD

### 5.9.1. SEGURIDAD Y SALUD

Nº orden	Descripcion	Cantidad	Precio unitario(€)	Importe(€)
5.9.1.1	Casco de seguridad dieléctrico con pantalla para protección de descargas eléctricas.	5	4,25	21,25
5.9.1.2	Placa señalización PVC serigrafiado de 50x30 cm, fijada mecánicamente.	5	12,35	61,75
5.9.1.3	Señal de seguridad triangular y soporte de L=70 cm, normalizada, con trípode tubular, colocación y desmontaje según RD.485/97	2	14,56	29,12
5.9.1.4	Gafas protectoras contra impactos, incoloras	5	3,78	18,9
5.9.1.5	Gafas antipolvo antiempañables, panorámicas	5	1,5	7,5
5.9.1.6	Protectores auditivos con arnés a la nuca	10	3,12	31,2
5.9.1.7	Juego de tapones antirruído de silicona ajustables.	10	1,41	14,1
5.9.1.8	Faja protección lumbar	5	3,84	19,2
5.9.1.9	Chaleco de trabajo de poliéster-algodón	5	10,52	52,6
5.9.1.10	Par de rodilleras ajustables de protección ergonómica	5	2,63	13,15
5.9.1.11	Cinturón portaherramientas	2	6,74	13,48
5.9.1.12	Mono de trabajo, de una pieza de poliésteralgodón	5	17,29	86,45
5.9.1.13	Par de guantes de uso general de maniobra	7	3,5	24,5
5.9.1.14	Par de botas de seguridad con puntera metálica para refuerzo y plantillas de acero flexibles, para riesgos de perforación, amortizable en 3 usos	7	38,45	269,15
5.9.1.15	Banqueta aislante para maniobrar la aparamenta	2	150,5	301
5.9.1.16	Lámpara portátil de mano, con cesto protector y mango aislante	2	5,75	11,5
5.9.1.17	Extintor de polvo químico ABC polivalente antigrasa de eficacia 34 <sup>a</sup> /233B, de 6 kg. De agente extintor, con soporte, manómetro comprobable y boquilla con difusor, según norma UNE 23110 medida la unidad instalada	2	56,5	113
			<b>Subtotal</b>	<b>1087,85</b>





## 5.10 RESUMEN DEL PRESUPUESTO DE LA INSTALACIÓN

ORDEN	DESCRIPCIÓN	TOTAL (euros)
CAPITULO I	ACOMETIDA	1808,25
CAPITULO II	PROTECCIONES	20908,65
CAPITULO III	CONDUCTORES, TUBOS, CANALIZACIONES	11397,51
CAPITULO IV	PUESTA A TIERRA	849,05
CAPITULO V	EQUIPOS DE ALUMBRADO	18960,67
CAPITULO VI	ELEMENTOS VARIOS	861,83
CAPITULO VII	COMPENSACIÓN DE ENERGÍA REACTIVA	8887
CAPITULO VIII	CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	34592,52
CAPITULO IX	EQUIPO DE SEGURIDAD Y SALUD	1087,85
<b>TOTAL</b>	<b>PRESUPUESTO EJECUCIÓN MATERIAL</b>	<b>99353,33</b>
	GASTOS GENERALES (5%)	4981,27
	BENEFICIO INDUSTRIAL (10%)	9962,53
<b>TOTAL</b>	<b>PRESUPUESTO EJECUCIÓN POR CONTRATA SIN IVA</b>	<b>114569,13</b>
	IVA (18%)	20622,44
<b>TOTAL</b>	<b>PRESUPUESTO EJECUCIÓN POR CONTRATA</b>	<b>135191,57</b>
	REDACCIÓN DEL PROYECTO (4%)	5407,66
	DIRECCIÓN DE OBRA (4%)	5407,66
<b>TOTAL</b>	<b>PRESUPUESTO TOTAL</b>	<b>146006,89</b>

**El total del presente proyecto asciende a la cantidad de “CIENTO CUARENTA Y SEIS MIL SEIS CON OCHENTA Y NUEVE CENTIMOS”**

**Pamplona, Abril 2014**

**Mikel Sanchez Clemente**



## ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

“ INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BAJA TENSIÓN DE UNA  
NAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE  
TRANSFORMACIÓN ”

### ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD

Alumno: Mikel Sanchez Clemente

Tutor: Amaya Perez Ezcurdia

Pamplona, Junio de 2014





6.1 OBJETO DEL ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD:.....	3
6.2 ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD DE REFERENCIA: .....	3
6.2.1 Autor: .....	3
6.2.2 Número de operarios previstos: .....	3
6.3 CONCEPTOS BÁSICOS SOBRE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO.....	3
6.4 RIESGOS GENERALES Y SU PREVENCIÓN: .....	4
6.5 RIESGOS PROFESIONALES Y FACTORES DE RIESGO EN EL TRABAJO: .....	4
6.5.1 El trabajo: .....	4
6.5.2 La salud: .....	5
6.5.3 Los riesgos profesionales. ....	5
6.6 CONDICIONES DE SEGURIDAD:.....	7
6.6.1 Factores de seguridad en el lugar de trabajo: .....	7
6.6.2 Máquinas y equipos de trabajo: .....	7
6.6.3 Riesgo eléctrico: .....	8
6.6.4 Riesgo de incendio: .....	8
6.7 MEDIO AMBIENTE FÍSICO: .....	9
6.7.1. Ruido: .....	9
6.7.2 Vibraciones: .....	9
6.7.3. Radiaciones: .....	10
6.7.4 Condiciones termo-higiénicas: .....	10
6.8 CONTAMINANTES QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS: .....	10
6.8.1 Contaminantes químicos: .....	10
6.8.2 Contaminantes biológicos: .....	11
6.9 PLANES DE EMERGENCIA Y EVACUACIÓN:.....	11
6.9.1 Medicina preventiva y primeros auxilios: .....	11
6.9.2 Formación sobre seguridad: .....	12
6.10 ESPACIO DE TRABAJO: .....	12
6.11 NORMAS IMPLANTADAS EN EL PRESENTE PROYECTO: .....	12
6.11.1 Normas generales: .....	12
6.11.2 Prevención de accidentes por caídas: .....	13
6.11.3. Prevención de accidentes oculares: .....	14
6.11.4 Prevención de accidentes por corte: .....	14
6.11.5 Prevención de accidentes por atrapamiento: .....	14
6.11.6 Prevención de accidentes con herramientas manuales: .....	14
6.11.7 Prevención de accidentes en máquinas portátiles eléctricas: .....	15
6.11.8 Prevención de accidentes en máquinas neumáticas: .....	15
6.11.9 Prevención de accidentes de máquinas herramientas: .....	15
6.11.10 Prevención en almacenamientos: .....	15
6.11.11 Prevención de accidentes eléctricos: .....	16



Instalación eléctrica en BT de una nave industrial con CT  
Mikel Sanchez Clemente  
Estudio básico de seguridad y salud



## 6.1 OBJETO DEL ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD

Conforme se especifica en el apartado 2 del Artículo 6 del R.D. 1627/1.997, el Estudio Básico deberá precisar:

- Las normas de seguridad y salud aplicables en la obra.
- La identificación de los riesgos laborales que puedan ser evitados, indicando las medidas técnicas necesarias.
- Relación de los riesgos laborales que no pueden eliminarse conforme a lo señalado anteriormente especificando las medidas preventivas y protecciones técnicas tendentes a controlar y reducir riesgos valorando su eficacia, en especial cuando se propongan medidas alternativas ( en su caso, se tendrá en cuenta cualquier tipo de actividad que se lleve a cabo en la misma y contendrá medidas específicas relativas a los trabajos incluidos en uno o varios de los apartados del Anexo II del Real Decreto.)
- Previsiones e informaciones útiles para efectuar en su día, en las debidas condiciones de seguridad y salud, los previsibles trabajos posteriores.

## 6.2 ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD DE REFERENCIA

### 6.2.1 Autor

La orden de encargo correspondiente, designa al Ingeniero Mikel Sanchez Clemente, como encargado redactor del Proyecto y del Estudio Básico de Seguridad y salud.

### 6.2.2 Número de operarios previstos

El numero total de trabajadores en obra se calcula en cinco. De ellos, no todos han de usar los mismos equipos de protección individual, sino que el uso de los mismos dependerá de las tareas y funciones que tengan encomendadas. En este número quedan englobadas todas las personas intervinientes en el proceso con independencia de su afiliación empresarial o sistema de contratación.

## 6.3 CONCEPTOS BASICOS SOBRE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO.

El punto de partida para el desarrollo de las funciones del nivel básico de la actividad preventiva es el conocimiento de los conceptos y aspectos más generales relativos a la seguridad y a salud laboral y la prevención de los riesgos derivados del trabajo en la empresa.

Objetivos:

- Conocer los conceptos fundamentales que conforman el campo de la seguridad y salud laboral.



- Identificar la normativa básica que regula la materia de la seguridad y salud laboral.

La salud, en líneas generales, es el resultado de un proceso de desarrollo individual de la persona, que se puede ir logrando o perdiendo en función de las condiciones que rodean, es decir, su entorno y su propia voluntad.

La seguridad es la eliminación de todo riesgo profesional, o dicho de otra manera, la eliminación de toda posibilidad de daño a las personas o bienes, como consecuencia de circunstancias o condiciones de trabajo.

Una vez definido seguridad y salud, se deben de ver los posibles riesgos que se pueden tener en el trabajo, identificarlos en la nave del presente proyecto, y dar unas soluciones para minimizar lo máximo posible el riesgo de daño a personas o bienes.

## 6.4 RIESGOS GENERALES Y SU PREVENCIÓN

Existen elementos energéticos agresivos presentes en el medio ambiente y generados por fuentes concretas. Estas energías son mecánicas, térmicas y/o electromagnéticas. Las más destacables son:

- Ruido.
- Vibraciones.
- Iluminación.
- Condiciones ambientales (Termo higrométricas)
- Radiaciones ionizantes y no ionizantes.
- Caídas al mismo nivel.

Una vez visto los tipos de riesgos, es necesario poner medidas de seguridad, y para ello es conveniente:

- Identificar y valorar los diferentes factores de riesgo presentes en la actividad laboral y los daños que puedan ocasionar en la salud de los trabajadores.
- Reconocer las situaciones de riesgo para proponer y desarrollar acciones de prevención eficaces.

## 6.5 RIESGOS PROFESIONALES Y FACTORES DE RIESGO EN EL TRABAJO

### 6.5.1 El trabajo

El trabajo es la actividad que realiza el hombre transformando la naturaleza para su beneficio. Buscando satisfacer necesidades humanas, mejorar la calidad de vida, satisfacción personal...

Esta actividad puede provocar efectos no deseados sobre la salud de los trabajadores, ya sea por la pérdida o ausencia de trabajo (hoy en día la precariedad del



mercado laboral y el paro suponen un importante problema para la salud, con repercusiones individuales, familiares y sociales) o por las condiciones en las cuales se realiza (accidentes, enfermedades derivadas del entorno laboral).

Aunque las formas de entender el trabajo han variado a lo largo de la historia, el trabajo presenta dos características fundamentales:

- **Tecnificación:** invención y uso de maquinas, herramientas y equipos de trabajo que facilitan la realización de las distintas tareas para la transformación de la naturaleza.
- **Organización:** planificación de la actividad laboral. Coordinando las tareas de los distintos trabajadores se consiguen mejores resultados.

Cuando no se controlan adecuadamente ambos efectos o no funcionan con corrección, aparecen riesgos para la salud y la seguridad de los trabajadores.

### **6.5.2 La salud**

La salud es según la Organización Mundial de la Salud el estado completo de bienestar físico, mental, social. Así pues, debemos considerar la salud como un proceso permanente de desarrollo. No es fruto del azar y se puede perder y recuperar, según las condiciones laborales de cada trabajador.

### **6.5.3 Los riesgos profesionales.**

Se trata de las situaciones que pueden romper el equilibrio físico, psíquico y social de los trabajadores.

La ley de prevención de Riesgos Laborales lo describe así:

“Posibilidad de que un trabajador sufra un daño derivado de su trabajo. La calificación de su gravedad dependerá de la probabilidad de que se produzca el daño y la severidad del mismo.”

El otro concepto relacionado a la prevención de riesgos es el peligro, que se define como propiedad o aptitud intrínseca de algún elemento de trabajo para ocasionar daños. En ocasiones se confunden estos dos términos.

a) Condiciones de trabajo:

Son cualquier característica del trabajo mismo que pueda tener una influencia significativa en la generación de riesgos para la seguridad y la salud del trabajo.

Ellas son:





- Las características generales de los locales, instalaciones, equipos y otros útiles existentes en el centro de trabajo.
- La naturaleza de los agentes físicos, químicos, biológicos presentes en el ambiente de trabajo y sus correspondientes intensidades.
- Los procedimientos para el uso de los agentes citados que influyan en la generación de los riesgos.
- Aquellas características del trabajo, incluidas aquellas relativas a su organización y ordenación, que influyan en la magnitud de los riesgos a que este expuesto un trabajador.

#### b) Factores de riesgo

Es el elemento o conjunto de variables que están presentes en las condiciones de trabajo y que pueden originar una disminución del nivel de salud del trabajador. El estudio de estos factores se divide en 5 grupos:

1) Condiciones de seguridad: Son las condiciones materiales que pueden dar lugar a un accidente de trabajo.

- Lugar y superficie de trabajo.
- Maquinas y equipos de trabajos.
- Riesgos eléctricos
- Manipulación, transporte,...

2) Medio ambiente físico del trabajo: Aparecen de forma natural o modificados por el proceso de producción.

- Condiciones de temperatura, humedad, ventilación.
- Iluminación.
- Ruido.
- Vibraciones
- Radiaciones (ionizantes o no)

3) Contaminantes: Son elementos extraños al organismo humano capaces de producir alteraciones a la salud. Pueden ser:

- Contaminantes químicos, o las sustancias químicas que durante la fabricación, transporte, almacenamiento o uso puedan incorporarse al ambiente en forma aerosol, gas o vapor y afectar a la salud de los trabajadores. Su vía de entrada al organismo suele ser la respiratoria, pero también a través de la piel o por el aparato digestivo.
- Contaminantes biológicos, o los microorganismos que pueden estar presentes en el ambiente de trabajo y originar alteraciones en la salud, como pueden ser bacterias, virus, pelos de animales, o polen y polvo de los vegetales.



4) Exceso de carga física o mental: Tienen que ver con la organización y estructura empresarial, que suelen afectar en el ámbito físico y mental debido a los esfuerzos realizados por el trabajador.

- Carga física, esfuerzos físicos de todo tipo así como situación estática.
- Carga mental, nivel de exigencia psíquica de la tarea (monotonía, falta de autonomía,.....)

5) Factores organizativos que afectan al tipo de jornada, horarios, decisiones a tomar, etc.: Para la prevención de estos factores de riesgo hay unas técnicas específicas a cumplir:

- Seguridad en el trabajo.
- Higiene industrial.
- Medicina del trabajo.
- Psicosociología.
- Ergonomía.

Se deben adoptar las medidas necesarias para cumplir estos requisitos así previniendo los riesgos.

## 6.6 CONDICIONES DE SEGURIDAD

### 6.6.1 Factores de seguridad en el lugar de trabajo

En el trabajo siempre se deberá cumplir:

- Condiciones constructivas, el diseño y características constructivas de los lugares de trabajo, como ofrecer seguridad frente a riesgo de resbalones o caídas, choques, golpes, derrumbamientos,... esos elementos son la seguridad estructural, espacios de trabajo en zonas peligrosas, suelos, aberturas, desniveles y barandillas, tabiques y ventanas, puertas, rampas, escaleras de mano, condiciones de protección contra incendios, acceso para minusválidos, instalación eléctrica,...
- Orden, limpieza y mantenimiento, en todas las zonas del trabajo.
- Señalización de seguridad y salud.
- Instalaciones de servicio y protección
- Condiciones ambientales, temperatura, ruido, contaminantes,...
- Iluminación
- Servicios higiénicos y locales de descanso, como fuentes de agua potable, vestuarios, locales al aire libre,...
- Material y locales de primeros auxilios.

### 6.6.2 Máquinas y equipos de trabajo



Se debe tener en cuenta:

- Las condiciones características específicas del trabajo que se desarrolle.
- Los riesgos existentes para la seguridad y la salud de los trabajadores en el lugar de trabajo.
- Las adaptaciones necesarias para su uso por trabajadores discapacitados. Para disminuir la tasa de siniestralidad laboral en lo referente a los accidentes que se producen a causa de fallos de seguridad relacionados con las máquinas se necesita:
- Seguridad en el producto, el mercado CE garantiza la comercialización de máquinas y equipos que vengan de fábrica con los requisitos de seguridad necesarios para proteger a los trabajadores.
- Instalación, siguiendo instrucciones del fabricante y en los lugares apropiados
- Mantenimiento, por personal especializado.
- Uso adecuado, por el personal autorizado.

### **6.6.3 Riesgo eléctrico**

Existen dos tipos de contacto eléctrico:

- Directo, con las partes activas de los materiales y equipos.
- Indirecto, con partes puestas accidentalmente bajo tensión.

Para evitar en la medida de lo posible los riesgos de los contactos eléctricos hay que:

- Alejar las partes activas, para evitar contactos fortuitos.
- Aislar también con recubrimientos apropiados.
- Interponer obstáculos para impedir contactos accidentales.

### **6.6.4 Riesgo de incendio**

Antes de empezar los trabajos, el contratista encargado de los mismos debe informarse de la situación de las canalizaciones de agua, gas y electricidad, como instalaciones básicas o de cualquier otra de distinto tipo que tuviese el edificio y que afectase a la zona de trabajo.

Caso de encontrar canalizaciones de gas o electricidad, se señalarán convenientemente y se protegerán con medios adecuados.

Se establecerá un programa de trabajo claro que facilite un movimiento ordenado en el lugar de los mismos, de personal, medios auxiliares y materiales, es aconsejable entrar en contacto con el representante local de los servicios que pudieran verse afectados para decidir de común acuerdo las medidas de prevención que hay que adoptar.

Ante riesgo de explosión, se tomarán las siguientes medidas de seguridad:



- Se establecerá una ventilación forzada que obligue a la evacuación de los posibles vapores inflamables.
- No se encenderán máquinas eléctricas, ni sistemas de iluminación, antes de tener constancia de que ha desaparecido el peligro.
- En casos muy peligrosos se realizarán mediciones de la concentración de los vapores del aire.

Está presente en cualquier actividad. Cuando estos rasgos se presentan es más fácil que se produzca un incendio:

- Combustible presente (cualquier sustancia capaz de arder)
- Comburente (sustancia que hace que otra entre en combustión)
- Fuente de calor ( foco de calor)
- Reacción en cadena (proceso que acelera la propagación del fuego)

Factores a tener en cuenta en la actuación contra incendio:

- Diseño, estructura y materiales de construcción de las instalaciones
- Situación del centro de trabajo, tipo de actividad, edificios colindantes,...
- Detección y alarma, cualquier incendio es controlable si se detecta y localiza a tiempo, antes de propagarse y alcanzar grandes dimensiones.
- Medios de extinción, como son los equipos portátiles (extintores), instalaciones fijas (bocas de incendio, columnas secas, rociadores,...).
- Evacuación del personal, para evitar daños en la salud de los trabajadores se debe tener un plan de evacuación.

## 6.7 MEDIO AMBIENTE FÍSICO

### 6.7.1. Ruido

Las características del sonido que hacen diferentes unos ruidos de otros son:

- Frecuencia: es la periodicidad en que se repite una oscilación sonora. Se mide en hertzios y determina el tono. Las frecuencias altas o agudas son las más graves para la salud.
- Intensidad: fuerza de vibración sonora. Se mide en decibelios y determina el grado de precisión o energía sonora. Clasifica los sonidos en fuertes o débiles.

### 6.7.2 Vibraciones

Son oscilaciones de partículas alrededor de un punto, en un medio físico equilibrado cualquiera. Se producen por el efecto propio del funcionamiento de una máquina o equipo.



Pueden producir varios efectos:

- Muy baja frecuencia (menos de 2 Hz): alteraciones del sentido del equilibrio, provocando mareos, náuseas y vómitos (movimiento de balanceo de coches, barcos,...)
- Baja y media frecuencia (de 2 a 20 Hz): afectan sobre todo a la columna vertebral, aparato digestivo y visión (vehículos y maquinaria industrial, tractores, obras públicas)
- Alta frecuencia (de 20 a 300 Hz): pueden producir quemaduras por rozamiento y problemas vasomotores.

### 6.7.3. Radiaciones

Son ondas de energía que inciden sobre el organismo humano, pudiendo llegar a producir efectos dañinos para la salud de los trabajadores. Existen dos tipos:

- Radiaciones ionizantes: ondas de alta frecuencia (rayos X, rayos g, partículas atómicas,...) que tienen gran poder energético ya que pueden transformar la estructura de los átomos provocando la expulsión de electrones de su órbita. Los efectos para la salud dependen de la dosis absorbida por el organismo. Puede afectar tanto a los tejidos como a los órganos, provocando desde náuseas, vómitos y cefaleas hasta alteraciones cutáneas y cáncer.
- Radiaciones no ionizantes: son ondas de baja o media frecuencia (microondas, infrarrojos, ultravioleta,...) que poseen poca energía (no producen la ionización de la materia). Pueden provocar efectos térmicos o irritaciones en la piel, hasta conjuntivitis, quemaduras graves, cáncer de piel.

### 6.7.4 Condiciones termo-higiénicas

Son las condiciones físicas ambientales de la temperatura, humedad y ventilación, en las que se desarrolla un trabajo. Hay diferentes variables que deben considerarse de forma global:

- Temperatura del aire, humedad del aire, temperatura de paredes y objetos, velocidad del aire, actividad física, clase de ropa.
- Unas malas condiciones pueden provocar efectos negativos para la salud como resfriados, deshidratación, golpes de calor,... o efectos en la conducta como aumento de la fatiga.

## 6.8 CONTAMINANTES QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS

### 6.8.1 Contaminantes químicos



Son sustancias constituidas por materia inerte que pueden estar presentes en el aire que respiramos de forma sólida, líquida o gaseosa. Se pueden incorporar en el ambiente al transporte, fabricación, almacenamiento o uso.

Las vías de entrada en este organismo son:

- Vía respiratoria, nariz, boca, laringe, pulmones...
- Vía dérmica, se incorpora el contaminante a la sangre a través de la piel.
- Vía digestiva, todo el aparato digestivo mas las mucosidades del sistema respiratorio.
- Vía parenteral, penetración por llagas, heridas o punciones

Los efectos de estos contaminantes son:

- Irritantes, hinchazón de la zona de contacto
- Asfixiantes, impide la llegada de oxígeno a las células y altera los mecanismos oxidativos biológicos.
- Anestésicos, depresores del sistema nervioso central.
- Corrosivos, destruyen los tejidos con los que entran en contacto.
- Neumoconióticos, partículas sólidas que se acumulan en las vías respiratorias.
- Sensibilizantes, producen reacciones alérgicas.
- Cancerígenas, pueden ser mutágenos (modificaciones hereditarias) y teratógenos (producen malformaciones en la descendencia)
- Tóxicos sistémicos, alteran órganos y sistemas específicos.

### 6.8.2 Contaminantes biológicos

Son microorganismos o partes de seres vivos que pueden estar presentes en el ambiente de trabajo y originar alteraciones. Son bacterias, virus y hongos, que penetran en el organismo y producen cualquier tipo de infección.

## 6.9 PLANES DE EMERGENCIA Y EVACUACIÓN

### 6.9.1 Medicina preventiva y primeros auxilios

1) Medicina preventiva: Las posibles enfermedades profesionales que puedan originarse en esta obra son las normales que trata la medicina del trabajo y la higiene industrial. Todo ello se resolverá de acuerdo con los servicios de prevención de empresa quienes ejercerán la dirección y el control de las enfermedades profesionales, tanto en la decisión de utilización de los medios preventivos como la observación médica de los trabajadores.

2) Primeros auxilios: Para atender a los primeros auxilios existirá un botiquín de urgencia según el número de trabajadores situado en los aseos, y se comprobará que, entre



los trabajadores presentes en la obra, uno, por lo menos, haya recibido un curso de socorrismo.

Como Centros Médicos de urgencia próximos a la obra se señalan los siguientes:

- **ORCOYEN:** Centro de Salud (Ambulatorio)

Carretera de Etxauri S/N, 21160 Cendea de Olza- 948 32 10 11

Distancia: 3 km

- **BARAÑAIN:** Centro de Salud (Ambulatorio)

Plaza Caimito del Guayabal 1, 31010 Barañain- 948 28 75 40

Distancia: 6,2 Km

- **PAMPLONA:** Hospital Virgen del Camino

Calle Irunlarrea 4, 31008 Pamplona – 948 42 94 00

Distancia: 5,8 Km.

### **6.9.2 Formación sobre seguridad**

El Plan se especificará en el Programa de Formación de los trabajadores y asegurará que estos conozcan el plan. También con esta función preventiva se establecerá el programa de reuniones del Comité de Seguridad y Salud.

La formación y explicación del Plan de Seguridad será por un técnico de seguridad. El empresario deberá también analizar las posibles situaciones de emergencia y adoptar las medidas necesarias en materia de primeros auxilios, lucha contra incendios y evacuación de personal.

### **6.10 ESPACIO DE TRABAJO**

Las dimensiones de los locales de trabajo deberán permitir que los trabajadores realicen su trabajo sin riesgos para su seguridad y salud y en condiciones ergonómicas aceptables. Sus dimensiones mínimas serán las siguientes:

- 3 metros de altura desde el piso hasta el tenco. No obstante, en locales comerciales, de servicios, oficinas y despachos, la altura podrá reducirse a 2,5 metros.
- 10 metros cúbicos, no ocupados, por trabajador.

### **6.11 NORMAS IMPLANTADAS EN EL PRESENTE PROYECTO**



### 6.11.1 Normas generales

- a) Todo aviso o señal de seguridad constituye una norma, por lo que se debe cumplir en todo momento
- b) Todo trabajador debe cumplir las indicaciones dadas por su superior en cuanto a métodos de Seguridad y Salud en el Trabajo.
- c) Cualquier rotura, daño o defecto producido sobre las instalaciones, trabajadores, máquinas, etc..., deben ser comunicados de inmediato al personal responsable.
- d) El lugar o puesto de trabajo debe mantenerse en todo momento ordenado y limpio.
- e) El tránsito de personal por el taller debe efectuarse por los pasillos señalizados a tal efecto, y bajo ningún concepto se permite correr. Los pasillos y las calles deben estar libres de obstáculos.
- f) Cualquier herida o lesión, por leve que sea, debe ser tratada de inmediato en el botiquín (primeros auxilios) por el personal responsable.
- g) Sólo se puede comer y beber durante el tiempo establecido a tal efecto, en los recintos donde está expresamente permitido.
- h) Durante el tiempo de trabajo está totalmente prohibido ingerir bebidas alcohólicas y productos de naturaleza narcótica. Tampoco se permitirá la entrada al trabajador que se encuentre en estado de embriagarse.
- i) No se debe penetrar en los recintos cerrados ni en los de paso restringido al personal autorizado.
- j) En recintos donde se almacenan materias fácilmente inflamables está terminantemente prohibido fumar.
- k) Se debe conocer perfectamente el funcionamiento y ubicación de los extintores.
- l) No se debe usar el aire comprimido para limpiar el polvo de las ropas o para quitar virutas.
- m) Queda totalmente prohibido detenerse debajo de cargas suspendidas en el aire.
- n) En los puestos donde se requiere, es obligatorio el uso de protección personal.
- o) No se debe apilar o dejar material fuera de los lugares señalados.
- p) Para la extracción de líquidos corrosivos, deben emplearse dispositivos que eviten salpicaduras, como son los volcadores, sifones,...
- q) Revisar las herramientas de trabajo para asegurarse de su correcto estado de utilización.

### 6.11.2 Prevención de accidentes por caídas

- a) Mantener el lugar o puesto de trabajo limpio, especialmente de grasa, aceite u otros líquidos.
- b) Al subir o bajar escaleras fijas, apoyar toda la superficie del pie para evitar torceduras o resbalamientos. No correr en los desplazamientos.
- c) No pisar objetos o zonas que carezcan de rigidez.
- d) Señalizar y/o tapan los huecos que suponga riesgos de caídas.
- e) Los pasillos y zonas de paso deben estar despejadas.
- f) Si se debe acceder a algún punto de altura, emplear plataformas o escaleras perfectamente apuntadas, pero nunca se deben encaramar a las máquinas o estanterías, ni emplear taburetes, sillas, mesas o cajas, etc.





- g) Al transportar una carga, procurar que no impida la visión.

### **6.11.3. Prevención de accidentes oculares**

- a) Las gafas de protección se usarán con todos sus componentes, sin desmontar sus protecciones laterales, y su obligatoriedad será fijada mediante carteles indicativos.
- b) El buen uso y conservación es responsabilidad del usuario. En caso de necesitarlo el operario, las gafas se proveerán con cristales graduados.
- c) Está prohibido retirar las protecciones contra la proyección de partículas de que disponen diversas máquinas.
- d) El uso de las gafas es obligatorio cuando se trabaja con máquinas que carecen de protección contra la proyección de partículas.

### **6.11.4 Prevención de accidentes por corte**

- a) En la manipulación de tablones se deben emplear toda clase de protecciones contra los cortes, como son guantes, manguitos, botas, etc.
- b) Manipular las piezas de tamaño mediano y grande de una en una. Si la pieza se desliza no se debe intentar sujetarla.
- c) El uso de guantes es estrictamente obligatorio durante el manejo de tablones punzantes, cortantes o con aristas vivas.
- d) Las virutas de las máquinas se deben retirar con ganchos provistos de cazoletas que protejan la mano. Bajo ningún pretexto se utilizarán las manos para retirarlas.

### **6.11.5 Prevención de accidentes por atropamiento**

- a) Se debe tener precaución con el movimiento de elementos que pueden atrapar algún miembro por compresión.
- b) Se debe tener precaución con los elementos de máquinas o instalaciones en donde el movimiento de traslación o rotación pueda arrastrar al trabajador por enganche de un miembro o parte de su vestimenta.
- c) No se debe acompañar con las manos desplazamientos automáticos de piezas y máquinas.
- d) Se debe tener precaución con el moviendo de los componentes de máquinas en los que puedan entrar o quedar atrapadas cualquier parte del cuerpo.

### **6.11.6 Prevención de accidentes con herramientas manuales**

- a) Las herramientas manuales sólo se deben emplear para el fin por el que se han concebido, y nunca con segundas aplicaciones ni fines auxiliares. Por ello debe procurarse que no tengan defectos ni desgastes que dificulten su correcta utilización.
- b) Todas las herramientas manuales deben permanecer perfectamente limpias; en el momento de utilizarlas, las manos deberán estar secas y limpias de grasas o aceites que impidan la seguridad en la sujeción.



c) Las herramientas cortantes o punzantes se mantendrán debidamente afiladas y deberán carecer de rebabas. Cuando no se utilicen estarán provistas de fundas protectoras para filos o puntas.

#### **6.11.7 Prevención de accidentes en máquinas portátiles eléctricas**

- a) Los enchufes y alargaderas eléctricas deben ser inspeccionados periódicamente, revisando la funda protectora de los hilos, y las conexiones de las clavijas.
- b) Se debe evitar poner las máquinas sobre lugares húmedos.
- c) Las tomas de corriente nunca se deben efectuar directamente con los cables, sino con clavijas normalizadas.
- d) En trabajos con amoladora, pulidoras, etc., el operario deberá mantenerse siempre fuera del plano de rotación del disco.
- e) Al trabajar con estas herramientas en lugares húmedos o en locales donde se suda mucho, se deben utilizar transformadores que reduzcan la tensión a menos de 50 voltios.
- f) En caso de avería, los cables no se deben reparar con cinta aislante, ya que con el tiempo se reseca, pierde el poder adhesivo y absorbe la humedad; lo correcto es reemplazarlos por otros nuevos.

#### **6.11.8 Prevención de accidentes en máquinas neumáticas**

- a) Los racores y la herramienta deben estar bien acoplados a la máquina, por ellos se deben revisar periódicamente.
- b) Nunca se debe doblar la manguera para cortar el aire, sino que se debe interrumpir desde la fuente de alimentación.
- c) Las mangueras de aire comprimido se mantendrán fuera de los pasillos y de paso con objeto de no tropezar con ellas ni de que puedan ser atrapadas por ruedas de vehículos y, en consecuencia, ser dañadas.
- d) No se debe dirigir el aire a presión hacia las demás personas.

#### **6.11.9 Prevención de accidentes de máquinas herramientas**

- a) Antes de poner en marcha una máquina, se deben conocer las operaciones que se han de realizar y su correcto empleo.
- b) Debe prestarse la máxima atención al proceso de trabajo establecido para cada operación.
- c) No se debe hincar ningún trabajo sin que las protecciones de la máquina estén correctamente colocadas
- d) En operaciones con máquinas herramientas, el operario debe llevar la ropa de trabajo bien ajustada al cuerpo, con las mangas ajustadas a la muñeca y sin que los cinturones tengan libres o sueltos los extremos.

#### **6.11.10 Prevención en almacenamientos**

- a) Al almacenar los materiales se deberá cuidar:



- Obstruir el acceso a las tomas de agua, extintores, llaves contra incendio, cuadros eléctricos, interruptores, cajas de fusible, válvulas, máquinas, etc.
- Bloquear los equipos de primeros auxilios, puertas o salidas de personal, pasillos, etc. Dejar ocultos carteles informativos, señales de seguridad, indicaciones, etc.

b) Al almacenar materiales pesados, se debe tener en cuenta que los pisos inferiores sean más resistentes

c) Almacenar correctamente para evitar los riesgos de accidentes debidos al paso de trabajadores y carretillas.

d) Tipo de apilado:

- Cruzado: Se coloca una capa de materiales en ángulo recto con la capa inmediatamente inferior.
- De bidones: De pie con el tapón hacia arriba; entre fila y fila habrán de ir tablas de madera como suponte y protección.

#### 6.11.11 Prevención de accidentes eléctricos

a) Bajo ningún concepto se deben tocar los conductores eléctricos desnudos.

b) Nunca se deben manipular las instalaciones eléctricas; es tarea del personal especializado

c) Cualquier instalación, máquina o aparato eléctricos deben ser inspeccionados detenidamente antes de su utilización, así como sus cables y anclajes.

d) Si se observa alguna chispa, desconectar y solicitar la revisión por los expertos.

e) No colocar los cables sobre hierro, tuberías, chapas o muebles metálicos.

f) Al desconectar un aparato, tirar de la clavija, nunca del cable.

g) No se debe reparar un fusible, sino sustituirlo por uno nuevo.

h) Nunca se debe apagar un incendio de origen eléctrico con agua. Se deben utilizar extintores de anhídrido carbónico o de polvo.

i) Cómo proceder en caso de accidente eléctrico por contacto:

- Desconectar la corriente.
- Alejar al accidentado por contacto, empleando materiales aislantes, guantes de goma, madera seca, etc. No tocarlo sin estar aislados.
- Practicar la respiración artificial inmediatamente.
- Avisar al médico.

j) Las cinco reglas básicas contra riesgos eléctricos:

- Antes de utilizar cualquier aparato o instalación eléctrica hay que asegurarse de su perfecto estado.
- Para utilizar un aparato o instalación eléctrico, sólo se deben manipular los elementos de mando previstos para tal fin.
- No se deben emplear aparatos eléctricos ni instalaciones eléctricas cuando accidentalmente se encuentran mojadas, o cuando la misma persona tenga las manos o los pies húmedos.



## Instalación eléctrica en BT de una nave industrial con CT

Mikel Sanchez Clemente

Estudio básico de seguridad y salud

- En caso de avería o incidente, se debe cortar la corriente como primera medida, después avisar al personal especializado.
- En caso de avería de la instalación o de la herramienta, se debe llamar al electricista, no se debe utilizar la instalación y se ha de impedir que otros la utilicen.



Instalación eléctrica en BT de una nave industrial con CT  
Mikel Sanchez Clemente  
Estudio básico de seguridad y salud

**Pamplona, Junio 2014**

**Mikel Sanchez Clemente**



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

“ INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BAJA TENSIÓN DE UNA  
NAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE  
TRANSFORMACIÓN ”

## BIBLIOGRAFÍA

Alumno: Mikel Sanchez Clemente

Tutor: Amaya Pérez Ezcurdia

Pamplona, Junio 2014





## ÍNDICE:

7.1 REGLAMENTO, NORMATIVAS Y LIBROS.....	2
7.2 PÁGINAS WEB DE EMPRESAS: .....	3
7.2.1 Empresas de las que se han escogido los productos: .....	3
7.2.2 Otras direcciones WEB de interés: .....	3
7.2.3 Otras páginas de interés: .....	3





## 7.1 REGLAMENTO, NORMATIVAS Y LIBROS

Para la realización de este proyecto se han debido de consultar, los reglamentos, normativas y libros que a continuación se exponen:

- Reglamento Electrónico de Baja Tensión (R.D.842/2002, de 2 agosto 2002)
- Reglamento de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión. Colección Leyes, Normas y Reglamentos. Ministerio de Ciencia y Tecnología.
- Reglamento de Verificaciones Eléctricas y Regularidad en el Suministro de Energía Eléctrica.
- Reglamento sobre Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación. Colección de Leyes, Normas y Reglamentos. Ministerio de Industria y Energía.
- Reglamento sobre Acometidas Eléctricas. Colección Leyes, Normas y Reglamentos. Ministerio de Industria y Energía.
- Reglamento sobre las Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación e Instrucciones Técnicas Complementarias. Ministerio de Industria y Energía.
- Reglamento de Verificaciones eléctricas y Regularidad en el Suministro de energía Eléctrica.
- Normas Tecnológicas de la edificación. Código Técnico de la Edificación.
- Normas UNE y Recomendaciones UNESA que sean de aplicación.
- Normas particulares de “ Iberdrola distribución eléctrica”
- Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para C.T. conectados a redes de tercera categoría (UNESA)
- Instalaciones eléctricas de enlace y centros de transformación. Alberto Guerrero Fernández. Ed. McGraw-Hill.
- LUMINOTECNIA enciclopedia CEAC de electricidad, cuyo autor es D. José Ramírez Vázquez.
- Puesta a tierra en edificios y en instalaciones eléctricas. Ed. Paraninfo 1997. Juan José Martínez Requera y José Carlos Toledano Gasca.



- Instalaciones eléctricas de alumbrado e industriales. Fernando Martínez Domínguez. Ed. Paraninfo.
- Instalaciones eléctricas en media y baja tensión. José García Trasanco. Ed. Paraninfo.
- Técnicas y procesos en las instalaciones eléctricas de media y baja tensión. José Luis Sanz Serrano, José Carlos Toledano Gasca, Enrique Iglesias Álvarez. Ed. Paraninfo.
- Desarrollo de instalaciones electrotécnicas en los edificios. Jesús Trashorras Montecelos. Ed. Paraninfo.
- Instalaciones eléctricas en baja tensión. Narciso Moreno Alfonso. Ed. Thomson.
- Manual Práctico de Iluminación. Franco Martín. AMV Ediciones.
- Instalaciones eléctricas de baja tensión comerciales e industriales. Ángel Lagunas Marqués. Ed. Paraninfo.
- Libro de DIBUJO ELÉCTRICO, de Esquemas de Instalaciones Eléctricas en Baja Tensión de José Javier Crespo Ganuza e Iñaki Ustarroz Irizar.
- Catálogos Aparamenta de BT de MERLIN GERIN: Interruptores automáticos, diferenciales, contactores y bases de corriente.
- Catálogo de lámparas y luminarias PHILIPS.

## 7.2 PÁGINAS WEB DE EMPRESAS

### 7.2.1 Empresas de las que se han escogido los productos

Las direcciones de las páginas Web de los distintos fabricantes de los que se han escogido los distintos elementos para realizar el presente proyecto son las siguientes:

- **PRYSMIAN:** Cables eléctricos desde Muy Alta Tensión hasta Muy Baja Tensión para aplicaciones terrestres, aéreas y submarinas.

<http://www.es.prysmian.com/>

- **PHILIPS:** Todo tipo de lámparas y luminarias para cualquier determinado local.

<http://www.lighting.philips.com/>

- **VOLTIUM:** Catálogo multimarca del sector eléctrico, con información sobre las normativas y reglamentos del mundo de la instalación



<http://www.voltium.es/>

- **LEGRAND:** Lámparas y luminarias de emergencia y señalización. Tomas de corriente. Caja para tomas de corriente. Placa de montaje para tomas de corriente...

<http://www.legrand.es/>

- **BJC:** Bases de enchufe, interruptores, conmutadores...

<http://www.bjc.es/>

- **PEMSA:** Sistemas de bandejas metálicas para cables.

<http://www.pemsa-rejiband.com/>

- **MERLIN GERIN:** Todo tipo de productos y sistemas de distribución eléctrica. Celas del centro de transformación, interruptores automáticos, magnetotérmicos, interruptores automáticos diferenciales, transformadores de potencia...

<http://www.schneiderelectric.es/>

<http://www.merlengerin.es/>

- **ORMAZABAL:** Edificio prefabricado para el centro de transformación y Centro de Transformación.

<http://www.ormazabal.com/>

### 7.2.2 Otras direcciones WEB de interés

- **UNESA:** Asociación de la Industria Española.

<http://www.unesa.es/>

- **IBERDROLA:** Genera, distribuye y comercializa electricidad y gas natural.

<http://www.iberdrola.es/>

### 7.2.3 Otras páginas de interés

<http://www.soloingenieria.net/>

<http://www.soloarquitectura.com/>



Instalación eléctrica en BT de una nave industrial con CT  
Mikel Sanchez Clemente  
Bibliografía

<http://foros.emagister.com/>

<http://www.todoexpertos.com/>

Pamplona, Junio 2014

Mikel Sanchez Clemente