



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación :

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

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

Alumno: David López de Goicoechea Ojer

Tutor: José Vicente Valdenebro

Pamplona, Noviembre de 2013

# **INDICE GENERAL:**

**1. MEMORIA**

**2. CÁLCULOS**

**3. PLANOS**

**4. PLIEGO DE CONDICIONES**

**5. PRESUPUESTO**

**6. ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD**

**7. BIBLIOGRAFÍA**



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

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

DOCUMENTO 1: MEMORIA

Alumno: David López de Goicoechea Ojer

Tutor: José Vicente Valdenebro

Pamplona, Noviembre de 2013



# MEMORIA

## INDICE:

### 1.1 INTRODUCCIÓN

1.1.1	OBJETO DEL PROYECTO	5
1.1.2	SITUACION	5
1.1.3	DESCRIPCIÓN DE LA NAVE	5
1.1.4	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	7
1.1.5	SUMINISTRO DE ENERGÍA	7
1.1.6	RELACIÓN DE LA MAQUINARIA INSTALADA	7
1.1.7	DISTRIBUCIÓN DE LOS CUADROS	8
1.1.8	NORMATIVA	9

### 1.2 ESQUEMA DE DISTRIBUCIÓN

1.2.1	INTRODUCCIÓN	10
1.2.2	TIPOS DE ESQUEMAS DE DISTRIBUCIÓN	12
1.2.3	SOLUCIÓN ADOPTADA	12

### 1.3 ALUMBRADO

1.3.1	INTRODUCCIÓN	13
1.3.2	CONCEPTOS LUMINOTÉRMICOS	14
1.3.3	PROCESO DE CÁLCULO	
1.3.3.1	INFORMACIÓN PREVIA DE LOS FACTORES DE PARTIDA	17
1.3.3.2	DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE ILUMINACIÓN	17
1.3.3.3	DETERMINACIÓN DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN Y TIPO DE LUMINARIA-LÁMPARA	17
1.3.3.4	DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE MANTENIMIENTO	21
1.3.3.5	CÁLCULO DEL ÍNDICE DEL LOCAL	21
1.3.3.6	DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE UTILIZACIÓN	22
1.3.3.7	CÁLCULO DEL FLUJO A INSTALAR	25
1.3.3.8	CÁLCULO DEL NÚMERO DE LUMINARIAS	25
1.3.3.9	DISTRIBUCIÓN DE LUMINARIAS	26



<b>1.3.4 ALUMBRADO INTERIOR</b>	
<b>1.3.4.1 JUSTIFICACION DE LAS LUMINARIAS EMPLEADAS</b>	<b>26</b>
<b>1.3.5 TABLA RESUMEN</b>	<b>30</b>
<b>1.3.6 ALUMBRADO EXTERIOR</b>	<b>33</b>
<b>1.3.7 ALUMBRADOS ESPECIALES</b>	<b>34</b>
<b>1.3.7.1 SOLUCIÓN ADOPTADA</b>	<b>36</b>
<b><u>1.4 CONDUCTORES Y DISTRIBUCIÓN EN BAJA TENSIÓN</u></b>	
<b>1.4.1 INTRODUCCIÓN</b>	<b>37</b>
<b>1.4.2 FACTORES PARA EL CÁLCULO DE CABLES</b>	<b>38</b>
<b>1.4.3 PRESCRIPCIONES GENERALES</b>	<b>40</b>
<b>1.4.3.1 CONDUCTORES ACTIVOS</b>	<b>40</b>
<b>1.4.3.2 CONDUCTORES DE PROTECCIÓN</b>	<b>40</b>
<b>1.4.4 SISTEMAS DE CANALIZACIÓN</b>	
<b>1.4.4.1 CANALIZACIONES</b>	<b>41</b>
<b>1.4.4.2 TUBOS PROTECTORES</b>	<b>42</b>
<b>1.4.5 RECEPTORES</b>	<b>44</b>
<b>1.4.5.1 RECEPTORAS PARA EL ALUMBRADO</b>	<b>44</b>
<b>1.4.5.2 RECEPTORAS A MOTOR</b>	<b>45</b>
<b>1.4.5.2.1 UN SOLO MOTOR</b>	<b>45</b>
<b>1.4.5.2.2 VARIOS MOTORES</b>	<b>45</b>
<b>1.4.6 TOMAS DE CORRIENTE</b>	<b>45</b>
<b>1.4.7 PROCESO PARA EL CÁLCULO DE SECCIONES</b>	<b>46</b>
<b>1.4.8 NORMAS PARA LA ELECCIÓN DEL CABLE</b>	<b>47</b>
<b>1.4.9 NORMAS PARA LA ELECCIÓN DEL TUBO</b>	<b>47</b>
<b>1.4.10 SOLUCIONES ADOPTADAS</b>	<b>48</b>
<b><u>1.5 PROTECCIONES EN BAJA TENSIÓN</u></b>	<b>50</b>
<b>1.5.1 INTRODUCCIÓN</b>	<b>50</b>
<b>1.5.2 CONCEPTOS BÁSICOS</b>	<b>51</b>
<b>1.5.3 PROTECCIÓN DE LA INSTALACIÓN</b>	<b>52</b>
<b>1.5.3.1 PROTECCIÓN CONTRA SOBRECARGAS</b>	<b>53</b>
<b>1.5.3.2 PROTECCIÓN CONTRA CORCOTCIRCUITOS</b>	<b>53</b>



1.5.4 CÁLCULO DE LAS IMPEDANCIAS	54
1.5.5 CÁLCULO DE LAS INTENSIDADES DE CORTOCIRCUITO	56
1.5.6 CÁLCULO DEL TIEMO MÁXIMO QUE EL CONDUCTOR AGUANTA LA INTENSIDAD DE CORCTOCIRCUITO FINAL	58
1.5.7 PROTECCIÓN DE LAS PERSONAS	59
1.5.7.1 PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS DIRECTOS	60
1.5.7.2 PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS INDIRECTOS	60
1.5.8 SOLUCIÓN ADOPTADA	61
<b>1.6 PUESTAS A TIERRA</b>	
1.6.1 INTRODUCCIÓN	116
1.6.1.1 OBJETIVO DE LA PUESTA A TIERRA	117
1.6.1.2 PARTES DE LA PUESTA A TIERRA	118
1.6.2 ELEMENTOS A CONECTAR EN LA PUESTA A TIERRA	120
1.6.3 SOCLUIÓN ADOPTADA	120
<b>1.7 CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA</b>	
1.7.1 GENERALIDADES	121
1.7.2 VENTAJAS DE UN ELEVADO FACTOR DE POTENCIA	121
1.7.3 MÉTODOS PARA MEJORAR EL FACTOR DE POTENCIA	
1.7.3.1 PROCEDIMIENTOS DIRECTOS	122
1.7.3.2 PROCEDIMIENTOS INDIRECTOS	122
1.7.3.3 ELECCIÓN DEL MÉTODO DE COMPENSACIÓN	122
1.7.4 CLASIFICACIÓN Y ELECCIÓN DE LA COMPENSACIÓN	
1.7.4.1 CLASIFICACIÓN POR LA SITUACIÓN DE LA COMPENSACIÓN	123
1.7.4.2 ELECCIÓN DE LA SITUACIÓN PARA LA COMPENSACIÓN	123
1.7.4.3 CLASIFICACIÓN POR TIPO DE CONDENSADOR	124
1.7.4.4 ELECCIÓN DEL TIPO DE CONDENSADOR	124
1.7.5 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL EQUIPO DE COMPENSACIÓN AUTOMÁTICA	125
<b>1.8 CENTRO DE TRANSFORMACIÓN</b>	
1.8.1 INTRODUCCIÓN	125



<b>1.8.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN</b>	<b>126</b>
<b>1.8.3 CARACTERÍSTICAS DE LAS CELDAS</b>	<b>126</b>
<b>1.8.4 DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN</b>	
<b>1.8.4.1 OBRA CIVIL</b>	<b>126</b>
<b>1.8.5 INSTALACIÓN ELÉCTRICA</b>	
<b>1.8.5.1 CARACTERÍSTICAS DE LA RED DE ALIMENTACIÓN</b>	<b>129</b>
<b>1.8.5.2 CARACTERÍSTICAS DE LA APARAMENTA DE MEDIA TENSIÓN</b>	<b>129</b>
<b>1.8.5.3 CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS DE LAS CELDAS Y TRANSFORMADORES DE MEDIA TENSIÓN</b>	<b>132</b>
<b>1.8.6 CUADRO GENERAL DE BAJA TENSIÓN</b>	<b>134</b>
<b>1.8.7 INSTALACIÓN DE LA PUESTA A TIERRA</b>	
<b>1.8.7.1 INTROUCIÓN</b>	<b>134</b>
<b>1.8.7.2 INVESTIGACIÓN DE LAS CARACTERISTICAS DEL SUELO</b>	<b>136</b>
<b>1.8.7.3 DETERMINACIÓN DE LAS CORRIENTES MÁXIMAS DE PUESTA A TIERRA Y TIEMPO MÁXIMO CORRESPONDIENTE DE LA ELIMINACIÓN DEL DEFECTO</b>	<b>136</b>
<b>1.8.7.4 DISEÑO PRELIMINAR DE LA INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA</b>	<b>136</b>
<b>1.8.8 DISTANCIAS</b>	<b>137</b>
<b>1.8.9 APARATOS DE MEDIA TENSIÓN</b>	<b>137</b>
<b>1.8.10 AISLAMIENTOS</b>	<b>137</b>
<b>1.8.11 INSTALACIONES SECUNDARIAS EN EL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN</b>	<b>137</b>
<b><u>1.9 PRESUPUESTO</u></b>	<b>139</b>



## 1.1. INTRODUCCIÓN

### 1.1.1. OBJETO DEL PROYECTO

Describir y proyectar la instalación eléctrica de una nave industrial con centro de transformación.

Dicha nave se construye para realizar el ensamblaje y comercialización de autobuses urbanos eléctricos.

La instalación eléctrica constará de:

- Instalación de alumbrado general 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 polígono Barranquiel, en el área industrial AR7A de Tafalla (Navarra). Este polígono está situado al lado del acceso sur de la autopista AP-15 en Tafalla y linda con la carretera N-121.

### 1.1.3. DESCRIPCIÓN DE LA NAVE

#### PARCELA:

La nave en la que se desarrollará la actividad es limítrofe a otras parcelas en las que se encuentran otras naves, en las que se desarrollan actividades también de tipo industrial.

#### INTERIOR DE LA NAVE:

La nave es de forma rectangular y está formada por 3 partes diferenciadas: planta baja (nave), un edificio de oficinas de 3 plantas en la zona norte y una planta baja y entreplanta de vestuarios y oficinas en la zona sur.

Las características constructivas de la nave son las siguientes:

- La zona delantera de la nave está formada por un edificio de 3 plantas y a continuación se encuentra la nave en sí.



- El resto de la nave está constituida por pórticos hormigón de 40,5m de anchura colocados a una distancia de 10,5 metros por pilares de hormigón. Cada pórtico está formado por dos pilares laterales.
- La estructura de cubierta es de panel sándwich y tragaluces. La estructura es a dos aguas.
- La altura libre mínima de la nave correspondiente a los laterales de los pórticos es de 6 metros.
- Las paredes de los edificios de oficinas que separan los distintos despachos son de pladur.
- El suelo de la nave es de hormigón pintado. La zona de oficinas norte y sur se halla pavimentada con cerámica.
- El suelo en las oficinas es de tipo desmontable.
- La parcela posee dos accesos para vehículos de forma directa desde la calle del polígono: uno en la zona sur para el acceso de camiones a la zona de muelles y otro en la zona norte para el acceso de coches. Estas puertas son correderas.
- El acceso de peatones a la zona de oficinas norte se realiza a través de una puerta peatonal giratoria en fachada. Además, existe una puerta peatonal de 60 cm de anchura total dotada de barras antipánico, situada junto a la puerta giratoria.
- La nave dispone de puertas correderas automáticas para permitir el acceso de los materiales del almacén a la zona de producción y salida de los autobuses acabados al exterior.

A continuación describimos las zonas y dimensiones:

La planta de la nave es rectangular de dimensiones 40,5 m de ancho por 170,82 m de largo y una superficie en planta de 6921,34 m<sup>2</sup>. Se proyectan, asimismo una serie de edificios auxiliares con una superficie de planta de 123,54 m<sup>2</sup> la superficie en planta es de 7044,88m<sup>2</sup>. La superficie de entreplantas es de 1418,20 m<sup>2</sup>. La superficie total construida considerando entreplantas es de 8463,08 m<sup>2</sup>.

Dentro de la instalación existen cinco zonas diferenciadas: Una zona de almacenamiento de materiales, zona de producción, edificio representativo fachada anterior del edificio (norte) ,edificio representativo de la fachada posterior del edificio (sur) y almacenamiento exterior de autobuses acabados, tal y como se especifica en los planos.

A continuación describimos los edificios representativos:

Edificio representativo (zona Norte, edificio oficinas). Este edificio consta de 3 plantas (planta baja, planta primera y planta segunda): la planta es de forma rectangular de dimensiones 40,50 m de ancho por 14,43 m de largo y una superficie en planta de 584,41 m<sup>2</sup>.

Edificio representativo (zona Sur, edificio oficinas). Este edificio tiene 2 plantas (planta baja y planta primera): la forma es rectangular de dimensiones 30 m de ancho por 11,05 m de largo y una superficie en planta de 331,49 m<sup>2</sup>.

#### EXTERIOR DE LA NAVE:

- Centro de transformación donde se procede a la transformación eléctrica de MT a BT.
- Plazas de aparcamiento enfrente de los bloques de oficinas norte y sur.
- Plazas aparcamiento de los autobuses acabados a la derecha de la nave.

Distribución de alturas:

- La altura al falso techo en los bloques de oficinas es de 2,65 m.
- La altura del suelo al falso techo en los vestuarios es de 2,60 m.
- La altura de suelo al techo en el almacén de la nave es de 10,5 m.

#### **1.1.4. DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD**

La actividad a desarrollar en la Nave Industrial es el ensamblaje de autobuses urbanos eléctricos.

La nave consta de 1 línea de producción en la que se van ensamblando los diferentes componentes del autobús y una zona para el almacenamiento de los materiales. Además, en la zona exterior se dispone de plazas de almacenamiento para autobuses acabados.

#### **1.1.5. SUMINISTRO DE ENERGÍA**

El suministro es realizado por la empresa suministradora Iberdrola, que abastece de energía al polígono industrial en el que está ubicado la nave mediante una red de media tensión. Esta red proporciona una tensión alterna trifásica de 13.200 voltios con 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. RELACIÓN DE LA MAQUINARIA INSTALADA**

La actividad comercial contará con los útiles y herramientas necesarios para el correcto funcionamiento de la actividad.

Para el desarrollo de la actividad, el local cuenta con las siguientes potencias:

<b>Máquina</b>	<b>Potencia consumida (W)</b>
Muelle 1	750
Muelle 2	750
Puerta nave 1	750
Puerta nave 2	750
Puerta nave 3	750
Puerta nave 4	750
Soldadura automática 1	10000
Soldadura automática 2	10000
Cinta transportadora	4400
Cabina de pintado	11040
Cabina de secado	22080
Intercambiador cinta	1100
Cinta transportadora	2200
Intercambiador cinta	1100
Cinta transportadora	4400
Manipulador asientos	3000
Robot 1 puertas	7500
Robot 2 puertas	7500
Robot 1 cristales	7500
Robot 2 cristales	7500
Intercambiador cinta	1100
Cinta transportadora	2200
Intercambiador cinta	1100
Cinta transportadora	4400
Robot motor	7500
Robot baterías	7500
Pistola neumática 1	300
Pistola neumática 2	300
Puente grúa 3.2 Tn	3500
Puente grúa 3.2 Tn	3500
Puente grúa 3.2 Tn	3500
Puente grúa 3.2 Tn	3500
Grupo presión aire (compresor)	4500
Grupo de presión agua oficinas	4500
Grupo de presión agua nave	4500
Climatización oficinas	40000
Climatización nave	60000
<b>Total fuerza</b>	<b>255720</b>



<b>Alumbrado</b>	<b>Potencia consumida (W)</b>
Oficinas norte	41006
Oficinas sur	12892
Fábrica y almacenes	77250
<b>Total alumbrado</b>	<b>131148</b>

<b>POTENCIA TOTAL INSTALADA</b>	<b>386868 W</b>
---------------------------------	-----------------

### 1.1.7. DISTRIBUCIÓN DE LOS CUADROS

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

**-Cuadro general de protección:** Situado en la fábrica, su misión es proteger las líneas de los cuadros secundarios. Está situado a la misma distancia del C.S.1.1 y C.S.2.1.

**-Cuadro secundario 1.1 (C.S.1.1):** Está situado en la oficina norte planta baja y su misión es proteger los circuitos de alumbrado y fuerza de la planta. Contiene los elementos de protección del 24 al 59 y del 300 al 305.

**-Cuadro secundario 1.2 (C.S.1.2):** Está situado en la oficina norte planta primera y su misión es proteger los circuitos de alumbrado y fuerza de la planta. Contiene los elementos de protección del 60 al 97 y del 306 al 310.

**-Cuadro secundario 1.3 (C.S.1.3):** Está situado en la oficina norte planta segunda y su misión es proteger los circuitos de alumbrado y fuerza de la planta. Contiene los elementos de protección del 98 al 127 y del 311 al 315.

**-Cuadro secundario 2.1 (C.S.2.1):** Está situado en la fábrica, en la pared contigua a las oficinas sur y su misión es proteger los circuitos de alumbrado y fuerza de la oficina sur planta baja, el alumbrado y fuerza del almacén de materia prima y la zona de carga. Contiene los elementos de protección del 128 al 154.

**-Cuadro secundario 2.2 (C.S.2.2):** Está situado en la oficina sur planta primera y su misión es proteger los circuitos de alumbrado y fuerza de la planta. Contiene los elementos de protección del 155 al 178 y del 316 al 320.

**-Cuadro secundario 3.1 (C.S.3.1):** Está situado en la fábrica al lado del C.G.D y su misión es proteger los circuitos de alumbrado fábrica. Contiene los elementos de protección del 179 al 205.

**-Cuadro secundario 3.2 (C.S.3.2):** Está situado en la fábrica al lado del C.S.3.1 y su misión es proteger la maquinaria de la línea 1. Contiene los elementos de protección del 206 al 220.

**-Cuadro secundario 3.3 (C.S.3.3):** Está situado en la fábrica al lado del C.S.3.2 y su misión es proteger la maquinaria de la línea 2. Contiene los elementos de protección del 221 al 233.

**-Cuadro secundario 3.4 (C.S.3.4):** Está situado en la fábrica al lado del C.S.3.3 y su misión es proteger la maquinaria de la línea 3. Contiene los elementos de protección del 234 al 245.

### 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).
- R.C.E. Reglamento sobre Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación, e instrucciones técnicas complementarias (Real Decreto 3275/82, de 12 de noviembre de 1982).
- Normas UNE y recomendaciones UNESA que sean de aplicación.
- Normas particulares de la empresa suministradora de energía: Iberdrola.
- Normas tecnológicas de la edificación, así como la norma tecnológica para instalaciones eléctricas de puesta a tierra.
- Ley 31/1995 de 8 de noviembre de prevención de riesgos laborales y Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, de disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de protección.
- Real Decreto 2267/2004 de 3 de diciembre, Reglamento de Seguridad contra incendios en establecimientos industriales.
- Real Decreto 208/2005 de 25 de febrero, sobre Aparatos Eléctricos o Electrónicos y la gestión de sus residuos.

## 1.2. ESQUEMA DE DISTRIBUCIÓN

### 1.2.1. INTRODUCCIÓN

En este apartado analizaremos las alternativas más importantes que afectan a la seguridad de la actividad y de las personas así como su viabilidad técnica y económica. El fin que se busca es la mayor fiabilidad posible de la instalación al mejor precio.



El esquema de conexión nos va a determinar las medidas de protección de nuestra red.

Estos equipos de protección nos cubrirán frente a sobretensiones y frente a sobreintensidades.

Los esquemas de conexión se definen en función de cómo está puesta a tierra la red de alimentación y de cómo están puestas a tierra las masas de los receptores. Se designan por 2 o 3 letras:

- La primera letra indica cómo está conectada la alimentación respecto a tierra:
  - T= La red de alimentación tiene el neutro conectado directamente a tierra.
  - I= La red de alimentación tiene el neutro aislado o lo tiene conectado a tierra a través de una impedancia.
  
- La segunda letra indica cómo están conectadas las masas receptoras:
  - T= Las masas están conectadas directamente a tierra.
  - N= Las masas de los receptores están conectadas directamente a un punto de alimentación (neutro o conductor de protección) que está conectado a tierra.
  
- La tercera letra se refiere a como se encuentra el conductor de neutro y el de protección:
  - S= Son conductores independientes.
  - C= Son el mismo conductor, es decir, cumple las dos funciones.

Se analizarán las distintas conexiones que hay y se escogerá la que más convenga para nuestra instalación según las características técnicas y económicas. No obstante, debemos tener en cuenta los siguientes principios:

- a) Las redes de distribución pública de baja tensión tienen un punto puesto directamente a tierra por prescripción reglamentaria. Este punto es el punto neutro de la red. El esquema de distribución para instalaciones receptoras alimentadas directamente de una red de distribución de baja tensión es el esquema TT.
- b) En instalaciones alimentadas en baja tensión, a partir de un centro de transformación de abonado, se podrá elegir cualquiera de los tres esquemas citados.



- c) No obstante, puedes establecerse un esquema IT en parte o partes de una instalación alimentada directamente de una red de distribución pública mediante el uso de transformadores adecuados, en cuyo secundario y en la parte de la instalación afectada se establezcan las disposiciones que para ese esquema se deben dar.

### 1.2.2. TIPOS DE ESQUEMAS DE DISTRIBUCIÓN

Existen tres tipos de esquemas de distribución:

#### 1) Esquema TN:

Los esquemas TN tienen un punto de la alimentación, generalmente el neutro o compensador, conectado directamente a tierra y las masas de la instalación receptora conectadas a dicho punto mediante conductores de protección.

En los esquemas TN cualquier intensidad de defecto franco fase-masa es una intensidad de cortocircuito.

#### 2) Esquema TT:

El esquema TT tiene un punto de alimentación, generalmente el neutro o compensador, conectado directamente a tierra. Las masas de la instalación receptora están conectadas a una toma de tierra separada de la toma de la alimentación.

En este esquema las intensidades de defecto fase-masa o fase-tierra pueden tener valores inferiores a los de cortocircuito, pero pueden ser suficientes para provocar la aparición de tensiones peligrosas.

#### 3) Esquema IT:

El esquema IT no tiene ningún punto de la alimentación conectado directamente a tierra, sino se conectan a través de una impedancia. Las masas de la instalación receptora están puestas directamente a tierra.

En estos tipos de esquema, la intensidad resultante de un primer defecto fase-masa o fase-tierra, tiene un valor lo suficientemente reducido como para no provocar la aparición de tensión de contacto peligrosas.

### 1.2.3.SOLUCIÓN ADOPTADA PARA EL ESQUEMA DE DISTRIBUCIÓN

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 REBT 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 esté 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 ( $R_u$ ), es decir, la podemos vigilar y controlar, la seguridad está en nuestras manos, bajo nuestra responsabilidad.

### **1.3 .ALUMBRADO**

#### **1.3.1. INTRODUCCIÓN**

El objeto de todo alumbrado artificial, es complementar la luz natural o en su defecto reemplazarla, para que se pueda continuar con la actividad a realizar, durante las horas donde la luz diurna es insuficiente o inexistente.

Se trata de dotar de la iluminación adecuada a espacios cubiertos donde se desarrollen actividades laborales, docentes, deportivas y recreativas.

En el caso del alumbrado industrial, la iluminación es un factor de productividad y rendimiento, además de aumentar la seguridad laboral.

Las cualidades principales del alumbrado que deben considerarse al proyectar una instalación son:

- a) La intensidad de iluminación: suministrar una cantidad de luz suficiente para crear unas buenas condiciones de visibilidad.
- b) La distribución espacial de la luz, que comprende la combinación de la luz difusa y luz dirigida, el ángulo de incidencia, la distribución de las luminarias, la medida de la homogeneidad y el grado de deslumbramiento.
- c) Utilización de fuentes luminosas que aseguren, para cada caso una satisfactoria distribución de los colores.
- d) Prever aparatos de alumbrado apropiados para cada caso particular: una buena elección de la fuente de luz y de su armadura.



### 1.3.2. CONCEPTOS LUMINOTÉRMICOS

Debemos tener en cuenta una serie de conceptos básicos sobre la luminotecnia, como son:

- Flujo radiante ( $\Phi$ ):

Se define como la potencia emitida, transportada o recibida, en forma de radiación. La unidad es el vatio (W).

- Flujo luminoso ( $\Phi_V$ ):

Es la magnitud que deriva del flujo radiante al evaluar su acción sobre el observador. Es la energía luminosa emitida por unidad de tiempo. La unidad es el Lumen (Lm).

- Lumen:

Es el flujo luminoso emitido por un foco puntual de una Candela de intensidad sobre una porción esférica de un metro cuadrado a la distancia de un metro que corresponde a un ángulo sólido de un estéreo-radián.

- Angulo sólido (w):

Se define por el volumen formado por la superficie lateral de un cono cuyo vértice coincide con el centro de una esfera de radio r, y cuya base se encuentra situada sobre la superficie de la esfera, si el radio es un metro y la superficie de la base del cono es un metro cuadrado, el ángulo solido vale un estéreo-radián.

$$w = \frac{S}{r^2}$$

$$\Phi_V = I \cdot w$$

w → ángulo sólido.

S → superficie de la base del cono.

r → radio de la base del cono.

I → intensidad lumínica.

$\Phi_V$  → flujo luminoso.

- Energía radiante ( $Q_e$ ):

Es la energía emitida, transportada o recibida en forma de radiación. La unidad es el Julio (J).

- Cantidad de luz ( $Q_V$ ):

Es la energía en función del tiempo del flujo luminoso, durante una duración dada de tiempo. Las unidades son: Lumen por segundo (Lm x sg) o Lumen por hora (Lm x hora).

- Intensidad luminosa (I):

Es el flujo emitido en una dirección dada, por unidad de ángulo sólido. La unidad es la Candela (Cd).

- Candela (Cd):

Se define como la intensidad luminosa en una dirección dada, de una fuente que emite una radiación monocromática de frecuencia  $540 \times 10^{12}$  HZ y cuya intensidad radiante en esa dirección es  $1/683$  wx estéreo-radián.

- Distancia luminosa:

Conjunto de la intensidad luminosa de una lámpara en todas direcciones.

- Iluminancia (E):

Es el flujo luminoso recibido por unidad de superficie. Es el cociente entre el flujo luminoso recibido por un elemento de la superficie que contiene al punto y el área de dicho elemento. La unidad es el Lux (Lx).

$$E = \frac{\Phi_V}{S}$$

- Lux (Lx):

Se define como la iluminancia producida por un flujo de un lumen que se distribuye uniformemente sobre una superficie de un metro cuadrado.

$$1 \text{ Lux} = \frac{1 \text{ Lm}}{1 \text{ m}^2}$$

- Luminancia:

Es la intensidad luminosa en una dirección dada por unidad de superficie aparente iluminada. Su unidad es  $\text{Cd} \cdot \text{m}^2$ .

- Rendimiento luminoso o eficacia luminosa:

Es la relación entre el flujo emitido por la fuente y la potencia empleada para obtener tal flujo, con ella se puede evaluar el ahorro de energía que puede dar una lámpara con respecto a otra. Su unidad de medida es el lumen por vatio (Lm/W).

Valores indicativos del rendimiento luminoso de algunos tipos de lámpara son:

-Incandescentes (1-2000W): 8-20 Lm/W

-Incandescentes con halógenos (3-10000W): 18-22 Lm/W

-Fluorescentes tubulares (4-250W): 40-93 Lm/W

-Fluorescentes compactas (5-36W): 50-82 Lm/W

-Vapor de mercurio (50-2000W): 40-58 Lm/W

- Halogenuros metálicos (75-3500W): 60-95Lm/W
- Sodio a alta presión (50-1000W): 66-130 Lm/W
- Sodio a baja presión (18-180W): 100-183 Lm/W

- Temperatura del color:

La temperatura de color de una fuente de luz es la correspondiente a la temperatura del “cuerpo negro” que presenta el mismo color de la fuente. Su unidad de medida es el grado Kelvin (K). Se puede decir que la temperatura es un elemento de elección cualitativa de una lámpara, así como el flujo un elemento cuantitativo.

La Comisión Electrónica Internacional (CEI) con fines prácticos de aplicación ha sugerido la siguiente clasificación, en cuanto a correspondencia entre la apariencia de color y la temperatura de color de las lámparas:

- Blanco cálido: 3000 K
- Blanco: 3500 K
- Blanco frío: 4200 K
- Luz día: 6500 K

Ejemplos de distintas temperaturas de color:

- Incandescentes: 2600-2800 K
- Incandescentes con halogenuros: 3000 K
- Fluorescentes tubulares: 2600-6500 K
- Fluorescentes compactas: 2700 K
- Vapor de mercurio: 4000-4500 K
- Halogenuros metálicos: 4800-6500 K
- Sodio a alta presión: 2100 K
- Sodio a baja presión: 1800 K

Existe una relación entre la temperatura de color y el nivel de iluminación de una determinada instalación de forma que para tener una sensación visual confortable, a bajas iluminaciones le deben de corresponder lámparas con una temperatura de color y a altas iluminaciones, lámparas con una temperatura de color elevada.

-Reproducción cromática:

Es la capacidad de una fuente de luz de reproducir los colores. Se expresa por un número comprendido entre 0 y 100. Una fuente de luz con  $R_a=100$ , muestra todos los colores correctamente. Cuanto menor es el índice, peor es la reproducción cromática.



Para estimar la calidad de reproducción cromática de una fuente de luz, se establece la siguiente escala de valores:  $R_a < 50$  rendimiento bajo, entre 50 y 80 rendimiento moderado, entre 80 y 90 bueno y entre 90 y 100 rendimiento excelente.

### **1.3.3. PROCESO DE CÁLCULO**

El proceso de cálculo de una instalación de interiores conlleva los siguientes pasos:

1. Obtención de información previa de los factores de partida.
2. Fijar el nivel de iluminación.
3. Determinación del sistema de iluminación y del tipo de luminaria.
4. Determinación del factor de mantenimiento.
5. Calcular el índice del local.
6. Calcular el flujo a instalar.
7. Cálculo del número de luminarias.
8. Distribución de las luminarias.

#### **1.3.3.1. INFORMACIÓN PREVIA DE LOS FACTORES DE PARTIDA**

Para conseguir un buen diseño de iluminación general y que esta sea uniforme, hay que tener en cuenta los siguientes factores de partida:

- Forma y configuración del local.
- Tipo de tarea a realizar.
- Tensión de alimentación de la red eléctrica.
- Características y tipo del objeto a iluminar.

#### **1.3.3.2. DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE ILUMINACIÓN**

Existen diferentes niveles de iluminación para los diferentes tipos de locales y las diferentes tareas que se realizan en ellos.

Los niveles de iluminación establecidos en cada sala o zona del edificio serán como mínimo los indicados en la norma UNE-EN\_12464-1=2003.

#### **1.3.3.3. DETERMINACIÓN DEL TIPO DE ILUMINACIÓN Y TIPO DE LUMINARIA-LÁMPARA**

##### **SISTEMAS DE ILUMINACIÓN**

Existen cinco tipos de iluminación: directa, semidirecta, difusa, semiindirecta e indirecta.

La iluminación directa es apropiada para la obtención económica de altos niveles de iluminación sobre el plano útil de las mesas y de los puestos de trabajo. Por su propia naturaleza deja en la sombra las partes del local y por lo tanto, reduce las pérdidas de luz por las claraboyas.

Es necesario aumentar considerablemente los aparatos de alumbrado, con el propósito de conseguir que cada objeto iluminado, reciba luz desde varias direcciones simultáneamente, con lo que se consigue la disminución de sombras molestas.

La iluminación directa se realiza, en general, por medio de reflectores de chapa esmaltada o de aluminio pulido, anodizado y abrillantado. Con el objeto de dar a la luz obtenida cierto grado de difusión favorable al suavizado, de las sombras, a la vez, concentrar el flujo luminoso hacia las zonas útiles del local, estos reflectores deben ser anchos y profundos.

Mediante la iluminación directa se consigue una distribución luminosa tal que del 90% al 100% del flujo luminoso emitido llegue directamente al plano de trabajo.

La iluminación semidirecta hace que parte de la luz emitida por los aparatos de alumbrado sea reflejada sobre el techo, por ello su empleo restringido para techos no muy altos, y no debe utilizarse en locales provistos de claraboyas en el techo.

Permite la realización relativamente económica de elevados niveles de iluminación con las ventajas sobre la iluminación directa de que las sombras son bastantes más suaves porque, como ya sabemos los objetos reciben simultáneamente, la luz directa de los aparatos de alumbrado y la reflejada en el techo y en las paredes.

Con este tipo de iluminación se consigue entre el 60 y el 90 por 100 del flujo luminoso emitido se dirige hacia abajo, hacia el plano de trabajo, mientras el resto del flujo luminoso, del 10 al 40 por 100 se dirige hacia el techo y las paredes.

La iluminación difusa, da una importancia creciente al de la reflexión de la luz sobre el techo y las paredes. Desaparecen por completo las sombras de los objetos, pero se aconseja que el techo y las paredes estén pintados de colores claros, con el objeto de disminuir las pérdidas por absorción que, de otro modo, resultarían muy elevadas.

Con la iluminación difusa el flujo luminoso emitido hacia abajo es del 40 al 60 por 100 con ángulos por debajo de la horizontal, y entre el 40 y el 60 por 100 del flujo luminoso se dirige hacia arriba.

La iluminación semiindirecta, y la iluminación indirecta, hacen que los manantiales luminosos secundarios, que equivalen a las paredes y techo del local, tengan un efecto preponderante sobre los manantiales luminosos primarios, que son las lámparas eléctricas.

Desaparecen las sombras totalmente y también el riesgo de deslumbramiento directo, ya que las lámparas están totalmente ocultas a los ojos del conservador. La falta de plasticidad obtenida con estos sistemas obliga en algunos casos a completar el



alumbrado del local mediante alumbrado auxiliar. Estos dos tipos de iluminación, precisan que las paredes y techos del local están pintados con materiales de alto factor de reflexión, y aunque esta condición se cumpla, el consumo de energía es mayor que para cualquier otro sistema de iluminación.

Mediante la iluminación semiindirecta e indirecta, del 60 al 100 por 100 del flujo luminoso emitido es dirigido hacia arriba en ángulos superiores a la horizontal.

Con cada uno de los cinco tipos de iluminación descritos con anterioridad, se pueden obtener tras clases o métodos de alumbrado, según la distribución de la luz en el local a iluminar.

#### A) Alumbrado general

Se trata de un alumbrado uniforme de un espacio, sin tener en cuenta las necesidades particulares de ciertas zonas determinadas. La iluminación media deberá ser igual al nivel de iluminación que requiera la tarea específica visual. Presenta como ventaja que se pueden cambiar los puestos de trabajo sin modificar las luminarias. Es por antonomasia, el método de distribución uniforme de la luz.

La distribución más normal, se obtiene colocando las luminarias de forma simétrica en filas por columnas, cuyo producto da el número total de luminarias instaladas (reajustadas por exceso o por defecto al número de luminarias calculado).

Por razones de uniformidad, la distancia entre luminarias, no puede ser mayor que un determinado valor. Este valor depende de la altura de montaje, del nivel de iluminación, así como de las características propias del local y de la luminaria. Generalmente, la distancia entre luminarias es doble que entre estas y las paredes.

#### B) Alumbrado general localizado

Alumbrado general en zonas especiales de trabajo, donde se necesita un alto nivel de iluminación, siendo suficiente la iluminación general para las zonas contiguas, de modo que este tipo de alumbrado se caracteriza por la concentración de luminarias.

#### C) Alumbrado suplementario

Alumbrado que proporciona un alto nivel de iluminación en puntos específicos de trabajo, mediante la combinación del alumbrado general o del alumbrado general localizado.



## TIPOS DE LÁMPARAS

### A) Lámpara de Incandescencia

Es de cómodo empleo y en el mercado existe una amplia gama, con todo tipo de potencias. Es aconsejable para un nivel de iluminación inferior a 200 lux, tiene un bajo rendimiento luminoso y una duración media reducida. Se emplean principalmente en alumbrado doméstico y de señalización. Debido al bajo consumo luminoso y a su reducida duración, no son rentables para el alumbrado de grandes espacios como alto nivel de iluminación, ni para naves industriales o locales comerciales con altura de montaje superior a cuatro metros.

### B) Lámpara Fluorescente

Se utiliza cuando se necesita una elevada temperatura de color, (se define  $T^a$  de color de una fuente luminosa como la que corresponde por comparación, con la del cuerpo negro que presenta el mismo color que la fuente analizada. La  $T^a$  de color define únicamente el color (tono) de la luz), también se utiliza cuando el nivel de iluminación necesario sobre el plano útil de trabajo, ha de alcanzar o sobrepasar los 200 lux, sobre todo si la instalación ha de estar funcionando durante un elevado número de horas al año (2000 horas o más). El flujo luminoso es del orden de siete veces mayor comparado con el que producen las lámparas incandescentes de igual potencia. Este factor unido a su larga vida (también siete veces mayor) y calidad de luz, hacen que sean las lámparas universales de alumbrado contemporáneo. Estas características hacen que sean de aplicación universal para fines generales de alumbrado, sobre todo, en interiores de oficina, grandes almacenes, comercio, escuelas, hospitales, industrias, etc.; donde la altura de montaje no supere los cinco metros.

### C) Lámpara de vapor de Mercurio

Se utilizan para alumbrado industrial, cuando las condiciones de calidad de la luz son menos imperativas. Existen dos tipos: de luz mixta y de color corregido, estas últimas resultan económicas por su elevado rendimiento luminoso (similar al de las fluorescentes); y por su larga vida media (suele ser de 6000-9000 horas), resultado especialmente indicadas para alumbrado directo, con aparatos de alumbrado suspendidos a mucha altura, en las naves industriales. En esta aplicación, su elevada potencia unitaria permite aprovechar bien su gran altura de suspensión, separando débilmente los aparatos de alumbrado y disminuyendo el número de estos aparatos.

### D) Lámpara de vapor de Sodio

Se utilizan en el alumbrado de exteriores y en el interior de naves industriales con elevadas alturas de montaje. Existen de dos tipos: de baja presión y de alta presión, estas últimas presentan un elevado rendimiento, además de una gran duración, lo que implica intervalos de reposición más largos. Además, su elevada potencia unitaria

permite aprovechar bien su gran altura de suspensión, de forma que resultan especialmente indicadas para instalaciones interiores de industria.

#### 1.3.3.4. DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE MANTENIMIENTO

Este parámetro dependerá del grado de suciedad que se de en el entorno en el que se encontrara la luminaria y de la frecuencia con la que se limpie la misma. Para una limpieza periódica anual de las luminarias estableceremos los siguientes valores:

Ambiente	Factor de mantenimiento o de conservación ( $f_m$ )
Muy limpio	0.80
Limpio	0.75
Intermedio	0.70
Sucio	0.65
Muy sucio	0.60

#### 1.3.3.5. CÁLCULO DEL ÍNDICE DEL LOCAL

Los locales a iluminar se clasifican según la relación que existe entre sus dimensiones la altura de montaje, y el tipo de alumbrado. Es lo que denominamos índice del local y nos sirve después para determinar el factor de utilización. Se calcula de la siguiente forma:

Para iluminaciones directas, semidirectas y difusas, se utiliza:

$$\text{Relación del local } k = \frac{x \cdot y}{h \cdot (x + y)}$$

Para iluminaciones indirectas y semiindirectas, se utiliza:

$$\text{Relación del local } k = \frac{3 \cdot x \cdot y}{2 h \cdot (x + y)}$$

En ambas fórmulas:

y → Ancho del local en metros.

x → Longitud del local en metros.

h → Altura de montaje en metros. Se considera la distancia que hay desde la luminaria hasta el plano útil o de trabajo a 0,85 metros sobre el suelo según la NTE.

La altura del local, H es la suma de la altura de suspensión de la luminaria C, más la altura de montaje h, y más el 0,85 metros al que está el plano de trabajo. Es decir:

$$H = C + h + 0,85 \text{ m}$$



Como H y C son datos previos de la instalación, la altura de montaje se calcula mediante la fórmula:

$$h = H - (C + 0,85)m$$

### 1.3.3.6. DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE UTILIZACIÓN

El factor de utilización de un sistema de alumbrado es la relación que existe entre el flujo luminoso que llega al plano de trabajo y el flujo total que emiten las lámparas instaladas.

Este es un factor muy importante para el cálculo del alumbrado, a la vez que complejo y difícil de calcular, pues depende de una diversidad de factores como son: el valor adecuado del nivel de iluminación, el sistema de alumbrado, las luminarias, las dimensiones del local, la reflexión (techos, paredes y suelos) y el factor de mantenimiento.

Una vez obtenido el índice del local y determinados los coeficientes de reflexión se podrá obtener el valor del factor de utilización entrando con estos datos en las tablas suministradas por el fabricante. Si el índice del local se encuentra entre dos valores de la tabla habrá que interpolar.

Tablas suministradas por el fabricante:

#### 1. HAVELLS SYLVANIA:

##### 1. Down light → SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)

utilization factors / TM5											
reflection			room index								
C	W	F	0.75	1.0	1.25	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0
70	50	20	25	29	32	34	37	39	40	42	43
70	30	20	21	26	29	31	35	37	38	41	42
70	10	20	19	23	27	29	33	35	37	39	41
50	50	20	24	28	31	33	36	38	39	41	42
50	30	20	21	25	28	31	34	36	37	39	41
50	10	20	19	23	26	29	32	34	36	38	40
30	50	20	23	27	30	32	35	36	38	39	40
30	30	20	21	25	28	30	33	35	36	38	39
30	10	20	19	23	26	28	31	33	35	37	38
0	0	0	18	22	25	27	30	32	33	35	36
BZ-class			4	4	4	4	4	4	4	4	4
SHRnom 1.25			SHRmax 1.424								

2. Lámparas de descarga → SBH-S 250W HSL-SC

utilization factors / TM5											
reflection			room index								
C	W	F	0.75	1.0	1.25	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0
70	50	20	50	56	60	63	66	68	70	72	73
70	30	20	46	52	56	59	63	66	68	70	71
70	10	20	43	49	54	57	61	64	66	68	70
50	50	20	49	54	58	61	64	66	67	69	70
50	30	20	46	51	55	58	62	64	66	68	69
50	10	20	43	49	5	56	60	62	64	68	68
30	50	20	48	53	57	59	62	64	66	67	68
30	30	20	45	50	54	57	60	62	64	65	67
30	10	20	43	48	52	55	59	61	63	64	66
0	0	0	41	47	51	53	57	58	60	62	66
BZ-class			4	4	4	4	4	4	4	4	4
SHRnom 1.50			SHRmax 1.550								

2. PHILIPS

1. Fluorescente empotrado → TBS 411 1x28W/840 HFP D8 PI

Room Index	Reflectances (%) for ceiling, walls and working place (CIE)										
	0.80	0.80	0.70	0.70	0.70	0.70	0.50	0.50	0.30	0.30	0.00
	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.30	0.30	0.10	0.30	0.10	0.00
k	0.30	0.10	0.30	0.20	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00
0.60	0.47	0.44	0.46	0.45	0.44	0.40	0.39	0.37	0.39	0.37	0.35
0.80	0.55	0.52	0.54	0.53	0.51	0.47	0.47	0.44	0.46	0.44	0.43
1.00	0.62	0.57	0.61	0.59	0.57	0.53	0.52	0.50	0.52	0.49	0.48
1.25	0.68	0.62	0.66	0.64	0.61	0.58	0.57	0.56	0.57	0.55	0.53
1.50	0.72	0.65	0.70	0.67	0.64	0.61	0.61	0.59	0.60	0.58	0.57
2.00	0.78	0.69	0.76	0.72	0.69	0.66	0.66	0.64	0.65	0.63	0.62
2.50	0.82	0.72	0.79	0.75	0.71	0.69	0.68	0.67	0.67	0.66	0.65
3.00	0.84	0.74	0.82	0.77	0.73	0.71	0.70	0.69	0.69	0.68	0.67
4.00	0.87	0.75	0.84	0.79	0.75	0.73	0.72	0.71	0.71	0.70	0.68
5.00	0.89	0.76	0.86	0.80	0.75	0.74	0.73	0.72	0.72	0.71	0.69

2. Fluorescente montaje superficial → TCS 640 1x35W/840 HFP C8 ALU

Room Index k	Reflectances (%) for ceiling, walls and working place (CIE)										
	0.80	0.80	0.70	0.70	0.70	0.70	0.50	0.50	0.30	0.30	0.00
	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.30	0.30	0.10	0.30	0.10	0.00
0.60	0.47	0.44	0.46	0.45	0.44	0.40	0.39	0.37	0.39	0.37	0.35
0.80	0.55	0.52	0.54	0.53	0.51	0.47	0.47	0.44	0.46	0.44	0.43
1.00	0.62	0.57	0.61	0.59	0.57	0.53	0.52	0.50	0.52	0.49	0.48
1.25	0.68	0.62	0.66	0.64	0.61	0.58	0.57	0.56	0.57	0.55	0.53
1.50	0.72	0.65	0.70	0.67	0.64	0.61	0.61	0.59	0.60	0.58	0.57
2.00	0.78	0.69	0.76	0.72	0.69	0.66	0.66	0.64	0.65	0.63	0.62
2.50	0.82	0.72	0.79	0.75	0.71	0.69	0.68	0.67	0.67	0.66	0.65
3.00	0.84	0.74	0.82	0.77	0.73	0.71	0.70	0.69	0.69	0.68	0.67
4.00	0.87	0.75	0.84	0.79	0.75	0.73	0.72	0.71	0.71	0.70	0.68
5.00	0.89	0.76	0.86	0.80	0.75	0.74	0.73	0.72	0.72	0.71	0.69

3. Fluorescentes estancas → TBS 324 2xTL-D36W/830 HFP C5 GT IP 65

Room Index k	Reflectances (%) for ceiling, walls and working place (CIE)										
	0.80	0.80	0.70	0.70	0.70	0.70	0.50	0.50	0.30	0.30	0.00
	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.30	0.30	0.10	0.30	0.10	0.00
0.60	0.39	0.37	0.38	0.37	0.37	0.33	0.32	0.30	0.32	0.30	0.29
0.80	0.46	0.43	0.45	0.44	0.43	0.39	0.39	0.36	0.38	0.36	0.35
1.00	0.52	0.48	0.51	0.49	0.48	0.44	0.44	0.41	0.43	0.41	0.40
1.25	0.57	0.52	0.56	0.54	0.52	0.49	0.48	0.46	0.47	0.46	0.44
1.50	0.61	0.55	0.59	0.57	0.55	0.52	0.51	0.49	0.50	0.49	0.47
2.00	0.66	0.59	0.65	0.61	0.59	0.56	0.56	0.54	0.55	0.53	0.52
2.50	0.70	0.61	0.68	0.64	0.61	0.59	0.58	0.57	0.57	0.56	0.55
3.00	0.72	0.63	0.70	0.66	0.62	0.61	0.60	0.59	0.59	0.58	0.57
4.00	0.75	0.65	0.73	0.68	0.64	0.63	0.62	0.61	0.61	0.60	0.58
5.00	0.76	0.66	0.74	0.69	0.65	0.64	0.63	0.62	0.62	0.61	0.59

El factor de reflexión, se define como la relación entre la luz reflejada por una superficie y la luz incidente sobre la misma, se expresa en tanto por ciento y es distinto para diferentes colores. Para la luz blanca y para distintos colores y tonalidades exista la siguiente tabla empírica normalizada que da el valor de reflexión.

PARTE DE LA SALA	COLOR	FACTOR DE REFLEXIÓN ( $\rho$ )
TECHO	MUY CLARO	0.7
	CLARO	0.5
	MEDIO	0.3
PAREDES	MUY CLARO	0.5
	CLARO	0.3
	MEDIO	0.1
SUELO	MUY CLARO	0.3
	CLARO	0.2
	MEDIO	0.1

### 1.3.3.7. CÁLCULO DEL FLUJO A INSTALAR

El siguiente paso es calcular el flujo total a instalar, para ello se emplea la siguiente fórmula:

$$\Phi_t = \frac{E \cdot x \cdot y}{f_m \cdot \eta}$$

Donde:

E → Iluminancia media exigida por la norma UNE.

$\Phi_t$  → Flujo luminoso total.

x → Largo del local.

y → Ancho del local.

$f_m$  → Factor de mantenimiento o de conservación de luminarias.

$\eta$  → Factor de utilización.

### 1.3.3.8. CÁLCULO DEL NÚMERO DE LUMINARIAS

Una vez calculado el flujo total  $\Phi_t$ , como conocemos el flujo que nos aporta cada luminaria  $\Phi_L$  (dato proporcionado por el fabricante), podemos calcular el número de luminarias a instalar mediante la siguiente fórmula:

$$N = \frac{\Phi_t}{\Phi_L}$$

Donde:

N = Número mínimo de luminarias que se deben colocar.

$\Phi_t$  = Flujo luminoso total.

$\Phi_L$  = Flujo luminoso de la lámpara.

### 1.3.3.9 DISTRIBUCIÓN DE LUMINARIAS

La distribución de las luminarias más normal, se obtiene colocando las luminarias de forma simétrica en filas y columnas, cuyo producto da el número total de luminarias instaladas. Es posible reajustar el número de luminarias por exceso o por defecto, por cuestiones de uniformidad.

### 1.3.4. ALUMBRADO INTERIOR

#### 1.3.4.1. JUSTIFICACIÓN DE LAS LÁMPARAS Y LUMINARIAS EMPLEADAS

Lámpara de descarga, Havells-Sylvania modelo SBH-S 250W HSL-SC, estas lámparas son de descarga de mercurio de baja presión, tienen un alto rendimiento luminoso (hasta 96 Lm /W) y baja pérdida de lúmenes a lo largo de su vida útil. Tienen una buena reproducción del color. Están recomendadas para interiores con techos elevados como fábricas, talleres...

Dependiendo del tipo de local en el que se encuentren las lámparas fluorescentes se han colocado tres tipos de luminarias distintas: la luminaria Philips empotrada, modelo TBS 411 1x28W/840 HFP D8 PI, ha sido colocada en la zona de oficinas, la luminaria Philips, modelo estancia TBS 324 2xTL-D36W/830 HFP C5 GT IP65, que ha sido colocada en zonas húmedas como las duchas y la luminaria Philips montaje superficial TCS 640 1x35W/840 HFP C8 ALU, que ha sido colocada en las zonas comunes (pasillos, hall...)

Otro tipo de luminarias instaladas son las Down Light, en este caso la luminaria Havells- Sylvania SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL) ha sido utilizada en las zonas de oficinas.

Solución:

- **Oficinas norte planta baja**

	Nº final de luminarias	Tipo de luminaria a instalar
<b>Exposiciones</b>	50	Down light → SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)
<b>Despacho secretaria</b>	16	Down light → SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)
<b>W.C. Hombres</b>	4	Fluorescente empotrado → TBS 411 1x28W840 HFP D8 PI
<b>W.C. Mujeres</b>	4	Fluorescente empotrado → TBS 411 1x28W840 HFP D8 PI
<b>Despacho 1</b>	16	Down light → SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)

<b>Laboratorio 1</b>	16	Down light → SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)
<b>Laboratorio 2</b>	18	Down light → SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)
<b>Técnicos</b>	30	Down light → SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)
<b>D. Técnicos</b>	26	Down light → SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)
<b>D. Administración</b>	16	Down light → SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)
<b>Recepción</b>	20	Down light → SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)
<b>Hall entrada</b>	4	Luminaria → Fluorescente montaje superficial → TCS 640 1x35W/840 HFP C8 ALU
<b>Sala reuniones</b>	12	Down light → SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)
<b>Sala fotocopias</b>	12	Down light → SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)
<b>Pasillo</b>	24	Luminaria → Fluorescente montaje superficial → TCS 640 1x35W/840 HFP C8 ALU

- **Oficina norte planta primera**

	<b>Nº final de luminarias</b>	<b>Tipo de luminaria a instalar</b>
<b>Gerencia</b>	24	Down light → SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)
<b>Despacho Admin.</b>	15	Down light → SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)
<b>Administración</b>	26	Down light → SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)
<b>Sala fotocopias</b>	10	Down light → SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)
<b>W.C. Hombres</b>	9	Fluorescente empotrado → TBS 411 1x28W840 HFP D8 PI
<b>W.C. Mujeres</b>	9	Fluorescente empotrado → TBS 411 1x28W840 HFP D8 PI
<b>Archivo</b>	15	Down light → SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)
<b>Técnicos 1</b>	42	Down light → SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)

<b>Técnicos 2</b>	30	Down light → SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)
<b>Despacho técnico</b>	20	Down light → SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)
<b>Sala reuniones 1</b>	16	Down light → SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)
<b>Sala reuniones 2</b>	20	Down light → SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)
<b>D. Comercial 1</b>	20	Down light → SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)
<b>D. Comercial 2</b>	12	Down light → SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)
<b>Pasillo largo</b>	34	Luminaria → Fluorescente montaje superficial → TCS 640 1x35W/840 HFP C8 ALU
<b>Pasillo corto</b>	12	Luminaria → Fluorescente montaje superficial → TCS 640 1x35W/840 HFP C8 ALU
<b>Pasillo escalera</b>	3	Luminaria → Fluorescente montaje superficial → TCS 640 1x35W/840 HFP C8 ALU

- **Oficina norte planta segunda**

	<b>Nº final de luminarias</b>	<b>Tipo de luminaria a instalar</b>
<b>Despacho1</b>	40	Down light → SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)
<b>Despacho 2</b>	16	Down light → SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)
<b>Despacho secretaria</b>	15	Down light → SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)
<b>Archivo</b>	12	Down light → SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)
<b>W.C. Hombres</b>	4	Fluorescente empotrado → TBS 411 1x28W840 HFP D8 PI
<b>W.C. Mujeres</b>	4	Fluorescente empotrado → TBS 411 1x28W840 HFP D8 PI
<b>Cocina</b>	12	Fluorescente empotrado → TBS 411 1x28W840 HFP D8 PI
<b>I+D</b>	50	Down light → SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)

<b>Médico</b>	32	Down light → SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)
<b>Comedor</b>	32	Down light → SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)
<b>Pasillo largo</b>	34	Luminaria → Fluorescente montaje superficial → TCS 640 1x35W/840 HFP C8 ALU
<b>Pasillo corto</b>	12	Luminaria → Fluorescente montaje superficial → TCS 640 1x35W/840 HFP C8 ALU
<b>Pasillo escalera</b>	3	Luminaria → Fluorescente montaje superficial → TCS 640 1x35W/840 HFP C8 ALU

- **Oficina sur planta baja**

	<b>Nº final de luminarias</b>	<b>Tipo de luminaria a instalar</b>
<b>Vestuario mujeres</b>	9	Luminaria estanca → TBS 324 2xTL-D36W/830 HFP C5 GT IP65
<b>W.C. Mujeres</b>	4	Luminaria estanca → TBS 324 2xTL-D36W/830 HFP C5 GT IP65
<b>Duchas mujeres</b>	4	Luminaria estanca → TBS 324 2xTL-D36W/830 HFP C5 GT IP65
<b>Vestuario hombres</b>	9	Luminaria estanca → TBS 324 2xTL-D36W/830 HFP C5 GT IP65
<b>W.C. Hombres</b>	4	Luminaria estanca → TBS 324 2xTL-D36W/830 HFP C5 GT IP65
<b>Duchas hombres</b>	4	Luminaria estanca → TBS 324 2xTL-D36W/830 HFP C5 GT IP65
<b>Pasillo</b>	6	Luminaria → Fluorescente montaje superficial → TCS 640 1x35W/840 HFP C8 ALU

- **Oficina sur planta primera**

	<b>Nº final de luminarias</b>	<b>Tipo de luminaria a instalar</b>
<b>Oficina general</b>	40	Down light → SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)
<b>Despacho 1</b>	20	Down light → SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)
<b>Despacho 2</b>	20	Down light → SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)



<b>Despacho 3</b>	20	Down light → SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)
<b>Sala juntas</b>	15	Down light → SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)
<b>Despacho 4</b>	20	Down light → SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)
<b>Despacho 5</b>	20	Down light → SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)
<b>Despacho 6</b>	20	Down light → SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL))
<b>Aseo 1</b>	4	Fluorescente empotrado → TBS 411 1x28W840 HFP D8 PI
<b>Aseo 2</b>	4	Fluorescente empotrado → TBS 411 1x28W840 HFP D8 PI
<b>Pasillo 1</b>	8	Luminaria → Fluorescente montaje superficial → TCS 640 1x35W/840 HFP C8 ALU
<b>Pasillo 2</b>	18	Luminaria → Fluorescente montaje superficial → TCS 640 1x35W/840 HFP C8 ALU

- **Fabrica y almacenes**

	<b>Nº final de luminarias</b>	<b>Tipo de luminaria a instalar</b>
<b>Zona de descarga</b>	9	Luminaria → Lámpara de descarga → SBH-S 250W HSL-SC
<b>Almacén materia prima</b>	30	Luminaria → Lámpara de descarga → SBH-S 250W HSL-SC
<b>Zona de producción</b>	270	Luminaria → Lámpara de descarga → SBH-S 250W HSL-SC

### 1.3.5. TABLA RESUMEN

Como resumen de la iluminación interior utilizada y la potencia necesaria para dicha iluminación tenemos la siguiente tabla:

<b>Oficina norte Planta baja</b>	<b>Nº de lámparas</b>	<b>Nº de luminarias</b>	<b>Potencia por Lámpara (w)</b>	<b>Potencia Total (w)</b>
<b>Exposiciones</b>	2	50	26	2600
<b>Despacho secretaría</b>	2	16	26	832
<b>W.C. Hombres</b>	1	4	28	112
<b>W.C. Mujeres</b>	1	4	28	112

<b>Despacho 1</b>	2	16	26	832
<b>Laboratorio 1</b>	2	16	26	832
<b>Laboratorio 2</b>	2	18	26	936
<b>Técnicos</b>	2	30	26	1560
<b>D. Técnicos</b>	2	26	26	1352
<b>D. Administración</b>	2	16	26	832
<b>Recepción</b>	2	20	26	1040
<b>Hall entrada</b>	1	4	35	140
<b>Sala de reuniones</b>	2	12	26	624
<b>Sala fotocopias</b>	2	12	26	624
<b>Pasillo</b>	1	24	35	840
<b>TOTAL</b>	504	270	-	13268

<b>Oficina norte Planta Primera</b>	<b>Nº de lámparas</b>	<b>Nº de luminarias</b>	<b>Potencia por Lámpara (w)</b>	<b>Potencia Total (w)</b>
<b>Gerencia</b>	2	24	26	1248
<b>Despacho Admin.</b>	2	15	26	780
<b>Administración</b>	2	26	26	1352
<b>Sala fotocopias</b>	2	10	26	520
<b>W.C. Hombres</b>	1	9	28	252
<b>W.C. Mujeres</b>	1	9	28	252
<b>Archivo</b>	2	15	26	780
<b>Técnicos 1</b>	2	42	26	2184
<b>Técnicos 2</b>	2	30	26	1560
<b>Despacho técnico</b>	2	20	26	1040
<b>Sala reuniones 1</b>	2	16	26	832
<b>Sala reuniones 2</b>	2	20	26	1040
<b>D. Comercial 1</b>	2	20	26	1040
<b>D. Comercial 2</b>	2	12	26	624
<b>Pasillo</b>	1	49	35	1715
<b>TOTAL</b>	567	317	-	15219

<b>Oficina norte Planta Segunda</b>	<b>Nº de lámparas</b>	<b>Nº de luminarias</b>	<b>Potencia por Lámpara (w)</b>	<b>Potencia Total (w)</b>
<b>Despacho 1</b>	2	40	26	2080
<b>Despacho 2</b>	2	16	26	832
<b>Despacho secretaria</b>	2	15	26	780
<b>Archivo</b>	2	12	26	624
<b>W.C. Hombres</b>	1	4	28	112
<b>W.C. Mujeres</b>	1	4	28	112
<b>Cocina</b>	1	12	28	336

<b>I+D</b>	2	50	26	2600
<b>Comedor</b>	2	32	26	1664
<b>Pasillo</b>	1	49	35	1715
<b>Medico</b>	2	32	26	1664
<b>TOTAL</b>	463	266	-	12519

<b>Oficina sur Planta Baja</b>	<b>Nº de lámparas</b>	<b>Nº de luminarias</b>	<b>Potencia por Lámpara (w)</b>	<b>Potencia Total (w)</b>
<b>Vestuario mujeres</b>	2	9	36	648
<b>W.C. Mujeres</b>	2	4	36	288
<b>Duchas mujeres</b>	2	4	36	288
<b>Vestuario hombres</b>	2	9	36	648
<b>W.C. Hombres</b>	2	4	36	288
<b>Duchas hombres</b>	2	4	36	288
<b>Pasillo</b>	1	6	35	210
<b>TOTAL</b>	74	40	-	2658

<b>Oficina sur Planta Primera</b>	<b>Nº de lámparas</b>	<b>Nº de luminarias</b>	<b>Potencia por Lámpara (w)</b>	<b>Potencia Total (w)</b>
<b>Oficina general</b>	2	40	26	2080
<b>Despacho 1</b>	2	20	26	1040
<b>Despacho 2</b>	2	20	26	1040
<b>Despacho 3</b>	2	20	26	1040
<b>Sala juntas</b>	2	15	26	780
<b>Despacho 4</b>	2	20	26	1040
<b>Despacho 5</b>	2	20	26	1040
<b>Despacho 6</b>	2	20	26	1040
<b>Aseo 1</b>	1	4	28	112
<b>Aseo 2</b>	1	4	28	112
<b>Pasillo 1</b>	1	8	35	280
<b>Pasillo 2</b>	1	18	35	630
<b>TOTAL</b>	384	209	-	10234

<b>Fábrica almacenes</b>	<b>Nº de lámparas</b>	<b>Nº de luminarias</b>	<b>Potencia por Lámpara (w)</b>	<b>Potencia Total (w)</b>
<b>Zona de descarga</b>	1	9	250	2250
<b>Almacén materia prima</b>	1	30	250	7500

<b>Zona de producción</b>	1	270	250	67500
<b>TOTAL</b>	309	309	-	77250

### 1.3.6. ALUMBRADO EXTERIOR

Al igual que en el alumbrado de interiores, se emplea el método del flujo luminoso sacado del libro llamado LUMINOTECNIA enciclopedia CEAC de electricidad, cuyo autor es D. José Ramírez Vázquez.

$$\emptyset = \frac{E \cdot S}{\eta \cdot F_m \cdot \eta_A}$$

Donde:

$\emptyset$  → Flujo luminoso unitario de cada lámpara.

E → Iluminancia media deseada.

S → Superficie que ilumina cada aparato de alumbrado.

$\eta$  → Coeficiente de utilización.

$F_m$  → Factor de mantenimiento.

$\eta_A$  → Rendimiento de la luminaria.

En la siguiente tabla se indican valores orientativos del nivel de iluminación medio necesario en distintas vías y recintos.

<b>Tipo</b>	<b>Iluminancia E (lux)</b>
Aparcamientos	20
Vías urbanas y provinciales	25 – 28
Vías urbanas de tráfico rápido	30
Autopistas, autovías y carreteras principales	35
Recintos deportivos	100 – 1000

El coeficiente de utilización se halla en tablas en función de las características de la luminaria y del tipo de vía p recinto. De todas maneras, pueden considerarse los siguientes valores orientativos.

- Para colocación axial de los focos:  $\eta = 0,5$ .
- Para colocación lateral de los focos:  $\eta = 0,4$ .

La colocación axial está en desuso, y en la colocación lateral existen tres variantes que son tresbolillo, unilateral y bilateral. En este caso se colocarán los focos en disposición unilateral fijados a la fachada de la nave.

La altura recomendada a la que debe conectarse el punto de luz es función del flujo de la lámpara, según la siguiente tabla:

Altura del punto de luz (m)	Iluminancia E (lux)
< 7.5	< 15000
7.5 – 9	15000 – 20000
9 - 12	20000 – 40000
> 12	> 40000

La altura de la luminaria está en relación directa con la anchura de la vía o ancho de la superficie a iluminar y la disposición de los focos, de forma que:

Tipo de colocación	Relación altura / ancho
Unilateral	0,85 – 1
Tresbolillo	0,5 – 0,85
Pareada	0,33 – 0,5

La separación entre aparatos de alumbrado se relaciona con la altura de colocación de los mismos y es en función de la iluminación media requerida sobre la superficie a iluminar, como se observa en la siguiente tabla:

Iluminación media, E (lux)	Relación separación / altura
$2 < E < 7$	5 – 4
$7 < E < 15$	4 – 3,5
$15 < E < 30$	3,5 – 2

El factor de mantenimiento lo suministra el fabricante, según el envejecimiento de la lámpara y la cantidad de suciedad que se va acumulando en la luminaria. Como valor orientativo, y para luminaria hermética con lámparas de vapor de mercurio o de vapor de sodio, se puede emplear un factor de mantenimiento de 0,75.

### 1.3.6.1. SOLUCIÓN EMPLEADA

El alumbrado exterior es a cargo de la empresa, está colocará farolas solares que ellos mismos realizan en otro centro de producción con el motivo de promocionar sus productos.

Los requisitos que deben cumplir dichas farolas se citan en el apartado anterior.

### 1.3.7. ALUMBRADOS ESPECIALES

Las instalaciones especiales destinadas a alumbrados especiales tienen por objeto asegurar, aun 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 y de reemplazamiento.

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 alumbrados especiales, estos deben ser repartidos al menos entre dos líneas diferentes, aunque su número sea inferior a 12.

El alumbrado de emergencia debe permitir, en caso de fallo general, la evacuación segura y fácil del público hacia el exterior.

Sólo puede ser alimentado por fuentes propias de energía, sean o no exclusivas para dicho alumbrado, pero no por fuente 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 funcionar durante un mínimo de una hora, proporcionando en el eje de los pasos principales una iluminación mínima de 1 lux.

La iluminación será, como mínimo de 5 lux 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.

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 provistos de este tipo de alumbrado.

Constarán de una instalación de alumbrado de emergencia las siguientes zonas:

- a) Todos los recintos cuya ocupación sea mayor que 100 personas.
- b) 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 evacuación de más de 100 personas.
- c) Todas las escaleras y pasillos protegidos, los vestíbulos previos y las escaleras de incendios.

- d) Los aparcamientos para más de 5 vehículos previos y las escaleras que conduzcan desde aquellos hasta el exterior o hasta las zonas generales del edificio.
- e) Los locales de riesgo especial y los aseos generales de planta en edificios de acceso público.
- f) Los locales que alberguen equipos generales de las instalaciones de protección.
- g) Los cuadros de distribución de la instalación de alumbrado de las zonas antes citadas.

Para cumplir las condiciones del articulado puede aplicarse la siguiente regla práctica para la distribución de las luminarias:

- Dotación: 5 lúmenes / m
- Flujo luminoso de las luminarias 4 h, siendo h la altura a las que estén instaladas las luminarias comprendidas entre 2,00 y 2,50 metros.

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 tiempo que permanezca con público.

Estará alimentado, al menos, por dos suministros, sea normal, complementario o procedente de fuente propia de energía eléctrica admitida.

En el eje de los pasos principales debe proporcionar una iluminación mínima de un lux.

Se situará en las salidas de los locales y dependencias indicados en cada caso y en las señalizaciones indicadoras de la dirección de los mismos.

Cuando 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.

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 pasar automáticamente al segundo suministro.

### **1.3.7.1. SOLUCIÓN EMPLEADA**

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

En concreto, se utilizarán luminaria 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.

La colocación del alumbrado de emergencia y señalización se situaran a una altura de 2,30 m respecto del suelo, justo encima de los marcos de las puertas, excepto en las zonas de taller y almacenaje, que se colocarán a una altura de 3 m respecto al suelo.

La solución adoptada se encuentra detallada ampliamente en el apartado 2.2.8 del documento de cálculos donde se especifican el número.

## **1.4. CONDUCTORES Y DISTRIBUCIÓN EN BAJA TENSIÓN**

### **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 del centro de transformación a los distintos receptores de la instalación, la instalación es de baja tensión y han de emplearse tensiones normalizadas como indica el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión. Emplearemos corriente alterna trifásica 400 / 230 V.

Los conductores de corriente eléctrica deben calcularse 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 Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.



### 1.4.2. FACTORES PARA EL CÁLCULO DE CONDUCTORES

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

1. Calentamiento de los conductores
2. Caída de tensión y pérdidas de potencia en los conductores

#### 1. Calentamiento de los conductores

Si por un conductor cuya resistencia es R (ohmios), circula una intensidad I (en amperios), se eleva su temperatura hasta que el calor transmitido por la corriente al conductor, se iguala al calor cedido por el conductor al ambiente en igual tiempo; según la ley de Joule, la cantidad de calorías recibidas en un segundo son:

$$Q = 0,24 \times I^2 \times R \quad \text{Calorías}$$

Partiendo de esta fórmula y teniendo en cuenta que las calorías cedidas dependen de la temperatura del conductor respecto del ambiente que la rodea, a su superficie, al material de forma su aislante, etc. Se demuestra que el aumento de temperatura es directamente proporcional al cuadrado de la intensidad (considerando despreciables las variaciones de la resistencia con la temperatura).

$$\Delta T = \left( \frac{I}{I_n} \right)^2 \times \Delta T_n$$

Siendo:

$\Delta T$  = incremento admisible de la temperatura.

$\Delta T_n$  = incremento de la temperatura en condiciones normales.

$I_n$  = intensidad nominal en condiciones normales.

I = intensidad admisible.

El calor que adquiere un conductor, lo va cediendo a través del medio que le rodea (aislamiento, tubo, aire, etc.), produciéndose un equilibrio entre el calor que recibe por el paso de la corriente y el que desprende hacia el exterior.

El calor que es cedido al exterior es:

$$Q = M \times C \times \Delta T$$

Si la intensidad I crece, el calor producido por el paso de la corriente crece también. Al cabo de un periodo transitorio, el calor cedido al exterior será igual al producido por el paso de intensidad, por lo tanto este calor cedido al exterior aumenta también, produciéndose por consiguiente un aumento del incremento de la temperatura,

pero como la temperatura del exterior es prácticamente constante, el aumento del incremento de la temperatura es debido al aumento de la temperatura del conductor.

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).

Por lo tanto, 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 reseñados.

Las intensidades de las corrientes eléctricas admisibles en los conductores, (Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, ITC BT 19), 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 a este reglamento.

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

Complementando a estas tablas existen otras, que dan unos factores de corrección de esa intensidad admisible, según nuestra instalación varíe de las condiciones normales; como disposición de los cables, resistividad térmica del suelo (para cables subterráneos), clase de recubrimiento, temperatura ambiente, etc.

## 2. Caída de tensión y pérdidas de potencia en los conductores

Una vez elegida la sección de acuerdo con la intensidad nominal que ha de circular por esa sección, es menor que la intensidad máxima admisible de dicho conductor para dicha sección, deberemos comprobar que cumple las condiciones relativas a la caída de tensión.

La sección de los conductores a utilizar se determina de forma que la caída de tensión entre el origen de la instalación y cualquier punto de utilización sea menor del 4,5% de la tensión nominal en el origen de la instalación para el alumbrado y 6,5% para la fuerza.

### 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 realizara por los colores que presenten sus aislamientos. Al conductor de protección se le identificara por el color verde-amarillo. El conductor neutro se identificara 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 identificaran 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. CONDUCTORES ACTIVOS

Son los destinados a la transmisión de la energía eléctrica. Esta consideración se aplica a los conductores de fase y al conductor nutro en corriente alterna.

Los conductores flexibles serán únicamente de cobre.

La sección de los conductores será tal que la caída de tensión entre el origen de la instalación y cualquier punto de utilización, sea menor del 4,5 % de la tensión nominal en el origen de la instalación, para alumbrado, y del 6,5 % para los demás usos. Esta caída de tensión se calculará considerando alimentados todos los aparatos de utilización susceptibles de funcionar simultáneamente.

Las intensidades máximas admisibles en servicio permanente para una temperatura ambiente del aire de 40°C y distintos métodos de instalación, agrupamientos y tipos de cable, están señaladas en una tabla en la instrucción ITC BT 19 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

#### 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 (mm <sup>2</sup> )	Secciones mínimas de los conductores de protección (mm <sup>2</sup> )
$S \leq 16$	S
$16 < S \leq 35$	16
$S > 35$	$S / 2$
<ul style="list-style-type: none"><li>- 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.</li><li>- Con un mínimo de 4 mm<sup>2</sup> si los conductores de protección no forman parte de la canalización de alimentación y no tienen una protección mecánica.</li></ul>	

Cuando la sección de los conductores de fase o polares sea superior a  $35 \text{ mm}^2$ , 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  $16 \text{ mm}^2$ .

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.

La instalación deberá presentar una resistencia de aislamiento por lo menos igual a  $1000 \times U$  ohmios, siendo U la tensión máxima de servicio expresada en voltios, con un mínimo de 250000 ohmios.

La rigidez dieléctrica de una instalación, ha de ser tal, que desconectados los aparatos de utilización, resista durante un minuto una prueba de tensión de  $2U + 1000$  voltios a frecuencia industrial, siendo U la tensión máxima de servicio expresada en voltios y con un mínimo de 1500 V.

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 por lo 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 colocados sobre aisladores, conductores aislados bajo molduras, conductores aislados fijados directamente sobre las paredes, etc.

La solución más empleada hoy en día es la de conductores aislados sobre bandejas ó 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 metálicos, 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 tengamos.

Algunas de estas son: Tubos metálicos rígidos blindados, tubos metálicos rígidos blindados con aislamiento interior, tubos aislantes rígidos normales curvables, tubos aislantes flexibles normales, tubo PVC rígido, etc.

Los tubos deberían 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 instrucción ITC BT 21 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

Para la colocación de las canalizaciones bajo tubos protectores se tendrán que tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo preferentemente líneas paralelas a las verticales y horizontales 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 admisibles.
- Será posible la fácil introducción y retirada de los conductores en los tubos después de colocados 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 registros consecutivos no será superior a 3. Los conductores se alojarán normalmente en los tubos después de colocarlos éstos.
- Los registros podrán estar destinados únicamente a facilitar la introducción y retirada de los conductores en los tubos o servir al mismo tiempo como cajas e empalme o derivación.
- Las conexiones entre conductores se realizarán en el interior de cajas apropiadas de materiales aislantes y no propagadores de 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 tendrán 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 colocaran 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 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 quedaran accesibles y desmontables una vez finalizada la obra.

La elección de los tubos con sus diámetros correspondientes está especificada en el documento CÁLCULOS del presente proyecto.

#### **1.4.5. RECEPTORES**

Lo referido a los receptores se encuentra expresado en la ITC BT 43.

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 del local, emplazamiento, utilización, etc.), teniendo en cuenta 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. Soportarán la influencia de los agentes externos a que estén sometidos en servicio, por ejemplo, polvo, humedad, gases y vapores.

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

##### **1.4.5.1. RECEPTORES PARA EL ALUMBRADO**

Las lámparas de descarga deberán cumplir una serie de condiciones:

- Serán accionadas por interruptores, previstos para cargas inductivas o, en defecto de esta característica, tendrá una capacidad de corte no inferior a dos veces la intensidad del receptor o grupo de receptores.



- Para receptores con lámparas de descarga, la carga mínima prevista en voltiamperios será de 1,8 veces la potencia en vatios de la lámpara. En el caso de distribuciones monofásicas, el conductor neutro tendrá la misma sección que los de fase.
- En el caso de lámparas fluorescentes, será obligatoria la compensación del factor de potencia hasta un valor mínimo de 0,90, cumpliendo así con lo dispuesto en la ITC-BT-44.

#### **1.4.5.2. RECEPTORES A MOTOR**

Según indica el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, en su Instrucción 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:

##### **1.4.5.2.1. UN SOLO MOTOR**

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

##### **1.4.5.2.2. VARIOS MOTORES**

Los conductores de conexión que alimentan a varios motores deberán estar dimensionados para una intensidad no inferior 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.

#### **1.4.6. TOMAS DE CORRIENTE**

##### **INTRODUCCIÓN**

Se ha dotado a las tomas de corriente con un factor e utilización sobre su potencia total, y así para el cálculo de la sección se ha tenido en cuenta igualmente, la fracción de la potencia total obtenida de multiplicar ésta por el factor de utilización.

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

##### **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 (SAI).
- Tomas de corriente trifásicas de 16 A a 400 V. (3P+T)





## 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 la zona de oficinas. En todas las zonas de la Nave industrial las tomas de corriente irán a una altura de 1,5 metros, agrupadas en unos cuadros con sus protecciones, cumpliendo así lo establecido en la ITC-BT-27.

### 1.4.7. PROCESO PARA EL CÁLCULO DE SECCIONES

1. Se diferencian los cálculos de fuerza y alumbrado.
2. Se determinan las intensidades que circulan por cada tramo.
3. Se calcula la sección según la intensidad admisible.
4. Se calculan las caídas de tensión en los distintos tramos teniendo en cuenta las condiciones más desfavorables de longitud e intensidad que pueden darse.
5. Si la caída de tensión en ese tramo es mayor que la fijada, procederemos a tomar un conductor de sección superior, y volveremos a repetir el cálculo de la caída de tensión, hasta que éste dentro de los márgenes que nos fijan.

La caída de tensión por línea depende de donde se encuentre ésta y de la función a la que ha sido encomendada. Así, para la acometida, que es la línea que une el transformador con el cuadro general de distribución, es permitida una caída de tensión tal de 1,5% de la tensión nominal. En el caso de la fuerza y el alumbrado se permiten un 6,5% y un 4,5% de la tensión nominal respectivamente. Los cálculos se basan en las siguientes fórmulas:

Monofásica:

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

$$e = \frac{2LI \cos\varphi}{S\gamma}$$

Trifásica:

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

$$e = \frac{\sqrt{3}LI \cos\varphi}{S\gamma}$$

Donde:

I = intensidad nominal (A).

P = potencia consumida (W).

V = tensión nominal (V).

$\cos\phi$  = factor de potencia.

e = caída de tensión en voltios.

L = longitud de la línea en metros.

$\gamma$  = conductividad del material del conductor (56 para el cobre, 35 para el aluminio).

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

#### 1.4.8. NORMAS PARA LA ELECCIÓN DEL CABLE

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

1. 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.
2. 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 se deteriora.

3. El cable elegido, teniendo en cuenta 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, o deterioren en ningún momento del cable.

#### 1.4.9. NORMAS PARA LA ELECCIÓN DEL TUBO

Para la elección del tubo protector de los conductores de distribución se ha atendido a lo dispuesto en la ITC BT 21 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

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

- 60° C para los tubos aislantes constituidos por PVC o polietileno.
- 70° C para los tubos metálicos con forros aislantes de papel impregnado.

Los diámetros de los tubos se eligen de acuerdo a las tablas que aparecen en la ITC BT 21 del citado reglamento. En estas tablas viene expresado el diámetro exterior mínimo en función del número, clase y sección de los conductores que ha de alojar, según el sistema de instalación y la clase de los tubos.

Para tubos en canalizaciones empotradas, para más de 5 conductores por tubo o para conductores aislados o cables de secciones diferentes a instalar por el mismo tubo, su sección interior será como mínimo, igual a 2,5 veces la sección total ocupada por los conductores.

Para canalizaciones aéreas o con tubos al aire para más de 5 conductores por tubo o para conductores aislados o cables de secciones diferentes a instalar por el mismo tubo, su sección interior será como mínimo, igual a 4 veces la sección total ocupada por los conductores.

Para tubos en canalizaciones enterradas, para más de 10 conductores por tubo o para conductores aislados o cables de secciones diferentes a instalar por el mismo tubo, su sección interior será como mínimo, igual a 4 veces la sección total ocupada por los conductores.

El trazado de las canalizaciones se hará preferentemente siguiendo líneas paralelas a las verticales y horizontales.

Los tubos se unirán entre sí mediante accesorios adecuados a su clase que aseguren la continuidad de la protección que proporcionan los conductores.

Será posible la fácil introducción y retirada de los conductores en los tubos después de colocados y fijados estos y sus accesorios, disponiendo para ello los registros que se consideren convenientes y que en tramos rectos nos estarán separados entre sí por más de 25 metros.

Las conexiones entre los conductores se realizarán en el interior de cajas apropiadas de material aislante.

#### **1.4.10. SOLUCIONES ADOPTADAS**

##### **2. 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.

T<sup>a</sup> de servicio:

Servicio permanente: 90°.

Cortocircuito: 250°.

RV-K 06/1 kV PRYSMIAN, (para la fábrica).

Conductor: Cobre recocido flexible clase 5.

Aislamiento: Polietileno reticulado XLPE.

Cubierta: PVC.

Tª de servicio:

Servicio permanente: 90°.

Cortocircuito: 250°.

H07V-K 0.6/1 Kv PYSMIAN, (para las instalaciones de la zona de oficinas).

Conductor: Cobre recocido flexible clase 5.

Aislamiento: Polietileno reticulado XLPE.

Tª de servicio:

Servicio permanente: 90°.

Cortocircuito: 160°.

Tendrán sección suficiente para las caídas de tensión, conforme al Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y contada desde el origen de la instalación no excedan de 4.5% para el alumbrado y del 6.5% para la fuerza, siendo las intensidades admisibles por los conductores, en todos los casos, siempre 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 como a caídas de tensión.

### 3. Canalizaciones

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

#### a) Acometida

La acometida partirá desde el centro de transformación hasta el cuadro general en el interior de la nave. Ira enterrada a 0.4m 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  $240\text{mm}^2$  y el neutro por tres cables unipolares de  $120\text{mm}^2$ . 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 225mm de 2.2mm de espesor, liso por el interior y corrugado por el exterior, color rojo FU 15 R, de resistencia de aplastamiento 450 N. Se está sobredimensionando la acometida a la intensidad nominal del transformador, esto es debido a posibles ampliaciones en el futuro.

#### b) Canalización general

La canalización general de la nave se realizará a través de bandeja portacables de malla de acero galvanizado, se llevará canalizado desde el C.G.D. a los diferentes

cuadro auxiliares de la empresa. Esta bandeja irá rodeando las diferentes zonas de la empresa, adaptándose a las diferentes alturas de la nave. Las bajantes de la bandeja a los cuadros y a los circuitos de alumbrado y fuerza se realizarán mediante tubo rígido de PVC. Para los cuadros que no se encuentren en la nave (oficinas, vestuarios...) las canalizaciones serán de tubo flexible empotrado.

#### c) Derivaciones

La derivación de esta canalización a las diferentes máquinas se realizará a través de tubo flexible recubierto en canalización enterrada a 20 cm de profundidad.

Así mismo, las derivaciones a la zona de oficinas y vestuarios se realizarán a través de tubo PVC que irá a través de falso techo y por catas.

Además se realizará la instalación de alumbrado de emergencia y señalización por medio de tubo grapado a la pared y tubo flexible empotrado.

## **1.5. PROTECCIONES EN BAJA TENSIÓN**

Toda instalación eléctrica tiene que estar dotada de una serie de protecciones para 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.

### **1.5.1. CLASIFICACIÓN DE LAS PROTECCIONES**

Existen varios tipos de protecciones que pueden hacer a una instalación eléctrica completamente segura ante cualquier contingencia. Para las instalaciones de baja tensión hay que fijarse en las ITC-BT-22, ITC-BT-23 e ITC-BT-24, considerando 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 las protecciones de la nave se han de tener unos conceptos básicos como los siguientes:

- **Interruptor diferencial:** Dispositivo electromecánico que se coloca en las instalaciones eléctricas para 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 alcance un valor determinado que vendrá determinado por la sensibilidad de este.

- **Conductor eléctrico:** Un cuerpo es conductor eléctrico cuando al ponerlo 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:** Aparato mecánico que permite cortar y volver a conexas en condiciones normales. Corta en el caso de que se produce una sobreintensidad o un cortocircuito. Un interruptor automático consta de:

a) Cámara de extinción: Esta puede ser de aire o de SF<sub>6</sub> y absorbe el arco que se produce al abrir y cerrar los contactos.

b) Mecanismo de apertura y cierre: Lo que hace es abrir y cerrar el contacto.

c) Disparadores: Son los que mandan abrir este mecanismo de apertura y existen de dos tipos:

- **Primarios:** Mandan al de disparo:

- **Térmicos:** Son dos chapas bimetálicas. Si aumenta la intensidad, las chapas flexionan por la T<sup>a</sup>. El térmico detecta sobrecargas.

- **Magnéticos:** Detecta los cortocircuitos. Es una bobina que al pasar un valor determinado de corriente activa el disparador. A partir de 125 A son regulables.

- **Secundarios:** Siempre está conectado a un contacto auxiliar que está alimentando a una fuente de alimentación. Este disparador también se puede utilizar para el rearme del automático, además de una determinada condición que nosotros hayamos impuesto.

- **Interruptor magnetotérmico:** Es un pequeño interruptor automático con las mismas partes que un interruptor automático a excepción de los disparadores secundarios. Además tampoco son regulables. Es un dispositivo electromecánico



que se coloca en las instalaciones eléctricas con el fin de proteger frente a las intensidades excesivas, como los cortocircuitos o por el consumo excesivo de los receptores conectados a la línea que protege el interruptor automático. 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 hacia la carga.

- **Fusibles:** Estos protegen contra sobrecargas y cortocircuitos. 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. Este consta de tres partes:

- **Conductor:** Va dentro del cartucho. Puede ser de cobre o aleación de plata. Los de pequeño amperaje tienen aire en su interior y los de gran amperaje tienen arena de sílice.
- **Cartucho:** El conductor va dentro de este y puede ser de plástico, de vidrio o cerámico.
- **Portafusibles:** Es la parte fija donde se coloca el fusible.

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 ya que cuando se produce un cortocircuito o una sobreintensidad este se funde y hay que reemplazarlo.

### 1.5.3. PROTECCIÓN DE LA INSTALACIÓN

La finalidad de los dispositivos de protección es la de registrar de forma selectiva las averías y separar las partes de la instalación defectuosas para evitar que hubiera un apagón general de la instalación, así como limitar las sobreintensidades y los defectos de los arcos.

En las instalaciones en la que hay interruptores en varios escalonamientos, generalmente se requiere que estos sean selectivos. La selectividad es la coordinación de dispositivos de corte automático para que un defecto en la línea a la cual protege, sea eliminado por el interruptor colocado inmediatamente aguas arriba del defecto, y solo se quede sin alimentación esa rama y no las demás. 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 industriales de fabricación. Un dispositivo de protección se considera selectivo cuando solamente dispara el interruptor inmediatamente superior a donde se ha originado el defecto y ningún otro de la correspondiente instalación. 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.
- Volver a realizar los procesos de arranque de cada máquina como consecuencia de una pérdida de la alimentación general.
- Paros de motores de seguridad tales como bombas de lubricación, extractores de humos, etc...
- Roturas de fabricación con pérdida de los productos y riesgo de avería en los 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 para evitar que salte otra protección diferente a la requerida.

### 1.5.3.1. PROTECCIÓN CONTRA SOBRECARGAS

La protección contra sobrecargas se recoge dentro de la ITC-BT-22. El límite de corriente admisible de un conductor ha de quedar en todo caso garantizado por el dispositivo de protección utilizado. El dispositivo de protección podrá estar constituido por un interruptor automático de corte omnipolar, o por cortacircuitos fusibles calibrados de características de funcionamiento adecuadas.

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, estarán previstos para interrumpir toda corriente de sobrecarga en los conductores del circuito antes de que se pueda provocar un calentamiento excesivo 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.

Este dispositivo se ubicará en los lugares donde pueda haber una reducción del valor de la corriente admisible de los conductores, por ejemplo, un cambio de sección, de naturaleza o de modo de instalación.

### 1.5.3.2. PROTECCIÓN CONTRA CORTOCIRCUITOS

En el origen de todo circuito se establecerá un dispositivo de protección contra cortocircuitos cuya capacidad de corte estará de acuerdo con la intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en el punto de su conexión. Se admite, no obstante, que cuando se trate de circuitos derivados de uno principal, cada uno de estos circuitos derivados disponga de protección contra sobrecargas, mientras que un solo dispositivo general pueda asegurar la protección contra cortocircuitos para todos los circuitos derivados.





Un cortocircuito se produce en un sistema de potencia al entrar 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 el valor máximo de la corriente de carga en el punto de falta.

Hay diferentes tipos de cortocircuito como en tripolar (el más raro de darse y el que más valor da), asimétrico entre fase y tierra, entre dos fases y cortocircuito entre fase y neutro.

Estos dispositivos de protección deben estar previstos para interrumpir toda la corriente del cortocircuito en los conductores a los que protege, 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:

- El poder de corte del dispositivo debe ser mayor o igual a la corriente de cortocircuito que se pueda presentar en el circuito al que protege. Por filiación, se permite que una protección con un Pdc determinado, pueda tener un valor menor en función del que está aguas arriba, con lo que se abarata la instalación.
- El tiempo que tarde en abrir la protección debe ser menor al tiempo que se requiera para llevar la temperatura de los conductores al límite admisible. En los cálculos se utiliza el valor de 0,1 s., que es el tiempo que tarda en abrir la protección.

Se admiten como dispositivos de protección contra cortocircuitos los fusibles calibrados de características de funcionamiento adecuadas y los interruptores automáticos con sistemas de corte omnipolar.

#### 1.5.4. CÁLCULO DE LAS IMPEDANCIAS

- Impedancia total ( $Z_t$ ):

Una red de baja tensión se caracteriza por una impedancia  $Z$  compuesta de un elemento resistivo puro ( $R$ ) y un elemento inductivo puro ( $X$ ). El método de las impedancias 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 con la siguiente expresión:

$$Z_t = Z_A + Z_T + Z_L + Z_{AUT}$$

- Impedancia de la red de media tensión ( $Z_A$ ):

Para hallar la impedancia de la red de media tensión se necesita saber la potencia de cortocircuito de la red, que es un dato que proporciona la compañía distribuidora de energía (400 MVA). Despreciando la resistencia frente a la reactancia se puede calcular la impedancia de la red de media tensión que está aguas arriba del transformador:

$$Z_A \approx X_A = \frac{V^2}{S_{CC}}$$

Siendo:

$Z_A$ : impedancia de la red de media tensión en  $\Omega$ .

$X_A$ : reactancia de la red de media tensión en  $\Omega$ .

$S_{CC}$ : potencia de cortocircuito en MVA.

$V$ : tensión compuesta primaria en V.

- Impedancia del transformador ( $Z_T$ ):

La impedancia del transformador, despreciando las pérdidas en el cobre, se halla con la siguiente fórmula:

$$Z_T \approx X_T = V_{CC} \frac{V^2}{S}$$

Siendo:

$Z_T$ : impedancia del transformador en  $\Omega$ .

$X_T$ : reactancia del transformador en  $\Omega$ .

$V_{CC}$ : tensión de cortocircuito en % (4,5%).

$S$ : potencia aparente del transformador en KVA (800 KVA).

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 ( $Z_L$ ):

Esta impedancia se considera prácticamente resistiva y se calcula según la ecuación siguiente:

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

Siendo:

$R_L$ : resistencia de la línea por fase en  $\Omega$ .

$\rho$ : resistividad del conductor de cobre a 20°C.

L: longitud de la línea en metros.

S: sección de la fase en  $mm^2$ .

Si la sección es igual o inferior a  $150 mm^2$ , se despreciará la reactancia de la línea y se considerará ésta totalmente resistiva.

- Impedancia de los automatismos ( $Z_{AUT}$ ):

Para todos los automatismos (protecciones, relés, etc...), diremos que son inductivos y como media tienen un valor de  $0,15 m\Omega$  por automatismo. La impedancia total de los automatismos se halla:

$$Z_{AUT} \approx X_{AUT} = n^{\circ} \text{automatismos} \times 0,15 m\Omega$$

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

- Impedancia total nueva ( $Z_t'$ ):

Esta impedancia es la utilizada para el cálculo de la  $I_{ccmin}$ , para posteriormente hallar la curva de cada interruptor magnetotérmico. Para ello se tiene en cuenta todo lo que hay aguas arriba del interruptor magnetotérmico además del circuito al que este protege. Para el cálculo de esta  $Z_t'$ , se calcula la resistencia de los conductores a la temperatura de cortocircuito ( $250^{\circ}C$ ). Para ello se hace la siguiente transposición:

$$Z_L \approx R_L = R_{L 20^{\circ}C} \cdot (1 + \alpha \Delta t)$$

Siendo:

$$\alpha: 4 \times 10^{-3}.$$

$\Delta T$ : incremento de temperatura (250-20).

Por lo tanto la impedancia total nueva queda:

$$Z_t' = Z_A + Z_T + Z_{L 250^{\circ}C} + Z_{AUT}$$

### 1.5.5. CÁLCULO DE LAS INTENSIDADES DE CORTOCIRCUITO

Se calcularán dos intensidades de cortocircuito. La intensidad de cortocircuito máxima ( $I_{ccmax}$ ) en el origen del circuito o línea, y la intensidad de cortocircuito mínima ( $I_{ccmin}$ ) en el final de la línea.

1) Intensidad de cortocircuito máxima:

Estas se calculan en los bornes de salida del dispositivo de protección, considerando la configuración de la red y el tipo de cortocircuito de mayor aporte. En general, se suele utilizar la expresión del cortocircuito trifásico en las instalaciones de baja tensión. Después de calcular la intensidad de cortocircuito máxima, se determinará

el poder de corte de la protección, que deberá ser mayor a esta intensidad de cortocircuito.

Para el cálculo de esta intensidad de cortocircuito se tendrá en cuenta toda la instalación que hay aguas arriba de la protección a calcular. Dicha corriente se calculará mediante la siguiente expresión:

$$I_{cc_{max}} = \frac{C_T \cdot V_L}{\sqrt{3} \cdot Z_t}$$

Siendo:

$I_{cc_{max}}$ : intensidad de cortocircuito eficaz en KA.

$C_T$ : coeficiente de tensión.

$V_L$ : tensión de línea (400 V).

$Z_t$ : impedancia por fase aguas arriba del defecto en  $\Omega$ .

Una vez calculada esta intensidad de cortocircuito, se determinará el poder de corte de la protección seleccionando un valor normalizado de Pdc superior al valor de intensidad de cortocircuito máxima calculada.

## 2) Intensidad de cortocircuito mínima:

Estas se calculan al final de la línea a la que protege la protección a calcular. Estas corrientes se utilizan para:

- Elegir el tipo de curva del interruptor magnetotérmico.
- Ajustar los dispositivos de protección para la protección de los conductores contra cortocircuitos.

Para el cálculo de la intensidad de cortocircuito mínima se utiliza la siguiente expresión:

$$I_{cc_{min}} = \frac{C_T \cdot V_F}{2 \cdot Z_t'}$$

Siendo:

$I_{cc_{min}}$ : intensidad de cortocircuito mínima en A.

$C_T$ : coeficiente de tensión.

$V$ : tensión de fase (230 V).

$Z_t'$ : impedancia por fase total de la instalación incluido el circuito a proteger en  $\Omega$ .

Una vez calculada la corriente de cortocircuito mínima, antes de elegir el tipo de curva del interruptor magnetotérmico, será necesario calcular su calibre con la siguiente expresión:

$$I_{cal} < \text{Calibre} < I_{adm}$$

Siendo:

$I_{cal}$ : Es la intensidad calculada para cada línea dentro del apartado de cálculos después de ser multiplicada por los consiguientes factores de corrección.

$I_{adm}$ : Es la intensidad admisible del conductor que se obtiene después de aplicar el criterio térmico y el de caída de tensión. Se mira en las tablas de la ITC-BT-19 e ITC-BT-07 en el presente proyecto.

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 que se determina según la curva escogida y el calibre de la protección. La corriente de magnetización para cada curva queda:

- Curva B:  $I_{mag}=5 \times I_n$
- Curva C:  $I_{mag}=10 \times I_n$
- Curva D:  $I_{mag}=20 \times I_n$

### 1.5.6. CÁLCULO DEL TIEMPO MÁXIMO QUE EL CONDUCTOR AGUANTA LA INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO FINAL

Como la intensidad de cortocircuito es mucho mayor que la intensidad admisible del cable, hay un aumento de la temperatura, y si la temperatura aumenta demasiado, no se puede disipar más calor y el conductor se quema.

Se estudiará un proceso adiabático:

La energía liberada en el cortocircuito tiene que ser igual a la energía absorbida por el conductor.

- Energía liberada en el ccto=  $R \cdot I^2 \cdot t$
- Energía absorbida por el conductor=  $C_e \cdot S \cdot L \cdot (T_{cc} - T_{rp})$

Siendo:

$C_e$ : calor específico por unidad de volumen del cable eléctrico.

$T_{rp}$ :  $T^a$  en régimen permanente.

$T_{cc}$ :  $T^a$  de cortocircuito.

R: resistencia del conductor.

La fórmula queda:

$$\frac{L}{K \cdot S} \cdot I^2 \cdot t = Cc \cdot S \cdot L \cdot (T_{cc} - T_{rp})$$

Despejando, la fórmula final queda:

$$t_{mcciccf} = \frac{Cc \cdot S^2 \cdot \Delta T}{I_{ccmin}^2}$$

Siempre se tiene que cumplir que el  $t_{mcciccf} > t_{desconexión}$  (0,1 s). Si ocurre que el  $t_{mcciccf} < t_{desconexión}$ , se utilizará el tercer criterio, se utilizará el criterio de cortocircuito.

De la fórmula anterior el  $Cc$  es fijo por el tipo de conductor, el  $\Delta T$  es fijo por el tipo de aislamiento, la  $I_{ccmin}$  es fija. Solo se puede variar la sección del conductor.

El tercer criterio de sección se calculará después del cálculo de la instalación y de las protecciones.

### 1.5.7. PROTECCIÓN DE LAS PERSONAS

Cuando entre dos puntos haya una diferencia de potencial y un elemento conductor que los une entre sí, habrá una corriente eléctrica entre ellos. La circulación de la corriente por las personas se 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 por accidente se encuentra bajo tensión (contacto indirecto), como por ejemplo la carcasa de un motor, 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.

Según diversos estudios, para determinar con exactitud los valores peligrosos de intensidad y tiempo, se trazan las 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.

La ITC-BT-24 limita estos valores según el local:

- 24 V para locales húmedos.
- 50 V para 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.

#### **1.5.7.1. PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS DIRECTOS**

Según la ITC-BT-24, para asegurar una protección eficaz ante los contactos directos que se puedan producir es conveniente tomar las siguientes medidas:

- Protección por aislamiento de las partes activas.
- Protección por medio de barreras o envolventes.
- Protección por medio de obstáculos. Con ellos se impide cualquier contacto accidental con las partes activas de la instalación.
- Protección por puesta fuera de alcance por alejamiento.
- Protección complementaria por dispositivos de corriente diferencial residual.

#### **1.5.7.2. PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS INDIRECTOS**

Para la protección de las personas contra estos contactos se tienen en cuenta estos tres principios:

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

Debido a que el esquema de distribución elegido para el presente proyecto es el esquema TT, por ser el más común y además obligado por IBERDROLA, estas son sus características principales:

- Todas las masas de los equipos se conectarán a tierra mediante un conductor de protección.
- El neutro de cada transformador o generador debe ponerse a tierra.

Se cumplirá siempre la siguiente relación:

$$R_A \cdot I_A < U$$

Siendo:

$R_A$ : es la suma de las resistencias de la toma de tierra y de los conductores de protección.

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

$U$ : tensión de contacto límite.

En el esquema TT se utilizan los dispositivos de protección siguientes:

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

El valor mínimo de la corriente de defecto, a partir de la cual el interruptor diferencial debe abrir automáticamente, 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:

$$R < \frac{24}{I_S}$$

$$R < \frac{50}{I_S}$$

Donde  $I_S$  es la sensibilidad del diferencial en mA.

### 1.5.8. SOLUCIÓN ADOPTADA

En el cuadro general de distribución se colocará un interruptor automático de cabecera. Debajo de este se colocarán tres interruptores diferenciales. El primero agrupará a los circuitos 06-10, otro agrupará a los circuitos 11-14 y el tercero será para la batería de condensadores. A parte de esto, al principio de cada una de las líneas, se colocará un interruptor automático magnetotérmico para la protección de estas.

Se instalarán interruptores diferenciales de diferentes sensibilidades para poder proporcionar selectividad a la instalación.

La distribución de las distintas protecciones estará representada en los planos de los nueve cuadros secundarios. Los elementos utilizados son de la marca MERLIN GUERIN. Para su elección se tiene en cuenta, aparte del calibre y el poder de corte, la selectividad y las curvas de limitación de los mismos que aparecen en los catálogos comerciales.

La protección diferencial se incluye en todas las derivaciones del embarrado y cuadros auxiliares que siguen a estas derivaciones, de forma que no pueda tener lugar ninguna electrocución o defecto peligroso.



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.

### Cuadro general de distribución

#### ENTRADA:

La entrada vendrá en la sección de la acometida con cable de RZ1-K 0.6/ 1 kV PRYSMIAN Sección:  $3 \times (3 \times 240/120) \text{ mm}^2$  .

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 1250 A
  - Poder de corte: 22kA
  - N° de polos: III+N
  - Curva D
  
- Interruptor automático diferencial de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 400 A
  - Sensibilidad: 500 mA
  - N° de polos: 4P
  
- Interruptor automático diferencial de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 800 A
  - Sensibilidad: 500 mA
  - N° de polos: 4P
  
- Interruptor automático diferencial de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 250 A
  - Sensibilidad: 500 mA
  - N° de polos: 4P

#### SALIDAS:

##### Línea Cuadro secundario 1.1

Sección del cable:  $3 \times 16/16 + 16 \text{ TT } \text{ mm}^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 63 A

- Poder de corte: 22kA
- N° de polos: III+N
- Curva C

### Línea Cuadro secundario 1.2

Sección del cable: 3x25/16+16TT  $mm^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 80 A
  - Poder de corte: 22kA
  - N° de polos: III+N
  - Curva C

### Línea Cuadro secundario 1.3

Sección del cable: 3x16/16+16TT  $mm^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 63 A
  - Poder de corte: 22kA
  - N° de polos: III+N
  - Curva C

### Línea Cuadro secundario 2.1

Sección del cable: 3x25/16+16TT  $mm^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 80 A
  - Poder de corte: 22kA
  - N° de polos: III+N
  - Curva C

### Línea Cuadro secundario 2.2

Sección del cable: 3x16/16+16TT  $mm^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 63 A

- Poder de corte: 22kA
- N° de polos: III+N
- Curva C

#### Línea Cuadro secundario 3.1

Sección del cable: 3x150/95+95TT  $mm^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 250 A
  - Poder de corte: 22kA
  - N° de polos: III+N
  - Curva C

#### Línea Cuadro secundario 3.2

Sección del cable: 9x50/95+95TT  $mm^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 400 A
  - Poder de corte: 22kA
  - N° de polos: III+N
  - Curva C

#### Línea Cuadro secundario 3.3

Sección del cable: 3x50/25+25TT  $mm^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 125 A
  - Poder de corte: 22kA
  - N° de polos: III+N
  - Curva C

#### Línea Cuadro secundario 3.4

Sección del cable: 3x25/16+16TT  $mm^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 400 A

- Poder de corte: 22kA
- N° de polos: III+N
- Curva C

### Batería de condensadores

Sección del cable: 3x120+70TT  $mm^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 250 A
  - Poder de corte: 22kA
  - N° de polos: III+N
  - Curva C

### **Cuadro secundario 1 .1**

ENTRADA:

Sección del cable: 3x16/16+16TT  $mm^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 63 A
  - Poder de corte: 3kA
  - N° de polos: III+N
  - Curva C
- Interruptor automático diferencial de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 16 A
  - Sensibilidad: 30 mA
  - N° de polos: 4P
- Interruptor automático diferencial de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Sensibilidad: 30 mA
  - N° de polos: 4P
- Interruptor automático diferencial de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 16 A
  - Sensibilidad: 30 mA
  - N° de polos: 4P

- Interruptor automático diferencial de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 16 A
  - Sensibilidad: 30 mA
  - N° de polos: 4P
  
- Interruptor automático diferencial de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 20 A
  - Sensibilidad: 30 mA
  - N° de polos: 4P
  
- Interruptor automático diferencial de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 16 A
  - Sensibilidad: 30 mA
  - N° de polos: 4P

#### SALIDAS:

##### Circuito 24

Sección del cable:  $2 \times 6 + 6 \text{TT } \text{mm}^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Poder de corte: 3kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva D

##### Circuito 25

Sección del cable:  $2 \times 6 + 6 \text{TT } \text{mm}^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Poder de corte: 3kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva D

##### Circuito 26

Sección del cable:  $2 \times 6 + 6 \text{TT } \text{mm}^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Poder de corte: 3kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva D

#### Circuito 28

Sección del cable: 2x2,5+2,5TT  $mm^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Poder de corte: 3kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva C

#### Circuito 30

Sección del cable: 2x1,5+1,5TT  $mm^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Poder de corte: 3kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva C

#### Circuito 32

Sección del cable: 2x1,5+1,5TT  $mm^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Poder de corte: 3kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva C

#### Circuito 34

Sección del cable: 2x1,5+1,5TT  $mm^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Poder de corte: 3kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva C

#### Circuito 36

Sección del cable:  $2 \times 1,5 + 1,5 \text{TT mm}^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Poder de corte: 3kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva C

#### Circuito 38

Sección del cable:  $2 \times 2,5 + 2,5 \text{TT mm}^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Poder de corte: 3kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva C

#### Circuito 40

Sección del cable:  $2 \times 2,5 + 2,5 \text{TT mm}^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Poder de corte: 3kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva C

#### Circuito 41

Sección del cable:  $2 \times 2,5 + 2,5 \text{TT mm}^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Poder de corte: 3kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva C

#### Circuito 43

Sección del cable:  $2 \times 2,5 + 2,5 \text{TT} \text{ mm}^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Poder de corte: 3kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva C

#### Circuito 44

Sección del cable:  $2 \times 2,5 + 2,5 \text{TT} \text{ mm}^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Poder de corte: 3kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva C

#### Circuito 46

Sección del cable:  $2 \times 4 + 4 \text{TT} \text{ mm}^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Poder de corte: 3kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva C

#### Circuito 48

Sección del cable:  $2 \times 6 + 6 \text{TT} \text{ mm}^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN



- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Poder de corte: 3kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva D

#### Circuito 50

Sección del cable:  $2 \times 1,5 + 1,5 \text{TT } \text{mm}^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Poder de corte: 3kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva B

#### Circuito 52

Sección del cable:  $2 \times 4 + 4 \text{TT } \text{mm}^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Poder de corte: 3kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva C

#### Circuito 54

Sección del cable:  $2 \times 4 + 4 \text{TT } \text{mm}^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Poder de corte: 3kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva C

#### Circuito 56

Sección del cable:  $2 \times 2,5 + 2,5 \text{TT } \text{mm}^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Poder de corte: 3kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva C

#### Circuito 57

Sección del cable:  $2 \times 2,5 + 2,5 \text{TT mm}^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Poder de corte: 3kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva C

#### Circuito 59

Sección del cable:  $2 \times 2,5 + 2,5 \text{TT mm}^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Poder de corte: 3kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva D

#### Circuito 300

Sección del cable:  $2 \times 10 + 10 \text{TT mm}^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 16 A
  - Poder de corte: 3kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva C

#### Circuito 301

Sección del cable:  $2 \times 10 + 10 \text{TT mm}^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 16 A
  - Poder de corte: 3kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva C

#### Circuito 302

Sección del cable: 2x10+10TT  $mm^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 16 A
  - Poder de corte: 3kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva C

#### Circuito 303

Sección del cable: 2x6+6TT  $mm^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 16 A
  - Poder de corte: 3kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva C

#### Circuito 304

Sección del cable: 2x6+6TT  $mm^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 16 A
  - Poder de corte: 3kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva C

#### Circuito 305

Sección del cable: 2x6+6TT  $mm^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN



- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 16 A
  - Poder de corte: 3kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva C

### Cuadro secundario 1.2

ENTRADA:

Sección del cable: 3x25/25+16TT  $mm^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 80 A
  - Poder de corte: 3kA
  - N° de polos: III+N
  - Curva C
- Interruptor automático diferencial de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 16 A
  - Sensibilidad: 30 mA
  - N° de polos: 4P
- Interruptor automático diferencial de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Sensibilidad: 30 mA
  - N° de polos: 4P
- Interruptor automático diferencial de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 16 A
  - Sensibilidad: 30 mA
  - N° de polos: 4P
- Interruptor automático diferencial de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 16 A
  - Sensibilidad: 30 mA
  - N° de polos: 4P
- Interruptor automático diferencial de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 16 A
  - Sensibilidad: 30 mA
  - N° de polos: 4P

- Calibre: 16 A
- Sensibilidad: 30 mA
- N° de polos: 4P
  
- Interruptor automático diferencial de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Sensibilidad: 30 mA
  - N° de polos: 4P
  
- Interruptor automático diferencial de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 16 A
  - Sensibilidad: 30 mA
  - N° de polos: 4P
  
- Interruptor automático diferencial de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 16 A
  - Sensibilidad: 30 mA
  - N° de polos: 4P

#### SALIDAS:

#### Circuito 60

Sección del cable: 2x4+4TT  $mm^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Poder de corte: 3kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva C

#### Circuito 61

Sección del cable: 2x4+4TT  $mm^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Poder de corte: 3kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva C

Circuito 63

Sección del cable:  $2 \times 4 + 4 \text{TT } \text{mm}^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Poder de corte: 3kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva C

Circuito 65

Sección del cable:  $2 \times 2,5 + 2,5 \text{TT } \text{mm}^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Poder de corte: 3kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva C

Circuito 66

Sección del cable:  $2 \times 2,5 + 2,5 \text{TT } \text{mm}^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Poder de corte: 3kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva C

Circuito 68

Sección del cable:  $2 \times 1,5 + 1,5 \text{TT } \text{mm}^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Poder de corte: 3kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva B

Circuito 70

Sección del cable:  $2 \times 1,5 + 1,5 \text{TT mm}^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Poder de corte: 3kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva C

Circuito 72

Sección del cable:  $2 \times 1,5 + 1,5 \text{TT mm}^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Poder de corte: 3kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva C

Circuito 74

Sección del cable:  $2 \times 1,5 + 1,5 \text{TT mm}^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Poder de corte: 3kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva C

Circuito 76

Sección del cable:  $2 \times 2,5 + 2,5 \text{TT mm}^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Poder de corte: 3kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva C

Circuito 77

Sección del cable:  $2 \times 2,5 + 2,5 \text{TT mm}^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Poder de corte: 3kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva C

Circuito 78

Sección del cable:  $2 \times 2,5 + 2,5 \text{TT mm}^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Poder de corte: 3kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva C

Circuito 80

Sección del cable:  $2 \times 2,5 + 2,5 \text{TT mm}^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Poder de corte: 3kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva C

Circuito 81

Sección del cable:  $2 \times 2,5 + 2,5 \text{TT mm}^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Poder de corte: 3kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva C



Circuito 83

Sección del cable: 2x6+6TT  $mm^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Poder de corte: 3kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva D

Circuito 85

Sección del cable: 2x4+4TT  $mm^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Poder de corte: 3kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva C

Circuito 87

Sección del cable: 2x6+6TT  $mm^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Poder de corte: 3kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva C

Circuito 89

Sección del cable: 2x6+6TT  $mm^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Poder de corte: 3kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva C

Circuito 91

Sección del cable:  $2 \times 4 + 4 \text{TT } \text{mm}^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Poder de corte: 3kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva C

Circuito 93

Sección del cable:  $2 \times 1,5 + 1,5 \text{TT } \text{mm}^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Poder de corte: 3kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva B

Circuito 94

Sección del cable:  $2 \times 1,5 + 1,5 \text{TT } \text{mm}^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Poder de corte: 3kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva B

Circuito 95

Sección del cable:  $2 \times 1,5 + 1,5 \text{TT } \text{mm}^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Poder de corte: 3kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva B

Circuito 97

Sección del cable:  $2 \times 2,5 + 2,5 \text{TT mm}^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Poder de corte: 3kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva D

Circuito 306

Sección del cable:  $2 \times 6 + 6 \text{TT mm}^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 16 A
  - Poder de corte: 3kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva C

Circuito 307

Sección del cable:  $2 \times 6 + 6 \text{TT mm}^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 16 A
  - Poder de corte: 3kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva C

Circuito 308

Sección del cable:  $2 \times 6 + 6 \text{TT mm}^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 16 A
  - Poder de corte: 3kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva C

Circuito 309

Sección del cable: 2x6+6TT  $mm^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 16 A
  - Poder de corte: 3kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva C

Circuito 310

Sección del cable: 2x6+6TT  $mm^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 16 A
  - Poder de corte: 3kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva C

**Cuadro secundario 1.3**ENTRADA:

Sección del cable: 3x16/16+16TT  $mm^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 63 A
  - Poder de corte: 3kA
  - N° de polos: III+N
  - Curva C
  
- Interruptor automático diferencial de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 16 A
  - Sensibilidad: 30 mA
  - N° de polos: 4P
  
- Interruptor automático diferencial de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 6 A
  - Sensibilidad: 30 mA

- N° de polos: 4P
- Interruptor automático diferencial de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Sensibilidad: 30 mA
  - N° de polos: 4P
- Interruptor automático diferencial de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 16 A
  - Sensibilidad: 30 mA
  - N° de polos: 4P
- Interruptor automático diferencial de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 16 A
  - Sensibilidad: 30 mA
  - N° de polos: 4P
- Interruptor automático diferencial de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 16 A
  - Sensibilidad: 30 mA
  - N° de polos: 4P
- Interruptor automático diferencial de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 16 A
  - Sensibilidad: 30 mA
  - N° de polos: 4P

### SALIDAS:

#### Circuito 98

Sección del cable: 2x6+6TT  $mm^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Poder de corte: 3kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva D

Circuito 99

Sección del cable: 2x6+6TT  $mm^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Poder de corte: 3kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva D

Circuito 101

Sección del cable: 2x6+6TT  $mm^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Poder de corte: 3kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva C

Circuito 103

Sección del cable: 2x2,5+2,5TT  $mm^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Poder de corte: 3kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva C

Circuito 105

Sección del cable: 2x2,5+2,5TT  $mm^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Poder de corte: 3kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva C

Circuito 107Sección del cable:  $2 \times 1,5 + 1,5 \text{TT mm}^2$ 

H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Poder de corte: 3kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva C

Circuito 109Sección del cable:  $2 \times 1,5 + 1,5 \text{TT mm}^2$ 

H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Poder de corte: 3kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva C

Circuito 111Sección del cable:  $2 \times 1,5 + 1,5 \text{TT mm}^2$ 

H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Poder de corte: 3kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva D

Circuito 113Sección del cable:  $2 \times 2,5 + 2,5 \text{TT mm}^2$ 

H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Poder de corte: 3kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva C

Circuito 114

Sección del cable:  $2 \times 2,5 + 2,5 \text{TT mm}^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Poder de corte: 3kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva C

Circuito 115

Sección del cable:  $2 \times 2,5 + 2,5 \text{TT mm}^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Poder de corte: 3kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva C

Circuito 117

Sección del cable:  $2 \times 6 + 6 \text{TT mm}^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Poder de corte: 3kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva C

Circuito 118

Sección del cable:  $2 \times 6 + 6 \text{TT mm}^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Poder de corte: 3kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva C



Circuito 120Sección del cable: 2x2,5+2,5TT  $mm^2$ 

H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Poder de corte: 3kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva C

Circuito 121Sección del cable: 2x2,5+2,5TT  $mm^2$ 

H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Poder de corte: 3kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva C

Circuito 122Sección del cable: 2x2,5+2,5TT  $mm^2$ 

H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Poder de corte: 3kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva C

Circuito 124Sección del cable: 2x4+4TT  $mm^2$ 

H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Poder de corte: 3kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva C

Circuito 125Sección del cable: 2x4+4TT  $mm^2$ 

H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Poder de corte: 3kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva C

Circuito 127Sección del cable: 2x4+4TT  $mm^2$ 

H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Poder de corte: 3kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva D

Circuito 311Sección del cable: 2x6+6TT  $mm^2$ 

H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 16 A
  - Poder de corte: 3kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva C

Circuito 312Sección del cable: 2x6+6TT  $mm^2$ 

H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 16 A
  - Poder de corte: 3kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva C

Circuito 313Sección del cable: 2x6+6TT  $mm^2$ 

H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 16 A
  - Poder de corte: 3kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva C

Circuito 314Sección del cable: 2x6+6TT  $mm^2$ 

H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 16 A
  - Poder de corte: 3kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva C

Circuito 315Sección del cable: 2x6+6TT  $mm^2$ 

H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 16 A
  - Poder de corte: 3kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva C

**Cuadro secundario 2.1**ENTRADA:Sección del cable: 3x25/16+16TT  $mm^2$ 

H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 80 A

- Poder de corte: 3kA
- N° de polos: III+N
- Curva C
  
- Interruptor automático diferencial de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 16 A
  - Sensibilidad: 30 mA
  - N° de polos: 4P
  
- Interruptor automático diferencial de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 16 A
  - Sensibilidad: 30 mA
  - N° de polos: 4P
  
- Interruptor automático diferencial de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 40 A
  - Sensibilidad: 30 mA
  - N° de polos: 4P
  
- Interruptor automático diferencial de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 16 A
  - Sensibilidad: 30 mA
  - N° de polos: 4P
  
- Interruptor automático diferencial de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 50 A
  - Sensibilidad: 30 mA
  - N° de polos: 4P

### SALIDAS:

#### Circuito 129

Sección del cable: 2x4+4TT  $mm^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Poder de corte: 3kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva D

Circuito 131Sección del cable: 2x1,5+1,5TT  $mm^2$ 

H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Poder de corte: 3kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva C

Circuito 133Sección del cable: 2x2,5+2,5TT  $mm^2$ 

H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Poder de corte: 3kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva D

Circuito 135Sección del cable: 2x4+4TT  $mm^2$ 

H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Poder de corte: 3kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva D

Circuito 137Sección del cable: 2x2,5+2,5TT  $mm^2$ 

H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Poder de corte: 3kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva D

Circuito 139Sección del cable: 2x2,5+2,5TT  $mm^2$ 

H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Poder de corte: 3kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva C

Circuito 141Sección del cable: 2x1,5+1,5TT  $mm^2$ 

H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Poder de corte: 3kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva C

Circuito 144Sección del cable: 2x2,5+2,5TT  $mm^2$ 

H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 16 A
  - Poder de corte: 3kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva C

Circuito 145Sección del cable: 2x2,5+2,5TT  $mm^2$ 

H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 16 A
  - Poder de corte: 3kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva C

Circuito 146

Sección del cable: 2x2,5+2,5TT  $mm^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 16 A
  - Poder de corte: 3kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva C

Circuito 149

Sección del cable: 35/16+16TT  $mm^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 25 A
  - Poder de corte: 3kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva D

Circuito 150

Sección del cable: 35/16+16TT  $mm^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 25 A
  - Poder de corte: 3kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva D

Circuito 151

Sección del cable: 35/16+16TT  $mm^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 25 A
  - Poder de corte: 3kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva D

Circuito 153

Sección del cable: 2x10+10TT  $mm^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 20 A
  - Poder de corte: 3kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva D

**Cuadro secundario 2.2**ENTRADA:

Sección del cable: 3x16/16+16TT  $mm^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 63 A
  - Poder de corte: 3kA
  - N° de polos: III+N
  - Curva C
- Interruptor automático diferencial de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 20 A
  - Sensibilidad: 30 mA
  - N° de polos: 4P
- Interruptor automático diferencial de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Sensibilidad: 30 mA
  - N° de polos: 4P
- Interruptor automático diferencial de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Sensibilidad: 30 mA
  - N° de polos: 4P
- Interruptor automático diferencial de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 6 A



- Sensibilidad: 30 mA
- N° de polos: 4P
  
- Interruptor automático diferencial de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 16 A
  - Sensibilidad: 30 mA
  - N° de polos: 4P
  
- Interruptor automático diferencial de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 16 A
  - Sensibilidad: 30 mA
  - N° de polos: 4P

### SALIDAS:

#### Circuito 155

Sección del cable: 2x16+16TT  $mm^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Poder de corte: 3kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva D

#### Circuito 156

Sección del cable: 2x16+16TT  $mm^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Poder de corte: 3kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva D

#### Circuito 158

Sección del cable: 25/16+16TT  $mm^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:

- Calibre: 10 A
- Poder de corte: 3kA
- N° de polos: I+N
- Curva D

### Circuito 160

Sección del cable: 25/16+16TT  $mm^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Poder de corte: 3kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva D

### Circuito 162

Sección del cable: 2x16+16TT  $mm^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Poder de corte: 3kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva D

### Circuito 164

Sección del cable: 25/16+16TT  $mm^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Poder de corte: 3kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva D

### Circuito 166

Sección del cable: 2x10+10TT  $mm^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:

- Calibre: 10 A
- Poder de corte: 3kA
- N° de polos: I+N
- Curva D

### Circuito 168

Sección del cable: 2x10+10TT  $mm^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Poder de corte: 3kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva D

### Circuito 170

Sección del cable: 2x6+6TT  $mm^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Poder de corte: 3kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva D

### Circuito 172

Sección del cable: 2x1,5+1,5TT  $mm^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Poder de corte: 3kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva B

### Circuito 174

Sección del cable: 2x1,5+1,5TT  $mm^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:

- Calibre: 10 A
- Poder de corte: 3kA
- N° de polos: I+N
- Curva C

### Circuito 176

Sección del cable: 2x10+10TT  $mm^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Poder de corte: 3kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva D

### Circuito 177

Sección del cable: 2x10+10TT  $mm^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Poder de corte: 3kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva D

### Circuito 316

Sección del cable: 2x2,5+2,5TT  $mm^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 16 A
  - Poder de corte: 3kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva C

### Circuito 317

Sección del cable: 2x2,5+2,5TT  $mm^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:

- Calibre: 16 A
- Poder de corte: 3kA
- N° de polos: I+N
- Curva C

### Circuito 318

Sección del cable:  $2 \times 2,5 + 2,5 \text{TT } \text{mm}^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 16 A
  - Poder de corte: 3kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva C

### Circuito 319

Sección del cable:  $2 \times 2,5 + 2,5 \text{TT } \text{mm}^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 16 A
  - Poder de corte: 3kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva C

## **Cuadro secundario 3.1**

### ENTRADA:

Sección del cable:  $3 \times 150/95 + 95 \text{TT } \text{mm}^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 250 A
  - Poder de corte: 22kA
  - N° de polos: III+N
  - Curva C
  
- Interruptor automático diferencial de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 80 A

- Sensibilidad: 30 mA
- N° de polos: 4P
  
- Interruptor automático diferencial de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 80 A
  - Sensibilidad: 30 mA
  - N° de polos: 4P
  
- Interruptor automático diferencial de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 80 A
  - Sensibilidad: 30 mA
  - N° de polos: 4P
  
- Interruptor automático diferencial de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 40 A
  - Sensibilidad: 30 mA
  - N° de polos: 4P
  
- Interruptor automático diferencial de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 40 A
  - Sensibilidad: 30 mA
  - N° de polos: 4P

### SALIDAS:

#### Circuito 179

Sección del cable: 2x6+6TT  $mm^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 40 A
  - Poder de corte: 22kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva C

#### Circuito 180

Sección del cable: 2x6+6TT  $mm^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 40 A
  - Poder de corte: 22kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva B

### Circuito 182

Sección del cable: 2x6+6TT  $mm^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 40 A
  - Poder de corte: 22kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva C

### Circuito 183

Sección del cable: 2x6+6TT  $mm^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 40 A
  - Poder de corte: 22kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva C

### Circuito 185

Sección del cable: 2x6+6TT  $mm^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 40 A
  - Poder de corte: 22kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva C

### Circuito 186

Sección del cable: 2x6+6TT  $mm^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 40 A
  - Poder de corte: 22kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva C

#### Circuito 188

Sección del cable: 2x6+6TT  $mm^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 40 A
  - Poder de corte: 22kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva C

#### Circuito 189

Sección del cable: 2x6+6TT  $mm^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 40 A
  - Poder de corte: 22kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva B

#### Circuito 191

Sección del cable: 2x6+6TT  $mm^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 40 A
  - Poder de corte: 22kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva B

#### Circuito 192

Sección del cable: 2x6+6TT  $mm^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN



- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 40 A
  - Poder de corte: 22kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva B

#### Circuito 194

Sección del cable: 2x6+6TT  $mm^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 40 A
  - Poder de corte: 22kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva B

#### Circuito 195

Sección del cable: 2x6+6TT  $mm^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 40 A
  - Poder de corte: 22kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva B

#### Circuito 197

Sección del cable: 2x6+6TT  $mm^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 40 A
  - Poder de corte: 22kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva C

#### Circuito 198

Sección del cable: 2x6+6TT  $mm^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 40 A
  - Poder de corte: 22kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva C

#### Circuito 200

Sección del cable: 2x6+6TT  $mm^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 40 A
  - Poder de corte: 22kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva C

#### Circuito 201

Sección del cable: 2x6+6TT  $mm^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 40 A
  - Poder de corte: 22kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva B

#### Circuito 203

Sección del cable: 2x6+6TT  $mm^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 40 A
  - Poder de corte: 22kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva B

#### Circuito 204

Sección del cable: 2x6+6TT  $mm^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 40 A
  - Poder de corte: 22kA
  - N° de polos: I+N
  - Curva B

### Cuadro secundario 3.2

#### ENTRADA:

Sección del cable: 9x50/95+95TT  $mm^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 400 A
  - Poder de corte: 22kA
  - N° de polos: III+N
  - Curva C
- Interruptor automático diferencial de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Sensibilidad: 300 mA
  - N° de polos: 4P
- Interruptor automático diferencial de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 100 A
  - Sensibilidad: 300 mA
  - N° de polos: 4P
- Interruptor automático diferencial de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 80 A
  - Sensibilidad: 300 mA
  - N° de polos: 4P
- Interruptor automático diferencial de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 250 A
  - Sensibilidad: 300 mA
  - N° de polos: 4P

SALIDAS:Circuito 206

Sección del cable:  $3 \times 2,5 + 2,5 \text{TT mm}^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Poder de corte: 22kA
  - N° de polos: III+N
  - Curva B

Circuito 207

Sección del cable:  $3 \times 2,5 + 2,5 \text{TT mm}^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Poder de corte: 22kA
  - N° de polos: III+N
  - Curva B

Circuito 208

Sección del cable:  $3 \times 2,5 + 2,5 \text{TT mm}^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Poder de corte: 22kA
  - N° de polos: III+N
  - Curva B

Circuito 209

Sección del cable:  $3 \times 2,5 + 2,5 \text{TT mm}^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Poder de corte: 22kA

- N° de polos: III+N
- Curva C

### Circuito 210

Sección del cable:  $3 \times 10 + 10 \text{TT } \text{mm}^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 32 A
  - Poder de corte: 22kA
  - N° de polos: III+N
  - Curva C

### Circuito 211

Sección del cable:  $3 \times 10 + 10 \text{TT } \text{mm}^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 32 A
  - Poder de corte: 22kA
  - N° de polos: III+N
  - Curva C

### Circuito 212

Sección del cable:  $3 \times 2,5 + 2,5 \text{TT } \text{mm}^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Poder de corte: 22kA
  - N° de polos: III+N
  - Curva C

### Circuito 213

Sección del cable:  $3 \times 6 + 6 \text{TT } \text{mm}^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 25 A
  - Poder de corte: 22kA

- N° de polos: III+N
- Curva B

### Circuito 214

Sección del cable:  $3 \times 25 + 16 \text{TT} \text{ mm}^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 50 A
  - Poder de corte: 22kA
  - N° de polos: III+N
  - Curva D

### Circuito 215

Sección del cable:  $3 \times 2,5 + 2,5 \text{TT} \text{ mm}^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Poder de corte: 22kA
  - N° de polos: III+N
  - Curva C

### Circuito 216

Sección del cable:  $3 \times 2,5 + 2,5 \text{TT} \text{ mm}^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Poder de corte: 22kA
  - N° de polos: III+N
  - Curva C

### Circuito 217

Sección del cable:  $3 \times 2,5 + 2,5 \text{TT} \text{ mm}^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Poder de corte: 22kA

- N° de polos: III+N
- Curva C

### Circuito 218

Sección del cable: 3x50+25TT  $mm^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 80 A
  - Poder de corte: 22kA
  - N° de polos: III+N
  - Curva D

### Circuito 219

Sección del cable: 3x95+50TT  $mm^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 125 A
  - Poder de corte: 22kA
  - N° de polos: III+N
  - Curva D

### Circuito 220

Sección del cable: 3x2,5+2,5TT  $mm^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Poder de corte: 22kA
  - N° de polos: III+N
  - Curva B

## **Cuadro secundario 3.3**

### ENTRADA:

Sección del cable: 3x50/25+25TT  $mm^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 125 A
  - Poder de corte: 15kA
  - N° de polos: III+N
  - Curva C
  
- Interruptor automático diferencial de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 25 A
  - Sensibilidad: 300 mA
  - N° de polos: 4P
  
- Interruptor automático diferencial de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 80 A
  - Sensibilidad: 300 mA
  - N° de polos: 4P
  
- Interruptor automático diferencial de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 32 A
  - Sensibilidad: 300 mA
  - N° de polos: 4P

### SALIDAS:

#### Circuito 221

Sección del cable:  $3 \times 2,5 + 2,5 \text{TT} \text{ mm}^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Poder de corte: 15kA
  - N° de polos: III+N
  - Curva C

#### Circuito 222

Sección del cable:  $3 \times 2,5 + 2,5 \text{TT} \text{ mm}^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A



- Poder de corte: 15kA
- N° de polos: III+N
- Curva C

#### Circuito 223

Sección del cable:  $3 \times 2,5 + 2,5 \text{TT } \text{mm}^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Poder de corte: 15kA
  - N° de polos: III+N
  - Curva C

#### Circuito 224

Sección del cable:  $3 \times 2,5 + 2,5 \text{TT } \text{mm}^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Poder de corte: 15kA
  - N° de polos: III+N
  - Curva C

#### Circuito 225

Sección del cable:  $3 \times 6 + 6 \text{TT } \text{mm}^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 16 A
  - Poder de corte: 15kA
  - N° de polos: III+N
  - Curva D

#### Circuito 226

Sección del cable:  $3 \times 6 + 6 \text{TT } \text{mm}^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 16 A

- Poder de corte: 15kA
- N° de polos: III+N
- Curva D

#### Circuito 227

Sección del cable: 3x6+6TT  $mm^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 16 A
  - Poder de corte: 15kA
  - N° de polos: III+N
  - Curva D

#### Circuito 228

Sección del cable: 3x6+6TT  $mm^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 16 A
  - Poder de corte: 15kA
  - N° de polos: III+N
  - Curva D

#### Circuito 229

Sección del cable: 3x2,5+2,5TT  $mm^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Poder de corte: 15kA
  - N° de polos: III+N
  - Curva C

#### Circuito 230

Sección del cable: 3x2,5+2,5TT  $mm^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A

- Poder de corte: 15kA
- N° de polos: III+N
- Curva C

### Circuito 231

Sección del cable:  $3 \times 2,5 + 2,5 \text{TT } \text{mm}^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Poder de corte: 15kA
  - N° de polos: III+N
  - Curva C

### Circuito 232

Sección del cable:  $3 \times 2,5 + 2,5 \text{TT } \text{mm}^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Poder de corte: 15kA
  - N° de polos: III+N
  - Curva C

### Circuito 233

Sección del cable:  $3 \times 2,5 + 2,5 \text{TT } \text{mm}^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Poder de corte: 15kA
  - N° de polos: III+N
  - Curva B

## **Cuadro secundario 3.4**

### ENTRADA:

Sección del cable:  $3 \times 25/16 + 16 \text{TT } \text{mm}^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 80 A
  - Poder de corte: 15kA
  - N° de polos: III+N
  - Curva C
  
- Interruptor automático diferencial de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 16 A
  - Sensibilidad: 300 mA
  - N° de polos: 4P
  
- Interruptor automático diferencial de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 40 A
  - Sensibilidad: 300 mA
  - N° de polos: 4P
  
- Interruptor automático diferencial de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 32 A
  - Sensibilidad: 300 mA
  - N° de polos: 4P

### SALIDAS:

#### Circuito 234

Sección del cable:  $3 \times 2,5 + 2,5 \text{TT } \text{mm}^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Poder de corte: 15kA
  - N° de polos: III+N
  - Curva C

#### Circuito 235

Sección del cable:  $3 \times 2,5 + 2,5 \text{TT } \text{mm}^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A

- Poder de corte: 15kA
- N° de polos: III+N
- Curva C

### Circuito 236

Sección del cable:  $3 \times 2,5 + 2,5 \text{TT } \text{mm}^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Poder de corte: 15kA
  - N° de polos: III+N
  - Curva D

### Circuito 237

Sección del cable:  $3 \times 2,5 + 2,5 \text{TT } \text{mm}^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Poder de corte: 15kA
  - N° de polos: III+N
  - Curva D

### Circuito 238

Sección del cable:  $3 \times 6 + 6 \text{TT } \text{mm}^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 16 A
  - Poder de corte: 15kA
  - N° de polos: III+N
  - Curva D

### Circuito 239

Sección del cable:  $3 \times 6 + 6 \text{TT } \text{mm}^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 16 A

- Poder de corte: 15kA
- N° de polos: III+N
- Curva D

#### Circuito 240

Sección del cable:  $3 \times 2,5 + 2,5 \text{TT } \text{mm}^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Poder de corte: 15kA
  - N° de polos: III+N
  - Curva D

#### Circuito 241

Sección del cable:  $3 \times 2,5 + 2,5 \text{TT } \text{mm}^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Poder de corte: 15kA
  - N° de polos: III+N
  - Curva D

#### Circuito 242

Sección del cable:  $3 \times 2,5 + 2,5 \text{TT } \text{mm}^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Poder de corte: 15kA
  - N° de polos: III+N
  - Curva C

#### Circuito 243

Sección del cable:  $3 \times 2,5 + 2,5 \text{TT } \text{mm}^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A

- Poder de corte: 15kA
- N° de polos: III+N
- Curva C

#### Circuito 244

Sección del cable: 3x2,5+2,5TT  $mm^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Poder de corte: 15kA
  - N° de polos: III+N
  - Curva C

#### Circuito 245

Sección del cable: 3x  
2,5+2,5TT  $mm^2$   
H07V-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca MERLIN GUERIN  
Características principales:
  - Calibre: 10 A
  - Poder de corte: 15kA
  - N° de polos: III+N
  - Curva C

### **1.6. PUESTAS A TIERRA**

#### **1.6.1. INTRODUCCIÓN**

Las puestas a tierra se establecen con el objeto principal 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 en relación a tierra, o entre masas distintas, nos viene definido en la instrucción 18 del reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

Locales húmedos	24 voltios.
Locales secos	50 voltios.



Estos valores son los máximos que se supone soporta el cuerpo humano sin alteraciones significativas.

Las tomas de tierra limitan las sobrintensidades que por diferentes causas aparecen en las instalaciones, siendo esta limitación tanto mayor cuanto las tomas de tierra presenten 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.

### **1.6.1.1 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 existan diferencias de potencial peligrosas y que al mismo tiempo permita el paso a tierra de las corrientes de falta, o la de descargas de origen atmosférico.

La instalación a tierra se convierte en una especie de embudo sumidero que manda a tierra toda la corriente eléctrica que se salga de su recorrido normal y también enviará a tierra corrientes o descargas de origen atmosférico o 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 los equipos sensibles.
- Un potencial de referencia.

Para ello 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 forman, estratos, textura, etc.) y los factores que sobre él actúan (humedad y temperatura).



### 1.6.1.2 PARTES DE LA PUESTA A TIERRA

Los elementos de puesta a tierra, se dividen en cinco partes o grupos:

#### 1) El terreno

El terreno, desde el punto de vista eléctrico, se considera como el elemento encargado de disipar corriente 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 tienen una resistividad muy baja, dejan pasar fácilmente la corriente eléctrica y los materiales que tienen una resistividad 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.

#### 2) Tomas de tierra

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

La toma de tierra consta de tres partes fundamentales:

1.- Electrodo.

Son la masa metálica que se encuentra en contacto permanente con el terreno para facilitar a este el paso de corrientes de defecto, o la carga eléctrica que pueda tener.

Pueden ser naturales o artificiales; los elementos naturales, suelen estar constituidos por conducciones metálicas enterradas, como conducciones de agua, cubiertas de plomo y cables de redes subterráneas, pilares metálicos de los edificios que se constituyen con estructuras metálicas, etc. Los electrodos artificiales pueden ser barras (picas), tubos, placas metálicas, cables, u otros perfiles que a su vez puedan combinarse formando anillos o mallas.

2.- Líneas 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 u deberán ser de cobre y 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.

3.- Punto de puesta a tierra.

El elemento de la puesta a tierra, es el situado fuera del terreno y que sirve de unión entre la línea de enlace con tierra y la línea principal de tierra. El punto de puesta es un elemento de conexión, placa, regleta, grapa, etc. Que une los conductores de la línea de enlace con la principal de tierra. El número de puntos de puesta a tierra conectados al mismo electrodo o conjunto de ellos dependerá del tipo de instalación.

3) 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, conectada 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.

#### 4) 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.

#### 5) 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.

### **1.6.2 ELEMENTOS A CONECTAR EN LA TOMA A 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:

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

### **1.6.3 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 8, y toda la red estará unida al 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 bornero principal de tierra del cuadro general a través de una caja de seccionamiento y medida puesta a tierra situada junto al cuadro, desde donde partirá, las derivaciones a los cuadros auxiliares de distribución y de esto partirán los conductores de protección a los distintos receptores (alumbrado de la nave, tomas de corriente y maquinaria).

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

## **1.7. CORRECTOR DEL FACTOR DE POTENCIA**

### **1.7.1. GENERALIDADES**

Los aparatos y máquinas utilizados, además de un consumo de energía activa, tienen un consumo de energía reactiva inductiva; los receptores inductivos absorben energía de la red durante la creación de los campos magnéticos y la entregan durante la destrucción de estos. Esto provoca un consumo de energía que no es aprovechado directamente por los receptores. La energía reactiva está representada por el  $\cos\varphi$  o factor de potencia.

El factor de potencia depende únicamente de las características de los receptores y de su régimen de funcionamiento (tipo de motor, velocidad, carga), y es independiente del rendimiento propio de estos receptores.

### **1.7.2 VENTAJAS DE UN ELEVADO FACTOR DE POTENCIA**

Las ventajas de un buen factor de potencia se pueden resumir en las siguientes:

- Reducción en el recibo de la electricidad.
- Optimización de las instalaciones eléctricas. Entre estas se pueden describir:
  - a) Disminución de la caída de tensión en las líneas.
  - b) Reducción del dimensionamiento de las líneas.
  - c) Disminución de las pérdidas por calentamiento en línea.  
La resistencia de los conductores siempre provoca pérdidas de potencia. Estas pérdidas son proporcionales al cuadrado de la corriente transportada, la cual, para una misma potencia activa, disminuye a medida que el factor de potencia aumenta.
  - d) Aumento de la potencia disponible en el transformador de alimentación.  
Mientras el factor de potencia crece, la potencia aparente  $S$  para una misma potencia activa  $P$  disminuye; es decir, se utiliza tanto mejor un transformador conforme el factor de potencia de la carga más se aproxima a la unidad.
  - e) Facilita el suministro de la tensión nominal a los receptores.
  - f) Reporta una disminución de cotes de la factura de energía eléctrica al realizar una bonificación la compañía suministradora para valores:

$$0.9 < \cos\varphi < 1$$



## **1.7.3 MÉTODOS PARA MEJORAR EL FACTOR DE POTENCIA**

### **1.7.3.1 PROCEDIMIENTOS DIRECTOS**

Actúan directamente sobre la causa del bajo factor de potencia, es decir, procura en lo posible disminuir el consumo innecesario de energía reactiva actuando sobre las cargas normales de la instalación.

Los más importantes son:

- Correcta elección del equipo eléctrico.
- Evitar marchas en vacío o cargas reducidas de los motores eléctricos.
- Sustituir los motores defectuosos fuera de las horas de trabajo.
- Reducir las marchas en vacío o con poca carga de los transformadores.

### **1.7.3.2 PROCEDIMIENTOS INDIRECTOS**

Consisten en compensar el consumo de energía reactiva mediante elementos productores de energía capacitiva, compensando parcial o totalmente la energía inductiva consumida por los elementos receptores. Para este tipo de procedimientos se utilizan compensadores que se dividen en:

- Compensadores giratorios, también llamados compensadores síncronos. Son motores síncronos trabajando sobreexcitados, los cuales proporcionan energía capacitiva.
- Compensadores estáticos o condensadores, pueden ser individualmente o en baterías de condensadores conectados adecuadamente.

### **1.7.3.3 ELECCIÓN DEL MÉTODO DE COMPENSACIÓN**

Aunque a la hora de realizar la instalación se tendrán en cuenta todos los casos expuestos en la compensación directa, considerando que aún así el factor de potencia no es el adecuado se optará por realizar una compensación indirecta con una batería de condensadores.



## **1.7.4 CLASIFICACIÓN Y ELECCIÓN DE LA COMPENSACIÓN**

### **1.7.4.1 CLASIFICACIÓN POR LA SITUACIÓN DE LA COMPENSACIÓN**

#### a) Situación en cabecera.

Si los condensadores están situados en cabecera de la instalación, se conseguirá la reducción del consumo de energía y por tanto se evitarán las penalizaciones económicas por un consumo excesivo de dicha energía.

También se conseguirá ajustar la potencia aparente “S”, a lo que se necesite en la instalación.

Pero, la corriente reactiva estará presente en toda la instalación, ya que la compensación está en la cabecera, con lo cual no se conseguirá disminuir las pérdidas por efecto Joule.

#### b) Situación en cada receptor inductivo.

Si se sitúan los condensadores en los bornes de cada uno de los receptores de tipo inductivo, se consigue, además de evitar las penalizaciones por consumo de energía reactiva y ajustar “S” a la necesidad real, reducir las pérdidas por efecto Joule de los cables, ya que la corriente reactiva se abastece en el mismo lugar de consumo y por tanto no circula en los cables de la instalación.

#### c) Situación en una zona intermedia.

Situando los condensadores en una zona intermedia, se conseguirá evitar la penalización por consumo de energía reactiva y se reducirán por tanto las pérdidas por efecto Joule.

### **1.7.4.2 ELECCIÓN DE LA SITUACIÓN PARA LA COMPENSACIÓN**

En este caso la segunda opción de compensación individual no es viable ya que son numerosos, y de poca potencia, los receptores con carga inductiva, con lo cual resultaría imposible la compensación individual.

Por otro lado la longitud de los conductores es relativamente corta con lo cual la diferencia de las pérdidas por efecto Joule no va a ser importantes.

Se optará por una compensación en la cabecera de la instalación.



### 1.7.4.3 CLASIFICACIÓN POR TIPO DE CONDENSADOR

#### a) Compensación fija

Con este tipo de compensación, en todo momento los conductores están suministrando una energía fija, que debe ser consumida en su totalidad por el receptor. De no ser así la red absorbería energía capacitiva

#### b) Compensación automática (variable)

La compensación automática se realiza con un equipo de condensadores que se adecuan a las variaciones de potencia reactiva de la instalación para conseguir mantener el  $\cos\phi$  objetivo.

El equipo de compensación automático, o batería de condensadores, está compuesto de un regulador, que mide el  $\cos\phi$  de la instalación y conecta los distintos escalones de energía reactiva, contactores, que conectan los distintos condensadores de la batería para conseguir los distintos escalones de potencia.

### 1.7.4.4 ELECCIÓN DEL TIPO DE COMPENSADOR

Si se elige una compensación fija para la instalación, en los momentos en los que la potencia reactiva de la instalación sea menor que la potencia que suministran los condensadores, se estará introduciendo energía capacitiva en la red.

Según lo establecido en el reglamento de baja tensión; se podrá realizar la compensación de energía reactiva “pero sin que en ningún momento la energía absorbida por la red pueda ser capacitiva” por tanto el  $\cos\phi$  de la instalación en el punto de conexión con la compañía nunca podrá ser capacitivo.

Para que esto no ocurra se elegirá compensación automática para la instalación ya que el consumo de energía reactiva de la instalación no va a ser siempre el mismo, variará en función de las cargas inductivas conectadas (luminarias, motores, etc).

Así que se colocará un equipo de compensación automática en cabecera de la instalación del edificio, para compensar la energía reactiva consumida por la totalidad de las cargas inductivas de la instalación.



## **1.7.5 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL EQUIPOS DE COMPENSACIÓN AUTOMÁTICA**

Batería de condensadores elegida  
Fabricante: MERLIN GUERIN  
Modelo: AUT.RECTIMAT 2 140Kvar 400V

### **Características:**

Tensión asignada: 400 V trifásicos, 50 Hz.  
Tolerancia sobre la capacidad: 0, +10%.  
Nivel de aislamiento: 0,66 KV.  
Corriente máxima admisible: 1,3 In (400 V).  
Grado de protección: IP 31.  
Auto transformador 400 / 230 integrado  
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 800 KVA.

### **REGLAMENTACIÓN Y DISPOSICIONES OFICIALES**

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

- Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas y Centros de transformación, e Instrucciones Técnicas Complementarias (Real Decreto 3.275/82, de noviembre de 1982).
- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias (Real Decreto 842/2002, de agosto de 2002).
- Reglamento de Verificaciones Eléctricas y Regularidad en el Suministro de Energía Eléctrica (Real Decreto 1075/1986 de 2 de mayo de 1986).
- Normas UNE y Recomendaciones UNESA que sean de aplicación.
- Normas particulares de Iberdrola.
- Condiciones impuestas por las entidades públicas afectadas.



## **1.8.2. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN**

La acometida será subterránea, se alimentará de la red de Media Tensión, el suministro de energía se efectuará a una tensión de servicio de 13,2 KV y a una frecuencia de 50 Hz, siendo la Compañía Eléctrica suministradora Iberdrola.

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. Por lo que se considerará la llegada de una única línea de media tensión, y no será necesaria la instalación de una celda de salida.

El centro de transformación será prefabricado de la marca ORMAZABAL, modelo PFU-4, empleando para su aparellaje celdas prefabricadas bajo envolvente metálica según la norma UNE-20.099-90 de la marca ORMAZABAL. Se encuentra situado en la parte trasera de la nave, a la misma altura del cuarto de compresores.

## **1.8.3. CARACTERÍSTICAS DE LAS CELDAS**

Los tipos generales de celdas empleadas en este proyecto son sistema CGM: celdas modulares de aislamiento en aire equipadas de aparellaje fijo que utiliza el hexafluoruro de azufre como elemento de corte y extinción de arco.

Responderán en su concepción y fabricación a la definición de aparamenta bajo envolvente metálica compartimentada de acuerdo con la norma UNE-20.099-90.

## **1.8.4. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN**

### **1.8.4.1.OBRACIVIL**

El centro estará ubicado en una caseta independiente destinada únicamente a esta finalidad, situado en una esquina de la parcela a 35 m del CGP.

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

El acceso al centro de transformación estará restringido al personal de la Compañía Eléctrica suministradora y al personal de mantenimiento especialmente autorizado. Se dispondrá de una puerta peatonal cuyo sistema de cierre permitirá el acceso a ambos tipos de personal, teniendo en cuenta que el primero lo hará con la llave normalizada por la Compañía Eléctrica.

## **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. Realizar el montaje en la propia fábrica supondrá obtener:

- Calidad en origen.
- Reducción del tiempo de instalación.
- Posibilidad de posteriores 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 electrosoldado 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 equipotencialidad, embebida de hormigón, y las puertas y rejillas existirá una resistencia eléctrica superior a  $10.000\Omega$ .

Ningún elemento metálico unido al sistema 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.

### **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.

Los componentes principales que formarán el edificio prefabricado son los 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 impermeabilidad 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 extremos 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 fabricadas 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 800 KVA, 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>Anchura (mm)</b>	2380	2200	3180
<b>Altura (mm)</b>	3045	2355	560 (Profundidad)
<b>Superficie (m<sup>2</sup>)</b>	10,7	9,4	

Peso = 12.000 Kg

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

El acceso al centro de transformación estará restringido al personal de la compañía eléctrica suministradora y al personal de mantenimiento especialmente autorizado.

### **1.8.5. INSTALACIÓN ELÉCTRICA**

#### **1.8.5.1. CARACTERÍSTICAS DE LA RED DE ALIMENTACIÓN**

La red de alimentación al centro de transformación será de tipo subterráneo a una tensión de 13,2 KV y 50 Hz de frecuencia.

La potencia de cortocircuito máxima de la red de alimentación será de 400 MVA según datos suministrados por la compañía suministradora.

#### **1.8.5.2. CARACTERÍSTICAS DE LA APARAMENTA DE MEDIA TENSIÓN**

Características generales de los tipos de aparamenta 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 los accionamientos del mando y, en la parte inferior, se encuentran las tomas para las 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 en 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 gases 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 CHM 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 (conmutación 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 pasa tapas 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 (1min)

-A tierra y entre fases → 50 KV

-A la distancia de seccionamiento → 60KV

Onda de choque (kV)

-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, térmica y dinámica.



### 1.8.5.3. CARACTERÍSTICAS DESCRIPTIVAS DE LAS CELDAS Y TRANSFORMACIONES DE MEDIA TENSIÓN

#### **Entrada: CGM-CML Interruptor – seccionador**

Celda con envolvente metálica, fabricada por ORMAZABAL, formada por un módulo de  $U_n = 24$  KV e  $I_n = 400$  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 SF<sub>6</sub>, 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 400A
- Intensidad de cortocircuito 16 KA/20KA
- Capacidad de cierre 40 KA

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

Celda con envolvente metálica prefabricada por ORMAZABAL, formada por un módulo  $U_n = 24$  KV e  $I_n = 400$  A y 480 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 SF<sub>6</sub>, que incorpora en su interior un embarrado superior de cobre, y una derivación con un interruptor – seccionador rotativo, con capacidad de corte y aislamiento, y posición de puesta a tierra de los cables de acometida inferior – frontal mediante bornas enchufables, y en serie con él, un conjunto de fusibles fríos, combinados o asociados a ese interruptor.

Otras características constructivas:

- Capacidad de ruptura 400A
- Intensidad de cortocircuito 16 KA/20KA
- Capacidad de cierre 40 KA
- Fusibles 3 x 63 A

#### **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 de fondo por 1800 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 auxiliares 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  $I_n = 400$  A
- 2 transformadores de intensidad de relación 30 – 60 / 5 A Clase 0.5, aislamiento 24 KV
- 2 transformadores de tensión, bipolares de relación 13.200 – 22.000 / 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: 800 KVA
- Tensión primaria: 13200 – 20000 V
- Refrigeración: natural.
- Aislamiento: aceite mineral.
- Cuba de aletas: Llenado integral.



## EQUIPO BASE

- pasa tapas de media tensión de porcelana.
- pasa tapas 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	800
Tensión primaria	13,2 / 20
Tensión secundaria en vacío	420
Grupo de conexión	Dyn 11
Perdidas en vacío (W)	1550
Perdidas en carga (W)	8100
Tensión de cortocircuito (%)	6
Caída de tensión a plena carga (%)	1.2
Rendimiento (%)	99

## DIMENSIONES DEL TRANSFORMADOR

Potencia (KVA)	800
Largo (mm)	1780
Ancho (mm)	1080
Alto (mm)	1395
Volumen liquido aislante (l)	540

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.

### 1.8.6. CUADRO GENERAL EN BAJA TENSIÓN

La distribución de potencia del Centro de Transformación al C.G.D. situado dentro del recinto de la fábrica se realizará mediante canalización subterránea.

### 1.8.7. INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA

#### 1.8.7.1 .INTRODUCCIÓN

Todo centro de transformación estará provisto de una instalación de puesta a tierra, con objeto de limitar las tensiones de defecto a tierra que puedan producirse en la propia instalación. Este sistema de puesta a tierra complementado con los dispositivos

de interrupción de corriente, deberá asegurar la descarga a tierra de la intensidad homopolar de defecto, contribuyendo a la eliminación del riesgo eléctrico debido a la aparición de tensiones peligrosas en el caso de contacto con las masas puestas en tensión.

De acuerdo con el Real Decreto 3275 / 1982 de 12 de Noviembre, que aprueba el “Reglamento sobre condiciones y garantías de seguridad de centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación” y con la O.M. de 6-7-84 que señala las “Instrucciones Técnicas Complementarias” para aplicar dicho reglamento, la instalación que se pretende realizar es de Tercera Categoría por ser la máxima tensión utilizada igual a 20 KV.

El diseño de la puesta a tierra del centro de transformación se efectuará mediante la aplicación del documento UNESA “Método de Cálculo y Proyecto de Instalaciones de Puesta a Tierra para Centros de Transformación conectados a Redes de Tercera Categoría”.

Se dispondrá por tanto de una tierra de protección a la que se conectarán, de acuerdo con la instrucción MIE-RAT 13, todas las partes metálicas de la instalación que no estén normalmente en tensión, pero puedan estarlo a consecuencia de averías, accidentes, descargas atmosféricas o sobretensiones.

Se conectará a la tierra de protección entre otros los siguientes elementos:

- Chasis y bastidores de aparatos de maniobra.
- Las envolventes de los conjuntos de los armarios metálicos.
- Las puertas metálicas de los locales.
- Las armaduras metálicas del centro de transformación.
- Los blindajes metálicos de los cables.
- Las tuberías y conjuntos metálicos.
- Las carcasas de los transformadores.

De igual manera se dispondrá por tanto de una puesta a tierra de servicio a la que se conectarán, según la instrucción MIE-RAT 13, los elementos necesarios de la instalación. La puesta a tierra de servicio será separada e independiente respecto a la puesta a tierra de protección.

Se conectará a la tierra de servicio entre otros los siguientes elementos:

- Los neutros de los transformadores.
- Los circuitos de baja tensión de los transformadores de medida.
- Los limitadores, descargadores, autoválvulas, pararrayos, etc.
- Los elementos de derivación a tierra de los seccionadores de puesta a tierra.

Con el fin de garantizar en el mayor grado posible, la seguridad de las personas que manejan los mandos del centro de transformación, además de dotarlo con un sistema de puesta a tierra como indica la MIE RAT 13, se tendrá a disposición del personal, guantes y calzados aislantes.



### **1.8.7.2. INVESTIGACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL SUELO**

Según la investigación previa del terreno (Método Wenner) donde se instalará este centro de transformación, se determina una resistividad media de 500  $\Omega$ .m (suelo de arcilla).

### **1.8.7.3. DETERMINACIÓN DE LAS CORRIENTES MÁXIMAS DE PUESTA A TIERRA Y TIEMPO MÁXIMO CORRESPONDIENTE DE ELIMINACIÓN DE DEFECTO**

En instalaciones eléctricas de alta tensión de tercera categoría, los parámetros de la red que definen la corriente de puesta a tierra son, la resistencia y la reactancia de las líneas.

El aspecto más importante que debe tenerse presente en el cálculo de la corriente máxima de puesta a tierra es el tratamiento del neutro de la red.

En este caso el neutro irá conectado rígidamente a tierra.

Cuando se produce un defecto a tierra, este se elimina mediante la apertura de un elemento de corte que actúa por la orden que le transmite un dispositivo que controla la intensidad de defecto.

A efectos de determinar el tiempo máximo de eliminación de la corriente de defecto a tierra, el elemento de corte será un interruptor cuya desconexión está controlada por un relé que establezca su tiempo de apertura. Los tiempos de apertura del interruptor, incluido el de extinción del arco, se consideran incluidos en el tiempo de actuación del relé.

El diseño preliminar de la instalación de puesta a tierra se realiza basándose en la configuración tipo (representada en el anexo 2 del “Método de cálculo de UNESA”) que está de acuerdo con la forma y dimensiones del centro de transformación.

### **1.8.7.4. DISEÑO PRELIMINAR DE LA 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 o causas fortuitas, 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 5 x

3 m cuyo código de identificación es 50-30/8/88 dentro del “Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación conectados a redes de tercera categoría” de UNESA.

### **Tierra de servicio**

Los cálculos realizados para la elección de la puesta a tierra quedan indicados en el documento cálculos; optando finalmente por un sistema de 8 picas en hilera separadas 3 m cuyo código de identificación es 8/82 dentro del “Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación conectados a redes de tercera categoría” de UNESA.

### **1.8.8. DISTANCIAS**

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.

### **1.8.9. 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.

### **1.8.10. AISLAMIENTOS**

Todos los elementos que se utilicen 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 más 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 / 50µseg
- 50 KV (valor eficaz) tensión soportada durante un minuto a 50 Hz.

### **1.8.11 INSTALACIONES SECUNDARIAS EN EL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN**

#### **Alumbrado**

En el interior del centro de transformación se instalará 2 luminarias de Philips, modelo MASTER TL-D súper 80 36W/830 G13, de 36W; 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, formado por una lámpara de emergencia y señalización de LEGRAND, el cual señalará el acceso peatonal al centro de transformación.

### **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 1.95 m<sup>2</sup>, y dos rejillas situadas en la parte superior de superficie total 2.30 m<sup>2</sup> para la salida del 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 accidentales 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 a la exigencia de la norma UNE 20.099

Las celdas estará separadas eléctricamente y mecánicamente por medio de placas metálicas y por el propio carácter aislante del interruptor seccionador, los 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
- 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. PRESUPUESTO**

<b>ORDEN</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>TOTAL (Euros)</b>
CAPITULO 1	ACOMETIDA	35.231,96
CAPITULO 2	PROTECCIONES	48.891,15
CAPITULO 3	CONDUCTORES TUBOS Y CANALIZACIONES	61.501,35
CAPITULO 4	PUESTA A TIERRA	2.136,54
CAPITULO 5	ALUMBRADO	112.688,08
CAPITULO 6	TOMAS Y ELEMENTOS VARIOS	3.809,33
CAPITULO 7	CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	44.683,19
CAPITULO 8	CONDENSADORES	3.490,00
CAPITULO 9	SEGURIDAD Y SALUD	295,27
<b>TOTAL</b>	<b>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN DE MATERIAL</b>	<b>312.726,87</b>

<b>ORDEN</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>TOTAL (Euros)</b>
<b>TOTAL</b>	<b>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN DE MATERIAL (P.E.M)</b>	<b>312.726,87</b>
	GASTOS GENERALES (5%)	<b>15.636,34</b>
	BENEFICIO INDUSTRIAL (10%)	<b>31.272,69</b>
<b>TOTAL</b>	<b>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA (P.E.C)</b>	<b>359.635,90</b>
	I.V.A (21%)	<b>75.523,54</b>
<b>TOTAL</b>	<b>P.E.C. (con I.V.A.)</b>	<b>435.159,44</b>
	HONORARIOS DEL PROYECTISTA (3%)	<b>9.381,81</b>
	HONORARIOS DIRECCIÓN DE OBRA (3%)	<b>9.381,81</b>
	<b>HONORARIOS PROYECTISTA + DIRECCIÓN</b>	<b>18.763,61</b>
	I.V.A. (21%)	<b>3.940,36</b>
<b>TOTAL</b>	<b>TOTAL HONORARIOS (con I.V.A.)</b>	<b>22.703,97</b>
<b>PRESUPUESTO TOTAL (Honorarios (con I.V.A.)+P.E.C (con I.V.A.))</b>		<b>457.863,41</b>

El total del presente proyecto asciende a: “CUATROCIENTOS CINCUENTA Y SIETE MIL OCHOCIENTOS SESENTA Y TRES CON CUARENTA Y UN CENTIMOS DE EURO”

Pamplona, Noviembre 2013

David López de Goicoechea



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

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

DOCUMENTO 2: CÁLCULOS

Alumno: David López de Goicoechea Ojer

Tutor: José Vicente Valdenebro

Pamplona, Noviembre de 2013



# CÁLCULOS

## INDICE:

<b><u>2.1. CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN DE ALUMBRADO</u></b>	
<b>2.1.1.INTRODUCCIÓN</b>	
<b>2.1.2. DEFINICIÓN DE LOS PARÁMETROS</b>	<b>3</b>
<b>2.1.3 MÉTODO DE CÁLCULO</b>	<b>7</b>
<b>2.1.4 CÁLCULOS</b>	<b>10</b>
<b>2.1.4.1 TABLA DE CÁLCULO DE LUMINARIA.</b>	<b>94</b>
<b>OFICINAS NORTE PLANTA BAJA</b>	
<b>2.1.4.2 OFICINAS NORTE PLANTA PRIMERA</b>	<b>95</b>
<b>2.1.4.3 OFICINAS NORTE PLANTA SEGUNDA</b>	<b>96</b>
<b>2.1.4.4 OFICINAS SUR PLANTA BAJA</b>	<b>96</b>
<b>2.1.4.5 OFICINAS SUR PLANTA PRIMERA,</b>	
<b>ALMACÉN Y CARGA</b>	<b>97</b>
<b>2.1.4.6 ZONA PRODUCCIÓN</b>	<b>97</b>
<b><u>2.2. TIPO DE LUMINARIAS Y N° FINAL DE LUMINARIAS INSTALADAS</u></b>	
<b>2.2.1 OFICINAS NORTE PLANTA BAJA</b>	<b>97</b>
<b>2.2.2 OFICINAS NORTE PLANTA PRIMERA</b>	<b>98</b>
<b>2.2.3 OFICINAS NORTE PLANTA SEGUNDA</b>	<b>99</b>
<b>2.2.4 OFICINAS SUR PLANTA BAJA</b>	<b>100</b>
<b>2.2.5 OFICINAS SUR PLANTA PRIMERA</b>	<b>100</b>
<b>2.2.6 FÁBRICA Y ALMACENES</b>	<b>101</b>
<b>2.2.7 EMERGENCIAS</b>	<b>101</b>
<b><u>2.3 CÁLCULO DE LAS INTENSIDADES DE LA LÍNEA</u></b>	
<b>2.3.1 INTRODUCCIÓN</b>	<b>106</b>
<b>2.3.2 MÉTODO DE CÁLCULO</b>	<b>107</b>
<b>2.3.3 TABLAS RESUMEN DE LAS INTENSIDADES DE LOS CUADROS</b>	
<b>2.3.3.2 TABLA CUADRO SECUNDARIO N° 1.1</b>	<b>109</b>
<b>2.3.3.3 TABLA CUADRO SECUNDARIO N° 1.2</b>	<b>111</b>
<b>2.3.3.4 TABLA CUADRO SECUNDARIO N° 1.3</b>	<b>113</b>
<b>2.3.3.5 TABLA CUADRO SECUNDARIO N° 2.1</b>	<b>115</b>
<b>2.3.3.6 TABLA CUADRO SECUNDARIO N° 2.2</b>	<b>117</b>
<b>2.3.3.7 TABLA CUADRO SECUNDARIO N° 3.1</b>	<b>118</b>
<b>2.3.3.8 TABLA CUADRO SECUNDARIO N° 3.2</b>	<b>119</b>
<b>2.3.3.9 TABLA CUADRO SECUNDARIO N° 3.3</b>	<b>120</b>
<b>2.3.3.10 TABLA CUADRO SECUNDARIO N° 3.4</b>	<b>120</b>
<b><u>2.4.CÁLCULO POTENCIA TRANSFORMADOR</u></b>	<b>123</b>
<b><u>2.5. POTENCIA CONTRATADA</u></b>	<b>124</b>
<b><u>2.6. CÁLCULO DE LOS CONDUCTORES EN BAJA TENSIÓN</u></b>	<b>125</b>
<b>2.6.1 INTRODUCCIÓN</b>	<b>125</b>
<b>2.6.2 ACOMETIDA</b>	<b>125</b>
<b>2.6.3 CIRCUITO INTERIORES</b>	<b>126</b>
<b>2.6.3.1 MÉTODO DE CÁLCULO</b>	<b>126</b>





2.6.3.2 TABLA RESUMEN DE LOS CÁLCULOS	129
<b><u>2.7 CÁLCULO DE LAS INTENSIDADES DE CORTOCIRCUITO</u></b>	
2.7.1 MÉTODO DE CÁLCULO	134
2.7.2 TABLA RESUMEN DE LAS PROTECCIONES	137
2.7.3 TABLA RESUMEN DE LAS SECCIONES	141
<b><u>2.8 COMPENSACIÓN DE LA REACTIVA</u></b>	
2.8.1 DIMENSIONES DE LA BATERÍA	150
2.8.2 CÁLCULO DE UNIÓN DEL CONDUCTOR DE BATERÍA	150
2.8.3 PROTECCIÓN	151
<b><u>2.9 CÁLCULO DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN</u></b>	
2.9.1 INTENSIDAD EN ALTA TENSIÓN	151
2.9.2 INTENSIDAD EN BAJA TENSIÓN	151
2.9.3 CORTOCIRCUITOS	152
2.9.4 DIMENSIONADO DEL EMBARRADO	
2.9.4.1 COMPROBACIÓN POR DENSIDAD DE CORRIENTE	153
2.9.4.2 COMPROBACIÓN POR SOLICITACIÓN ELECTRODINÁMICA	154
2.9.4.3 COMPROBACION POR SOLICITACIÓN TÉRMICA A CORTOCIRCUITO	155
2.9.5 OTRAS INSTALACIONES DEL CENTRO	156
2.9.5.1 LÁMPARAS Y LUMINARIAS	156
2.9.5.2 LUMINARIAS DE EMERGENCIA Y SEÑALIZACIÓN	156
2.9.5.3 CUADRO DE BAJA TENSION DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	156
2.9.5.4 DIMENSIONAMIENTO DE LOS CABLES DEL CUADRO DE BAJA TENSIÓN DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	156
2.9.6 DIMENSIONAMIENTO DE LA VENTILACIÓN DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	157
2.9.7 DIMENSIONAMIENTO DEL POZO APAGAFUEGOS	158
2.9.8 CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA	158
2.9.8.1 MÉTODO DE EMPLEADO EN LA INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA	159
2.9.8.2 CÁLCULOS DE LA RESISTENCIA DE TIERRAS	161
2.9.8.3 TENSIONES EN EL EXTERIOR DE LA INSTALACIÓN	162
2.9.8.4 TENSIONES EN EL INTERIOR DE LA INSTALACIÓN	162
2.9.8.5 TENSIONES APLICADAS	163
2.9.8.6 TENSIONES TRANFERIDAS AL EXTERIOR	164
2.9.8.7 CORRECCIÓN Y AJUSTE SI PROCEDE	164
<b><u>2.10. CÁLCULO DE PUESTA A TIERRA</u></b>	
2.10.1 RED DE TIERRAS	165



## 2.1. CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN DE ALUMBRADO

### 2.1.1. INTRODUCCIÓN

Este documento contiene los cálculos correspondientes a la iluminación interior de cada uno de los departamentos de la fábrica de conservas mediante el método de los lúmenes.

Para la realización de dichos cálculos es necesario conocer los parámetros de las luminarias utilizadas que nos suministraran los fabricantes, los niveles de iluminación mínimos exigidos por la norma UNE-EN\_12464-1=2003 en función de la actividad a realizar en cada departamento o sala, los coeficientes de reflexión de techo, paredes y suelo de cada zona de la fábrica, y el factor de mantenimiento o conservación de la instalación

### 2.1.2. DEFINICIÓN DE LOS PARÁMETROS

- **Coefficientes de reflexión**

Se determinan en función del tipo de material y color empleado para el techo, paredes y suelo de cada sala. Para cada tipo concreto de material y color hay unos coeficientes de reflexión determinados pero utilizaremos los de la siguiente tabla para poder obtener los parámetros que cada fabricante da en sus tablas.

PARTE DE LA SALA	COLOR	FACTOR DE REFLEXIÓN( $\rho$ )
TECHO	MUY CLARO	0,7
	CLARO	0,5
	MEDIO	0,3
PAREDES	CLARO	0,5
	MEDIO	0,3
	OSCURO	0,1
SUELO	CLARO	0,3
	MEDIO	0,2
	OSCURO	0,1

### *BLOQUE DE OFICINAS ZONA NORTE PLANTA BAJA*

Las características de la zona norte respecto a los factores de reflexión son:

- Techo: Blanco grisáceo ( $\rho=68\%$ )  $\rightarrow \rho=0,7$
- Paredes: Gris seda ( $\rho=48\%$ )  $\rightarrow \rho=0,5$
- Suelo: Gris polvo ( $\rho=23\%$ )  $\rightarrow \rho=0,2$

**BLOQUE DE OFICINAS ZONA NORTE PLANTA PRIMERA**

Las características de la zona norte respecto a los factores de reflexión son:

- Techo: Blanco grisáceo ( $\rho=68\%$ )  $\rightarrow \rho=0,7$
- Paredes: Gris seda ( $\rho=48\%$ )  $\rightarrow \rho=0,5$
- Suelo: Gris polvo ( $\rho=23\%$ )  $\rightarrow \rho=0,2$

**BLOQUE DE OFICINAS ZONA NORTE PLANTA SEGUNDA**

Las características de la zona norte respecto a los factores de reflexión son:

- Techo: Blanco grisáceo ( $\rho=68\%$ )  $\rightarrow \rho=0,7$
- Paredes: Gris seda ( $\rho=48\%$ )  $\rightarrow \rho=0,5$
- Suelo: Gris polvo ( $\rho=23\%$ )  $\rightarrow \rho=0,2$

**BLOQUE DE OFICINAS ZONA SUR PLANTA BAJA**

Las características de la zona sur respecto a los factores de reflexión son:

- Techo: Blanco grisáceo ( $\rho=68\%$ )  $\rightarrow \rho=0,7$
- Paredes: Gris seda ( $\rho=48\%$ )  $\rightarrow \rho=0,5$
- Suelo: Gris polvo ( $\rho=23\%$ )  $\rightarrow \rho=0,2$

**BLOQUE DE OFICINAS ZONA SUR PLANTA PRIMERA**

Las características de la zona sur respecto a los factores de reflexión son:

- Techo: Blanco grisáceo ( $\rho=68\%$ )  $\rightarrow \rho=0,7$
- Paredes: Gris seda ( $\rho=48\%$ )  $\rightarrow \rho=0,5$
- Suelo: Gris polvo ( $\rho=23\%$ )  $\rightarrow \rho=0,2$

**FÁBRICA**

Las características de la fábrica respecto a los factores de reflexión son:

- Techo: Gris seda ( $\rho=48\%$ )  $\rightarrow \rho=0,5$
- Paredes: Cemento ( $\rho=27\%$ )  $\rightarrow \rho=0,3$
- Suelo: Gris Grafito ( $\rho=9\%$ )  $\rightarrow \rho=0,1$



## ALMACEN

Las características de la fábrica respecto a los factores de reflexión son:

- Techo: Gris seda ( $\rho=48\%$ )  $\rightarrow \rho=0,5$
- Paredes: Cemento ( $\rho=27\%$ )  $\rightarrow \rho=0,3$
- Suelo: Gris Grafito ( $\rho=9\%$ )  $\rightarrow \rho=0,1$

- **Factor de mantenimiento o de conservación ( $f_m$ )**

Este parámetro dependerá del grado de suciedad que se de en el entorno en el que se encontrara la luminaria y de la frecuencia con la que se limpie la misma. Para una limpieza periódica anual de las luminarias establecemos los siguientes valores:

Ambiente	Factor de mantenimiento o de conservación ( $f_m$ )
Muy limpio	0,80
Limpio	0,75
Intermedio	0,70
Sucio	0,65
Muy sucio	0,60

### *BLOQUE DE OFICINAS ZONA NORTE PLANTA BAJA*

El Factor de mantenimiento o de conservación ( $f_m$ ) elegido para el piso superior de oficinas es de 0,8 debido a que las actividades a realizar y la zona en la que se encuentran podrían considerarse de muy limpias.

### *BLOQUE DE OFICINAS ZONA NORTE PLANTA PRIMERA*

El Factor de mantenimiento o de conservación ( $f_m$ ) elegido para el piso superior de oficinas es de 0,8 debido a que las actividades a realizar y la zona en la que se encuentran podrían considerarse de muy limpias.

### *BLOQUE DE OFICINAS ZONA NORTE PLANTA SEGUNDA*

El Factor de mantenimiento o de conservación ( $f_m$ ) elegido para el piso superior de oficinas es de 0,8 debido a que las actividades a realizar y la zona en la que se encuentran podrían considerarse de muy limpias.



### *BLOQUE DE OFICINAS ZONA SUR PLANTA BAJA*

El Factor de mantenimiento o de conservación ( $f_m$ ) elegido es de 0,7 debido a que se encuentran los vestuarios y es una zona intermedia entre las oficinas y almacenes y por lo tanto no será ni tan limpio como las oficinas ni tan sucio como los almacenes.

### *BLOQUE DE OFICINAS ZONA SUR PLANTA PRIMERA*

El Factor de mantenimiento o de conservación ( $f_m$ ) elegido para el piso superior de oficinas es de 0,8 debido a que las actividades a realizar y la zona en la que se encuentran podrían considerarse de muy limpias.

### *FÁBRICA*

El Factor de mantenimiento o de conservación ( $f_m$ ) elegido para la fábrica será de 0,6 debido a que las luminarias se encontrarán a una altura muy elevada y aunque la fábrica se limpie las luminarias tendrán polvo y podrán estar manchadas por los vapores emitidos del proceso productivo.

### *ALMACEN*

El Factor de mantenimiento o de conservación ( $f_m$ ) elegido es de 0,65 debido a que es una zona de tránsito entre la fábrica y el bloque de oficinas sur y por lo tanto puede haber suciedad y polvo.

- **Niveles de iluminación mínimos exigidos por la norma UNE-EN\_12464-1=2003**

Los niveles de iluminación establecidos en cada sala o zona del edificio serán como mínimo los indicados en la norma UNE-EN\_12464-1=2003.

- **Factor de utilización de las luminarias ( $\eta$ )**

El factor de utilización de las luminarias se determinará a partir de los coeficientes de reflexión y el índice del local. Para obtener este parámetro es necesario obtener las tablas de cada luminaria que las suministrará el fabricante en la hoja de características de la misma.

Las luminarias utilizadas en nuestro caso serán:

#### 1. HAVELLS SYLVANIA:

1. Down light → SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)
2. Lámparas de descarga → SBH-S 250W HSL-S



## 2. PHILIPS:

1. Fluorescente empotrado → TBS 411 1x28W/840 HFP D8 PI
2. Down light → FBS 280 2XPL-T/4P57W/840 HFP C PI WH
3. Fluorescente montaje superficial → TCS 640 1x35W/840 HFP C8 ALU
4. Fluorescentes estancas → TBS 324 2xTL-D36W/830 HFP C5 GT IP65

### 2.1.3. MÉTODO DE CÁLCULO

El método de cálculo empleado para realizar la iluminación interior de toda la fábrica el método de los lúmenes. Su finalidad es la de calcular el valor medio en servicio de la iluminancia de cada local. Consiste en los siguientes pasos:

#### 1) *Cálculo del índice del local*

Para llevar a cabo este cálculo es necesario determinar la altura entre el plano de trabajo y las luminarias además de definir el tipo de iluminación (directa, semi- directa, general difusa, directa-indirecta, semi-indirecta, indirecta). En nuestro caso siempre va a ser directa.

$$k = \frac{x \cdot y}{h \cdot (x + y)}$$

$$h = H - p - d$$

Donde:

- k → índice del local
- x → largo del local
- y → ancho del local
- h → altura entre el plano de trabajo y las luminarias
- H → altura del local
- p → altura del plano de trabajo
- d → distancia de las luminarias al techo

#### 2) *Determinación del factor de utilización*

Una vez obtenido el índice del local y determinados los coeficientes de reflexión se podrá obtener el valor del factor de utilización entrando con estos datos a las tablas suministradas por el fabricante. Si el índice del local se encuentra entre 2 valores de la tabla habrá que interpolar.



3) *Calculo del flujo total luminoso necesario*

$$\varphi_T = \frac{E \cdot x \cdot y}{f_m \cdot \eta}$$

Donde:

E → Iluminancia media exigida por la norma UNE

$\varphi_T$  → flujo luminoso total

x → largo del local

y → ancho del local

$f_m$  → factor de mantenimiento o de conservación de las luminarias

$\eta$  → factor de utilización

4) *Calculo del número mínimo de luminarias*

$$N = \frac{\varphi_T}{\varphi_L}$$

Donde:

$\varphi_T$  → flujo luminoso total

N → número mínimo de luminarias que se deben colocar

$\varphi_L$  → flujo luminoso de la lámpara

5) *Calculo de la distancia mínima a la que deberán separarse las luminarias*

$$D = \sqrt{\frac{x \cdot y}{N}}$$

Donde:

x → largo del local

y → ancho del local

D → distancia mínima a la que han de separarse las luminarias

N → número mínimo de luminarias que se deben colocar

6) *Calculo de luminarias a instalar*

$$N_x = \frac{x}{D}$$

$$N_y = \frac{y}{D}$$

$$N_t = N_x + N_y$$



Donde:

$x \rightarrow$  largo del local

$y \rightarrow$  ancho del local

$D \rightarrow$  distancia mínima a la que han de separarse las luminarias

$N_x \rightarrow$  número de luminarias a instalar en el eje  $x$

$N_y \rightarrow$  número de luminarias a instalar en el eje  $y$

$N_t \rightarrow$  número total de luminarias que se instalaran en la sala

### 7) Comprobación de datos

Para comprobar que los resultados son correctos es necesario hacer 2 comprobaciones:

#### I. Distancia máxima entre luminarias

Las luminarias deberán estar separadas como máximo la distancia indicada en la siguiente tabla:

Tipo de luminaria	Altura del local	Distancia máxima entre luminarias
Intensiva	>10m	$e \leq 1,2$ h
Semiintensiva	6 – 10 m	$e \leq 1,5$ h
Semiextensiva	4 – 10 m	$e \leq 1,5$ h
Extensiva	$\leq 4$	$e \leq 1,6$ h

#### II. Iluminancia correcta

La iluminancia resultante del siguiente calculo debe ser como mínimo igual a la exigida por la norma UNE.

$$E_m = \frac{N_T \cdot \varphi_L \cdot \eta \cdot f_m}{x \cdot y} \geq E$$

Donde:

$E \rightarrow$  Iluminancia media exigida por la norma UNE

$\varphi_L \rightarrow$  Flujo luminoso de la lámpara

$x \rightarrow$  largo del local

$y \rightarrow$  ancho del local

$f_m \rightarrow$  Factor de mantenimiento o de conservación de las luminarias

$H \rightarrow$  factor de utilización

$N_T \rightarrow$  Número total de luminarias que se instalaran en la sala





### 2.1.4.CÁLCULOS

- **Oficinas norte planta baja**

#### Exposiciones

$$x = 14,43 \text{ m}$$

$$y = 7,42 \text{ m}$$

$$H = 2,65 \text{ m}$$

$$E = 500 \text{ lux}$$

$$p = 0,85 \text{ m}$$

$$d = 0 \text{ m}$$

Luminaria → Down light SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)

$$\varphi_L = 3600 \text{ lm}$$

$$h = H - p - d = 2,65 - 0,85 - 0 = 1,8 \text{ m}$$

$$k = \frac{x \cdot y}{h \cdot (x + y)} = \frac{14,43 \cdot 7,42}{1,8 \cdot (14,43 + 7,42)} = 2,7224$$

Vamos a las tablas de factor de utilización y hay que interpolar:

$$\frac{3,0 - 2,5}{3,0 - 2,7224} = \frac{0,4 - 0,39}{0,4 - \eta} \rightarrow \eta = 0,3944$$

$$\varphi_T = \frac{E \cdot x \cdot y}{f_m \cdot \eta} = \frac{500 \cdot 14,43 \cdot 7,42}{0,8 \cdot 0,3944} = 169673 \text{ lm}$$

$$N = \frac{\varphi_T}{\varphi_L} = \frac{169673}{3600} = 48$$

$$D = \sqrt{\frac{x \cdot y}{N}} = \sqrt{\frac{14,43 \cdot 7,42}{48}} = 1,49 \text{ m}$$

$$N_x = \frac{x}{D} = \frac{14,43}{1,49} = 10$$

$$N_y = \frac{y}{D} = \frac{7,42}{1,49} = 5$$

$$N_t = N_x \cdot N_y = 10 \cdot 5 = 50 \text{ luminarias}$$



Comprobación:

$$e_1 = \frac{14,43}{10} = 1,443 \text{ m}$$

$$\Rightarrow e_1 = 1,6 \cdot 1,8 = 2,88 \text{ m Cumple}$$

$$e_1 = \frac{7,42}{5} = 1,484 \text{ m}$$

$$E_m = \frac{N_T \cdot \varphi_L \cdot \eta \cdot f_m}{x \cdot y} = \frac{50 \cdot 3600 \cdot 0,3944 \cdot 0,8}{14,43 \cdot 7,42} = 530,43 \text{ lux} \geq 500 \text{ lux} \Rightarrow \text{correcto}$$

### Despacho secretaria

$$x = 4,83 \text{ m}$$

$$y = 4,73 \text{ m}$$

$$H = 2,65 \text{ m}$$

$$E = 500 \text{ lux}$$

$$p = 0,85 \text{ m}$$

$$d = 0 \text{ m}$$

Luminaria  $\rightarrow$  Down light SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)

$$\varphi_L = 3600 \text{ lm}$$

$$h = H - p - d = 2,65 - 0,85 - 0 = 1,8 \text{ m}$$

$$k = \frac{x \cdot y}{h \cdot (x + y)} = \frac{4,83 \cdot 4,73}{1,8 \cdot (4,83 + 4,73)} = 1,3273$$

Vamos a las tablas de factor de utilización y hay que interpolar:

$$\frac{1,5 - 1,25}{1,5 - 1,3273} = \frac{0,34 - 0,32}{0,34 - \eta} \rightarrow \eta = 0,3262$$

$$\varphi_T = \frac{E \cdot x \cdot y}{f_m \cdot \eta} = \frac{500 \cdot 4,83 \cdot 4,73}{0,8 \cdot 0,3262} = 43773 \text{ lm}$$

$$N = \frac{\varphi_T}{\varphi_L} = \frac{43773}{3600} = 13$$



$$D = \sqrt{\frac{x \cdot y}{N}} = \sqrt{\frac{4,83 \cdot 4,73}{13}} = 1,33 \text{ m}$$

$$N_x = \frac{x}{D} = \frac{4,83}{1,33} = 4$$

$$N_y = \frac{y}{D} = \frac{4,73}{1,33} = 4$$

$$N_t = N_x \cdot N_y = 4 \cdot 4 = 16 \text{ luminarias}$$

Comprobación:

$$e_1 = \frac{4,83}{4} = 1,2075 \text{ m}$$

$$\Rightarrow e_1 = 1,6 \cdot 1,8 = 2,88 \text{ m Cumple}$$

$$e_1 = \frac{4,73}{4} = 1,1825 \text{ m}$$

$$E_m = \frac{N_T \cdot \varphi_L \cdot \eta \cdot f_m}{x \cdot y} = \frac{16 \cdot 3600 \cdot 0,3262 \cdot 0,8}{4,83 \cdot 4,73} = 657,94 \text{ lux} \geq 500 \text{ lux} \Rightarrow \text{correcto}$$

### W.C. Hombres

$$x = 4,73 \text{ m}$$

$$y = 4,73 \text{ m}$$

$$H = 2,65 \text{ m}$$

$$E = 200 \text{ lux}$$

$$p = 0 \text{ m}$$

$$d = 0 \text{ m}$$

Fluorescente empotrado → TBS 411 1x28W/840 HF D8 PI

$$\varphi_L = 2600 \text{ lm}$$

$$h = H - p - d = 2,65 - 0 - 0 = 2,65 \text{ m}$$

$$k = \frac{x \cdot y}{h \cdot (x + y)} = \frac{4,73 \cdot 4,73}{2,65 \cdot (4,73 + 4,73)} = 0,8924$$



Vamos a las tablas de factor de utilización y hay que interpolar:

$$\frac{1,0 - 0,8}{1,0 - 0,8924} = \frac{0,59 - 0,53}{0,59 - \eta} \rightarrow \eta = 0,5577$$

$$\varphi_T = \frac{E \cdot x \cdot y}{f_m \cdot \eta} = \frac{200 \cdot 4,73 \cdot 4,73}{0,8 \cdot 0,5577} = 10029 \text{ lm}$$

$$N = \frac{\varphi_T}{\varphi_L} = \frac{10029}{2600} = 4$$

$$D = \sqrt{\frac{x \cdot y}{N}} = \sqrt{\frac{4,73 \cdot 4,73}{4}} = 2,365 \text{ m}$$

$$N_x = \frac{x}{D} = \frac{4,73}{2,365} = 2$$

$$N_y = \frac{y}{D} = \frac{4,73}{2,365} = 2$$

$$N_t = N_x \cdot N_y = 2 \cdot 2 = 4 \text{ luminarias}$$

Comprobación:

$$e_1 = \frac{4,73}{2} = 2,365 \text{ m}$$

$$\Rightarrow e_1 = 1,6 \cdot 2,65 = 4,24 \text{ m Cumple}$$

$$e_1 = \frac{4,73}{2} = 2,365 \text{ m}$$

$$E_m = \frac{N_T \cdot \varphi_L \cdot \eta \cdot f_m}{x \cdot y} = \frac{4 \cdot 2600 \cdot 0,5577 \cdot 0,8}{2,365 \cdot 2,365} = 829,59 \text{ lux} \geq 200 \text{ lux} \Rightarrow \text{correcto}$$

### W.C. Mujeres

$$x = 4,73 \text{ m}$$

$$y = 4,73 \text{ m}$$

$$H = 2,65 \text{ m}$$

$$E = 200 \text{ lux}$$

$$p = 0 \text{ m}$$

$$d = 0 \text{ m}$$

Fluorescente empotrado  $\rightarrow$  TBS 411 1x28W/840 HF D8 PI

$$\varphi_L = 2600 \text{ lm}$$



$$h = H - p - d = 2,65 - 0 - 0 = 2,65 \text{ m}$$

$$k = \frac{x \cdot y}{h \cdot (x + y)} = \frac{4,73 \cdot 4,73}{2,65 \cdot (4,73 + 4,73)} = 0,8924$$

Vamos a las tablas de factor de utilización y hay que interpolar:

$$\frac{1,0 - 0,8}{1,0 - 0,8924} = \frac{0,59 - 0,53}{0,59 - \eta} \rightarrow \eta = 0,5577$$

$$\varphi_T = \frac{E \cdot x \cdot y}{f_m \cdot \eta} = \frac{200 \cdot 4,73 \cdot 4,73}{0,8 \cdot 0,5577} = 10029 \text{ lm}$$

$$N = \frac{\varphi_T}{\varphi_L} = \frac{10029}{2600} = 4$$

$$D = \sqrt{\frac{x \cdot y}{N}} = \sqrt{\frac{4,73 \cdot 4,73}{4}} = 2,365 \text{ m}$$

$$N_x = \frac{x}{D} = \frac{4,73}{2,365} = 2$$

$$N_y = \frac{y}{D} = \frac{4,73}{2,365} = 2$$

$$N_t = N_x \cdot N_y = 2 \cdot 2 = 4 \text{ luminarias}$$

Comprobación:

$$e_1 = \frac{4,73}{2} = 2,365 \text{ m}$$

$$\Rightarrow e_1 = 1,6 \cdot 2,65 = 4,24 \text{ m Cumple}$$

$$e_1 = \frac{4,73}{2} = 2,365 \text{ m}$$

$$E_m = \frac{N_T \cdot \varphi_L \cdot \eta \cdot f_m}{x \cdot y} = \frac{4 \cdot 2600 \cdot 0,5577 \cdot 0,8}{2,365 \cdot 2,365} = 829,59 \text{ lux} \geq 200 \text{ lux} \Rightarrow \text{correcto}$$

**Despacho 1**

$$x = 4,41 \text{ m}$$

$$y = 4,73 \text{ m}$$

$$H = 2,65 \text{ m}$$

$$E = 500 \text{ lux}$$

$$p = 0,85 \text{ m}$$

$$d = 0 \text{ m}$$

Luminaria → Down light SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)

$$\varphi_L = 3600 \text{ lm}$$

$$h = H - p - d = 2,65 - 0,85 - 0 = 1,8 \text{ m}$$

$$k = \frac{x \cdot y}{h \cdot (x + y)} = \frac{4,41 \cdot 4,73}{1,8 \cdot (4,41 + 4,73)} = 1,2679$$

Vamos a las tablas de factor de utilización y hay que interpolar:

$$\frac{1,5 - 1,25}{1,5 - 1,2679} = \frac{0,34 - 0,32}{0,34 - \eta} \rightarrow \eta = 0,3214$$

$$\varphi_T = \frac{E \cdot x \cdot y}{f_m \cdot \eta} = \frac{500 \cdot 4,41 \cdot 4,73}{0,8 \cdot 0,3214} = 40564 \text{ lm}$$

$$N = \frac{\varphi_T}{\varphi_L} = \frac{40564}{3600} = 12$$

$$D = \sqrt{\frac{x \cdot y}{N}} = \sqrt{\frac{4,41 \cdot 4,73}{12}} = 1,318 \text{ m}$$

$$N_x = \frac{x}{D} = \frac{4,41}{1,318} = 4$$

$$N_y = \frac{y}{D} = \frac{4,73}{1,318} = 4$$

$$N_t = N_x \cdot N_y = 4 \cdot 4 = 16 \text{ luminarias}$$

Comprobación:

$$e_1 = \frac{4,41}{4} = 1,1025 \text{ m}$$

$$\Rightarrow e_1 = 1,6 \cdot 1,8 = 2,88 \text{ m Cumple}$$



$$e_1 = \frac{4,73}{4} = 1,1825 \text{ m}$$

$$E_m = \frac{N_T \cdot \varphi_L \cdot \eta \cdot f_m}{x \cdot y} = \frac{16 \cdot 3600 \cdot 0,3214 \cdot 0,8}{4,41 \cdot 4,73} = 710 \text{ lux} \geq 500 \text{ lux} \Rightarrow \text{correcto}$$

### Laboratorio 1

$$x = 5,26 \text{ m}$$

$$y = 4,73 \text{ m}$$

$$H = 2,65 \text{ m}$$

$$E = 500 \text{ lux}$$

$$p = 0,85 \text{ m}$$

$$d = 0 \text{ m}$$

Luminaria  $\rightarrow$  Down light SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)

$$\varphi_L = 3600 \text{ lm}$$

$$h = H - p - d = 2,65 - 0,85 - 0 = 1,8 \text{ m}$$

$$k = \frac{x \cdot y}{h \cdot (x + y)} = \frac{5,26 \cdot 4,73}{1,8 \cdot (5,26 + 4,73)} = 1,3836$$

Vamos a las tablas de factor de utilización y hay que interpolar:

$$\frac{1,5 - 1,25}{1,5 - 1,3836} = \frac{0,34 - 0,32}{0,34 - \eta} \rightarrow \eta = 0,3307$$

$$\varphi_T = \frac{E \cdot x \cdot y}{f_m \cdot \eta} = \frac{500 \cdot 5,26 \cdot 4,73}{0,8 \cdot 0,3307} = 47022 \text{ lm}$$

$$N = \frac{\varphi_T}{\varphi_L} = \frac{47022}{3600} = 14$$

$$D = \sqrt{\frac{x \cdot y}{N}} = \sqrt{\frac{5,26 \cdot 4,73}{14}} = 1,3331 \text{ m}$$

$$N_x = \frac{x}{D} = \frac{5,26}{1,3331} = 4$$

$$N_y = \frac{y}{D} = \frac{4,73}{1,3331} = 4$$

$$N_t = N_x \cdot N_y = 4 \cdot 4 = 16 \text{ luminarias}$$



Comprobación:

$$e_1 = \frac{5,26}{4} = 1,315 \text{ m}$$

$$\Rightarrow e_1 = 1,6 \cdot 1,8 = 2,88 \text{ m Cumple}$$

$$e_1 = \frac{4,73}{4} = 1,1825 \text{ m}$$

$$E_m = \frac{N_T \cdot \varphi_L \cdot \eta \cdot f_m}{x \cdot y} = \frac{16 \cdot 3600 \cdot 0,3307 \cdot 0,8}{5,26 \cdot 4,73} = 613 \text{ lux} \geq 500 \text{ lux} \Rightarrow \text{correcto}$$

## Laboratorio 2

x= 4,3 m

y= 6,45 m

H= 2,65 m

E= 500 lux

p=0,85 m

d=0 m

Luminaria → Down light SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)

$\varphi_L = 3600 \text{ lm}$

$$h = H - p - d = 2,65 - 0,85 - 0 = 1,8 \text{ m}$$

$$k = \frac{x \cdot y}{h \cdot (x + y)} = \frac{4,3 \cdot 6,45}{1,8 \cdot (4,3 + 6,45)} = 1,433$$

Vamos a las tablas de factor de utilización y hay que interpolar:

$$\frac{1,5 - 1,25}{1,5 - 1,433} = \frac{0,34 - 0,32}{0,34 - \eta} \rightarrow \eta = 0,3346$$

$$\varphi_T = \frac{E \cdot x \cdot y}{f_m \cdot \eta} = \frac{500 \cdot 4,3 \cdot 6,45}{0,8 \cdot 0,3346} = 51807 \text{ lm}$$

$$N = \frac{\varphi_T}{\varphi_L} = \frac{51807}{3600} = 15$$

$$D = \sqrt{\frac{x \cdot y}{N}} = \sqrt{\frac{4,3 \cdot 6,45}{15}} = 1,3598 \text{ m}$$





$$N_x = \frac{x}{D} = \frac{4,3}{1,3598} = 4$$

$$N_y = \frac{y}{D} = \frac{6,45}{1,3598} = 5$$

$$N_t = N_x \cdot N_y = 4 \cdot 5 = 20 \text{ luminarias}$$

Debido al hueco descontamos 2 luminarias así que tendremos 18.

Comprobación:

$$e_1 = \frac{4,3}{4} = 1,075 \text{ m}$$

$$\Rightarrow e_1 = 1,6 \cdot 1,8 = 2,88 \text{ m Cumple}$$

$$e_1 = \frac{6,45}{5} = 1,29 \text{ m}$$

$$E_m = \frac{N_T \cdot \varphi_L \cdot \eta \cdot f_m}{x \cdot y} = \frac{20 \cdot 3600 \cdot 0,3346 \cdot 0,8}{6,45 \cdot 4,3} = 695 \text{ lux} \geq 500 \text{ lux} \Rightarrow \text{correcto}$$

### Técnicos

$$x = 4,84 \text{ m}$$

$$y = 6,45 \text{ m}$$

$$H = 2,65 \text{ m}$$

$$E = 750 \text{ lux}$$

$$p = 0,85 \text{ m}$$

$$d = 0 \text{ m}$$

Luminaria → Down light SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)

$$\varphi_L = 3600 \text{ lm}$$

$$h = H - p - d = 2,65 - 0,85 - 0 = 1,8 \text{ m}$$

$$k = \frac{x \cdot y}{h \cdot (x + y)} = \frac{4,84 \cdot 6,45}{1,8 \cdot (4,84 + 6,45)} = 1,5362$$



Vamos a las tablas de factor de utilización y hay que interpolar:

$$\frac{2,0 - 1,5}{2,0 - 1,5362} = \frac{0,37 - 0,34}{0,37 - \eta} \rightarrow \eta = 0,3422$$

$$\varphi_T = \frac{E \cdot x \cdot y}{f_m \cdot \eta} = \frac{750 \cdot 4,84 \cdot 6,45}{0,8 \cdot 0,3422} = 85526 \text{ lm}$$

$$N = \frac{\varphi_T}{\varphi_L} = \frac{85526}{3600} = 24$$

$$D = \sqrt{\frac{x \cdot y}{N}} = \sqrt{\frac{4,84 \cdot 6,45}{24}} = 1,1405 \text{ m}$$

$$N_x = \frac{x}{D} = \frac{4,84}{1,1405} = 5$$

$$N_y = \frac{y}{D} = \frac{6,45}{1,1405} = 6$$

$$N_t = N_x \cdot N_y = 5 \cdot 6 = 30 \text{ luminarias}$$

Comprobación:

$$e_1 = \frac{4,84}{5} = 0,968 \text{ m}$$

$$\Rightarrow e_1 = 1,6 \cdot 1,8 = 2,88 \text{ m Cumple}$$

$$e_1 = \frac{6,45}{6} = 1,075 \text{ m}$$

$$E_m = \frac{N_T \cdot \varphi_L \cdot \eta \cdot f_m}{x \cdot y} = \frac{30 \cdot 3600 \cdot 0,3422 \cdot 0,8}{4,84 \cdot 6,45} = 947 \text{ lux} \geq 750 \text{ lux} \Rightarrow \text{correcto}$$

#### D. Técnicos

$$x = 5,375 \text{ m}$$

$$y = 5,0525 \text{ m}$$

$$H = 2,65 \text{ m}$$

$$E = 750 \text{ lux}$$

$$p = 0,85 \text{ m}$$

$$d = 0 \text{ m}$$

Luminaria  $\rightarrow$  Down light SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)

$$\varphi_L = 3600 \text{ lm}$$



$$h = H - p - d = 2,65 - 0,85 - 0 = 1,8 \text{ m}$$

$$k = \frac{x \cdot y}{h \cdot (x + y)} = \frac{5,375 \cdot 5,0525}{1,8 \cdot (5,375 + 5,0525)} = 1,4469$$

Vamos a las tablas de factor de utilización y hay que interpolar:

$$\frac{1,5 - 1,25}{1,5 - 1,4469} = \frac{0,34 - 0,32}{0,34 - \eta} \rightarrow \eta = 0,3357$$

$$\varphi_T = \frac{E \cdot x \cdot y}{f_m \cdot \eta} = \frac{750 \cdot 5,375 \cdot 5,0525}{0,8 \cdot 0,3357} = 75842 \text{ lm}$$

$$N = \frac{\varphi_T}{\varphi_L} = \frac{75842}{3600} = 21$$

$$D = \sqrt{\frac{x \cdot y}{N}} = \sqrt{\frac{5,375 \cdot 5,0525}{21}} = 1,1372 \text{ m}$$

$$N_x = \frac{x}{D} = \frac{5,375}{1,1372} = 5$$

$$N_y = \frac{y}{D} = \frac{5,0525}{1,1372} = 5$$

$$N_t = N_x \cdot N_y = 5 \cdot 5 = 25 \text{ luminarias}$$

Si añadimos la zona de la entrada el total a instalar es de 26 luminarias.

Comprobación:

$$e_1 = \frac{5,375}{5} = 1,075 \text{ m}$$

$$\Rightarrow e_1 = 1,6 \cdot 1,8 = 2,88 \text{ m Cumple}$$

$$e_2 = \frac{5,0525}{5} = 1,0105 \text{ m}$$

$$E_m = \frac{N_T \cdot \varphi_L \cdot \eta \cdot f_m}{x \cdot y} = \frac{25 \cdot 3600 \cdot 0,3357 \cdot 0,8}{5,375 \cdot 5,0525} = 890 \text{ lux} \geq 750 \text{ lux} \Rightarrow \text{correcto}$$



### D. Administración

$$x = 4,408 \text{ m}$$

$$y = 4,945 \text{ m}$$

$$H = 2,65 \text{ m}$$

$$E = 500 \text{ lux}$$

$$p = 0,85 \text{ m}$$

$$d = 0 \text{ m}$$

Luminaria → Down light SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)

$$\varphi_L = 3600 \text{ lm}$$

$$h = H - p - d = 2,65 - 0,85 - 0 = 1,8 \text{ m}$$

$$k = \frac{x \cdot y}{h \cdot (x + y)} = \frac{4,408 \cdot 4,945}{1,8 \cdot (4,408 + 4,945)} = 1,2947$$

Vamos a las tablas de factor de utilización y hay que interpolar:

$$\frac{1,5 - 1,25}{1,5 - 1,2947} = \frac{0,34 - 0,32}{0,34 - \eta} \rightarrow \eta = 0,3236$$

$$\varphi_T = \frac{E \cdot x \cdot y}{f_m \cdot \eta} = \frac{500 \cdot 4,408 \cdot 4,945}{0,8 \cdot 0,3236} = 42100 \text{ lm}$$

$$N = \frac{\varphi_T}{\varphi_L} = \frac{42100}{3600} = 12$$

$$D = \sqrt{\frac{x \cdot y}{N}} = \sqrt{\frac{4,408 \cdot 4,945}{12}} = 1,3478 \text{ m}$$

$$N_x = \frac{x}{D} = \frac{4,408}{1,3478} = 4$$

$$N_y = \frac{y}{D} = \frac{4,945}{1,3478} = 4$$

$$N_t = N_x \cdot N_y = 4 \cdot 4 = 16 \text{ luminarias}$$

Comprobación:

$$e_1 = \frac{4,408}{4} = 1,102 \text{ m}$$

$$\Rightarrow e_1 = 1,6 \cdot 1,8 = 2,88 \text{ m Cumple}$$



$$e_1 = \frac{4,945}{4} = 1,2362 \text{ m}$$

$$E_m = \frac{N_T \cdot \varphi_L \cdot \eta \cdot f_m}{x \cdot y} = \frac{16 \cdot 3600 \cdot 0,3236 \cdot 0,8}{4,408 \cdot 4,945} = 685 \text{ lux} \geq 500 \text{ lux} \Rightarrow \text{correcto}$$

### Recepción

$$x = 4,408 \text{ m}$$

$$y = 6,67 \text{ m}$$

$$H = 2,65 \text{ m}$$

$$E = 500 \text{ lux}$$

$$p = 0,85 \text{ m}$$

$$d = 0 \text{ m}$$

Luminaria → Down light SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)

$$\varphi_L = 3600 \text{ lm}$$

$$h = H - p - d = 2,65 - 0,85 - 0 = 1,8 \text{ m}$$

$$k = \frac{x \cdot y}{h \cdot (x + y)} = \frac{4,408 \cdot 6,67}{1,8 \cdot (4,408 + 6,67)} = 1,4745$$

Vamos a las tablas de factor de utilización y hay que interpolar:

$$\frac{1,5 - 1,25}{1,5 - 1,4745} = \frac{0,34 - 0,32}{0,34 - \eta} \rightarrow \eta = 0,3379$$

$$\varphi_T = \frac{E \cdot x \cdot y}{f_m \cdot \eta} = \frac{500 \cdot 4,408 \cdot 6,67}{0,8 \cdot 0,3379} = 54383 \text{ lm}$$

$$N = \frac{\varphi_T}{\varphi_L} = \frac{54383}{3600} = 15$$

$$D = \sqrt{\frac{x \cdot y}{N}} = \sqrt{\frac{4,408 \cdot 6,67}{15}} = 1,4 \text{ m}$$

$$N_x = \frac{x}{D} = \frac{4,408}{1,4} = 4$$

$$N_y = \frac{y}{D} = \frac{6,67}{1,4} = 5$$

$$N_t = N_x \cdot N_y = 5 \cdot 4 = 20 \text{ luminarias}$$



Comprobación:

$$e_1 = \frac{4,408}{4} = 1,102 \text{ m}$$

$$\Rightarrow e_1 = 1,6 \cdot 1,88 = 2,88 \text{ m Cumple}$$

$$e_1 = \frac{6,67}{5} = 1,334 \text{ m}$$

$$E_m = \frac{N_T \cdot \varphi_L \cdot \eta \cdot f_m}{x \cdot y} = \frac{20 \cdot 3600 \cdot 0,3379 \cdot 0,8}{4,408 \cdot 6,67} = 662 \text{ lux} \geq 500 \text{ lux} \Rightarrow \text{correcto}$$

### Hall entrada

$$x = 4,408 \text{ m}$$

$$y = 5,59 \text{ m}$$

$$H = 2,65 \text{ m}$$

$$E = 100 \text{ lux}$$

$$p = 0 \text{ m}$$

$$d = 0 \text{ m}$$

Fluorescente montaje superficial  $\rightarrow$  TCS 640 1x35W/840 HFP C8 ALU

$$\varphi_L = 3300 \text{ lm}$$

$$h = H - p - d = 2,65 - 0 - 0 = 2,65 \text{ m}$$

$$k = \frac{x \cdot y}{h \cdot (x + y)} = \frac{4,408 \cdot 5,59}{2,65 \cdot (4,408 + 5,59)} = 0,9301$$

Vamos a las tablas de factor de utilización y hay que interpolar:

$$\frac{1,0 - 0,8}{1,0 - 0,9301} = \frac{0,59 - 0,53}{0,59 - \eta} \rightarrow \eta = 0,5691$$

$$\varphi_T = \frac{E \cdot x \cdot y}{f_m \cdot \eta} = \frac{100 \cdot 4,408 \cdot 5,59}{0,8 \cdot 0,5691} = 5413 \text{ lm}$$

$$N = \frac{\varphi_T}{\varphi_L} = \frac{5413}{3300} = 2$$

$$D = \sqrt{\frac{x \cdot y}{N}} = \sqrt{\frac{4,408 \cdot 5,59}{2}} = 3,51 \text{ m}$$



$$N_x = \frac{x}{D} = \frac{4,408}{3,51} = 2$$

$$N_y = \frac{y}{D} = \frac{5,59}{3,51} = 2$$

$$N_t = N_x \cdot N_y = 2 \cdot 2 = 4 \text{ luminarias}$$

Comprobación:

$$e_1 = \frac{4,408}{2} = 2,204 \text{ m}$$

$$\Rightarrow e_1 = 1,6 \cdot 2,65 = 4,24 \text{ m Cumple}$$

$$e_1 = \frac{5,59}{2} = 2,795 \text{ m}$$

$$E_m = \frac{N_t \cdot \varphi_L \cdot \eta \cdot f_m}{x \cdot y} = \frac{4 \cdot 3300 \cdot 0,5691 \cdot 0,8}{4,408 \cdot 5,59} = 244 \text{ lux} \geq 100 \text{ lux} \Rightarrow \text{correcto}$$

### Sala reuniones

x= 4,408 m

y= 3,87 m

H= 2,65 m

E= 500 lux

p=0,85 m

d=0 m

Luminaria → Down light SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)

$\varphi_L = 3600 \text{ lm}$

$$h = H - p - d = 2,65 - 0,85 - 0 = 1,8 \text{ m}$$

$$k = \frac{x \cdot y}{h \cdot (x + y)} = \frac{4,408 \cdot 3,87}{1,8 \cdot (4,408 + 3,87)} = 1,1449$$

Vamos a las tablas de factor de utilización y hay que interpolar:

$$\frac{1,25 - 1,0}{1,25 - 1,1449} = \frac{0,32 - 0,29}{0,32 - \eta} \rightarrow \eta = 0,3074$$



$$\varphi_T = \frac{E \cdot x \cdot y}{f_m \cdot \eta} = \frac{500 \cdot 4,408 \cdot 3,87}{0,8 \cdot 0,3074} = 34684 \text{ lm}$$

$$N = \frac{\varphi_T}{\varphi_L} = \frac{34684}{3600} = 10$$

$$D = \sqrt{\frac{x \cdot y}{N}} = \sqrt{\frac{4,408 \cdot 3,87}{10}} = 1,3061 \text{ m}$$

$$N_x = \frac{x}{D} = \frac{4,408}{1,3061} = 4$$

$$N_y = \frac{y}{D} = \frac{3,87}{1,3061} = 3$$

$$N_t = N_x \cdot N_y = 4 \cdot 3 = 12 \text{ luminarias}$$

Comprobación:

$$e_1 = \frac{4,408}{4} = 1,102 \text{ m}$$

$$\Rightarrow e_1 = 1,6 \cdot 1,8 = 2,88 \text{ m Cumple}$$

$$e_1 = \frac{3,87}{3} = 1,29 \text{ m}$$

$$E_m = \frac{N_T \cdot \varphi_L \cdot \eta \cdot f_m}{x \cdot y} = \frac{12 \cdot 3600 \cdot 0,3074 \cdot 0,8}{4,408 \cdot 3,87} = 623 \text{ lux} \geq 500 \text{ lux} \Rightarrow \text{correcto}$$

### Sala fotocopias

x= 4,085 m

y= 5,805 m

H= 2,65 m

E= 300 lux

p= 0,85 m

d=0 m

Luminaria → Down light SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)

$\varphi_L = 3600 \text{ lm}$

$$h = H - p - d = 2,65 - 0,85 - 0 = 1,8 \text{ m}$$





$$k = \frac{x \cdot y}{h \cdot (x + y)} = \frac{4,085 \cdot 5,805}{1,8 \cdot (4,085 + 5,805)} = 1,3321$$

Vamos a las tablas de factor de utilización y hay que interpolar:

$$\frac{1,5 - 1,25}{1,5 - 1,3321} = \frac{0,34 - 0,32}{0,34 - \eta} \rightarrow \eta = 0,3266$$

$$\varphi_T = \frac{E \cdot x \cdot y}{f_m \cdot \eta} = \frac{300 \cdot 4,085 \cdot 5,805}{0,8 \cdot 0,3266} = 27228 \text{ lm}$$

$$N = \frac{\varphi_T}{\varphi_L} = \frac{27228}{3600} = 8$$

$$D = \sqrt{\frac{x \cdot y}{N}} = \sqrt{\frac{4,085 \cdot 5,805}{8}} = 1,7217 \text{ m}$$

$$N_x = \frac{x}{D} = \frac{4,085}{1,7217} = 3$$

$$N_y = \frac{y}{D} = \frac{5,805}{1,7217} = 4$$

$$N_t = N_x \cdot N_y = 3 \cdot 4 = 12 \text{ luminarias}$$

Comprobación

$$e_1 = \frac{5,805}{4} = 1,4512 \text{ m}$$

$$\Rightarrow e_1 = 1,6 \cdot 1,8 = 2,88 \text{ m Cumple}$$

$$e_2 = \frac{4,085}{3} = 1,362 \text{ m}$$

$$E_m = \frac{N_T \cdot \varphi_L \cdot \eta \cdot f_m}{x \cdot y} = \frac{12 \cdot 3600 \cdot 0,3266 \cdot 0,8}{5,805 \cdot 4,085} = 476 \text{ lux} \geq 300 \text{ lux} \Rightarrow \text{correcto}$$

**Pasillo parte 1**

$$x = 4,945 \text{ m}$$

$$y = 1,1825 \text{ m}$$

$$H = 2,65 \text{ m}$$

$$E = 300 \text{ lux}$$

$$p = 0 \text{ m}$$

$$d = 0 \text{ m}$$

Fluorescente montaje superficial → TCS 640 1x35W/840 HFP C8 ALU

$$\varphi_L = 3300 \text{ lm}$$

$$h = H - p - d = 2,65 - 0 - 0 = 2,65 \text{ m}$$

$$k = \frac{x \cdot y}{h \cdot (x + y)} = \frac{4,945 \cdot 1,1825}{2,65 \cdot (4,945 + 1,1825)} = 0,3601$$

Vamos a las tablas de factor de utilización y hay que interpolar:

$$\frac{0,6 - 0}{0,6 - 0,3601} = \frac{0,45 - 0}{0,45 - \eta} \rightarrow \eta = 0,27$$

$$\varphi_T = \frac{E \cdot x \cdot y}{f_m \cdot \eta} = \frac{300 \cdot 4,945 \cdot 1,1825}{0,8 \cdot 0,27} = 8122 \text{ lm}$$

$$N = \frac{\varphi_T}{\varphi_L} = \frac{8122}{3300} = 3$$

$$D = \sqrt{\frac{x \cdot y}{N}} = \sqrt{\frac{4,945 \cdot 1,1825}{3}} = 1,3961 \text{ m}$$

$$N_x = \frac{x}{D} = \frac{4,945}{1,3961} = 4$$

$$N_y = \frac{y}{D} = \frac{1,1825}{1,3961} = 1$$

$$N_t = N_x \cdot N_y = 4 \cdot 1 = 4 \text{ luminarias}$$

Comprobación

$$e_1 = \frac{4,945}{4} = 1,2362 \text{ m}$$



$$\Rightarrow e_1 = 1,6 \cdot 2,65 = 4,24 \text{ m Cumple}$$

$$e_1 = \frac{1,1825}{1} = 1,1825 \text{ m}$$

$$E_m = \frac{N_T \cdot \varphi_L \cdot \eta \cdot f_m}{x \cdot y} = \frac{4 \cdot 3300 \cdot 0,27 \cdot 0,8}{4,945 \cdot 1,1825} = 488 \text{ lux} \geq 300 \text{ lux} \Rightarrow \text{correcto}$$

### Pasillo parte 2

$$x = 8,385 \text{ m}$$

$$y = 1,6125 \text{ m}$$

$$H = 2,65 \text{ m}$$

$$E = 300 \text{ lux}$$

$$p = 0 \text{ m}$$

$$d = 0 \text{ m}$$

Fluorescente montaje superficial  $\rightarrow$  TCS 640 1x35W/840 HFP C8 ALU

$$\varphi_L = 3300 \text{ lm}$$

$$h = H - p - d = 2,65 - 0 - 0 = 2,65 \text{ m}$$

$$k = \frac{x \cdot y}{h \cdot (x + y)} = \frac{8,385 \cdot 1,6125}{2,65 \cdot (8,385 + 1,6125)} = 0,5103$$

Vamos a las tablas de factor de utilización y hay que interpolar:

$$\frac{0,6 - 0}{0,6 - 0,5103} = \frac{0,45 - 0}{0,45 - \eta} \rightarrow \eta = 0,3827$$

$$\varphi_T = \frac{E \cdot x \cdot y}{f_m \cdot \eta} = \frac{300 \cdot 8,385 \cdot 1,6125}{0,8 \cdot 0,3827} = 13249 \text{ lm}$$

$$N = \frac{\varphi_T}{\varphi_L} = \frac{13249}{3300} = 4$$

$$D = \sqrt{\frac{x \cdot y}{N}} = \sqrt{\frac{8,385 \cdot 1,6125}{4}} = 1,8385 \text{ m}$$

$$N_x = \frac{x}{D} = \frac{8,385}{1,8385} = 5$$



$$N_y = \frac{y}{D} = \frac{1.6125}{1.8385} = 1$$

$$N_t = N_x \cdot N_y = 5 \cdot 1 = 5 \text{ luminarias}$$

Comprobación

$$e_1 = \frac{8.385}{5} = 1.677 \text{ m}$$

$$\Rightarrow e_1 = 1.6 \cdot 2.65 = 4.24 \text{ m Cumple}$$

$$e_1 = \frac{1.6125}{1} = 1.6125 \text{ m}$$

$$E_m = \frac{N_T \cdot \varphi_L \cdot \eta \cdot f_m}{x \cdot y} = \frac{5 \cdot 3300 \cdot 0.3827 \cdot 0.8}{8.385 \cdot 1.6125} = 374 \text{ lux} \geq 300 \text{ lux} \Rightarrow \text{correcto}$$

### Pasillo parte 3

$$x = 1.3975 \text{ m}$$

$$y = 26.015 \text{ m}$$

$$H = 2.65 \text{ m}$$

$$E = 300 \text{ lux}$$

$$p = 0 \text{ m}$$

$$d = 0 \text{ m}$$

Fluorescente montaje superficial  $\rightarrow$  TCS 640 1x35W/840 HFP C8 ALU

$$\varphi_L = 3300 \text{ lm}$$

$$h = H - p - d = 2.65 - 0 - 0 = 2.65 \text{ m}$$

$$k = \frac{x \cdot y}{h \cdot (x + y)} = \frac{1.3975 \cdot 26.015}{2.65 \cdot (1.3975 + 26.015)} = 0.5005$$

Vamos a las tablas de factor de utilización y hay que interpolar:

$$\frac{0.6 - 0}{0.6 - 0.5005} = \frac{0.45 - 0}{0.45 - \eta} \rightarrow \eta = 0.3754$$

$$\varphi_T = \frac{E \cdot x \cdot y}{f_m \cdot \eta} = \frac{300 \cdot 1.3975 \cdot 26.015}{0.8 \cdot 0.3754} = 36318$$



$$N = \frac{\varphi_T}{\varphi_L} = \frac{36318}{3300} = 11$$

$$D = \sqrt{\frac{x \cdot y}{N}} = \sqrt{\frac{1.3975 \cdot 26.015}{11}} = 1.8179$$

$$N_x = \frac{x}{D} = \frac{1.3975}{1.8179} = 1$$

$$N_y = \frac{y}{D} = \frac{26.015}{1.8179} = 15$$

$$N_t = N_x \cdot N_y = 1 \cdot 15 = 15 \text{ luminarias}$$

### Almacén instalaciones 1

x= 3.552 m

y= 1.332 m

H= 2.65 m

E= 300 lux

p=0 m

d=0 m

Fluorescente montaje superficial → TCS 640 1x35W/840 HFP C8 ALU

$\varphi_L = 3300 \text{ lm}$

$$h = H - p - d = 2.65 - 0 - 0 = 2.65 \text{ m}$$

$$k = \frac{x \cdot y}{h \cdot (x + y)} = \frac{3.552 \cdot 1.332}{2.65 \cdot (3.552 + 1.332)} = 0.366$$

Vamos a las tablas de factor de utilización y hay que interpolar:

$$\frac{0.60 - 0}{0.60 - 0.45} = \frac{0.25 - 0}{0.25 - \eta} \rightarrow \eta = 0.1875$$

$$\varphi_T = \frac{E \cdot x \cdot y}{f_m \cdot \eta} = \frac{300 \cdot 3.552 \cdot 1.332}{0.8 \cdot 0.1875} = 9462.53 \text{ lm}$$

$$N = \frac{\varphi_T}{\varphi_L} = \frac{9462.53}{3300} = 2.867$$



$$D = \sqrt{\frac{x \cdot y}{N}} = \sqrt{\frac{3.552 \cdot 1.332}{2.867}} = 1.2845 \text{ m}$$

$$N_x = \frac{x}{D} = \frac{3.552}{1.2845} = 3$$

$$N_y = \frac{y}{D} = \frac{1.332}{1.2845} = 1$$

$$N_t = N_x \cdot N_y = 3 \cdot 1 = 3 \text{ luminarias}$$

Comprobación

$$e_1 = \frac{3.552}{3} = 1.184 \text{ m}$$

$$\Rightarrow e_1 = 1.6 \cdot 2.65 = 4.24 \text{ m Cumple}$$

$$e_2 = \frac{1.332}{1} = 1.332 \text{ m}$$

$$E_m = \frac{N_T \cdot \varphi_L \cdot \eta \cdot f_m}{x \cdot y} = \frac{3 \cdot 3300 \cdot 0.1875 \cdot 0.8}{3.552 \cdot 1.332} = 313.87 \text{ lux} \geq 300 \text{ lux} \Rightarrow \text{correcto}$$

- Oficina norte planta primera

### Gerencia

$$x = 5.375 \text{ m}$$

$$y = 7.525 \text{ m}$$

$$H = 2.65 \text{ m}$$

$$E = 500 \text{ lux}$$

$$p = 0.85 \text{ m}$$

$$d = 0 \text{ m}$$

Luminaria → Down light SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)

$$\varphi_L = 3600 \text{ lm}$$

$$h = H - p - d = 2.65 - 0.85 - 0 = 1.8 \text{ m}$$

$$k = \frac{x \cdot y}{h \cdot (x + y)} = \frac{5.375 \cdot 7.525}{1.8 \cdot (5.375 + 7.525)} = 1.7419$$

Vamos a las tablas de factor de utilización y hay que interpolar:

$$\frac{2.0 - 1.5}{2.0 - 1.7419} = \frac{0.37 - 0.34}{0.37 - \eta} \rightarrow \eta = 0.3545$$

$$\varphi_T = \frac{E \cdot x \cdot y}{f_m \cdot \eta} = \frac{500 \cdot 5.375 \cdot 7.525}{0.8 \cdot 0.3545} = 71310 \text{ lm}$$

$$N = \frac{\varphi_T}{\varphi_L} = \frac{71310}{3600} = 20$$

$$D = \sqrt{\frac{x \cdot y}{N}} = \sqrt{\frac{5.375 \cdot 7.525}{20}} = 1.4221 \text{ m}$$

$$N_x = \frac{x}{D} = \frac{5.375}{1.4221} = 4$$

$$N_y = \frac{y}{D} = \frac{7.525}{1.4221} = 6$$

$$N_t = N_x \cdot N_y = 4 \cdot 6 = 24 \text{ luminarias}$$

Comprobación:

$$e_1 = \frac{5.375}{4} = 1.3438 \text{ m}$$

$$\Rightarrow e_1 = 1.6 \cdot 1.8 = 2.88 \text{ m Cumple}$$

$$e_2 = \frac{7.525}{6} = 1.2542 \text{ m}$$

$$E_m = \frac{N_T \cdot \varphi_L \cdot \eta \cdot f_m}{x \cdot y} = \frac{24 \cdot 3600 \cdot 0.3545 \cdot 0.8}{5.375 \cdot 7.525} = 606 \text{ lux} \geq 500 \text{ lux} \Rightarrow \text{correcto}$$

### Despacho Admin.

$$x = 3.655 \text{ m}$$

$$y = 6.45 \text{ m}$$

$$H = 2.65 \text{ m}$$

$$E = 500 \text{ lux}$$

$$p = 0.85 \text{ m}$$

$$d = 0 \text{ m}$$

Luminaria  $\rightarrow$  Down light SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)



$$\varphi_L = 3600 \text{ lm}$$

$$h = H - p - d = 2.65 - 0.85 - 0 = 1.8 \text{ m}$$

$$k = \frac{x \cdot y}{h \cdot (x + y)} = \frac{3.655 \cdot 6.45}{1.8 \cdot (3.655 + 6.45)} = 1.2961$$

Vamos a las tablas de factor de utilización y hay que interpolar:

$$\frac{1.5 - 1.25}{1.5 - 1.2961} = \frac{0.34 - 0.32}{0.34 - \eta} \rightarrow \eta = 0.3237$$

$$\varphi_T = \frac{E \cdot x \cdot y}{f_m \cdot \eta} = \frac{500 \cdot 3.655 \cdot 6.45}{0.8 \cdot 0.3237} = 45519 \text{ lm}$$

$$N = \frac{\varphi_T}{\varphi_L} = \frac{45519}{3600} = 13$$

$$D = \sqrt{\frac{x \cdot y}{N}} = \sqrt{\frac{3.655 \cdot 6.45}{13}} = 1.3466 \text{ m}$$

$$N_x = \frac{x}{D} = \frac{3.655}{1.3466} = 3$$

$$N_y = \frac{y}{D} = \frac{6.45}{1.3466} = 5$$

$$N_t = N_x \cdot N_y = 3 \cdot 5 = 15 \text{ luminarias}$$

Comprobación:

$$e_1 = \frac{3.655}{3} = 1.218 \text{ m}$$

$$\Rightarrow e_1 = 1.6 \cdot 1.8 = 2.88 \text{ m Cumple}$$

$$e_2 = \frac{6.45}{5} = 1.29 \text{ m}$$

$$E_m = \frac{N_t \cdot \varphi_L \cdot \eta \cdot f_m}{x \cdot y} = \frac{15 \cdot 3600 \cdot 0.3237 \cdot 0.8}{3.655 \cdot 6.45} = 593 \text{ lux} \geq 500 \text{ lux} \Rightarrow \text{correcto}$$

**Administración**





$$x = 4.515 \text{ m}$$

$$y = 9.245 \text{ m}$$

$$H = 2.65 \text{ m}$$

$$E = 500 \text{ lux}$$

$$p = 0.85 \text{ m}$$

$$d = 0 \text{ m}$$

Luminaria → Down light SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)

$$\varphi_L = 3600 \text{ lm}$$

$$h = H - p - d = 2.65 - 0.85 - 0 = 1.8 \text{ m}$$

$$k = \frac{x \cdot y}{h \cdot (x + y)} = \frac{4.515 \cdot 9.245}{1.8 \cdot (4.515 + 9.245)} = 1.6853$$

Vamos a las tablas de factor de utilización y hay que interpolar:

$$\frac{2.0 - 1.5}{2.0 - 1.6853} = \frac{0.37 - 0.34}{0.37 - \eta} \rightarrow \eta = 0.3511$$

$$\varphi_T = \frac{E \cdot x \cdot y}{f_m \cdot \eta} = \frac{500 \cdot 4.515 \cdot 9.245}{0.8 \cdot 0.3511} = 74305 \text{ lm}$$

$$N = \frac{\varphi_T}{\varphi_L} = \frac{74305}{3600} = 21$$

$$D = \sqrt{\frac{x \cdot y}{N}} = \sqrt{\frac{4.515 \cdot 9.245}{21}} = 1.4098$$

$$N_x = \frac{x}{D} = \frac{4.515}{1.4098} = 4$$

$$N_y = \frac{y}{D} = \frac{9.245}{1.4098} = 7$$

$$N_t = N_x \cdot N_y = 4 \cdot 7 = 28 \text{ luminarias}$$

Si descontamos la zona del pasillo el total a instalar es de 26 luminarias.

Comprobación:

$$e_1 = \frac{3.655}{3} = 1.218 \text{ m}$$

$$\Rightarrow e_1 = 1.6 \cdot 1.8 = 2.88 \text{ m Cumple}$$



$$e_1 = \frac{6.45}{5} = 1.29 \text{ m}$$

$$E_m = \frac{N_T \cdot \varphi_L \cdot \eta \cdot f_m}{x \cdot y} = \frac{15 \cdot 3600 \cdot 0.3237 \cdot 0.8}{3.655 \cdot 6.45} = 593 \text{ lux} \geq 500 \text{ lux} \Rightarrow \text{correcto}$$

### Sala fotocopias

$$x = 3.44 \text{ m}$$

$$y = 7.41 \text{ m}$$

$$H = 2.65 \text{ m}$$

$$E = 300 \text{ lux}$$

$$p = 0.85 \text{ m}$$

$$d = 0 \text{ m}$$

Luminaria  $\rightarrow$  Down light SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)

$$\varphi_L = 3600 \text{ lm}$$

$$h = H - p - d = 2.65 - 0.85 - 0 = 1.8 \text{ m}$$

$$k = \frac{x \cdot y}{h \cdot (x + y)} = \frac{3.44 \cdot 7.41}{1.8 \cdot (3.44 + 7.41)} = 1.3052$$

Vamos a las tablas de factor de utilización y hay que interpolar:

$$\frac{1.5 - 1.25}{1.5 - 1.3052} = \frac{0.34 - 0.32}{0.34 - \eta} \rightarrow \eta = 0.3244$$

$$\varphi_T = \frac{E \cdot x \cdot y}{f_m \cdot \eta} = \frac{300 \cdot 3.44 \cdot 7.41}{0.8 \cdot 0.3244} = 29467 \text{ lm}$$

$$N = \frac{\varphi_T}{\varphi_L} = \frac{29467}{3600} = 8$$

$$D = \sqrt{\frac{x \cdot y}{N}} = \sqrt{\frac{3.44 \cdot 7.41}{8}} = 1.79 \text{ m}$$

$$N_x = \frac{x}{D} = \frac{3.44}{1.79} = 2$$

$$N_y = \frac{y}{D} = \frac{7.41}{1.79} = 5$$



$$N_t = N_x \cdot N_y = 2 \cdot 5 = 10 \text{ luminarias}$$

Comprobación:

$$e_1 = \frac{3.44}{2} = 1.72 \text{ m}$$

$$\Rightarrow e_1 = 1.6 \cdot 1.8 = 2.88 \text{ m Cumple}$$

$$e_1 = \frac{7.41}{5} = 1.482 \text{ m}$$

$$E_m = \frac{N_T \cdot \varphi_L \cdot \eta \cdot f_m}{x \cdot y} = \frac{10 \cdot 3600 \cdot 0.3244 \cdot 0.8}{3.44 \cdot 7.41} = 367 \text{ lux} \geq 300 \text{ lux} \Rightarrow \text{correcto}$$

### W.C. Hombres

$$x = 3.44 \text{ m}$$

$$y = 2.79 \text{ m}$$

$$H = 2.65 \text{ m}$$

$$E = 200 \text{ lux}$$

$$p = 0 \text{ m}$$

$$d = 0 \text{ m}$$

Fluorescente empotrado  $\rightarrow$  TBS 411 1x28W/840 HF D8 PI

$$\varphi_L = 2600 \text{ lm}$$

$$h = H - p - d = 2.65 - 0 - 0 = 2.65 \text{ m}$$

$$k = \frac{x \cdot y}{h \cdot (x + y)} = \frac{3.44 \cdot 2.79}{2.65 \cdot (3.44 + 2.79)} = 0.5813$$

Vamos a las tablas de factor de utilización y hay que interpolar:

$$\frac{0.75 - 0}{0.75 - 0.5813} = \frac{0.25 - 0}{0.25 - \eta} \rightarrow \eta = 0.1937$$

$$\varphi_T = \frac{E \cdot x \cdot y}{f_m \cdot \eta} = \frac{200 \cdot 3.44 \cdot 2.79}{0.8 \cdot 0.1937} = 12388 \text{ lm}$$

$$N = \frac{\varphi_T}{\varphi_L} = \frac{12388}{2600} = 5$$



$$D = \sqrt{\frac{x \cdot y}{N}} = \sqrt{\frac{3.44 \cdot 2.79}{5}} = 1.385 \text{ m}$$

$$N_x = \frac{x}{D} = \frac{3.44}{1.385} = 3$$

$$N_y = \frac{y}{D} = \frac{2.79}{1.385} = 3$$

$$N_t = N_x \cdot N_y = 3 \cdot 3 = 9 \text{ luminarias}$$

Comprobación:

$$e_1 = \frac{3.44}{3} = 1.147 \text{ m}$$

$$\Rightarrow e_1 = 1.6 \cdot 2.65 = 4.24 \text{ m Cumple}$$

$$e_2 = \frac{2.79}{3} = 0.93 \text{ m}$$

$$E_m = \frac{N_t \cdot \varphi_L \cdot \eta \cdot f_m}{x \cdot y} = \frac{9 \cdot 2600 \cdot 0.1937 \cdot 0.8}{3.44 \cdot 2.79} = 378 \text{ lux} \geq 200 \text{ lux} \Rightarrow \text{correcto}$$

### W.C. Mujeres

x= 3.44 m

y= 2.8 m

H= 2.65 m

E= 200 lux

p=0 m

d=0 m

Fluorescente empotrado → TBS 411 1x28W/840 HF D8 PI

$\varphi_L = 2600 \text{ lm}$

$$h = H - p - d = 2.65 - 0 - 0 = 2.65 \text{ m}$$

$$k = \frac{x \cdot y}{h \cdot (x + y)} = \frac{3.44 \cdot 2.8}{2.65 \cdot (3.44 + 2.8)} = 0.5813$$

Vamos a las tablas de factor de utilización y hay que interpolar:

$$\frac{0.75 - 0}{0.75 - 0.5813} = \frac{0.25 - 0}{0.25 - \eta} \rightarrow \eta = 0.1937$$



$$\varphi_T = \frac{E \cdot x \cdot y}{f_m \cdot \eta} = \frac{200 \cdot 3.44 \cdot 2.8}{0.8 \cdot 0.1937} = 12388 \text{ lm}$$

$$N = \frac{\varphi_T}{\varphi_L} = \frac{12388}{2600} = 5$$

$$D = \sqrt{\frac{x \cdot y}{N}} = \sqrt{\frac{3.44 \cdot 2.79}{5}} = 1.385 \text{ m}$$

$$N_x = \frac{x}{D} = \frac{3.44}{1.385} = 3$$

$$N_y = \frac{y}{D} = \frac{2.8}{1.385} = 3$$

$$N_t = N_x \cdot N_y = 3 \cdot 3 = 9 \text{ luminarias}$$

Comprobación:

$$e_1 = \frac{3.44}{3} = 1.147 \text{ m}$$

$$\Rightarrow e_1 = 1.6 \cdot 2.65 = 4.24 \text{ m Cumple}$$

$$e_1 = \frac{2.8}{3} = 0.93 \text{ m}$$

$$E_m = \frac{N_T \cdot \varphi_L \cdot \eta \cdot f_m}{x \cdot y} = \frac{9 \cdot 2600 \cdot 0.1937 \cdot 0.8}{3.44 \cdot 2.98} = 378 \text{ lux} \geq 200 \text{ lux} \Rightarrow \text{correcto}$$

### Archivo

x= 3.44 m

y= 7.525 m

H= 2.65 m

E= 300 lux

p= 0.85 m

d= 0 m

Luminaria → Down light SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)

$\varphi_L = 3600 \text{ lm}$



$$h = H - p - d = 2.65 - 0.85 - 0 = 1.8 \text{ m}$$

$$k = \frac{x \cdot y}{h \cdot (x + y)} = \frac{3.44 \cdot 7.525}{1.8 \cdot (3.44 + 7.525)} = 1.3115$$

Vamos a las tablas de factor de utilización y hay que interpolar:

$$\frac{1.5 - 1.25}{1.5 - 1.3115} = \frac{0.34 - 0.32}{0.34 - \eta} \rightarrow \eta = 0.3249$$

$$\varphi_T = \frac{E \cdot x \cdot y}{f_m \cdot \eta} = \frac{300 \cdot 3.44 \cdot 7.525}{0.8 \cdot 0.3249} = 29878 \text{ lm}$$

$$N = \frac{\varphi_T}{\varphi_L} = \frac{29878}{3600} = 9$$

$$D = \sqrt{\frac{x \cdot y}{N}} = \sqrt{\frac{3.44 \cdot 7.525}{9}} = 1.696 \text{ m}$$

$$N_x = \frac{x}{D} = \frac{3.44}{1.696} = 3$$

$$N_y = \frac{y}{D} = \frac{7.525}{1.696} = 5$$

$$N_t = N_x \cdot N_y = 3 \cdot 5 = 15 \text{ luminarias}$$

Comprobación:

$$e_1 = \frac{3.44}{3} = 1.147 \text{ m}$$

$$\Rightarrow e_1 = 1.6 \cdot 1.8 = 2.88 \text{ m Cumple}$$

$$e_2 = \frac{7.525}{5} = 1.525 \text{ m}$$

$$E_m = \frac{N_T \cdot \varphi_L \cdot \eta \cdot f_m}{x \cdot y} = \frac{15 \cdot 3600 \cdot 0.3249 \cdot 0.8}{3.44 \cdot 7.525} = 543 \text{ lux} \geq 300 \text{ lux} \Rightarrow \text{correcto}$$

## Técnicos 1

$$x=8.39 \text{ m}$$

$$y = 6.23 \text{ m}$$

$$H = 2.65 \text{ m}$$

$$E = 750 \text{ lux}$$

$$p = 0.85 \text{ m}$$

$$d = 0 \text{ m}$$

Luminaria → Down light SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)

$$\varphi_L = 3600 \text{ lm}$$

$$h = H - p - d = 2.65 - 0.85 - 0 = 1.8 \text{ m}$$

$$k = \frac{x \cdot y}{h \cdot (x + y)} = \frac{8.39 \cdot 6.23}{1.8 \cdot (8.39 + 6.23)} = 1.9862$$

Vamos a las tablas de factor de utilización y hay que interpolar:

$$\frac{2.0 - 1.5}{2.0 - 1.9862} = \frac{0.37 - 0.34}{0.37 - \eta} \rightarrow \eta = 0.3692$$

$$\varphi_T = \frac{E \cdot x \cdot y}{f_m \cdot \eta} = \frac{750 \cdot 8.39 \cdot 6.23}{0.8 \cdot 0.3692} = 132727 \text{ lm}$$

$$N = \frac{\varphi_T}{\varphi_L} = \frac{132727}{3600} = 37$$

$$D = \sqrt{\frac{x \cdot y}{N}} = \sqrt{\frac{8.39 \cdot 6.23}{37}} = 1.1889 \text{ m}$$

$$N_x = \frac{x}{D} = \frac{8.39}{1.1889} = 7$$

$$N_y = \frac{y}{D} = \frac{6.23}{1.1889} = 6$$

$$N_t = N_x \cdot N_y = 7 \cdot 6 = 42 \text{ luminarias}$$

Comprobación:

$$e_1 = \frac{8.39}{7} = 1.199 \text{ m}$$

$$\Rightarrow e_1 = 1.6 \cdot 1.8 = 2.88 \text{ m Cumple}$$



$$e_1 = \frac{6.23}{5} = 1.246 \text{ m}$$

$$E_m = \frac{N_T \cdot \varphi_L \cdot \eta \cdot f_m}{x \cdot y} = \frac{42 \cdot 3600 \cdot 0.3692 \cdot 0.8}{8.39 \cdot 6.23} = 855 \text{ lux} \geq 750 \text{ lux} \Rightarrow \text{correcto}$$

### Técnicos 2

$$x = 5.375 \text{ m}$$

$$y = 7.1 \text{ m}$$

$$H = 2.65 \text{ m}$$

$$E = 750 \text{ lux}$$

$$p = 0.85 \text{ m}$$

$$d = 0 \text{ m}$$

Luminaria  $\rightarrow$  Down light SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)

$$\varphi_L = 3600 \text{ lm}$$

$$h = H - p - d = 2.65 - 0.85 - 0 = 1.8 \text{ m}$$

$$k = \frac{x \cdot y}{h \cdot (x + y)} = \frac{5.375 \cdot 7.1}{1.8 \cdot (5.375 + 7.1)} = 1.6995$$

Vamos a las tablas de factor de utilización y hay que interpolar:

$$\frac{2.0 - 1.5}{2.0 - 1.6995} = \frac{0.37 - 0.34}{0.37 - \eta} \rightarrow \eta = 0.352$$

$$\varphi_T = \frac{E \cdot x \cdot y}{f_m \cdot \eta} = \frac{750 \cdot 5.375 \cdot 7.1}{0.8 \cdot 0.352} = 101640 \text{ lm}$$

$$N = \frac{\varphi_T}{\varphi_L} = \frac{101640}{3600} = 28$$

$$D = \sqrt{\frac{x \cdot y}{N}} = \sqrt{\frac{5.375 \cdot 7.1}{28}} = 1.167 \text{ m}$$

$$N_x = \frac{x}{D} = \frac{5.375}{1.167} = 5$$

$$N_y = \frac{y}{D} = \frac{7.1}{1.167} = 6$$





$$N_t = N_x \cdot N_y = 5 \cdot 6 = 30 \text{ luminarias}$$

Comprobación:

$$e_1 = \frac{5.375}{5} = 1.075 \text{ m}$$

$$\Rightarrow e_1 = 1.6 \cdot 1.8 = 2.88 \text{ m Cumple}$$

$$e_1 = \frac{7.1}{6} = 1.183 \text{ m}$$

$$E_m = \frac{N_T \cdot \varphi_L \cdot \eta \cdot f_m}{x \cdot y} = \frac{30 \cdot 3600 \cdot 0.352 \cdot 0.8}{5.375 \cdot 7.1} = 797 \text{ lux} \geq 750 \text{ lux} \Rightarrow \text{correcto}$$

### Despacho técnico

$$x = 5.375 \text{ m}$$

$$y = 4.52 \text{ m}$$

$$H = 2.65 \text{ m}$$

$$E = 750 \text{ lux}$$

$$p = 0.85 \text{ m}$$

$$d = 0 \text{ m}$$

Luminaria  $\rightarrow$  Down light SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)

$$\varphi_L = 3600 \text{ lm}$$

$$h = H - p - d = 2.65 - 0.85 - 0 = 1.8 \text{ m}$$

$$k = \frac{x \cdot y}{h \cdot (x + y)} = \frac{5.375 \cdot 4.52}{1.8 \cdot (5.375 + 4.52)} = 1.364$$

Vamos a las tablas de factor de utilización y hay que interpolar:

$$\frac{1.5 - 1.25}{1.5 - 1.364} = \frac{0.34 - 0.32}{0.34 - \eta} \rightarrow \eta = 0.3291$$

$$\varphi_T = \frac{E \cdot x \cdot y}{f_m \cdot \eta} = \frac{750 \cdot 5.375 \cdot 4.52}{0.8 \cdot 0.3291} = 69209 \text{ lm}$$

$$N = \frac{\varphi_T}{\varphi_L} = \frac{69209}{3600} = 19$$



$$D = \sqrt{\frac{x \cdot y}{N}} = \sqrt{\frac{5.375 \cdot 4.52}{19}} = 1.1308 \text{ m}$$

$$N_x = \frac{x}{D} = \frac{5.375}{1.1308} = 5$$

$$N_y = \frac{y}{D} = \frac{4.52}{1.1308} = 4$$

$$N_t = N_x \cdot N_y = 5 \cdot 4 = 20 \text{ luminarias}$$

Comprobación:

$$e_1 = \frac{5.375}{5} = 1.075 \text{ m}$$

$$\Rightarrow e_1 = 1.6 \cdot 1.8 = 2.88 \text{ m Cumple}$$

$$e_2 = \frac{4.52}{4} = 1.13 \text{ m}$$

$$E_m = \frac{N_T \cdot \varphi_L \cdot \eta \cdot f_m}{x \cdot y} = \frac{20 \cdot 3600 \cdot 0.3291 \cdot 0.8}{5.375 \cdot 4.52} = 780 \text{ lux} \geq 750 \text{ lux} \Rightarrow \text{correcto}$$

### Sala reuniones 1

$$x = 5.375 \text{ m}$$

$$y = 4.62 \text{ m}$$

$$H = 2.65 \text{ m}$$

$$E = 500 \text{ lux}$$

$$p = 0.85 \text{ m}$$

$$d = 0 \text{ m}$$

Luminaria  $\rightarrow$  Down light SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)

$$\varphi_L = 3600 \text{ lm}$$

$$h = H - p - d = 2.65 - 0.85 - 0 = 1.8 \text{ m}$$

$$k = \frac{x \cdot y}{h \cdot (x + y)} = \frac{5.375 \cdot 4.62}{1.8 \cdot (5.375 + 4.62)} = 1.3903$$

Vamos a las tablas de factor de utilización y hay que interpolar:



$$\frac{1.5 - 1.25}{1.5 - 1.3903} = \frac{0.34 - 0.32}{0.34 - \eta} \rightarrow \eta = 0.3312$$

$$\varphi_T = \frac{E \cdot x \cdot y}{f_m \cdot \eta} = \frac{500 \cdot 5.375 \cdot 4.62}{0.8 \cdot 0.3312} = 46861 \text{ lm}$$

$$N = \frac{\varphi_T}{\varphi_L} = \frac{46861}{3600} = 13$$

$$D = \sqrt{\frac{x \cdot y}{N}} = \sqrt{\frac{5.375 \cdot 4.62}{13}} = 1.3821 \text{ m}$$

$$N_x = \frac{x}{D} = \frac{5.375}{1.3821} = 4$$

$$N_y = \frac{y}{D} = \frac{4.62}{1.3821} = 4$$

$$N_t = N_x \cdot N_y = 4 \cdot 4 = 16 \text{ luminarias}$$

Comprobación:

$$e_1 = \frac{5.375}{4} = 1.344 \text{ m}$$

$$\Rightarrow e_1 = 1.6 \cdot 1.8 = 2.88 \text{ m Cumple}$$

$$e_1 = \frac{4.62}{4} = 1.155 \text{ m}$$

$$E_m = \frac{N_T \cdot \varphi_L \cdot \eta \cdot f_m}{x \cdot y} = \frac{16 \cdot 3600 \cdot 0.3312 \cdot 0.8}{5.375 \cdot 4.62} = 615 \text{ lux} \geq 500 \text{ lux} \Rightarrow \text{correcto}$$

## Sala reuniones 2

x=5.375 m

y= 5.91 m

H=2.65 m

E= 500 lux

p=0.85 m

d=0 m

Luminaria → Down light SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)

$\varphi_L = 3600 \text{ lm}$



$$h = H - p - d = 2.65 - 0.85 - 0 = 1.8 \text{ m}$$

$$k = \frac{x \cdot y}{h \cdot (x + y)} = \frac{5.375 \cdot 5.91}{1.8 \cdot (5.375 + 5.91)} = 1.5638$$

Vamos a las tablas de factor de utilización y hay que interpolar:

$$\frac{2.0 - 1.5}{2.0 - 1.5638} = \frac{0.37 - 0.34}{0.37 - \eta} \rightarrow \eta = 0.3438$$

$$\varphi_T = \frac{E \cdot x \cdot y}{f_m \cdot \eta} = \frac{500 \cdot 5.375 \cdot 5.91}{0.8 \cdot 0.3438} = 57749 \text{ lm}$$

$$N = \frac{\varphi_T}{\varphi_L} = \frac{57749}{3600} = 16$$

$$D = \sqrt{\frac{x \cdot y}{N}} = \sqrt{\frac{5.375 \cdot 5.91}{16}} = 1.409 \text{ m}$$

$$N_x = \frac{x}{D} = \frac{5.375}{1.409} = 4$$

$$N_y = \frac{y}{D} = \frac{5.91}{1.409} = 5$$

$$N_t = N_x \cdot N_y = 4 \cdot 5 = 20 \text{ luminarias}$$

Comprobación:

$$e_1 = \frac{5.375}{4} = 1.344 \text{ m}$$

$$\Rightarrow e_1 = 1.6 \cdot 1.8 = 2.88 \text{ m Cumple}$$

$$e_1 = \frac{5.91}{5} = 1.182 \text{ m}$$

$$E_m = \frac{N_T \cdot \varphi_L \cdot \eta \cdot f_m}{x \cdot y} = \frac{20 \cdot 3600 \cdot 0.3438 \cdot 0.8}{5.375 \cdot 5.91} = 623 \text{ lux} \geq 500 \text{ lux} \Rightarrow \text{correcto}$$

## D. Comercial 1



$$x=5.375 \text{ m}$$

$$y= 6.235 \text{ m}$$

$$H= 2.65 \text{ m}$$

$$E= 500 \text{ lux}$$

$$p= 0.85 \text{ m}$$

$$d= 0 \text{ m}$$

Luminaria → Down light SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)

$$\varphi_L = 3600 \text{ lm}$$

$$h = H - p - d = 2.65 - 0.85 - 0 = 1.8 \text{ m}$$

$$k = \frac{x \cdot y}{h \cdot (x + y)} = \frac{5.375 \cdot 6.235}{1.8 \cdot (5.375 + 6.235)} = 1.6036$$

Vamos a las tablas de factor de utilización y hay que interpolar:

$$\frac{2.0 - 1.5}{2.0 - 1.6036} = \frac{0.37 - 0.34}{0.37 - \eta} \rightarrow \eta = 0.3462$$

$$\varphi_T = \frac{E \cdot x \cdot y}{f_m \cdot \eta} = \frac{500 \cdot 5.375 \cdot 6.235}{0.8 \cdot 0.3462} = 60502 \text{ lm}$$

$$N = \frac{\varphi_T}{\varphi_L} = \frac{60502}{3600} = 17$$

$$D = \sqrt{\frac{x \cdot y}{N}} = \sqrt{\frac{5.375 \cdot 6.235}{17}} = 1.404 \text{ m}$$

$$N_x = \frac{x}{D} = \frac{5.375}{1.404} = 4$$

$$N_y = \frac{y}{D} = \frac{6.235}{1.404} = 5$$

$$N_t = N_x \cdot N_y = 4 \cdot 5 = 20 \text{ luminarias}$$

Comprobación:

$$e_1 = \frac{5.375}{4} = 1.344 \text{ m}$$

$$\Rightarrow e_1 = 1.6 \cdot 1.8 = 2.88 \text{ m Cumple}$$

$$e_1 = \frac{6.235}{5} = 1.247 \text{ m}$$



$$E_m = \frac{N_T \cdot \varphi_L \cdot \eta \cdot f_m}{x \cdot y} = \frac{20 \cdot 3600 \cdot 0.3462 \cdot 0.8}{5.375 \cdot 6.235} = 595 \text{ lux} \geq 500 \text{ lux} \Rightarrow \text{correcto}$$

#### D. Comercial 2

$$x = 5.375 \text{ m}$$

$$y = 3.44 \text{ m}$$

$$H = 2.65 \text{ m}$$

$$E = 500 \text{ lux}$$

$$p = 0.85 \text{ m}$$

$$d = 0 \text{ m}$$

Luminaria  $\rightarrow$  Down light SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)

$$\varphi_L = 3600 \text{ lm}$$

$$h = H - p - d = 2.65 - 0.85 - 0 = 1.8 \text{ m}$$

$$k = \frac{x \cdot y}{h \cdot (x + y)} = \frac{5.375 \cdot 3.44}{1.8 \cdot (5.375 + 3.44)} = 1.1653$$

Vamos a las tablas de factor de utilización y hay que interpolar:

$$\frac{1.25 - 1.0}{1.25 - 1.1653} = \frac{0.32 - 0.29}{0.32 - \eta} \rightarrow \eta = 0.3098$$

$$\varphi_T = \frac{E \cdot x \cdot y}{f_m \cdot \eta} = \frac{500 \cdot 5.375 \cdot 3.44}{0.8 \cdot 0.3098} = 37303 \text{ lm}$$

$$N = \frac{\varphi_T}{\varphi_L} = \frac{37303}{3600} = 10$$

$$D = \sqrt{\frac{x \cdot y}{N}} = \sqrt{\frac{5.375 \cdot 3.44}{10}} = 1.3598 \text{ m}$$

$$N_x = \frac{x}{D} = \frac{5.375}{1.3598} = 4$$

$$N_y = \frac{y}{D} = \frac{3.44}{1.3598} = 3$$

$$N_t = N_x \cdot N_y = 4 \cdot 3 = 12 \text{ luminarias}$$



Comprobación:

$$e_1 = \frac{5.375}{4} = 1.344 \text{ m}$$

$$\Rightarrow e_1 = 1.6 \cdot 1.8 = 2.88 \text{ m Cumple}$$

$$e_1 = \frac{3.44}{3} = 1.147 \text{ m}$$

$$E_m = \frac{N_T \cdot \varphi_L \cdot \eta \cdot f_m}{x \cdot y} = \frac{12 \cdot 3600 \cdot 0.3098 \cdot 0.8}{5.375 \cdot 3.44} = 579 \text{ lux} \geq 500 \text{ lux} \Rightarrow \text{correcto}$$

### Pasillo largo

$$x = 1.1825 \text{ m}$$

$$y = 27.09 \text{ m}$$

$$H = 2.65 \text{ m}$$

$$E = 300 \text{ lux}$$

$$p = 0 \text{ m}$$

$$d = 0 \text{ m}$$

Luminaria  $\rightarrow$  Fluorescente montaje superficial  $\rightarrow$  TCS 640 1x35W/840 HFP C8 ALU

$$\varphi_L = 3300 \text{ lm}$$

$$h = H - p - d = 2.65 - 0 - 0 = 2.65 \text{ m}$$

$$k = \frac{x \cdot y}{h \cdot (x + y)} = \frac{1.1825 \cdot 27.09}{2.65 \cdot (1.1825 + 27.09)} = 0.4276$$

Vamos a las tablas de factor de utilización y hay que interpolar:

$$\frac{0.60 - 0}{0.60 - 0.4276} = \frac{0.45 - 0}{0.45 - \eta} \rightarrow \eta = 0.3207$$

$$\varphi_T = \frac{E \cdot x \cdot y}{f_m \cdot \eta} = \frac{300 \cdot 1.1825 \cdot 27.09}{0.8 \cdot 0.3207} = 37458 \text{ lm}$$

$$N = \frac{\varphi_T}{\varphi_L} = \frac{37458}{3300} = 12$$



$$D = \sqrt{\frac{x \cdot y}{N}} = \sqrt{\frac{1.1825 \cdot 27.09}{12}} = 1.6339 \text{ m}$$

$$N_x = \frac{x}{D} = \frac{1.1825}{1.6339} = 1$$

$$N_y = \frac{y}{D} = \frac{27.09}{1.6339} = 17$$

$$N_t = N_x \cdot N_y = 1 \cdot 17 = 17 \text{ luminarias}$$

Hay dos pasillos largos por lo tanto tendremos 34 luminarias.

Comprobación:

$$e_1 = \frac{1.1825}{1} = 1.1825 \text{ m}$$

$$\Rightarrow e_1 = 1.6 \cdot 2.65 = 4.24 \text{ m Cumple}$$

$$e_2 = \frac{27.09}{17} = 1.5935 \text{ m}$$

$$E_m = \frac{N_T \cdot \varphi_L \cdot \eta \cdot f_m}{x \cdot y} = \frac{17 \cdot 3300 \cdot 0.3207 \cdot 0.8}{1.1825 \cdot 27.09} = 449 \text{ lux} \geq 300 \text{ lux} \Rightarrow \text{correcto}$$

### Pasillo corto

$$x = 2.58 \text{ m}$$

$$y = 1.1825 \text{ m}$$

$$H = 2.65 \text{ m}$$

$$E = 300 \text{ lux}$$

$$p = 0 \text{ m}$$

$$d = 0 \text{ m}$$

Luminaria → Fluorescente montaje superficial → TCS 640 1x35W/840 HFP C8 ALU

$$\varphi_L = 3300 \text{ lm}$$

$$h = H - p - d = 2.65 - 0 - 0 = 2.65 \text{ m}$$

$$k = \frac{x \cdot y}{h \cdot (x + y)} = \frac{2.58 \cdot 1.1825}{2.65 \cdot (2.58 + 1.1825)} = 0.3059$$

Vamos a las tablas de factor de utilización y hay que interpolar:





$$\frac{0.60 - 0}{0.60 - 0.3059} = \frac{0.45 - 0}{0.45 - \eta} \rightarrow \eta = 0.2294$$

$$\varphi_T = \frac{E \cdot x \cdot y}{f_m \cdot \eta} = \frac{300 \cdot 2.58 \cdot 1.1825}{0.8 \cdot 0.2294} = 4988 \text{ lm}$$

$$N = \frac{\varphi_T}{\varphi_L} = \frac{4988}{3300} = 2$$

$$D = \sqrt{\frac{x \cdot y}{N}} = \sqrt{\frac{2.58 \cdot 1.1825}{2}} = 1.2351 \text{ m}$$

$$N_x = \frac{x}{D} = \frac{2.58}{1.2351} = 3$$

$$N_y = \frac{y}{D} = \frac{1.1825}{1.2351} = 1$$

$$N_t = N_x \cdot N_y = 3 \cdot 1 = 3 \text{ luminarias}$$

Hay 4 pasillos cortos por lo tanto tendremos 12 luminarias.

Comprobación:

$$e_1 = \frac{2.58}{3} = 0.86 \text{ m}$$

$$\Rightarrow e_1 = 1.6 \cdot 2.65 = 4.24 \text{ m Cumple}$$

$$e_1 = \frac{1.1825}{1} = 1.1825 \text{ m}$$

$$E_m = \frac{N_T \cdot \varphi_L \cdot \eta \cdot f_m}{x \cdot y} = \frac{3 \cdot 3300 \cdot 0.2294 \cdot 0.8}{2.8 \cdot 1.1825} = 549 \text{ lux} \geq 300 \text{ lux} \Rightarrow \text{correcto}$$

### Pasillo escalera

$$x = 3.655 \text{ m}$$

$$y = 1.1825 \text{ m}$$

$$H = 2.65 \text{ m}$$

$$E = 300 \text{ lux}$$

$$p = 0 \text{ m}$$

$$d = 0 \text{ m}$$

Luminaria  $\rightarrow$  Fluorescente montaje superficial  $\rightarrow$  TCS 640 1x35W/840 HFP C8 ALU



$$\varphi_L = 3300 \text{ lm}$$

$$h = H - p - d = 2.65 - 0 - 0 = 2.65 \text{ m}$$

$$k = \frac{x \cdot y}{h \cdot (x + y)} = \frac{3.655 \cdot 1.1825}{2.65 \cdot (3.655 + 1.1825)} = 0.3372$$

Vamos a las tablas de factor de utilización y hay que interpolar:

$$\frac{0.6 - 0}{0.6 - 0.3372} = \frac{0.45 - 0}{0.45 - \eta} \rightarrow \eta = 0.2529$$

$$\varphi_T = \frac{E \cdot x \cdot y}{f_m \cdot \eta} = \frac{300 \cdot 3.655 \cdot 1.1825}{0.8 \cdot 0.2529} = 6409 \text{ lm}$$

$$N = \frac{\varphi_T}{\varphi_L} = \frac{6409}{3300} = 2$$

$$D = \sqrt{\frac{x \cdot y}{N}} = \sqrt{\frac{3.655 \cdot 1.1825}{2}} = 1.47$$

$$N_x = \frac{x}{D} = \frac{3.655}{1.47} = 3$$

$$N_y = \frac{y}{D} = \frac{1.1825}{1.47} = 1$$

$$N_t = N_x \cdot N_y = 3 \cdot 1 = 3 \text{ luminarias}$$

Comprobación:

$$e_1 = \frac{3.655}{3} = 1.218 \text{ m}$$

$$\Rightarrow e_1 = 1.6 \cdot 2.65 = 4.24 \text{ m Cumple}$$

$$e_2 = \frac{1.1825}{1} = 1.1825 \text{ m}$$

$$E_m = \frac{N_t \cdot \varphi_L \cdot \eta \cdot f_m}{x \cdot y} = \frac{3 \cdot 3300 \cdot 0.2529 \cdot 0.8}{3.655 \cdot 1.1825} = 464 \text{ lux} \geq 300 \text{ lux} \Rightarrow \text{correcto}$$

**Almacén instalaciones 2**

$$x = 2.442 \text{ m}$$

$$y = 1.332 \text{ m}$$

$$H = 2.65 \text{ m}$$

$$E = 300 \text{ lux}$$

$$p = 0 \text{ m}$$

$$d = 0 \text{ m}$$

Luminaria → Fluorescente montaje superficial → TCS 640 1x35W/840 HFP C8 ALU

$$\varphi_L = 3300 \text{ lm}$$

$$h = H - p - d = 2.65 - 0 - 0 = 2.65 \text{ m}$$

$$k = \frac{x \cdot y}{h \cdot (x + y)} = \frac{2.442 \cdot 1.332}{2.65 \cdot (2.442 + 1.332)} = 0.325$$

Vamos a las tablas de factor de utilización y hay que interpolar:

$$\frac{0.6 - 0}{0.6 - 0.325} = \frac{0.45 - 0}{0.45 - \eta} \rightarrow \eta = 0.2437$$

$$\varphi_T = \frac{E \cdot x \cdot y}{f_m \cdot \eta} = \frac{300 \cdot 2.442 \cdot 1.332}{0.8 \cdot 0.2437} = 5005.25 \text{ lm}$$

$$N = \frac{\varphi_T}{\varphi_L} = \frac{5005.25}{3300} = 1.517$$

$$D = \sqrt{\frac{x \cdot y}{N}} = \sqrt{\frac{2.442 \cdot 1.332}{1.517}} = 1.464 \text{ m}$$

$$N_x = \frac{x}{D} = \frac{2.442}{1.464} = 2$$

$$N_y = \frac{y}{D} = \frac{1.332}{1.464} = 1$$

$$N_t = N_x \cdot N_y = 2 \cdot 1 = 2 \text{ luminarias}$$

Comprobación

$$e_1 = \frac{2.442}{2} = 1.221 \text{ m}$$

$$\Rightarrow e_1 = 1.6 \cdot 2.65 = 4.24 \text{ m Cumple}$$

$$e_1 = \frac{1.332}{1} = 1.332 \text{ m}$$



$$E_m = \frac{N_T \cdot \varphi_L \cdot \eta \cdot f_m}{x \cdot y} = \frac{2 \cdot 3300 \cdot 0.2437 \cdot 0.8}{2.442 \cdot 1.332} = 395.59 \text{ lux} \geq 300 \text{ lux} \Rightarrow \text{correcto}$$

- **Oficina norte planta segunda**

### Despacho 1

$$x = 13.975 \text{ m}$$

$$y = 6.235 \text{ m}$$

$$H = 2.65 \text{ m}$$

$$E = 500 \text{ lux}$$

$$p = 0.85 \text{ m}$$

$$d = 0 \text{ m}$$

Luminaria → Down light SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)

$$\varphi_L = 3600 \text{ lm}$$

$$h = H - p - d = 2.65 - 0.85 - 0 = 1.8 \text{ m}$$

$$k = \frac{x \cdot y}{h \cdot (x + y)} = \frac{13.975 \cdot 6.235}{1.8 \cdot (13.975 + 6.235)} = 2.3952$$

Vamos a las tablas de factor de utilización y hay que interpolar:

$$\frac{2.5 - 2.0}{2.5 - 2.3952} = \frac{0.39 - 0.37}{0.39 - \eta} \rightarrow \eta = 0.3858$$

$$\varphi_T = \frac{E \cdot x \cdot y}{f_m \cdot \eta} = \frac{500 \cdot 13.975 \cdot 6.235}{0.8 \cdot 0.3858} = 141159 \text{ lm}$$

$$N = \frac{\varphi_T}{\varphi_L} = \frac{141159}{3600} = 39$$

$$D = \sqrt{\frac{x \cdot y}{N}} = \sqrt{\frac{13.975 \cdot 6.235}{39}} = 1.4947 \text{ m}$$

$$N_x = \frac{x}{D} = \frac{13.975}{1.4947} = 10$$



$$N_y = \frac{y}{D} = \frac{6.235}{1.4947} = 4$$

$$N_t = N_x \cdot N_y = 10 \cdot 4 = 40 \text{ luminarias}$$

Comprobación:

$$e_1 = \frac{13.975}{10} = 1.3975 \text{ m}$$

$$\Rightarrow e_1 = 1.6 \cdot 1.8 = 2.88 \text{ m Cumple}$$

$$e_1 = \frac{6.235}{4} = 1.5587 \text{ m}$$

$$E_m = \frac{N_T \cdot \varphi_L \cdot \eta \cdot f_m}{x \cdot y} = \frac{40 \cdot 3600 \cdot 0.3858 \cdot 0.8}{13.975 \cdot 6.235} = 510 \text{ lux} \geq 500 \text{ lux} \Rightarrow \text{correcto}$$

## Despacho 2

$$x = 5.4825 \text{ m}$$

$$y = 5.4825 \text{ m}$$

$$H = 2.65 \text{ m}$$

$$E = 500 \text{ lux}$$

$$p = 0.85 \text{ m}$$

$$d = 0 \text{ m}$$

Luminaria  $\rightarrow$  Down light SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)

$$\varphi_L = 3600 \text{ lm}$$

$$h = H - p - d = 2.65 - 0.85 - 0 = 1.8 \text{ m}$$

$$k = \frac{x \cdot y}{h \cdot (x + y)} = \frac{5.4825 \cdot 5.4825}{1.8 \cdot (5.4825 + 5.4825)} = 1.5229$$

Vamos a las tablas de factor de utilización y hay que interpolar:

$$\frac{2.0 - 1.5}{2.0 - 1.5229} = \frac{0.37 - 0.34}{0.37 - \eta} \rightarrow \eta = 0.3414$$

$$\varphi_T = \frac{E \cdot x \cdot y}{f_m \cdot \eta} = \frac{500 \cdot 5.4825 \cdot 5.4825}{0.8 \cdot 0.3414} = 55027 \text{ lm}$$

$$N = \frac{\varphi_T}{\varphi_L} = \frac{55027}{3600} = 15$$



$$D = \sqrt{\frac{x \cdot y}{N}} = \sqrt{\frac{5.4825 \cdot 5.4825}{15}} = 1.4156 \text{ m}$$

$$N_x = \frac{x}{D} = \frac{5.4825}{1.4156} = 4$$

$$N_y = \frac{y}{D} = \frac{5.4825}{1.4156} = 4$$

$$N_t = N_x \cdot N_y = 4 \cdot 4 = 16 \text{ luminarias}$$

Comprobación:

$$e_1 = \frac{5.4825}{4} = 1.37 \text{ m}$$

$$\Rightarrow e_1 = 1.6 \cdot 1.8 = 2.88 \text{ m Cumple}$$

$$e_1 = \frac{5.4825}{4} = 1.37 \text{ m}$$

$$E_m = \frac{N_T \cdot \varphi_L \cdot \eta \cdot f_m}{x \cdot y} = \frac{16 \cdot 3600 \cdot 0.3414 \cdot 0.8}{5.4825 \cdot 5.4825} = 524 \text{ lux} \geq 500 \text{ lux} \Rightarrow \text{correcto}$$

### Despacho secretaria

$$x = 3.44 \text{ m}$$

$$y = 6.45 \text{ m}$$

$$H = 2.65 \text{ m}$$

$$E = 500 \text{ lux}$$

$$p = 0.85 \text{ m}$$

$$d = 0 \text{ m}$$

Luminaria  $\rightarrow$  Down light SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)

$$\varphi_L = 3600 \text{ lm}$$

$$h = H - p - d = 2.65 - 0.85 - 0 = 1.8 \text{ m}$$

$$k = \frac{x \cdot y}{h \cdot (x + y)} = \frac{3.44 \cdot 6.45}{1.8 \cdot (3.44 + 6.45)} = 1.2464$$

Vamos a las tablas de factor de utilización y hay que interpolar:

$$\frac{1.25 - 1.0}{1.25 - 1.2464} = \frac{0.32 - 0.29}{0.32 - \eta} \rightarrow \eta = 0.3196$$



$$\varphi_T = \frac{E \cdot x \cdot y}{f_m \cdot \eta} = \frac{500 \cdot 3.44 \cdot 6.45}{0.8 \cdot 0.3196} = 43390 \text{ lm}$$

$$N = \frac{\varphi_T}{\varphi_L} = \frac{43390}{3600} = 12$$

$$D = \sqrt{\frac{x \cdot y}{N}} = \sqrt{\frac{3.44 \cdot 6.45}{12}} = 1.3598 \text{ m}$$

$$N_x = \frac{x}{D} = \frac{3.44}{1.3598} = 3$$

$$N_y = \frac{y}{D} = \frac{6.45}{1.3598} = 5$$

$$N_t = N_x \cdot N_y = 3 \cdot 5 = 15 \text{ luminarias}$$

Comprobación:

$$e_1 = \frac{3.44}{3} = 1.147 \text{ m}$$

$$\Rightarrow e_1 = 1.6 \cdot 1.8 = 2.88 \text{ m Cumple}$$

$$e_1 = \frac{6.45}{5} = 1.29 \text{ m}$$

$$E_m = \frac{N_T \cdot \varphi_L \cdot \eta \cdot f_m}{x \cdot y} = \frac{15 \cdot 3600 \cdot 0.3196 \cdot 0.8}{3.44 \cdot 6.45} = 623 \text{ lux} \geq 500 \text{ lux} \Rightarrow \text{correcto}$$

### Archivo

x= 3.44 m

y= 6.45 m

H=2.65 m

E= 300 lux

p= 0 m

d= 0 m

Luminaria → Down light SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)

$\varphi_L$ = 3600 lm

$$h = H - p - d = 2.65 - 0 - 0 = 2.65 \text{ m}$$



$$k = \frac{x \cdot y}{h \cdot (x + y)} = \frac{3.44 \cdot 6.45}{2.65 \cdot (3.44 + 6.45)} = 0.8466$$

Vamos a las tablas de factor de utilización y hay que interpolar:

$$\frac{1.0 - 0.75}{1.0 - 0.8466} = \frac{0.29 - 0.25}{0.29 - \eta} \rightarrow \eta = 0.2655$$

$$\varphi_T = \frac{E \cdot x \cdot y}{f_m \cdot \eta} = \frac{300 \cdot 3.44 \cdot 6.45}{0.8 \cdot 0.2655} = 31339 \text{ lm}$$

$$N = \frac{\varphi_T}{\varphi_L} = \frac{31339}{3600} = 9$$

$$D = \sqrt{\frac{x \cdot y}{N}} = \sqrt{\frac{3.44 \cdot 6.45}{9}} = 1.5701 \text{ m}$$

$$N_x = \frac{x}{D} = \frac{3.44}{1.5701} = 3$$

$$N_y = \frac{y}{D} = \frac{6.45}{1.5701} = 4$$

$$N_t = N_x \cdot N_y = 3 \cdot 4 = 12 \text{ luminarias}$$

Comprobación:

$$e_1 = \frac{3.44}{3} = 1.147 \text{ m}$$

$$\Rightarrow e_1 = 1.6 \cdot 2.65 = 4.24 \text{ m Cumple}$$

$$e_1 = \frac{6.45}{4} = 1.6125 \text{ m}$$

$$E_m = \frac{N_T \cdot \varphi_L \cdot \eta \cdot f_m}{x \cdot y} = \frac{12 \cdot 3600 \cdot 0.2655 \cdot 0.8}{3.44 \cdot 6.45} = 414 \text{ lux} \geq 300 \text{ lux} \Rightarrow \text{correcto}$$

### W.C. Hombres

$$x = 3.44 \text{ m}$$

$$y = 3.1175 \text{ m}$$

$$H = 2.65 \text{ m}$$

$$E = 200 \text{ lux}$$

$$p = 0 \text{ m}$$





$d=0$  m

Fluorescente empotrado  $\rightarrow$  TBS 411 1x28W840 HFP D8 PI

$\varphi_L = 2600$  lm

$$h = H - p - d = 2.65 - 0 - 0 = 2.65 \text{ m}$$

$$k = \frac{x \cdot y}{h \cdot (x + y)} = \frac{3.44 \cdot 3.1175}{2.65 \cdot (3.44 + 3.1175)} = 0.6171$$

Vamos a las tablas de factor de utilización y hay que interpolar:

$$\frac{0.8 - 0.6}{0.8 - 0.6171} = \frac{0.53 - 0.45}{0.53 - \eta} \rightarrow \eta = 0.4568$$

$$\varphi_T = \frac{E \cdot x \cdot y}{f_m \cdot \eta} = \frac{200 \cdot 3.44 \cdot 3.1175}{0.8 \cdot 0.4568} = 5870$$

$$N = \frac{\varphi_T}{\varphi_L} = \frac{5870}{2600} = 2$$

$$D = \sqrt{\frac{x \cdot y}{N}} = \sqrt{\frac{3.44 \cdot 3.1175}{2}} = 2.3156 \text{ m}$$

$$N_x = \frac{x}{D} = \frac{3.44}{2.3156} = 2$$

$$N_y = \frac{y}{D} = \frac{3.1175}{2.3156} = 2$$

$$N_t = N_x \cdot N_y = 2 \cdot 2 = 4 \text{ luminarias}$$

Comprobación:

$$e_1 = \frac{3.44}{2} = 1.72 \text{ m}$$

$$\Rightarrow e_1 = 1.6 \cdot 2.65 = 4.24 \text{ m Cumple}$$

$$e_1 = \frac{3.1175}{2} = 1.5587 \text{ m}$$

$$E_m = \frac{N_T \cdot \varphi_L \cdot \eta \cdot f_m}{x \cdot y} = \frac{4 \cdot 2600 \cdot 0.4568 \cdot 0.8}{3.44 \cdot 3.1175} = 355 \text{ lux} \geq 200 \text{ lux} \Rightarrow \text{correcto}$$



### W.C. Mujeres

$$x = 3.44 \text{ m}$$

$$y = 3.1175 \text{ m}$$

$$H = 2.65 \text{ m}$$

$$E = 200 \text{ lux}$$

$$p = 0 \text{ m}$$

$$d = 0 \text{ m}$$

Fluorescente empotrado → TBS 411 1x28W840 HFP D8 PI

$$\varphi_L = 2600 \text{ lm}$$

$$h = H - p - d = 2.65 - 0 - 0 = 2.65 \text{ m}$$

$$k = \frac{x \cdot y}{h \cdot (x + y)} = \frac{3.44 \cdot 3.1175}{2.65 \cdot (3.44 + 3.1175)} = 0.6171$$

Vamos a las tablas de factor de utilización y hay que interpolar:

$$\frac{0.8 - 0.6}{0.8 - 0.6171} = \frac{0.53 - 0.45}{0.53 - \eta} \rightarrow \eta = 0.4568$$

$$\varphi_T = \frac{E \cdot x \cdot y}{f_m \cdot \eta} = \frac{200 \cdot 3.44 \cdot 3.1175}{0.8 \cdot 0.4568} = 5870$$

$$N = \frac{\varphi_T}{\varphi_L} = \frac{5870}{2600} = 2$$

$$D = \sqrt{\frac{x \cdot y}{N}} = \sqrt{\frac{3.44 \cdot 3.1175}{2}} = 2.3156 \text{ m}$$

$$N_x = \frac{x}{D} = \frac{3.44}{2.3156} = 2$$

$$N_y = \frac{y}{D} = \frac{3.1175}{2.3156} = 2$$

$$N_t = N_x \cdot N_y = 2 \cdot 2 = 4 \text{ luminarias}$$

Comprobación:

$$e_1 = \frac{3.44}{2} = 1.72 \text{ m}$$

$$\Rightarrow e_1 = 1.6 \cdot 2.65 = 4.24 \text{ m Cumple}$$



$$e_1 = \frac{3.1175}{2} = 1.5587 \text{ m}$$

$$E_m = \frac{N_T \cdot \varphi_L \cdot \eta \cdot f_m}{x \cdot y} = \frac{4 \cdot 2600 \cdot 0.4568 \cdot 0.8}{3.44 \cdot 3.1175} = 355 \text{ lux} \geq 200 \text{ lux} \Rightarrow \text{correcto}$$

### Cocina

$$x = 3.44 \text{ m}$$

$$y = 5.4825 \text{ m}$$

$$H = 2.65 \text{ m}$$

$$E = 500 \text{ lux}$$

$$p = 0 \text{ m}$$

$$d = 0 \text{ m}$$

Fluorescente empotrado  $\rightarrow$  TBS 411 1x28W840 HFP D8 PI

$$\varphi_L = 2600 \text{ lm}$$

$$h = H - p - d = 2.65 - 0 - 0 = 2.65 \text{ m}$$

$$k = \frac{x \cdot y}{h \cdot (x + y)} = \frac{3.44 \cdot 5.4825}{2.65 \cdot (3.44 + 5.4825)} = 0.7976$$

Vamos a las tablas de factor de utilización y hay que interpolar:

$$\frac{0.8 - 0.6}{0.8 - 0.7976} = \frac{0.53 - 0.45}{0.53 - \eta} \rightarrow \eta = 0.5291$$

$$\varphi_T = \frac{E \cdot x \cdot y}{f_m \cdot \eta} = \frac{500 \cdot 3.44 \cdot 5.4825}{0.8 \cdot 0.5291} = 22279 \text{ lm}$$

$$N = \frac{\varphi_T}{\varphi_L} = \frac{22279}{2600} = 9$$

$$D = \sqrt{\frac{x \cdot y}{N}} = \sqrt{\frac{3.44 \cdot 5.4825}{9}} = 1.4476 \text{ m}$$

$$N_x = \frac{x}{D} = \frac{3.44}{1.4476} = 3$$



$$N_y = \frac{y}{D} = \frac{5.4825}{1.4476} = 4$$

$$N_t = N_x \cdot N_y = 3 \cdot 4 = 12 \text{ luminarias}$$

Comprobación:

$$e_1 = \frac{3.44}{3} = 1.1467 \text{ m}$$

$$\Rightarrow e_1 = 1.6 \cdot 2.65 = 4.24 \text{ m Cumple}$$

$$e_1 = \frac{5.4825}{4} = 1.3706 \text{ m}$$

$$E_m = \frac{N_T \cdot \varphi_L \cdot \eta \cdot f_m}{x \cdot y} = \frac{12 \cdot 2600 \cdot 0.5291 \cdot 0.8}{3.44 \cdot 5.4825} = 700 \text{ lux} \geq 500 \text{ lux} \Rightarrow \text{correcto}$$

### I+D

$$x = 13.975 \text{ m}$$

$$y = 6.3425 \text{ m}$$

$$H = 2.65 \text{ m}$$

$$E = 500 \text{ lux}$$

$$p = 0.85 \text{ m}$$

$$d = 0 \text{ m}$$

Luminaria  $\rightarrow$  Down light SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)

$$\varphi_L = 3600 \text{ lm}$$

$$h = H - p - d = 2.65 - 0.85 - 0 = 1.8 \text{ m}$$

$$k = \frac{x \cdot y}{h \cdot (x + y)} = \frac{13.975 \cdot 6.3425}{1.8 \cdot (13.975 + 6.3425)} = 2.4236$$

Vamos a las tablas de factor de utilización y hay que interpolar:

$$\frac{2.5 - 2.0}{2.5 - 2.4236} = \frac{0.39 - 0.37}{0.39 - \eta} \rightarrow \eta = 0.3869$$

$$\varphi_T = \frac{E \cdot x \cdot y}{f_m \cdot \eta} = \frac{500 \cdot 13.975 \cdot 6.3425}{0.8 \cdot 0.3869} = 143184 \text{ lm}$$

$$N = \frac{\varphi_T}{\varphi_L} = \frac{143184}{3600} = 40$$



$$D = \sqrt{\frac{x \cdot y}{N}} = \sqrt{\frac{13.975 \cdot 6.3425}{40}} = 1.4886 \text{ m}$$

$$N_x = \frac{x}{D} = \frac{13.975}{1.4886} = 10$$

$$N_y = \frac{y}{D} = \frac{6.3425}{1.4886} = 5$$

$$N_t = N_x \cdot N_y = 10 \cdot 5 = 50 \text{ luminarias}$$

Comprobación:

$$e_1 = \frac{13.975}{10} = 1.3975 \text{ m}$$

$$\Rightarrow e_1 = 1.6 \cdot 1.8 = 2.88 \text{ m Cumple}$$

$$e_1 = \frac{6.3425}{5} = 1.2685 \text{ m}$$

$$E_m = \frac{N_T \cdot \varphi_L \cdot \eta \cdot f_m}{x \cdot y} = \frac{50 \cdot 3600 \cdot 0.3869 \cdot 0.8}{13.975 \cdot 6.3425} = 629 \text{ lux} \geq 500 \text{ lux} \Rightarrow \text{correcto}$$

### Médico

$$x = 5.4825 \text{ m}$$

$$y = 10.865 \text{ m}$$

$$H = 2.65 \text{ m}$$

$$E = 500 \text{ lux}$$

$$p = 0.85 \text{ m}$$

$$d = 0 \text{ m}$$

Luminaria → Down light SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)

$$\varphi_L = 3600 \text{ lm}$$

$$h = H - p - d = 2.65 - 0.85 - 0 = 1.8 \text{ m}$$

$$k = \frac{x \cdot y}{h \cdot (x + y)} = \frac{5.4825 \cdot 10.865}{1.8 \cdot (5.4825 + 10.865)} = 2.0281$$



Vamos a las tablas de factor de utilización y hay que interpolar:

$$\frac{2.5 - 2.0}{2.5 - 2.0281} = \frac{0.39 - 0.37}{0.39 - \eta} \rightarrow \eta = 0.3711$$

$$\varphi_T = \frac{E \cdot x \cdot y}{f_m \cdot \eta} = \frac{500 \cdot 5.4825 \cdot 10.865}{0.8 \cdot 0.3711} = 100323 \text{ lm}$$

$$N = \frac{\varphi_T}{\varphi_L} = \frac{100323}{3600} = 28$$

$$D = \sqrt{\frac{x \cdot y}{N}} = \sqrt{\frac{5.4825 \cdot 10.865}{28}} = 1.4586$$

$$N_x = \frac{x}{D} = \frac{5.4825}{1.4586} = 4$$

$$N_y = \frac{y}{D} = \frac{10.865}{1.4586} = 8$$

$$N_t = N_x \cdot N_y = 4 \cdot 8 = 32 \text{ luminarias}$$

Comprobación:

$$e_1 = \frac{5.4825}{4} = 1.3706 \text{ m}$$

$$\Rightarrow e_1 = 1.6 \cdot 1.8 = 2.88 \text{ m Cumple}$$

$$e_1 = \frac{10.865}{8} = 1.3581 \text{ m}$$

$$E_m = \frac{N_T \cdot \varphi_L \cdot \eta \cdot f_m}{x \cdot y} = \frac{32 \cdot 3600 \cdot 0.3711 \cdot 0.8}{5.4825 \cdot 10.865} = 575 \text{ lux} \geq 500 \text{ lux} \Rightarrow \text{correcto}$$

### Comedor

$$x = 5.4825 \text{ m}$$

$$y = 10.4275 \text{ m}$$

$$H = 2.65 \text{ m}$$

$$E = 500 \text{ lux}$$

$$p = 0 \text{ m}$$

$$d = 0 \text{ m}$$

Luminaria  $\rightarrow$  Down light SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)

$$\varphi_L = 3600 \text{ lm}$$



$$h = H - p - d = 2.65 - 0 - 0 = 2.65 \text{ m}$$

$$k = \frac{x \cdot y}{h \cdot (x + y)} = \frac{5.4825 \cdot 10.4275}{2.65 \cdot (5.4825 + 10.4275)} = 1.3559$$

Vamos a las tablas de factor de utilización y hay que interpolar:

$$\frac{1.5 - 1.25}{1.5 - 1.3559} = \frac{0.34 - 0.32}{0.34 - \eta} \rightarrow \eta = 0.3285$$

$$\varphi_T = \frac{E \cdot x \cdot y}{f_m \cdot \eta} = \frac{500 \cdot 5.4825 \cdot 10.4275}{0.8 \cdot 0.3285} = 108768 \text{ lm}$$

$$N = \frac{\varphi_T}{\varphi_L} = \frac{108768}{3600} = 30$$

$$D = \sqrt{\frac{x \cdot y}{N}} = \sqrt{\frac{5.4825 \cdot 10.4275}{30}} = 1.3804 \text{ m}$$

$$N_x = \frac{x}{D} = \frac{5.4825}{1.3804} = 4$$

$$N_y = \frac{y}{D} = \frac{10.4275}{1.3804} = 8$$

$$N_t = N_x \cdot N_y = 4 \cdot 8 = 32 \text{ luminarias}$$

Comprobación:

$$e_1 = \frac{5.4825}{4} = 1.3706 \text{ m}$$

$$\Rightarrow e_1 = 1.6 \cdot 2.65 = 4.24 \text{ m Cumple}$$

$$e_2 = \frac{10.4275}{8} = 1.3034 \text{ m}$$

$$E_m = \frac{N_T \cdot \varphi_L \cdot \eta \cdot f_m}{x \cdot y} = \frac{32 \cdot 3600 \cdot 0.3285 \cdot 0.8}{5.4825 \cdot 10.4275} = 530 \text{ lux} \geq 500 \text{ lux} \Rightarrow \text{correcto}$$

### Pasillo largo

$$x = 1.1825 \text{ m}$$

$$y = 27.09 \text{ m}$$

$$H=2.65\text{m}$$

$$E= 300 \text{ lux}$$

$$p= 0 \text{ m}$$

$$d= 0 \text{ m}$$

Luminaria → Fluorescente montaje superficial → TCS 640 1x35W/840 HFP C8 ALU

$$\varphi_L= 3300 \text{ lm}$$

$$h = H - p - d = 2.65 - 0 - 0 = 2.65 \text{ m}$$

$$k = \frac{x \cdot y}{h \cdot (x + y)} = \frac{1.1825 \cdot 27.09}{2.65 \cdot (1.1825 + 27.09)} = 0.4276$$

Vamos a las tablas de factor de utilización y hay que interpolar:

$$\frac{0.60 - 0}{0.60 - 0.4276} = \frac{0.45 - 0}{0.45 - \eta} \rightarrow \eta = 0.3207$$

$$\varphi_T = \frac{E \cdot x \cdot y}{f_m \cdot \eta} = \frac{300 \cdot 1.1825 \cdot 27.09}{0.8 \cdot 0.3207} = 37458 \text{ lm}$$

$$N = \frac{\varphi_T}{\varphi_L} = \frac{37458}{3300} = 12$$

$$D = \sqrt{\frac{x \cdot y}{N}} = \sqrt{\frac{1.1825 \cdot 27.09}{12}} = 1.6339 \text{ m}$$

$$N_x = \frac{x}{D} = \frac{1.1825}{1.6339} = 1$$

$$N_y = \frac{y}{D} = \frac{27.09}{1.6339} = 17$$

$$N_t = N_x \cdot N_y = 1 \cdot 17 = 17 \text{ luminarias}$$

Hay dos pasillos largos por lo tanto tendremos 34 luminarias.

Comprobación:

$$e_1 = \frac{1.1825}{1} = 1.1825 \text{ m}$$

$$\Rightarrow e_1 = 1.6 \cdot 2.65 = 4.24 \text{ m Cumple}$$

$$e_2 = \frac{27.09}{17} = 1.5935 \text{ m}$$





$$E_m = \frac{N_T \cdot \varphi_L \cdot \eta \cdot f_m}{x \cdot y} = \frac{17 \cdot 3300 \cdot 0.3207 \cdot 0.8}{1.1825 \cdot 27.09} = 449 \text{ lux} \geq 300 \text{ lux} \Rightarrow \text{correcto}$$

### Pasillo corto

$$x = 2.58 \text{ m}$$

$$y = 1.1825 \text{ m}$$

$$H = 2.65 \text{ m}$$

$$E = 300 \text{ lux}$$

$$p = 0 \text{ m}$$

$$d = 0 \text{ m}$$

Luminaria  $\rightarrow$  Fluorescente montaje superficial  $\rightarrow$  TCS 640 1x35W/840 HFP C8 ALU

$$\varphi_L = 3300 \text{ lm}$$

$$h = H - p - d = 2.65 - 0 - 0 = 2.65 \text{ m}$$

$$k = \frac{x \cdot y}{h \cdot (x + y)} = \frac{2.58 \cdot 1.1825}{2.65 \cdot (2.58 + 1.1825)} = 0.3059$$

Vamos a las tablas de factor de utilización y hay que interpolar:

$$\frac{0.60 - 0}{0.60 - 0.3059} = \frac{0.45 - 0}{0.45 - \eta} \rightarrow \eta = 0.2294$$

$$\varphi_T = \frac{E \cdot x \cdot y}{f_m \cdot \eta} = \frac{300 \cdot 2.58 \cdot 1.1825}{0.8 \cdot 0.2294} = 4988 \text{ lm}$$

$$N = \frac{\varphi_T}{\varphi_L} = \frac{4988}{3300} = 2$$

$$D = \sqrt{\frac{x \cdot y}{N}} = \sqrt{\frac{2.58 \cdot 1.1825}{2}} = 1.2351 \text{ m}$$

$$N_x = \frac{x}{D} = \frac{2.58}{1.2351} = 3$$

$$N_y = \frac{y}{D} = \frac{1.1825}{1.2351} = 1$$

$$N_t = N_x \cdot N_y = 3 \cdot 1 = 3 \text{ luminarias}$$

Hay 4 pasillos cortos por lo tanto tendremos 12 luminarias.



Comprobación:

$$e_1 = \frac{2.58}{3} = 0.86 \text{ m}$$

$$\Rightarrow e_1 = 1.6 \cdot 2.65 = 4.24 \text{ m Cumple}$$

$$e_1 = \frac{1.1825}{1} = 1.1825 \text{ m}$$

$$E_m = \frac{N_T \cdot \varphi_L \cdot \eta \cdot f_m}{x \cdot y} = \frac{3 \cdot 3300 \cdot 0.2294 \cdot 0.8}{2.8 \cdot 1.1825} = 549 \text{ lux} \geq 300 \text{ lux} \Rightarrow \text{correcto}$$

### Almacén instalaciones 3

$$x = 2.442 \text{ m}$$

$$y = 1.332 \text{ m}$$

$$H = 2.65 \text{ m}$$

$$E = 300 \text{ lux}$$

$$p = 0 \text{ m}$$

$$d = 0 \text{ m}$$

Luminaria  $\rightarrow$  Fluorescente montaje superficial  $\rightarrow$  TCS 640 1x35W/840 HFP C8 ALU

$$\varphi_L = 3300 \text{ lm}$$

$$h = H - p - d = 2.65 - 0 - 0 = 2.65 \text{ m}$$

$$k = \frac{x \cdot y}{h \cdot (x + y)} = \frac{2.442 \cdot 1.332}{2.65 \cdot (2.442 + 1.332)} = 0.325$$

Vamos a las tablas de factor de utilización y hay que interpolar:

$$\frac{0.6 - 0}{0.6 - 0.325} = \frac{0.45 - 0}{0.45 - \eta} \rightarrow \eta = 0.2437$$

$$\varphi_T = \frac{E \cdot x \cdot y}{f_m \cdot \eta} = \frac{300 \cdot 2.442 \cdot 1.332}{0.8 \cdot 0.2437} = 5005.25 \text{ lm}$$

$$N = \frac{\varphi_T}{\varphi_L} = \frac{5005.25}{3300} = 1.517$$

$$D = \sqrt{\frac{x \cdot y}{N}} = \sqrt{\frac{2.442 \cdot 1.332}{1.517}} = 1.464 \text{ m}$$



$$N_x = \frac{x}{D} = \frac{2.442}{1.464} = 2$$

$$N_y = \frac{y}{D} = \frac{1.332}{1.464} = 1$$

$$N_t = N_x \cdot N_y = 2 \cdot 1 = 2 \text{ luminarias}$$

Comprobación

$$e_1 = \frac{2.442}{2} = 1.221 \text{ m}$$

$$\Rightarrow e_1 = 1.6 \cdot 2.65 = 4.24 \text{ m Cumple}$$

$$e_1 = \frac{1.332}{1} = 1.332 \text{ m}$$

$$E_m = \frac{N_T \cdot \varphi_L \cdot \eta \cdot f_m}{x \cdot y} = \frac{2 \cdot 3300 \cdot 0.2437 \cdot 0.8}{2.442 \cdot 1.332} = 395.59 \text{ lux} \geq 300 \text{ lux} \Rightarrow \text{correcto}$$

- **Oficinas sur planta baja**

**Vestuario mujeres**

$$x = 11.05 \text{ m}$$

$$y = 7.5 \text{ m}$$

$$H = 2.60 \text{ m}$$

$$E = 200 \text{ lux}$$

$$p = 0 \text{ m}$$

$$d = 0 \text{ m}$$

Luminaria estanca  $\rightarrow$  TBS 324 2xTL-D36W/830 HFP C5 GT IP65

$$\varphi_L = 6700 \text{ lm}$$

$$h = H - p - d = 2.60 - 0 - 0 = 2.60 \text{ m}$$

$$k = \frac{x \cdot y}{h \cdot (x + y)} = \frac{11.05 \cdot 7.5}{2.60 \cdot (11.05 + 7.5)} = 1.7183$$

Vamos a las tablas de factor de utilización y hay que interpolar:

$$\frac{2.0 - 1.5}{2.0 - 1.7183} = \frac{0.61 - 0.57}{0.61 - \eta} \rightarrow \eta = 0.5875$$



$$\varphi_T = \frac{E \cdot x \cdot y}{f_m \cdot \eta} = \frac{200 \cdot 11.05 \cdot 7.5}{0.7 \cdot 0.5875} = 40304 \text{ lm}$$

$$N = \frac{\varphi_T}{\varphi_L} = \frac{40304}{6700} = 6$$

$$D = \sqrt{\frac{x \cdot y}{N}} = \sqrt{\frac{11.05 \cdot 7.5}{6}} = 3.7165 \text{ m}$$

$$N_x = \frac{x}{D} = \frac{11.05}{3.7165} = 3$$

$$N_y = \frac{y}{D} = \frac{7.5}{3.7165} = 3$$

$$N_t = N_x \cdot N_y = 3 \cdot 3 = 9 \text{ luminarias}$$

Comprobación:

$$e_1 = \frac{11.05}{3} = 3.68 \text{ m}$$

$$\Rightarrow e_1 = 1.6 \cdot 2.6 = 4.16 \text{ m Cumple}$$

$$e_1 = \frac{7.5}{3} = 2.5 \text{ m}$$

$$E_m = \frac{N_T \cdot \varphi_L \cdot \eta \cdot f_m}{x \cdot y} = \frac{9 \cdot 6700 \cdot 0.5875 \cdot 0.7}{11.05 \cdot 7.5} = 300 \text{ lux} \geq 200 \text{ lux} \Rightarrow \text{correcto}$$

### W.C. Mujeres

$$x = 5.925 \text{ m}$$

$$y = 5.4 \text{ m}$$

$$H = 2.60 \text{ m}$$

$$E = 200 \text{ lux}$$

$$p = 0 \text{ m}$$

$$d = 0 \text{ m}$$

Luminaria estanca  $\rightarrow$  TBS 324 2xTL-D36W/830 HFP C5 GT IP65

$$\varphi_L = 6700 \text{ lm}$$

$$h = H - p - d = 2.60 - 0 - 0 = 2.60 \text{ m}$$



$$k = \frac{x \cdot y}{h \cdot (x + y)} = \frac{5.925 \cdot 5.4}{2.60 \cdot (5.925 + 5.4)} = 1.0866$$

Vamos a las tablas de factor de utilización y hay que interpolar:

$$\frac{1.25 - 1.0}{1.25 - 1.0866} = \frac{0.54 - 0.49}{0.54 - \eta} \rightarrow \eta = 0.5073$$

$$\varphi_T = \frac{E \cdot x \cdot y}{f_m \cdot \eta} = \frac{200 \cdot 5.925 \cdot 5.4}{0.7 \cdot 0.5073} = 18020 \text{ lm}$$

$$N = \frac{\varphi_T}{\varphi_L} = \frac{18020}{6700} = 3$$

$$D = \sqrt{\frac{x \cdot y}{N}} = \sqrt{\frac{5.925 \cdot 5.4}{3}} = 3.2657 \text{ m}$$

$$N_x = \frac{x}{D} = \frac{5.925}{3.2657} = 2$$

$$N_y = \frac{y}{D} = \frac{5.4}{3.2657} = 2$$

$$N_t = N_x \cdot N_y = 2 \cdot 2 = 4 \text{ luminarias}$$

Comprobación:

$$e_1 = \frac{5.925}{2} = 2.9625 \text{ m}$$

$$\Rightarrow e_1 = 1.6 \cdot 2.6 = 4.16 \text{ m Cumple}$$

$$e_1 = \frac{5.4}{2} = 2.7 \text{ m}$$

$$E_m = \frac{N_T \cdot \varphi_L \cdot \eta \cdot f_m}{x \cdot y} = \frac{4 \cdot 6700 \cdot 0.5073 \cdot 0.7}{5.925 \cdot 5.4} = 298 \text{ lux} \geq 200 \text{ lux} \Rightarrow \text{correcto}$$

## Duchas mujeres

$$x = 5.925 \text{ m}$$

$$y = 5.4 \text{ m}$$

$$H = 2.60 \text{ m}$$



$E = 200 \text{ lux}$

$p = 0 \text{ m}$

$d = 0 \text{ m}$

Luminaria estanca  $\rightarrow$  TBS 324 2xTL-D36W/830 HFP C5 GT IP65

$\varphi_L = 6700 \text{ lm}$

$$h = H - p - d = 2.60 - 0 - 0 = 2.60 \text{ m}$$

$$k = \frac{x \cdot y}{h \cdot (x + y)} = \frac{5.925 \cdot 5.4}{2.60 \cdot (5.925 + 5.4)} = 1.0866$$

Vamos a las tablas de factor de utilización y hay que interpolar:

$$\frac{1.25 - 1.0}{1.25 - 1.0866} = \frac{0.54 - 0.49}{0.54 - \eta} \rightarrow \eta = 0.5073$$

$$\varphi_T = \frac{E \cdot x \cdot y}{f_m \cdot \eta} = \frac{200 \cdot 5.925 \cdot 5.4}{0.7 \cdot 0.5073} = 18020 \text{ lm}$$

$$N = \frac{\varphi_T}{\varphi_L} = \frac{18020}{6700} = 3$$

$$D = \sqrt{\frac{x \cdot y}{N}} = \sqrt{\frac{5.925 \cdot 5.4}{3}} = 3.2657 \text{ m}$$

$$N_x = \frac{x}{D} = \frac{5.925}{3.2657} = 2$$

$$N_y = \frac{y}{D} = \frac{5.4}{3.2657} = 2$$

$$N_t = N_x \cdot N_y = 2 \cdot 2 = 4 \text{ luminarias}$$

Comprobación:

$$e_1 = \frac{5.925}{2} = 2.9625 \text{ m}$$

$$\Rightarrow e_1 = 1.6 \cdot 2.6 = 4.16 \text{ m Cumple}$$

$$e_2 = \frac{5.4}{2} = 2.7 \text{ m}$$

$$E_m = \frac{N_t \cdot \varphi_L \cdot \eta \cdot f_m}{x \cdot y} = \frac{4 \cdot 6700 \cdot 0.5073 \cdot 0.7}{5.925 \cdot 5.4} = 298 \text{ lux} \geq 200 \text{ lux} \Rightarrow \text{correcto}$$



### Vestuario hombres

$$x = 11.05 \text{ m}$$

$$y = 8.25 \text{ m}$$

$$H = 2.60 \text{ m}$$

$$E = 200 \text{ lux}$$

$$p = 0 \text{ m}$$

$$d = 0 \text{ m}$$

Luminaria estanca → TBS 324 2xTL-D36W/830 HFP C5 GT IP65

$$\varphi_L = 6700 \text{ lm}$$

$$h = H - p - d = 2.60 - 0 - 0 = 2.60 \text{ m}$$

$$k = \frac{x \cdot y}{h \cdot (x + y)} = \frac{11.05 \cdot 8.25}{2.60 \cdot (11.05 + 8.25)} = 1.8167$$

Vamos a las tablas de factor de utilización y hay que interpolar:

$$\frac{2.0 - 1.5}{2.0 - 1.8167} = \frac{0.61 - 0.57}{0.61 - \eta} \rightarrow \eta = 0.5963$$

$$\varphi_T = \frac{E \cdot x \cdot y}{f_m \cdot \eta} = \frac{200 \cdot 11.05 \cdot 8.25}{0.7 \cdot 0.5963} = 43680 \text{ lm}$$

$$N = \frac{\varphi_T}{\varphi_L} = \frac{43680}{6700} = 7$$

$$D = \sqrt{\frac{x \cdot y}{N}} = \sqrt{\frac{11.05 \cdot 8.25}{7}} = 3.6088 \text{ m}$$

$$N_x = \frac{x}{D} = \frac{11.05}{3.6088} = 3$$

$$N_y = \frac{y}{D} = \frac{8.25}{3.6088} = 3$$

$$N_t = N_x \cdot N_y = 3 \cdot 3 = 9 \text{ luminarias}$$

Comprobación:



$$e_1 = \frac{11.05}{3} = 3.6833 \text{ m}$$

$$\Rightarrow e_1 = 1.6 \cdot 2.6 = 4.16 \text{ m Cuple}$$

$$e_1 = \frac{8.25}{3} = 2.75 \text{ m}$$

$$E_m = \frac{N_T \cdot \varphi_L \cdot \eta \cdot f_m}{x \cdot y} = \frac{9 \cdot 6700 \cdot 0.5073 \cdot 0.7}{11.05 \cdot 8.25} = 235 \text{ lux} \geq 200 \text{ lux} \Rightarrow \text{correcto}$$

### W.C. Hombres

$$x = 5.925 \text{ m}$$

$$y = 5.4 \text{ m}$$

$$H = 2.60 \text{ m}$$

$$E = 200 \text{ lux}$$

$$p = 0 \text{ m}$$

$$d = 0 \text{ m}$$

Luminaria estanca  $\rightarrow$  TBS 324 2xTL-D36W/830 HFP C5 GT IP65

$$\varphi_L = 6700 \text{ lm}$$

$$h = H - p - d = 2.60 - 0 - 0 = 2.60 \text{ m}$$

$$k = \frac{x \cdot y}{h \cdot (x + y)} = \frac{5.925 \cdot 5.4}{2.60 \cdot (5.925 + 5.4)} = 1.0866$$

Vamos a las tablas de factor de utilización y hay que interpolar:

$$\frac{1.25 - 1.0}{1.25 - 1.0866} = \frac{0.54 - 0.49}{0.54 - \eta} \rightarrow \eta = 0.5073$$

$$\varphi_T = \frac{E \cdot x \cdot y}{f_m \cdot \eta} = \frac{200 \cdot 5.925 \cdot 5.4}{0.7 \cdot 0.5073} = 18020 \text{ lm}$$

$$N = \frac{\varphi_T}{\varphi_L} = \frac{18020}{6700} = 3$$

$$D = \sqrt{\frac{x \cdot y}{N}} = \sqrt{\frac{5.925 \cdot 5.4}{3}} = 3.2657 \text{ m}$$

$$N_x = \frac{x}{D} = \frac{5.925}{3.2657} = 2$$





$$N_y = \frac{y}{D} = \frac{5.4}{3.2657} = 2$$

$$N_t = N_x \cdot N_y = 2 \cdot 2 = 4 \text{ luminarias}$$

Comprobación:

$$e_1 = \frac{5.925}{2} = 2.9625 \text{ m}$$

$$\Rightarrow e_1 = 1.6 \cdot 1.8 = 2.88 \text{ m Cumple}$$

$$e_1 = \frac{5.4}{2} = 2.7 \text{ m}$$

$$E_m = \frac{N_T \cdot \varphi_L \cdot \eta \cdot f_m}{x \cdot y} = \frac{4 \cdot 6700 \cdot 0.5073 \cdot 0.7}{5.925 \cdot 5.4} = 298 \text{ lux} \geq 200 \text{ lux} \Rightarrow \text{correcto}$$

### Duchas hombres

$$x = 5.925 \text{ m}$$

$$y = 5.4 \text{ m}$$

$$H = 2.60 \text{ m}$$

$$E = 200 \text{ lux}$$

$$p = 0 \text{ m}$$

$$d = 0 \text{ m}$$

Luminaria estanca  $\rightarrow$  TBS 324 2xTL-D36W/830 HFP C5 GT IP65

$$\varphi_L = 6700 \text{ lm}$$

$$h = H - p - d = 2.60 - 0 - 0 = 2.60 \text{ m}$$

$$k = \frac{x \cdot y}{h \cdot (x + y)} = \frac{5.925 \cdot 5.4}{2.60 \cdot (5.925 + 5.4)} = 1.0866$$

Vamos a las tablas de factor de utilización y hay que interpolar:

$$\frac{1.25 - 1.0}{1.25 - 1.0866} = \frac{0.54 - 0.49}{0.54 - \eta} \rightarrow \eta = 0.5073$$

$$\varphi_T = \frac{E \cdot x \cdot y}{f_m \cdot \eta} = \frac{200 \cdot 5.925 \cdot 5.4}{0.7 \cdot 0.5073} = 18020 \text{ lm}$$

$$N = \frac{\varphi_T}{\varphi_L} = \frac{18020}{6700} = 3$$



$$D = \sqrt{\frac{x \cdot y}{N}} = \sqrt{\frac{5.925 \cdot 5.4}{3}} = 3.2657 \text{ m}$$

$$N_x = \frac{x}{D} = \frac{5.925}{3.2657} = 2$$

$$N_y = \frac{y}{D} = \frac{5.4}{3.2657} = 2$$

$$N_t = N_x \cdot N_y = 2 \cdot 2 = 4 \text{ luminarias}$$

Comprobación:

$$e_1 = \frac{5.925}{2} = 2.9625 \text{ m}$$

$$\Rightarrow e_1 = 1.6 \cdot 2.6 = 4.16 \text{ m Cumple}$$

$$e_1 = \frac{5.4}{2} = 2.7 \text{ m}$$

$$E_m = \frac{N_T \cdot \varphi_L \cdot \eta \cdot f_m}{x \cdot y} = \frac{4 \cdot 6700 \cdot 0.5073 \cdot 0.7}{5.925 \cdot 5.4} = 298 \text{ lux} \geq 200 \text{ lux} \Rightarrow \text{correcto}$$

### Pasillo

$$x = 10.8 \text{ m}$$

$$y = 1.95 \text{ m}$$

$$H = 2.60 \text{ m}$$

$$E = 300 \text{ lux}$$

$$p = 0 \text{ m}$$

$$d = 0 \text{ m}$$

Fluorescente montaje superficial  $\rightarrow$  TCS 640 1x35W/840 HFP C8 ALU

$$\varphi_L = 3300 \text{ lm}$$

$$h = H - p - d = 2.60 - 0 - 0 = 2.60 \text{ m}$$

$$k = \frac{x \cdot y}{h \cdot (x + y)} = \frac{10.8 \cdot 1.95}{2.60 \cdot (10.8 + 1.95)} = 0.6353$$

Vamos a las tablas de factor de utilización y hay que interpolar:



$$\frac{0.8 - 0.6}{0.8 - 0.6353} = \frac{0.53 - 0.45}{0.53 - \eta} \rightarrow \eta = 0.4641$$

$$\varphi_T = \frac{E \cdot x \cdot y}{f_m \cdot \eta} = \frac{300 \cdot 10.8 \cdot 1.95}{0.7 \cdot 0.4641} = 19448 \text{ lm}$$

$$N = \frac{\varphi_T}{\varphi_L} = \frac{19448}{3300} = 6$$

$$D = \sqrt{\frac{x \cdot y}{N}} = \sqrt{\frac{10.8 \cdot 1.95}{6}} = 1.8735 \text{ m}$$

$$N_x = \frac{x}{D} = \frac{10.8}{1.8735} = 6$$

$$N_y = \frac{y}{D} = \frac{1.95}{1.8735} = 1$$

$$N_t = N_x \cdot N_y = 6 \cdot 1 \text{ luminarias}$$

Comprobación:

$$e_1 = \frac{10.8}{6} = 1.8 \text{ m}$$

$$\Rightarrow e_1 = 1.6 \cdot 2.6 = 4.16 \text{ m Cumple}$$

$$e_1 = \frac{1.95}{1} = 1.95 \text{ m}$$

$$E_m = \frac{N_t \cdot \varphi_L \cdot \eta \cdot f_m}{x \cdot y} = \frac{6 \cdot 3300 \cdot 0.4641 \cdot 0.7}{10.8 \cdot 1.95} = 305 \text{ lux} \geq 200 \text{ lux} \Rightarrow \text{correcto}$$

- **Oficinas sur planta primera**

### Oficina general

x= 11.05 m

y= 7.35 m

H= 2.65 m

E= 500 lux

p=0.85 m

d=0 m

Luminaria → Down light SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)



$$\varphi_L = 3600 \text{ lm}$$

$$h = H - p - d = 2.65 - 0.85 - 0 = 1.8 \text{ m}$$

$$k = \frac{x \cdot y}{h \cdot (x + y)} = \frac{11.05 \cdot 7.35}{1.8 \cdot (11.05 + 7.35)} = 2.4522$$

Vamos a las tablas de factor de utilización y hay que interpolar:

$$\frac{2.5 - 2.0}{2.5 - 2.4522} = \frac{0.39 - 0.37}{0.39 - \eta} \rightarrow \eta = 0.3881$$

$$\varphi_T = \frac{E \cdot x \cdot y}{f_m \cdot \eta} = \frac{500 \cdot 11.05 \cdot 7.35}{0.8 \cdot 0.3881} = 130794 \text{ lm}$$

$$N = \frac{\varphi_T}{\varphi_L} = \frac{130794}{3600} = 36$$

$$D = \sqrt{\frac{x \cdot y}{N}} = \sqrt{\frac{11.05 \cdot 7.35}{36}} = 1.502 \text{ m}$$

$$N_x = \frac{x}{D} = \frac{11.05}{1.502} = 8$$

$$N_y = \frac{y}{D} = \frac{7.35}{1.502} = 5$$

$$N_t = N_x \cdot N_y = 8 \cdot 5 = 40 \text{ luminarias}$$

Comprobación:

$$e_1 = \frac{11.05}{8} = 1.3812 \text{ m}$$

$$\Rightarrow e_1 = 1.6 \cdot 1.8 = 2.88 \text{ m Cumple}$$

$$e_2 = \frac{7.35}{5} = 1.47 \text{ m}$$

$$E_m = \frac{N_T \cdot \varphi_L \cdot \eta \cdot f_m}{x \cdot y} = \frac{40 \cdot 3600 \cdot 0.3881 \cdot 0.8}{11.05 \cdot 7.35} = 551 \text{ lux} \geq 500 \text{ lux} \Rightarrow \text{correcto}$$

**Despacho 1**

$$x = 5.85 \text{ m}$$

$$y = 4.12 \text{ m}$$

$$H = 2.65 \text{ m}$$

$$E = 500 \text{ lux}$$

$$p = 0.85 \text{ m}$$

$$d = 0 \text{ m}$$

Luminaria → Down light SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)

$$\varphi_L = 3600 \text{ lm}$$

$$h = H - p - d = 2.65 - 0.85 - 0 = 1.8 \text{ m}$$

$$k = \frac{x \cdot y}{h \cdot (x + y)} = \frac{5.85 \cdot 4.12}{1.8 \cdot (5.85 + 4.12)} = 1.343$$

Vamos a las tablas de factor de utilización y hay que interpolar:

$$\frac{1.5 - 1.25}{1.5 - 1.343} = \frac{0.34 - 0.32}{0.34 - \eta} \rightarrow \eta = 0.3274$$

$$\varphi_T = \frac{E \cdot x \cdot y}{f_m \cdot \eta} = \frac{500 \cdot 5.85 \cdot 4.12}{0.8 \cdot 0.3274} = 46010 \text{ lm}$$

$$N = \frac{\varphi_T}{\varphi_L} = \frac{46010}{3600} = 13$$

$$D = \sqrt{\frac{x \cdot y}{N}} = \sqrt{\frac{5.85 \cdot 4.12}{13}} = 1.3616 \text{ m}$$

$$N_x = \frac{x}{D} = \frac{5.85}{1.3616} = 5$$

$$N_y = \frac{y}{D} = \frac{4.12}{1.3616} = 4$$

$$N_t = N_x \cdot N_y = 5 \cdot 4 = 20 \text{ luminarias}$$

Comprobación:

$$e_1 = \frac{5.85}{5} = 1.17 \text{ m}$$



$$\Rightarrow e_1 = 1.6 \cdot 1.8 = 2.88 \text{ m Cumple}$$

$$e_1 = \frac{4.12}{4} = 1.03 \text{ m}$$

$$E_m = \frac{N_T \cdot \varphi_L \cdot \eta \cdot f_m}{x \cdot y} = \frac{20 \cdot 3600 \cdot 0.3274 \cdot 0.8}{5.85 \cdot 4.12} = 783 \text{ lux} \geq 500 \text{ lux} \Rightarrow \text{correcto}$$

## Despacho 2

$$x = 5.85 \text{ m}$$

$$y = 4.12 \text{ m}$$

$$H = 2.65 \text{ m}$$

$$E = 500 \text{ lux}$$

$$p = 0.85 \text{ m}$$

$$d = 0 \text{ m}$$

Luminaria  $\rightarrow$  Down light SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)

$$\varphi_L = 3600 \text{ lm}$$

$$h = H - p - d = 2.65 - 0.85 - 0 = 1.8 \text{ m}$$

$$k = \frac{x \cdot y}{h \cdot (x + y)} = \frac{5.85 \cdot 4.12}{1.8 \cdot (5.85 + 4.12)} = 1.343$$

Vamos a las tablas de factor de utilización y hay que interpolar:

$$\frac{1.5 - 1.25}{1.5 - 1.343} = \frac{0.34 - 0.32}{0.34 - \eta} \rightarrow \eta = 0.3274$$

$$\varphi_T = \frac{E \cdot x \cdot y}{f_m \cdot \eta} = \frac{500 \cdot 5.85 \cdot 4.12}{0.8 \cdot 0.3274} = 46010 \text{ lm}$$

$$N = \frac{\varphi_T}{\varphi_L} = \frac{46010}{3600} = 13$$

$$D = \sqrt{\frac{x \cdot y}{N}} = \sqrt{\frac{5.85 \cdot 4.12}{13}} = 1.3616 \text{ m}$$

$$N_x = \frac{x}{D} = \frac{5.85}{1.3616} = 5$$



$$N_y = \frac{y}{D} = \frac{4.12}{1.3616} = 4$$

$$N_t = N_x \cdot N_y = 5 \cdot 4 = 20 \text{ luminarias}$$

Comprobación:

$$e_1 = \frac{5.85}{5} = 1.17 \text{ m}$$

$$\Rightarrow e_1 = 1.6 \cdot 1.8 = 2.88 \text{ m Cumple}$$

$$e_1 = \frac{4.12}{4} = 1.03 \text{ m}$$

$$E_m = \frac{N_T \cdot \varphi_L \cdot \eta \cdot f_m}{x \cdot y} = \frac{20 \cdot 3600 \cdot 0.3274 \cdot 0.8}{5.85 \cdot 4.12} = 783 \text{ lux} \geq 500 \text{ lux} \Rightarrow \text{correcto}$$

### Despacho 3

$$x = 5.85 \text{ m}$$

$$y = 4.12 \text{ m}$$

$$H = 2.65 \text{ m}$$

$$E = 500 \text{ lux}$$

$$p = 0.85 \text{ m}$$

$$d = 0 \text{ m}$$

Luminaria  $\rightarrow$  Down light SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)

$$\varphi_L = 3600 \text{ lm}$$

$$h = H - p - d = 2.65 - 0.85 - 0 = 1.8 \text{ m}$$

$$k = \frac{x \cdot y}{h \cdot (x + y)} = \frac{5.85 \cdot 4.12}{1.8 \cdot (5.85 + 4.12)} = 1.343$$

Vamos a las tablas de factor de utilización y hay que interpolar:

$$\frac{1.5 - 1.25}{1.5 - 1.343} = \frac{0.34 - 0.32}{0.34 - \eta} \rightarrow \eta = 0.3274$$

$$\varphi_T = \frac{E \cdot x \cdot y}{f_m \cdot \eta} = \frac{500 \cdot 5.85 \cdot 4.12}{0.8 \cdot 0.3274} = 46010 \text{ lm}$$

$$N = \frac{\varphi_T}{\varphi_L} = \frac{46010}{3600} = 13$$



$$D = \sqrt{\frac{x \cdot y}{N}} = \sqrt{\frac{5.85 \cdot 4.12}{13}} = 1.3616 \text{ m}$$

$$N_x = \frac{x}{D} = \frac{5.85}{1.3616} = 5$$

$$N_y = \frac{y}{D} = \frac{4.12}{1.3616} = 4$$

$$N_t = N_x \cdot N_y = 5 \cdot 4 = 20 \text{ luminarias}$$

Comprobación:

$$e_1 = \frac{5.85}{5} = 1.17 \text{ m}$$

$$\Rightarrow e_1 = 1.6 \cdot 1.8 = 2.88 \text{ m Cumple}$$

$$e_2 = \frac{4.12}{4} = 1.03 \text{ m}$$

$$E_m = \frac{N_T \cdot \varphi_L \cdot \eta \cdot f_m}{x \cdot y} = \frac{20 \cdot 3600 \cdot 0.3274 \cdot 0.8}{5.85 \cdot 4.12} = 783 \text{ lux} \geq 500 \text{ lux} \Rightarrow \text{correcto}$$

### Sala juntas

$$x = 6.225 \text{ m}$$

$$y = 3.3 \text{ m}$$

$$H = 2.65 \text{ m}$$

$$E = 500 \text{ lux}$$

$$p = 0.85 \text{ m}$$

$$d = 0 \text{ m}$$

Luminaria  $\rightarrow$  Down light SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)

$$\varphi_L = 3600 \text{ lm}$$

$$h = H - p - d = 2.65 - 0.85 - 0 = 1.8 \text{ m}$$

$$k = \frac{x \cdot y}{h \cdot (x + y)} = \frac{6.225 \cdot 3.3}{1.8 \cdot (6.225 + 3.3)} = 1.1982$$

Vamos a las tablas de factor de utilización y hay que interpolar:





$$\frac{1.25 - 1.0}{1.25 - 1.1982} = \frac{0.32 - 0.29}{0.32 - \eta} \rightarrow \eta = 0.3138$$

$$\varphi_T = \frac{E \cdot x \cdot y}{f_m \cdot \eta} = \frac{500 \cdot 6.225 \cdot 3.3}{0.8 \cdot 0.3138} = 40915 \text{ lm}$$

$$N = \frac{\varphi_T}{\varphi_L} = \frac{40915}{3600} = 11$$

$$D = \sqrt{\frac{x \cdot y}{N}} = \sqrt{\frac{6.225 \cdot 3.3}{11}} = 1.3666$$

$$N_x = \frac{x}{D} = \frac{6.225}{1.3666} = 5$$

$$N_y = \frac{y}{D} = \frac{3.3}{1.3666} = 3$$

$$N_t = N_x \cdot N_y = 5 \cdot 3 = 15 \text{ luminarias}$$

Comprobación:

$$e_1 = \frac{6.225}{5} = 1.245 \text{ m}$$

$$\Rightarrow e_1 = 1.6 \cdot 1.8 = 2.88 \text{ m Cumple}$$

$$e_1 = \frac{3.3}{3} = 1.1 \text{ m}$$

$$E_m = \frac{N_T \cdot \varphi_L \cdot \eta \cdot f_m}{x \cdot y} = \frac{15 \cdot 3600 \cdot 0.3138 \cdot 0.8}{6.225 \cdot 3.3} = 660 \text{ lux} \geq 500 \text{ lux} \Rightarrow \text{correcto}$$

#### Despacho 4

x= 5.85 m

y= 4.12 m

H= 2.65 m

E= 500 lux

p=0.85 m

d=0 m

Luminaria → Down light SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)

$\varphi_L = 3600 \text{ lm}$

$$h = H - p - d = 2.65 - 0.85 - 0 = 1.8 \text{ m}$$



$$k = \frac{x \cdot y}{h \cdot (x + y)} = \frac{5.85 \cdot 4.12}{1.8 \cdot (5.85 + 4.12)} = 1.343$$

Vamos a las tablas de factor de utilización y hay que interpolar:

$$\frac{1.5 - 1.25}{1.5 - 1.343} = \frac{0.34 - 0.32}{0.34 - \eta} \rightarrow \eta = 0.3274$$

$$\varphi_T = \frac{E \cdot x \cdot y}{f_m \cdot \eta} = \frac{500 \cdot 5.85 \cdot 4.12}{0.8 \cdot 0.3274} = 46010 \text{ lm}$$

$$N = \frac{\varphi_T}{\varphi_L} = \frac{46010}{3600} = 13$$

$$D = \sqrt{\frac{x \cdot y}{N}} = \sqrt{\frac{5.85 \cdot 4.12}{13}} = 1.3616 \text{ m}$$

$$N_x = \frac{x}{D} = \frac{5.85}{1.3616} = 5$$

$$N_y = \frac{y}{D} = \frac{4.12}{1.3616} = 4$$

$$N_t = N_x \cdot N_y = 5 \cdot 4 = 20 \text{ luminarias}$$

Comprobación:

$$e_1 = \frac{5.85}{5} = 1.17 \text{ m}$$

$$\Rightarrow e_1 = 1.6 \cdot 1.8 = 2.88 \text{ m Cumple}$$

$$e_1 = \frac{4.12}{4} = 1.03 \text{ m}$$

$$E_m = \frac{N_T \cdot \varphi_L \cdot \eta \cdot f_m}{x \cdot y} = \frac{20 \cdot 3600 \cdot 0.3274 \cdot 0.8}{5.85 \cdot 4.12} = 783 \text{ lux} \geq 500 \text{ lux} \Rightarrow \text{correcto}$$

### Despacho 5

$$x = 5.85 \text{ m}$$

$$y = 4.12 \text{ m}$$

$$H = 2.65 \text{ m}$$



$E= 500 \text{ lux}$

$p=0.85 \text{ m}$

$d=0 \text{ m}$

Luminaria  $\rightarrow$  Down light SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)

$\varphi_L= 3600 \text{ lm}$

$$h = H - p - d = 2.65 - 0.85 - 0 = 1.8 \text{ m}$$

$$k = \frac{x \cdot y}{h \cdot (x + y)} = \frac{5.85 \cdot 4.12}{1.8 \cdot (5.85 + 4.12)} = 1.343$$

Vamos a las tablas de factor de utilización y hay que interpolar:

$$\frac{1.5 - 1.25}{1.5 - 1.343} = \frac{0.34 - 0.32}{0.34 - \eta} \rightarrow \eta = 0.3274$$

$$\varphi_T = \frac{E \cdot x \cdot y}{f_m \cdot \eta} = \frac{500 \cdot 5.85 \cdot 4.12}{0.8 \cdot 0.3274} = 46010 \text{ lm}$$

$$N = \frac{\varphi_T}{\varphi_L} = \frac{46010}{3600} = 13$$

$$D = \sqrt{\frac{x \cdot y}{N}} = \sqrt{\frac{5.85 \cdot 4.12}{13}} = 1.3616 \text{ m}$$

$$N_x = \frac{x}{D} = \frac{5.85}{1.3616} = 5$$

$$N_y = \frac{y}{D} = \frac{4.12}{1.3616} = 4$$

$$N_t = N_x \cdot N_y = 5 \cdot 4 = 20 \text{ luminarias}$$

Comprobación:

$$e_1 = \frac{5.85}{5} = 1.17 \text{ m}$$

$$\Rightarrow e_1 = 1.6 \cdot 1.8 = 2.88 \text{ m Cumple}$$

$$e_2 = \frac{4.12}{4} = 1.03 \text{ m}$$

$$E_m = \frac{N_t \cdot \varphi_L \cdot \eta \cdot f_m}{x \cdot y} = \frac{20 \cdot 3600 \cdot 0.3274 \cdot 0.8}{5.85 \cdot 4.12} = 783 \text{ lux} \geq 500 \text{ lux} \Rightarrow \text{correcto}$$

**Despacho 6**



$x = 5.85 \text{ m}$   
 $y = 4.12 \text{ m}$   
 $H = 2.65 \text{ m}$   
 $E = 500 \text{ lux}$   
 $p = 0.85 \text{ m}$   
 $d = 0 \text{ m}$

Luminaria  $\rightarrow$  Down light SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)  
 $\varphi_L = 3600 \text{ lm}$

$$h = H - p - d = 2.65 - 0.85 - 0 = 1.8 \text{ m}$$

$$k = \frac{x \cdot y}{h \cdot (x + y)} = \frac{5.85 \cdot 4.12}{1.8 \cdot (5.85 + 4.12)} = 1.343$$

Vamos a las tablas de factor de utilización y hay que interpolar:

$$\frac{1.5 - 1.25}{1.5 - 1.343} = \frac{0.34 - 0.32}{0.34 - \eta} \rightarrow \eta = 0.3274$$

$$\varphi_T = \frac{E \cdot x \cdot y}{f_m \cdot \eta} = \frac{500 \cdot 5.85 \cdot 4.12}{0.8 \cdot 0.3274} = 46010 \text{ lm}$$

$$N = \frac{\varphi_T}{\varphi_L} = \frac{46010}{3600} = 13$$

$$D = \sqrt{\frac{x \cdot y}{N}} = \sqrt{\frac{5.85 \cdot 4.12}{13}} = 1.3616 \text{ m}$$

$$N_x = \frac{x}{D} = \frac{5.85}{1.3616} = 5$$

$$N_y = \frac{y}{D} = \frac{4.12}{1.3616} = 4$$

$$N_t = N_x \cdot N_y = 5 \cdot 4 = 20 \text{ luminarias}$$

Comprobación:

$$e_1 = \frac{5.85}{5} = 1.17 \text{ m}$$

$$\Rightarrow e_1 = 1.6 \cdot 1.8 = 2.88 \text{ m Cumple}$$



$$e_1 = \frac{4.12}{4} = 1.03 \text{ m}$$

$$E_m = \frac{N_T \cdot \varphi_L \cdot \eta \cdot f_m}{x \cdot y} = \frac{20 \cdot 3600 \cdot 0.3274 \cdot 0.8}{5.85 \cdot 4.12} = 783 \text{ lux} \geq 500 \text{ lux} \Rightarrow \text{correcto}$$

### Aseo 1

$$x = 2.1 \text{ m}$$

$$y = 3.3 \text{ m}$$

$$H = 2.65 \text{ m}$$

$$E = 200 \text{ lux}$$

$$p = 0 \text{ m}$$

$$d = 0 \text{ m}$$

Fluorescente empotrado  $\rightarrow$  TBS 411 1x28W/840 HF D8 PI

$$\varphi_L = 2600 \text{ lm}$$

$$h = H - p - d = 2.65 - 0 - 0 = 2.65 \text{ m}$$

$$k = \frac{x \cdot y}{h \cdot (x + y)} = \frac{2.1 \cdot 3.3}{2.65 \cdot (2.1 + 3.3)} = 0.4843$$

Vamos a las tablas de factor de utilización y hay que interpolar:

$$\frac{0.6 - 0}{0.6 - 0.4843} = \frac{0.45 - 0}{0.45 - \eta} \rightarrow \eta = 0.3632$$

$$\varphi_T = \frac{E \cdot x \cdot y}{f_m \cdot \eta} = \frac{200 \cdot 2.1 \cdot 3.3}{0.8 \cdot 0.3632} = 4770 \text{ lm}$$

$$N = \frac{\varphi_T}{\varphi_L} = \frac{4770}{2600} = 2$$

$$D = \sqrt{\frac{x \cdot y}{N}} = \sqrt{\frac{2.1 \cdot 3.3}{2}} = 1.8614 \text{ m}$$

$$N_x = \frac{x}{D} = \frac{2.1}{1.8614} = 2$$

$$N_y = \frac{y}{D} = \frac{3.3}{1.8614} = 2$$



$$N_t = N_x \cdot N_y = 2 \cdot 2 = 4 \text{ luminarias}$$

Comprobación:

$$e_1 = \frac{2.1}{2} = 1.05 \text{ m}$$

$$\Rightarrow e_1 = 1.6 \cdot 2.65 = 4.24 \text{ m Cumple}$$

$$e_1 = \frac{3.3}{2} = 1.65 \text{ m}$$

$$E_m = \frac{N_T \cdot \varphi_L \cdot \eta \cdot f_m}{x \cdot y} = \frac{4 \cdot 2600 \cdot 0.3632 \cdot 0.8}{2.1 \cdot 3.3} = 436 \text{ lux} \geq 200 \text{ lux} \Rightarrow \text{correcto}$$

## Aseo 2

$$x = 2.1 \text{ m}$$

$$y = 3.3 \text{ m}$$

$$H = 2.65 \text{ m}$$

$$E = 200 \text{ lux}$$

$$p = 0 \text{ m}$$

$$d = 0 \text{ m}$$

Fluorescente empotrado  $\rightarrow$  TBS 411 1x28W/840 HF D8 PI

$$\varphi_L = 2600 \text{ lm}$$

$$h = H - p - d = 2.65 - 0 - 0 = 2.65 \text{ m}$$

$$k = \frac{x \cdot y}{h \cdot (x + y)} = \frac{2.1 \cdot 3.3}{2.65 \cdot (2.1 + 3.3)} = 0.4843$$

Vamos a las tablas de factor de utilización y hay que interpolar:

$$\frac{0.6 - 0}{0.6 - 0.4843} = \frac{0.45 - 0}{0.45 - \eta} \rightarrow \eta = 0.3632$$

$$\varphi_T = \frac{E \cdot x \cdot y}{f_m \cdot \eta} = \frac{200 \cdot 2.1 \cdot 3.3}{0.8 \cdot 0.3632} = 4770 \text{ lm}$$



$$N = \frac{\varphi_T}{\varphi_L} = \frac{4770}{2600} = 2$$

$$D = \sqrt{\frac{x \cdot y}{N}} = \sqrt{\frac{2.1 \cdot 3.3}{2}} = 1.8614 \text{ m}$$

$$N_x = \frac{x}{D} = \frac{2.1}{1.8614} = 2$$

$$N_y = \frac{y}{D} = \frac{3.3}{1.8614} = 2$$

$$N_t = N_x \cdot N_y = 2 \cdot 2 = 4 \text{ luminarias}$$

Comprobación:

$$e_1 = \frac{2.1}{2} = 1.05 \text{ m}$$

$$\Rightarrow e_1 = 1.6 \cdot 2.65 = 4.24 \text{ m Cumple}$$

$$e_1 = \frac{3.3}{2} = 1.65 \text{ m}$$

$$E_m = \frac{N_t \cdot \varphi_L \cdot \eta \cdot f_m}{x \cdot y} = \frac{4 \cdot 2600 \cdot 0.3632 \cdot 0.8}{2.1 \cdot 3.3} = 436 \text{ lux} \geq 200 \text{ lux} \Rightarrow \text{correcto}$$

### Pasillo 1

$$x = 10.65 \text{ m}$$

$$y = 1.05 \text{ m}$$

$$H = 2.65 \text{ m}$$

$$E = 300 \text{ lux}$$

$$p = 0 \text{ m}$$

$$d = 0 \text{ m}$$

Fluorescente montaje superficial  $\rightarrow$  TCS 640 1x35W/840 HFP C8 ALU

$$\varphi_L = 3300 \text{ lm}$$

$$h = H - p - d = 2.65 - 0 - 0 = 2.65 \text{ m}$$

$$k = \frac{x \cdot y}{h \cdot (x + y)} = \frac{10.65 \cdot 1.05}{2.65 \cdot (10.65 + 1.05)} = 0.3607$$

Vamos a las tablas de factor de utilización y hay que interpolar:



$$\frac{0.6 - 0}{0.6 - 0.3607} = \frac{0.45 - 0}{0.45 - \eta} \rightarrow \eta = 0.2705$$

$$\varphi_T = \frac{E \cdot x \cdot y}{f_m \cdot \eta} = \frac{300 \cdot 10.65 \cdot 1.05}{0.8 \cdot 0.2705} = 15503 \text{ lm}$$

$$N = \frac{\varphi_T}{\varphi_L} = \frac{15503}{3300} = 5$$

$$D = \sqrt{\frac{x \cdot y}{N}} = \sqrt{\frac{10.65 \cdot 1.05}{5}} = 1.4955$$

$$N_x = \frac{x}{D} = \frac{10.65}{1.4955} = 8$$

$$N_y = \frac{y}{D} = \frac{1.05}{1.4955} = 1$$

$$N_t = N_x \cdot N_y = 8 \cdot 1 = 8 \text{ luminarias}$$

Comprobación:

$$e_1 = \frac{10.65}{8} = 1.3312 \text{ m}$$

$$\Rightarrow e_1 = 1.6 \cdot 2.65 = 4.24 \text{ m Cumple}$$

$$e_2 = \frac{1.05}{1} = 1.05 \text{ m}$$

$$E_m = \frac{N_t \cdot \varphi_L \cdot \eta \cdot f_m}{x \cdot y} = \frac{8 \cdot 3300 \cdot 0.2705 \cdot 0.8}{10.65 \cdot 1.05} = 511 \text{ lux} \geq 300 \text{ lux} \Rightarrow \text{correcto}$$

### Pasillo 2

$$x = 2.25 \text{ m}$$

$$y = 18 \text{ m}$$

$$H = 2.65 \text{ m}$$

$$E = 300 \text{ lux}$$

$$p = 0 \text{ m}$$

$$d = 0 \text{ m}$$

Fluorescente montaje superficial  $\rightarrow$  TCS 640 1x35W/840 HFP C8 ALU

$$\varphi_L = 3300 \text{ lm}$$

$$h = H - p - d = 2.65 - 0 - 0 = 2.65 \text{ m}$$





$$k = \frac{x \cdot y}{h \cdot (x + y)} = \frac{2.25 \cdot 18}{2.65 \cdot (2.25 + 18)} = 0.7547$$

Vamos a las tablas de factor de utilización y hay que interpolar:

$$\frac{0.8 - 0.6}{0.8 - 0.7547} = \frac{0.53 - 0.45}{0.53 - \eta} \rightarrow \eta = 0.5119$$

$$\varphi_T = \frac{E \cdot x \cdot y}{f_m \cdot \eta} = \frac{300 \cdot 2.25 \cdot 18}{0.8 \cdot 0.5119} = 29669 \text{ lm}$$

$$N = \frac{\varphi_T}{\varphi_L} = \frac{29669}{3300} = 9$$

$$D = \sqrt{\frac{x \cdot y}{N}} = \sqrt{\frac{2.25 \cdot 18}{9}} = 2.1213$$

$$N_x = \frac{x}{D} = \frac{2.25}{2.1213} = 2$$

$$N_y = \frac{y}{D} = \frac{18}{2.1213} = 9$$

$$N_t = N_x \cdot N_y = 9 \cdot 2 = 18 \text{ luminarias}$$

Comprobación:

$$e_1 = \frac{2.25}{2} = 1.125 \text{ m}$$

$$\Rightarrow e_1 = 1.6 \cdot 2.65 = 4.24 \text{ m Cumple}$$

$$e_1 = \frac{18}{9} = 2.0 \text{ m}$$

$$E_m = \frac{N_T \cdot \varphi_L \cdot \eta \cdot f_m}{x \cdot y} = \frac{18 \cdot 3300 \cdot 0.5119 \cdot 0.8}{2.25 \cdot 18} = 600 \text{ lux} \geq 300 \text{ lux} \Rightarrow \text{correcto}$$

- **Fábrica y almacenes**

**Zona de carga**

x= 8 m

$$y = 8 \text{ m}$$

$$H = 10,5 \text{ m}$$

$$E = 200 \text{ lux}$$

$$p = 1,60 \text{ m}$$

$$d = 0 \text{ m}$$

Luminaria → Lámpara de descarga → SBH-S 250W HSL-SC

$$\varphi_L = 14000 \text{ lm}$$

$$h = H - p - d = 10,5 - 1,6 - 0 = 8,9 \text{ m}$$

$$k = \frac{x \cdot y}{h \cdot (x + y)} = \frac{8 \cdot 8}{8,9 \cdot (8 + 8)} = 0,4494$$

Vamos a las tablas de factor de utilización y hay que interpolar:

$$\frac{0,75 - 0}{0,75 - 0,4494} = \frac{0,46 - 0}{0,46 - \eta} \rightarrow \eta = 0,2533$$

$$\varphi_T = \frac{E \cdot x \cdot y}{f_m \cdot \eta} = \frac{200 \cdot 8 \cdot 8}{0,65 \cdot 0,2533} = 77743 \text{ lm}$$

$$N = \frac{\varphi_T}{\varphi_L} = \frac{77743}{14000} = 6$$

$$D = \sqrt{\frac{x \cdot y}{N}} = \sqrt{\frac{8 \cdot 8}{6}} = 3,27 \text{ m}$$

$$N_x = \frac{x}{D} = \frac{8}{3,27} = 3$$

$$N_y = \frac{y}{D} = \frac{8}{3,27} = 3$$

$$N_t = N_x \cdot N_y = 3 \cdot 3 = 9 \text{ luminarias}$$

Comprobación:

$$e_1 = \frac{8}{3} = 2,6667 \text{ m}$$

$$\Rightarrow e_1 = 1,2 \cdot 8,9 = 10,68 \text{ m Cumple}$$



$$e_1 = \frac{8}{3} = 2,6667 \text{ m}$$

$$E_m = \frac{N_T \cdot \varphi_L \cdot \eta \cdot f_m}{x \cdot y} = \frac{9 \cdot 14000 \cdot 0,2533 \cdot 0,65}{8 \cdot 8} = 324 \text{ lux} \geq 200 \text{ lux} \Rightarrow \text{correcto}$$

### Almacén materia prima

x= 30 m

y= 40,5 m

H= 10,5 m

E= 100 lux

p= 0,85 m

d= 0 m

Luminaria → Lámpara de descarga → SBH-S 250W HSL-SC

$\varphi_L = 14000 \text{ lm}$

$$h = H - p - d = 10,5 - 0,85 - 0 = 9,65 \text{ m}$$

$$k = \frac{x \cdot y}{h \cdot (x + y)} = \frac{30 \cdot 40,5}{9,65 \cdot (30 + 40,5)} = 1,7859$$

Vamos a las tablas de factor de utilización y hay que interpolar:

$$\frac{2,0 - 1,5}{2,0 - 1,7859} = \frac{0,62 - 0,58}{0,62 - \eta} \rightarrow \eta = 0,6029$$

$$\varphi_T = \frac{E \cdot x \cdot y}{f_m \cdot \eta} = \frac{100 \cdot 30 \cdot 40,5}{0,65 \cdot 0,6029} = 310040 \text{ lm}$$

$$N = \frac{\varphi_T}{\varphi_L} = \frac{310040}{14000} = 22$$

$$D = \sqrt{\frac{x \cdot y}{N}} = \sqrt{\frac{30 \cdot 40,5}{22}} = 7,43 \text{ m}$$

$$N_x = \frac{x}{D} = \frac{30}{7,43} = 5$$



$$N_y = \frac{y}{D} = \frac{40,5}{7,43} = 6$$

$$N_t = N_x \cdot N_y = 5 \cdot 6 = 30 \text{ luminarias}$$

Comprobación:

$$e_1 = \frac{30}{5} = 6 \text{ m}$$

$$\Rightarrow e_1 = 1,2 \cdot 9,65 = 11,58 \text{ m Cumple}$$

$$e_1 = \frac{40,5}{6} = 6,75 \text{ m}$$

$$E_m = \frac{N_T \cdot \varphi_L \cdot \eta \cdot f_m}{x \cdot y} = \frac{30 \cdot 14000 \cdot 0,6029 \cdot 0,65}{30 \cdot 40,5} = 136 \text{ lux} \geq 100 \text{ lux} \Rightarrow \text{correcto}$$

### Zona de producción

x= 115 m

y= 40,5 m

H= 10,5 m

E= 300 lux

p= 1,20 m

d= 0 m

Luminaria → Lámpara de descarga → SBH-S 250W HSL-SC

$\varphi_L = 14000 \text{ lm}$

$$h = H - p - d = 10,5 - 1,20 - 0 = 9,3 \text{ m}$$

$$k = \frac{x \cdot y}{h \cdot (x + y)} = \frac{115 \cdot 40,5}{9,3 \cdot (115 + 40,5)} = 3,2206$$

Vamos a las tablas de factor de utilización y hay que interpolar:

$$\frac{4,0 - 3,0}{4,0 - 3,2206} = \frac{0,68 - 0,66}{0,68 - \eta} \rightarrow \eta = 0,6761$$

$$\varphi_T = \frac{E \cdot x \cdot y}{f_m \cdot \eta} = \frac{300 \cdot 115 \cdot 40,5}{0,6 \cdot 0,6761} = 3444367 \text{ lm}$$



$$N = \frac{\varphi_T}{\varphi_L} = \frac{3444367}{14000} = 246$$

$$D = \sqrt{\frac{x \cdot y}{N}} = \sqrt{\frac{115 \cdot 40,5}{246}} = 4,35 \text{ m}$$

$$N_x = \frac{x}{D} = \frac{115}{4,35} = 27$$

$$N_y = \frac{y}{D} = \frac{40,5}{4,35} = 10$$

$$N_t = N_x \cdot N_y = 27 \cdot 10 = 270 \text{ luminarias}$$

Comprobación:

$$e_1 = \frac{115}{27} = 4,2593 \text{ m}$$

$$\Rightarrow e_1 = 1,2 \cdot 9,3 = 11,16 \text{ m Cumple}$$

$$e_2 = \frac{40,5}{10} = 4,05 \text{ m}$$

$$E_m = \frac{N_T \cdot \varphi_L \cdot \eta \cdot f_m}{x \cdot y} = \frac{270 \cdot 14000 \cdot 0,6761 \cdot 0,6}{115 \cdot 40,5} = 330 \text{ lux} \geq 300 \text{ lux} \Rightarrow \text{correcto}$$

#### 2.1.4.1.TABLA DE CÁLCULO DE LUMINARIAS. OFICINA NORTE PLANTA BAJA

	Superficie (m <sup>2</sup> )	Iluminancia Deseada (lux)	Factor mantenimiento	Flujo Total (lm)	Flujo Luminaria (lm)	Nº de luminarias
<b>Exposiciones</b>	107,07	500	0,8	169673	3600	50
<b>Despacho secretaria</b>	22,84	500	0,8	43773	3600	16
<b>W.C. Hombres</b>	22,37	200	0,8	10029	2600	4
<b>W.C. Mujeres</b>	22,37	200	0,8	10029	2600	4
<b>Despacho 1</b>	20,86	500	0,8	40564	3600	16
<b>Laboratorio 1</b>	24,88	500	0,8	47022	3600	16
<b>Laboratorio 2</b>	25,53	500	0,8	51807	3600	18



<b>Técnicos</b>	31,22	750	0,8	85526	3600	30
<b>D. Técnicos</b>	29,68	750	0,8	75842	3600	26
<b>D. Administración</b>	21,79	500	0,8	42100	3600	16
<b>Recepción</b>	29,40	500	0,8	54383	3600	20
<b>Hall entrada</b>	24,64	100	0,8	5413	3300	4
<b>Sala reuniones</b>	17,06	500	0,8	34684	3600	12
<b>Sala fotocopias</b>	23,71	300	0,8	27228	3600	12
<b>Pasillo parte 1</b>	5,8474	300	0,8	8122	3300	4
<b>Pasillo parte 2</b>	13,5208	300	0,8	13249	3300	5
<b>Pasillo parte 3</b>	36,3559	300	0,8	36318	3300	15
<b>Almacén instalaciones 1</b>	4,73	300	0,8	9462	3300	3

### 2.1.4.2.OFICINA NORTE PLANTA PRIMERA

	<b>Superficie (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Iluminancia Deseada (lux)</b>	<b>Factor mantenimiento</b>	<b>Flujo Total (lm)</b>	<b>Flujo Luminaria (lm)</b>	<b>Nº de luminarias</b>
<b>Gerencia</b>	40,45	500	0,8	71310	3600	24
<b>Despacho Admin.</b>	23,54	500	0,8	45519	3600	15
<b>Administración</b>	38,56	500	0,8	74305	3600	26
<b>Sala fotocopias</b>	25,49	500	0,8	29467	3600	10
<b>W.C. Hombres</b>	9,59	200	0,8	12388	2600	9
<b>W.C. Mujeres</b>	9,59	200	0,8	12388	2600	9
<b>Archivo</b>	25,89	300	0,8	29878	3600	15
<b>Técnicos 1</b>	52,27	750	0,8	132727	3600	42
<b>Técnicos 2</b>	38,16	750	0,8	101640	3600	30
<b>Despacho técnico</b>	24,29	750	0,8	69209	3600	20
<b>Sala reuniones 1</b>	24,83	500	0,8	46861	3600	16
<b>Sala reuniones 2</b>	31,77	500	0,8	57799	3600	20
<b>D. Comercial 1</b>	33,51	500	0,8	6050	3600	20
<b>D. Comercial 2</b>	18,49	500	0,8	37303	3600	12
<b>Pasillo largo</b>	64,06	300	0,8	74916	3300	34
<b>Pasillo corto</b>	12,24	300	0,8	19952	3300	12
<b>Pasillo</b>	4,32	300	0,8	6409	3300	3



<b>escalera</b>						
<b>Almacén instalaciones 2</b>	3,25	300	0,8	5005.25	3300	2

### 2.1.4.3.OFICINA NORTE PLANTA SEGUNDA

	Superficie (m <sup>2</sup> )	Iluminancia Deseada (lux)	Factor mantenimiento	Flujo Total (lm)	Flujo Luminaria (lm)	Nº de luminarias
<b>Despacho1</b>	87,13	500	0,8	141159	3600	40
<b>Despacho 2</b>	30,06	500	0,8	55027	3600	16
<b>Despacho secretaria</b>	22,19	500	0,8	43390	3600	15
<b>Archivo</b>	17,75	300	0,8	31339	3600	12
<b>W.C. Hombres</b>	10,72	200	0,8	5870	2600	4
<b>W.C. Mujeres</b>	10,72	200	0,8	5870	2600	4
<b>Cocina</b>	18,86	500	0,8	22279	2600	12
<b>I+D</b>	88,64	500	0,8	143184	3600	50
<b>Médico</b>	60,12	500	0,8	100323	3600	32
<b>Comedor</b>	57,17	500	0,8	10878	3600	32
<b>Pasillo largo</b>	64,06	300	0,8	74916	3300	34
<b>Pasillo corto</b>	12,24	300	0,8	19952	3300	12
<b>Pasillo escalera</b>	4,17	300	0,8	6320	3300	3
<b>Almacén instalaciones 3</b>	3,25	300	0,8	5005	3300	2

### 2.1.4.4.OFICINA SUR PLANTA BAJA

	Superficie (m <sup>2</sup> )	Iluminancia Deseada (lux)	Factor mantenimiento	Flujo Total (lm)	Flujo Luminaria (lm)	Nº de luminarias
<b>Vestuario mujeres</b>	82,88	200	0,7	40304	6700	9
<b>W.C. Mujeres</b>	31,99	200	0,7	18020	6700	4
<b>Duchas mujeres</b>	31,99	200	0,7	18020	6700	4
<b>Vestuario hombres</b>	91,16	200	0,7	43680	6700	9
<b>W.C. Hombres</b>	31,99	200	0,7	18020	6700	4
<b>Duchas hombres</b>	31,99	200	0,7	18020	6700	4
<b>Pasillo</b>	21,06	300	0,7	19448	3300	6



### 2.1.4.5.OFICINA SUR PLANTA PRIMERA, ALMACÉN Y CARGA

	Superficie (m <sup>2</sup> )	Iluminancia Deseada (lux)	Factor mantenimiento	Flujo Total (lm)	Flujo Luminaria (lm)	Nº de luminarias
<b>Oficina general</b>	81,22	500	0,8	130794	3600	40
<b>Despacho 1</b>	24,10	500	0,8	46010	3600	20
<b>Despacho 2</b>	24,10	500	0,8	46010	3600	20
<b>Despacho 3</b>	24,10	500	0,8	46010	3600	20
<b>Sala juntas</b>	20,54	500	0,8	40915	3600	15
<b>Despacho 4</b>	24,10	500	0,8	46010	3600	20
<b>Despacho 5</b>	24,10	500	0,8	46010	3600	20
<b>Despacho 6</b>	24,10	500	0,8	46010	3600	20
<b>Aseo 1</b>	6,93	200	0,8	4770	2600	4
<b>Aseo 2</b>	6,93	200	0,8	4770	2600	4
<b>Pasillo 1</b>	11,18	300	0,8	15503	3300	8
<b>Pasillo 2</b>	40,5	300	0,8	29669	3300	18
<b>Zona de descarga</b>	64	200	0,65	77743	14000	9
<b>Almacén materia prima</b>	1215	100	0,65	310040	14000	30

### 2.1.4.6. ZONA PRODUCCIÓN

	Superficie (m <sup>2</sup> )	Iluminancia Deseada (lux)	Factor mantenimiento	Flujo Total (lm)	Flujo Luminaria (lm)	Nº de luminarias
<b>Zona de producción</b>	4657,5	300	0.6	3444367	14000	270

## 2.2.TIPO DE LUIARIAS Y NÚMERO FINAL DE LUMINARIAS INSTALADAS

### 2.2.1.OFICINAS NORTE PLANTA BAJA

	Nº final de luminarias	Tipo de luminaria a instalar
<b>Exposiciones</b>	50	Down light → SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)
<b>Despacho secretaria</b>	16	Down light → SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)
<b>W.C. Hombres</b>	4	Fluorescente empotrado → TBS 411 1x28W840 HFP D8 PI





<b>W.C. Mujeres</b>	4	Fluorescente empotrado → TBS 411 1x28W840 HFP D8 PI
<b>Despacho 1</b>	16	Down light → SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)
<b>Laboratorio 1</b>	16	Down light → SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)
<b>Laboratorio 2</b>	18	Down light → SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)
<b>Técnicos</b>	30	Down light → SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)
<b>D. Técnicos</b>	26	Down light → SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)
<b>D. Administración</b>	16	Down light → SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)
<b>Recepción</b>	20	Down light → SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)
<b>Hall entrada</b>	4	Luminaria → Fluorescente montaje superficial → TCS 640 1x35W/840 HFP C8 ALU
<b>Sala reuniones</b>	12	Down light → SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)
<b>Sala fotocopias</b>	12	Down light → SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)
<b>Pasillo</b>	24	Luminaria → Fluorescente montaje superficial → TCS 640 1x35W/840 HFP C8 ALU
<b>Almacén instalaciones 1</b>	3	Luminaria → Fluorescente montaje superficial → TCS 640 1x35W/840 HFP C8 ALU

### 2.2.2.OFICINAS NORTE PLANTA PRIMERA

	Nº final de luminarias	Tipo de luminaria a instalar
<b>Gerencia</b>	24	Down light → SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)
<b>Despacho Admin.</b>	15	Down light → SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)
<b>Administración</b>	26	Down light → SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)
<b>Sala fotocopias</b>	10	Down light → SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)
<b>W.C. Hombres</b>	9	Fluorescente empotrado → TBS 411 1x28W840 HFP D8 PI



<b>W.C. Mujeres</b>	9	Fluorescente empotrado → TBS 411 1x28W840 HFP D8 PI
<b>Archivo</b>	15	Down light → SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)
<b>Técnicos 1</b>	42	Down light → SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)
<b>Técnicos 2</b>	30	Down light → SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)
<b>Despacho técnico</b>	20	Down light → SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)
<b>Sala reuniones 1</b>	16	Down light → SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)
<b>Sala reuniones 2</b>	20	Down light → SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)
<b>D. Comercial 1</b>	20	Down light → SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)
<b>D. Comercial 2</b>	12	Down light → SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)
<b>Pasillo</b>	49	Luminaria → Fluorescente montaje superficial → TCS 640 1x35W/840 HFP C8 ALU
<b>Almacén instalaciones 2</b>	2	Luminaria → Fluorescente montaje superficial → TCS 640 1x35W/840 HFP C8 ALU

### 2.2.3.OFICINAS NORTE PLANTA SEGUNDA

	<b>Nº final de luminarias</b>	<b>Tipo de luminaria a instalar</b>
<b>Despacho1</b>	40	Down light → SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)
<b>Despacho 2</b>	16	Down light → SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)
<b>Despacho secretaria</b>	15	Down light → SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)
<b>Archivo</b>	12	Down light → SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)
<b>W.C. Hombres</b>	4	Fluorescente empotrado → TBS 411 1x28W840 HFP D8 PI
<b>W.C. Mujeres</b>	4	Fluorescente empotrado → TBS 411 1x28W840 HFP D8 PI
<b>Cocina</b>	12	Fluorescente empotrado → TBS 411 1x28W840 HFP D8 PI



<b>I+D</b>	50	Down light → SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)
<b>Médico</b>	32	Down light → SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)
<b>Comedor</b>	32	Down light → SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)
<b>Pasillo</b>	49	Luminaria → Fluorescente montaje superficial → TCS 640 1x35W/840 HFP C8 ALU
<b>Almacén instalaciones 3</b>	2	Luminaria → Fluorescente montaje superficial → TCS 640 1x35W/840 HFP C8 ALU

#### 2.2.4.OFICINAS SUR PLANTA BAJA

	<b>Nº final de luminarias</b>	<b>Tipo de luminaria a instalar</b>
<b>Vestuario mujeres</b>	9	Luminaria estanca → TBS 324 2xTL-D36W/830 HFP C5 GT IP65
<b>W.C. Mujeres</b>	4	Luminaria estanca → TBS 324 2xTL-D36W/830 HFP C5 GT IP65
<b>Duchas mujeres</b>	4	Luminaria estanca → TBS 324 2xTL-D36W/830 HFP C5 GT IP65
<b>Vestuario hombres</b>	9	Luminaria estanca → TBS 324 2xTL-D36W/830 HFP C5 GT IP65
<b>W.C. Hombres</b>	4	Luminaria estanca → TBS 324 2xTL-D36W/830 HFP C5 GT IP65
<b>Duchas hombres</b>	4	Luminaria estanca → TBS 324 2xTL-D36W/830 HFP C5 GT IP65
<b>Pasillo</b>	6	Luminaria → Fluorescente montaje superficial → TCS 640 1x35W/840 HFP C8 ALU
<b>Zona de descarga</b>	9	Luminaria → Lámpara de descarga → SBH-S 250W HSL-SC
<b>Almacén materia prima</b>	30	Luminaria → Lámpara de descarga → SBH-S 250W HSL-SC
<b>Pasillo 1</b>	8	Luminaria → Fluorescente montaje superficial → TCS 640 1x35W/840 HFP C8 ALU
<b>Pasillo 2</b>	18	Luminaria → Fluorescente montaje superficial → TCS 640 1x35W/840 HFP C8 ALU

#### 2.2.5.OFICINAS SUR PLANTA PRIMERA, ALMACÉN Y CARGA

	<b>Nº final de luminarias</b>	<b>Tipo de luminaria a instalar</b>
<b>Oficina general</b>	40	Down light → SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)
<b>Despacho 1</b>	20	Down light → SYL-LIGHTER 2x26W TC-



		D(EL)
<b>Despacho 2</b>	20	Down light → SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)
<b>Despacho 3</b>	20	Down light → SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)
<b>Sala juntas</b>	15	Down light → SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)
<b>Despacho 4</b>	20	Down light → SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)
<b>Despacho 5</b>	20	Down light → SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)
<b>Despacho 6</b>	20	Down light → SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL))
<b>Aseo 1</b>	4	Fluorescente empotrado → TBS 411 1x28W840 HFP D8 PI
<b>Aseo 2</b>	4	Fluorescente empotrado → TBS 411 1x28W840 HFP D8 PI

### 2.2.6. FÁBRICA Y ALMACENES

	Nº final de luminarias	Tipo de luminaria a instalar
<b>Zona de producción</b>	270	Luminaria→Lámpara de descarga → SBH-S 250W HSL-SC

#### Alumbrado de emergencia

El cálculo de alumbrado de emergencia se realiza para tener una iluminación media de 2,5 lux/m en toda la fábrica, 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 que previamente se han dispuesto.

La colocación del alumbrado de emergencia se situará encima de los marcos de las puertas o similar a una altura de 2,3m del suelo en el área de oficinas, vestuarios, cuartos, salas, baños y duchas.

En los lugares con grandes alturas como la zona de producción, almacenamiento materia prima y zona de carga, se colocarán a una altura de 3,5m del suelo.

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



## ALUMBRADO EMERGENCIA OFICINAS NORTE PLANTA BAJA

	<b>Superficie (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Iluminación (lm/ m<sup>2</sup> )</b>	<b>Flujo necesario (lm)</b>	<b>Luminaria</b>	<b>Nº de Luminarias</b>
<b>Exposiciones</b>	107,07	5	535,35	Legrand Ref. B65 61561 de 6w 90lm	6
<b>Despacho secretaria</b>	22,84	5	114,2	Legrand Ref. B65 61561 de 6w 90lm	2
<b>W.C. Hombres</b>	22,37	5	111,85	Legrand Ref. B65 61561 de 6w 90lm	2
<b>W.C. Mujeres</b>	22,37	5	111,85	Legrand Ref. B65 61561 de 6w 90lm	2
<b>Despacho 1</b>	20,86	5	104,3	Legrand Ref. B65 61561 de 6w 90lm	2
<b>Laboratorio 1</b>	24,88	5	124,4	Legrand Ref. B65 61561 de 6w 90lm	2
<b>Laboratorio 2</b>	27,73	5	138,65	Legrand Ref. B65 61561 de 6w 90lm	2
<b>Técnicos</b>	31,22	5	156,1	Legrand Ref. B65 61561 de 6w 90lm	2
<b>D. Técnicos</b>	28,94	5	144,7	Legrand Ref. B65 61561 de 6w 90lm	2
<b>D. Administración</b>	21,79	5	108,95	Legrand Ref. B65 61561 de 6w 90lm	2
<b>Recepción</b>	29,40	5	147	Legrand Ref. B65 61561 de 6w 90lm	2
<b>Hall entrada</b>	24,64	5	123,2	Legrand Ref. B65 61561 de 6w 90lm	2
<b>Sala reuniones</b>	17,06	5	85,3	Legrand Ref. B65 61561 de 6w 90lm	1
<b>Sala fotocopias</b>	23,71	5	118,55	Legrand Ref. B65 61561 de 6w 90lm	2
<b>Pasillo parte 1</b>	5,8474	5	29,24	Legrand Ref. B65 61561 de 6w 90lm	1
<b>Pasillo parte 2</b>	13,52	5	67,60	Legrand Ref. B65 61561 de 6w 90lm	1
<b>Pasillo parte 3</b>	36,36	5	181,78	Legrand Ref. B65 61561 de 6w 90lm	3



## ALUMBRADO EMERGENCIA OFICINAS NORTE PLANTA PRIMERA

	Superficie (m <sup>2</sup> )	Iluminación (lm/ m <sup>2</sup> )	Flujo necesario (lm)	Luminaria	Nº de Luminarias
<b>Gerencia</b>	40,45	5	202,25	Legrand Ref. B65 61561 de 6w 90lm	3
<b>Despacho Admin.</b>	23,54	5	117,7	Legrand Ref. B65 61561 de 6w 90lm	2
<b>Administración</b>	38,56	5	192,8	Legrand Ref. B65 61561 de 6w 90lm	3
<b>Sala fotocopias</b>	25,49	5	127,45	Legrand Ref. B65 61561 de 6w 90lm	2
<b>W.C. Hombres</b>	9,59	5	47,95	Legrand Ref. B65 61561 de 6w 90lm	1
<b>W.C. Mujeres</b>	9,59	5	47,95	Legrand Ref. B65 61561 de 6w 90lm	1
<b>Archivo</b>	25,89	5	129,45	Legrand Ref. B65 61561 de 6w 90lm	2
<b>Técnicos 1</b>	52,27	5	261,35	Legrand Ref. B65 61561 de 6w 90lm	3
<b>Técnicos 2</b>	38,16	5	190,8	Legrand Ref. B65 61561 de 6w 90lm	3
<b>Despacho técnico</b>	24,29	5	121,45	Legrand Ref. B65 61561 de 6w 90lm	2
<b>Sala reuniones 1</b>	24,83	5	124,15	Legrand Ref. B65 61561 de 6w 90lm	2
<b>Sala reuniones 2</b>	31,77	5	158,85	Legrand Ref. B65 61561 de 6w 90lm	2
<b>D. Comercial 1</b>	33,51	5	167,55	Legrand Ref. B65 61561 de 6w 90lm	2
<b>D. Comercial 2</b>	18,49	5	92,45	Legrand Ref. B65 61561 de 6w 90lm	2
<b>Pasillo largo</b>	64,06	5	320,3	Legrand Ref. B65 61561 de 6w 90lm	4
<b>Pasillo corto</b>	12,24	5	61,2	Legrand Ref. B65 61561 de 6w 90lm	1
<b>Pasillo escalera</b>	4,32	5	4,32	Legrand Ref. B65 61561 de 6w 90lm	1



## ALUMBRADO EMERGENCIA OFICINAS NORTE PLANTA SEGUNDA

	Superficie (m <sup>2</sup> )	Iluminación (lm/ m <sup>2</sup> )	Flujo necesario (lm)	Luminaria	Nº de Luminarias
<b>Despacho1</b>	87,13	5	435,65	Legrand Ref. B65 61561 de 6w 90lm	5
<b>Despacho 2</b>	30,06	5	150,30	Legrand Ref. B65 61561 de 6w 90lm	2
<b>Despacho secretaria</b>	22,19	5	110,95	Legrand Ref. B65 61561 de 6w 90lm	2
<b>Archivo</b>	17,75	5	88,75	Legrand Ref. B65 61561 de 6w 90lm	1
<b>W.C. Hombres</b>	10,72	5	53,6	Legrand Ref. B65 61561 de 6w 90lm	1
<b>W.C. Mujeres</b>	10,72	5	53,6	Legrand Ref. B65 61561 de 6w 90lm	1
<b>Cocina</b>	18,86	5	94,3	Legrand Ref. B65 61561 de 6w 90lm	2
<b>I+D</b>	88,64	5	443,2	Legrand Ref. B65 61561 de 6w 90lm	5
<b>Médico</b>	60,12	5	300,60	Legrand Ref. B65 61561 de 6w 90lm	4
<b>Comedor</b>	57,17	5	285,85	Legrand Ref. B65 61561 de 6w 90lm	4
<b>Pasillo largo</b>	64,06	5	320,3	Legrand Ref. B65 61561 de 6w 90lm	4
<b>Pasillo corto</b>	12,24	5	61,2	Legrand Ref. B65 61561 de 6w 90lm	1
<b>Pasillo escalera</b>	4,17	5	20,85	Legrand Ref. B65 61561 de 6w 90lm	1

## ALUMBRADO EMERGENCIA OFICINAS SUR PLANTA BAJA,ALMACÉN Y CARGA

	Superficie (m <sup>2</sup> )	Iluminación (lm/ m <sup>2</sup> )	Flujo necesario (lm)	Luminaria	Nº de Luminarias
<b>Vestuario mujeres</b>	82,88	5	414,4	Legrand Ref. B65 61561 de 6w 90lm	5
<b>W.C. Mujeres</b>	31,99	5	159,95	Legrand Ref. B65 61561 de 6w 90lm	1
<b>Duchas mujeres</b>	31,99	5	159,95	Legrand Ref. B65 61561 de 6w 90lm	1



<b>Vestuario hombres</b>	91,16	5	455,8	Legrand Ref. B65 61561 de 6w 90lm	6
<b>W.C. Hombres</b>	31,99	5	159,95	Legrand Ref. B65 61561 de 6w 90lm	1
<b>Duchas hombres</b>	31,99	5	159,95	Legrand Ref. B65 61561 de 6w 90lm	1
<b>Pasillo</b>	21,06	5	105,3	Legrand Ref. B65 61561 de 6w 90lm	2

*ALUMBRADO EMERGENCIA OFICINAS SUR PLANTA PRIMERA*

	<b>Superficie (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Iluminación (lm/ m<sup>2</sup> )</b>	<b>Flujo necesario (lm)</b>	<b>Luminaria</b>	<b>Nº de Luminarias</b>
<b>Oficina general</b>	81,22	5	406,1	Legrand Ref. B65 61561 de 6w 90lm	5
<b>Despacho 1</b>	24,10	5	120,5	Legrand Ref. B65 61561 de 6w 90lm	2
<b>Despacho 2</b>	24,10	5	120,5	Legrand Ref. B65 61561 de 6w 90lm	2
<b>Despacho 3</b>	24,10	5	120,5	Legrand Ref. B65 61561 de 6w 90lm	2
<b>Sala juntas</b>	20,54	5	102,7	Legrand Ref. B65 61561 de 6w 90lm	2
<b>Despacho 4</b>	24,10	5	120,5	Legrand Ref. B65 61561 de 6w 90lm	2
<b>Despacho 5</b>	24,10	5	120,5	Legrand Ref. B65 61561 de 6w 90lm	2
<b>Despacho 6</b>	24,10	5	120,5	Legrand Ref. B65 61561 de 6w 90lm	2
<b>Aseo 1</b>	6,93	5	34,65	Legrand Ref. B65 61561 de 6w 90lm	1
<b>Aseo 2</b>	6,93	5	34,65	Legrand Ref. B65 61561 de 6w 90lm	1
<b>Pasillo 1</b>	11,18	5	55,9	Legrand Ref. B65 61561 de 6w 90lm	1
<b>Pasillo 2</b>	40,5	5	202,5	Legrand Ref. B65 61561 de 6w 90lm	3





### ALUMBRADO EMERGENCIA ZONA PRODUCCIÓN

	Superficie (m <sup>2</sup> )	Iluminación (lm/ m <sup>2</sup> )	Flujo necesario (lm)	Luminaria	Nº de Luminarias
Zona de descarga	64	5	320	Legrand Ref. B65 61563 de 6w 315lm	2
Almacén materia prima	1215	5	6075	Legrand Ref. B65 61563 de 6w 315lm	20
Zona de producción	4657,5	5	23287,5	Legrand Ref. B65 61563 de 6w 315lm	74

## 2.3.CÁLCULO DE LAS INTENSIDADES DE LÍNEA

### 2.3.1. INTRODUCCIÓN

En este apartado se van a calcular las intensidades que circulan por cada uno de los circuitos que componen la instalación.

Para realizar los cálculos se partirá de la potencia consumida por cada uno de los receptores y se usarán las siguientes fórmulas, dependiendo del tipo de red que se tenga:

Monofásica:

$$I_r = \frac{P}{V \cdot \cos\phi}$$

Trifásica:

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



Siendo:

$I_r$  = Intensidad reglamentaria, es la intensidad que consume el receptor (A).

P = Potencia consumida por el receptor (W).

V = Tensión nominal (V).

$\cos\phi$  = Factor de potencia del receptor.

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

Cuando los receptores sean motores la potencia se multiplicara por 1,25 y en el caso de que una línea alimente a varios motores la línea se dimensionara 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 toda carga de los demás motores.

Otro elemento a tener en cuenta es el factor de corrección, que depende de la temperatura ambiente, tipo de canalización y número de conductores que se alojan en la misma.

### 2.3.2.MÉTODO DE CÁLCULO

Se calcula como ejemplo el circuito 24 y los demás vendrán resumidos en la tabla de cálculos.

P= 1040w con  $\cos\phi = 0,90$  (corresponde al alumbrado 1 de exposiciones)

$$I_n = \frac{1040}{230 \cdot 0,90} = 5,02 A$$

Por ser alumbrado habrá que tener en cuenta el 180%

$$I_r = \frac{1,8 \cdot 1040}{230 \cdot 0,9} = 9,04 A$$

La  $I_p$  (intensidad de protección) será de 10 A

Como el circuito se encuentra acompañado de otros circuitos y la temperatura de la nave no va a ser de 40°C para los que se dan las tablas habrá que utilizar los factores de corrección:



- Factores de corrección para agrupamiento de varios circuitos

Tabla E. Factores de reducción para agrupamiento de varios circuitos (Tabla A.52-3 de la norma UNE 20 460-5-523:2004)

Ref.	Disposición de cables contiguos	Número de circuitos o cables multiconductores								
		1	2	3	4	6	9	12	16	20
1	Empotrados o embutidos	1,00	0,80	0,70	0,70	0,55	0,50	0,45	0,40	0,40
2	Capa única sobre pared, suelo o superficie sin perforar	1,00	0,85	0,80	0,75	0,70	0,70	Sin reducción adicional para más de 9 circuitos o cables multiconductores.		
3	Capa única fijada bajo techo	0,95	0,80	0,70	0,70	0,65	0,60			
4	Capa única en una bandeja perforada vertical u horizontal	1,00	0,90	0,80	0,75	0,75	0,70			
5	Capa única con apoyo de bandeja escalera o abrazaderas (collarines) etc.	1,00	0,85	0,80	0,80	0,80	0,8			

Nota 1. Estos factores son aplicables a grupos homogéneos de cables cargados por igual.  
 Nota 2. Cuando la distancia horizontal entre cables adyacentes es superior al doble de su diámetro exterior, no es necesario factor de reducción alguno.  
 Nota 3. Los mismos factores se aplican para grupos de dos o tres cables unipolares que para cables multiconductores.  
 Nota 4. Si un sistema se compone de cables de dos o tres conductores, se toma el número total de cables como el número de circuitos, y se aplica el factor correspondiente a las tablas de dos conductores cargados para los cables de dos conductores y a las tablas de tres conductores cargados para los cables de tres conductores.  
 Nota 5. Si la instalación se compone de "n" conductores unipolares cargados, también pueden considerarse como "n/2" circuitos de dos conductores o "n/3" circuitos de tres conductores cargados.

- Factores de corrección para temperatura distinta a 40 °C.

Tipo de aislamiento	Tª máxima de servicio θ <sub>c</sub> , en °C	Temperatura ambiente θ <sub>a</sub> , en °C										
		10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
XLPE y EPR	90	1,27	1,22	1,18	1,14	1,10	1,05	1,00	0,95	0,90	0,84	0,77
PVC	70	1,41	1,35	1,29	1,22	1,15	1,08	1,00	0,91	0,81	0,71	0,58

- "PVC" : aislamiento policloruro de vinilo.  
 - "XLPE": aislamiento polietileno reticulado.  
 - "EPR" : aislamiento etileno-propileno.

El factor de corrección para otras temperaturas θ<sub>a</sub>, distintas de las de la tabla, será:

$$F = \sqrt{\frac{\theta_c - \theta_a}{\theta_c - 40}}$$

El circuito 24 con los circuito 25 y 26, y tendrá un factor de corrección, referido al número de circuitos de 0,7

La temperatura ambiente a la que se va a encontrar las oficinas va a ser como máximo de 30°C y los cables serán de PVC los que corresponde un factor de corrección de 1,15.



A continuación calcularemos la intensidad con la que entraremos a tablas:

$$I_{tab} = \frac{I_p}{F.C.Temp \cdot F.C.Circ.} = \frac{10}{0,7 \cdot 1,15} = 12,42 A$$

Ahora vamos a la ITC-BT-19, tabla 1, y en función de la intensidad tabulada, aislamiento y tipo de canalización elegimos la intensidad correspondiente, que será la intensidad que aguanta el cable a 40°C.

Este circuito va a ir en tubo empotrado, tipo B, aislamiento de PVC y cogemos la intensidad inmediatamente superior a la tabulada, una intensidad de 15A, que corresponde a un cable de 2,5 mm<sup>2</sup> (la sección del cable se verá más adelante en función de la caída de tensión).

A continuación tenemos que calcular la intensidad admisible para una temperatura de 30°C, que será la elegida de 15A multiplicada por los factores de corrección.

$$I_{adm} = 15 \cdot 0,7 \cdot 1,15 = 12,075A$$

Esta intensidad es la que aguanta el cable, por lo que tiene que ser superior a la intensidad de protección.

$$I_{adm} = 12,075A > I_p = 10A$$

### 2.3.3.TABLAS RESUMEN INTENSIDADES DE LOS CUADROS

#### Cuadro secundario 1.1 (C.S.1.1): Oficinas norte planta baja

Circuito	Descripción	Potencia (w)	Tensión (v)	Cos $\varphi$	Ir (A)	F.C.	Inom (A)	Fase
Circuito 24	Alumbrado 1 Exposiciones (20x2x26)	1040	230	0,9	9,04	1,8	5,02	R-N
Circuito 25	Alumbrado 2 Exposiciones (15x2x26)	780	230	0,9	6,78	1,8	3,77	S-N
Circuito 26	Alumbrado 3 Exposiciones (15x2x26)	780	230	0,9	6,78	1,8	3,77	T-N
Circuito 27	Emergencias	-	-	-	-	-	-	R-N
Circuito 28	Alumbrado Despacho secretaria (16x2x26)	832	230	0,9	7,23	1,8	4,02	T-N
Circuito 29	Emergencias	-	-	-	-	-	-	S-N



Circuito 30	Alumbrado W.C. Hombres (4x1x28)	112	230	0,9	0,97	1,8	0,54	R-N
Circuito 31	Emergencias	-	-	-	-	-	-	T-N
Circuito 32	Alumbrado W.C. Mujeres (4x1x28)	112	230	0,9	0,97	1,8	0,54	S-N
Circuito 33	Emergencias	-	-	-	-	-	-	R-N
Circuito 34	Alumbrado Despacho 1 (16x2x26)	832	230	0,9	7,23	1,8	4,02	R-N
Circuito 35	Emergencias	-	-	-	-	-	-	S-N
Circuito 36	Alumbrado Laboratorio 1 (16x2x26)	832	230	0,9	7,23	1,8	4,02	S-N
Circuito 37	Emergencias	-	-	-	-	-	-	T-N
Circuito 38	Alumbrado Laboratorio 2 (18x2x26)	936	230	0,9	8,14	1,8	4,52	T-N
Circuito 39	Emergencias	-	-	-	-	-	-	R-N
Circuito 40	Alumbrado 1 Técnicos (15x2x26)	780	230	0,9	6,78	1,8	3,77	S-N
Circuito 41	Alumbrado 2 Técnicos (15x2x26)	780	230	0,9	6,78	1,8	3,77	T-N
Circuito 42	Emergencias	-	-	-	-	-	-	S-N
Circuito 43	Alumbrado 1 D. Técnicos (13x2x26)	676	230	0,9	5,88	1,8	3,27	R-N
Circuito 44	Alumbrado 2 D. Técnicos (13x2x26)	676	230	0,9	5,88	1,8	3,27	S-N
Circuito 45	Emergencias	-	-	-	-	-	-	T-N
Circuito 46	Alumbrado D.Administración (16x2x26)	832	230	0,9	7,23	1,8	4,02	S-N
Circuito 47	Emergencias	-	-	-	-	-	-	R-N
Circuito 48	Alumbrado Recepción (20x2x26)	1040	230	0,9	9,04	1,8	5,02	R-N
Circuito 49	Emergencias	-	-	-	-	-	-	S-N
Circuito 50	Alumbrado Hall entrada (4x1x35)	140	230	0,9	1,22	1,8	0,68	R-N
Circuito 51	Emergencias	-	-	-	-	-	-	T-N



Circuito 52	Alumbrado Sala reuniones (12x2x26)	624	230	0,9	5,43	1,8	3,01	T-N
Circuito 53	Emergencias	-	-	-	-	-	-	R-N
Circuito 54	Alumbrado Sala fotocopias (12x2x26)	624	230	0,9	5,43	1,8	3,01	T-N
Circuito 55	Emergencias	-	-	-	-	-	-	S-N
Circuito 56	Alumbrado 1 Pasillo (15x1x35)	525	230	0,9	4,57	1,8	2,54	T-N
Circuito 57	Alumbrado 2 Pasillo (14x1x35)	490	230	0,9	4,26	1,8	2,37	S-N
Circuito 58	Emergencias	-	-	-	-	-	-	T-N
Circuito 59	Almacén instalaciones 1 (3x1x35)	105	230	0,9	0,91	1,8	0,51	T-N
Circuito 300	Tomas de corriente R	2500	230	0,95	11,44	1	11,44	R-N
Circuito 301	Tomas de corriente S	2500	230	0,95	11,44	1	11,44	S-N
Circuito 302	Tomas de corriente T	2500	230	0,95	11,44	1	11,44	T-N
Circuito 303	Toma de corriente SAI	2500	230	0,95	11,44	1	11,44	R-N
Circuito 304	Toma de corriente SAI	2500	230	0,95	11,44	1	11,44	S-N
Circuito 305	Toma de corriente SAI	2500	230	0,95	11,44	1	11,44	T-N

Cuadro secundario 1.2 (C.S.1.2) : Oficina norte planta primera

Circuito	Descripción	Potencia (w)	Tensión (v)	Cos $\varphi$	Ir (A)	F.C.	Inom (A)	Fase
Circuito 60	Alumbrado 1 Gerencia (12x2x26)	624	230	0,9	5,43	1,8	3,01	R-N
Circuito 61	Alumbrado 2 Gerencia (12x2x26)	624	230	0,9	5,43	1,8	3,01	S-N
Circuito 62	Emergencias	-	-	-	-	-	-	R-N
Circuito 63	Alumbrado Despacho Admin. (15x2x26)	780	230	0,9	6,78	1,8	3,77	R-N
Circuito 64	Emergencias	-	-	-	-	-	-	S-N



Circuito 65	Alumbrado 1 Administración (12x2x26)	624	230	0,9	5,43	1,8	3,01	T-N
Circuito 66	Alumbrado 1 Administración (12x2x26)	624	230	0,9	5,43	1,8	301	R-N
Circuito 67	Emergencias	-	-	-	-	-	-	T-N
Circuito 68	Alumbrado Sala fotocopias (10x2x26)	520	230	0,9	4,52	1,8	2,51	S-N
Circuito 69	Emergencias	-	-	-	-	-	-	R-N
Circuito 70	Alumbrado W.C. Hombres (9x1x28)	252	230	0,9	2,19	1,8	1,22	T-N
Circuito 71	Emergencias	-	-	-	-	-	-	S-N
Circuito 72	Alumbrado W.C. Mujeres (9x1x28)	252	230	0,9	2,19	1,8	1,22	T-N
Circuito 73	Emergencias	-	-	-	-	-	-	T-N
Circuito 74	Alumbrado Archivo (15x2x26)	780	230	0,9	6,78	1,8	3,77	R-N
Circuito 75	Emergencias	-	-	-	-	-	-	R-N
Circuito 76	Alumbrado 1 Técnicos 1 (14x2x26)	728	230	0,9	6,3	1,8	3,52	R-N
Circuito 77	Alumbrado 2 Técnicos 1 (14x2x26)	728	230	0,9	6,3	1,8	3,52	S-N
Circuito 78	Alumbrado 3 Técnicos 1 (14x2x26)	728	230	0,9	6,3	1,8	3,52	T-N
Circuito 79	Emergencias	-	-	-	-	-	-	S-N
Circuito 80	Alumbrado 1 Técnicos 2 (15x2x26)	780	230	0,9	6,78	1,8	3,77	S-N
Circuito 81	Alumbrado 2 Técnicos 2 (15x2x26)	780	230	0,9	6,78	1,8	3,77	T-N
Circuito 82	Emergencias	-	-	-	-	-	-	T-N
Circuito 83	Alumbrado Despacho técnico (20x2x26)	1040	230	0,9	9,04	1,8	5,02	R-N
Circuito 84	Emergencias	-	-	-	-	-	-	R-N
Circuito 85	Alumbrado Sala reuniones 1	832	230	0,9	7,23	1,8	4,02	T-N



	(16x2x26)							
Circuito 86	Emergencias	-	-	-	-	-	-	S-N
Circuito 87	Alumbrado Sala reuniones 2 (20x2x26)	1040	230	0,9	9,04	1,8	5,02	S-N
Circuito 88	Emergencias	-	-	-	-	-	-	T-N
Circuito 89	Alumbrado D. Comercial 1 (20x2x26)	1040	230	0,9	9,04	1,8	5,02	T-N
Circuito 90	Emergencias	-	-	-	-	-	-	R-N
Circuito 91	Alumbrado D. Comercial 2 (12x2x26)	624	230	0,9	5,43	1,8	3,01	S-N
Circuito 92	Emergencias	-	-	-	-	-	-	S-N
Circuito 93	Alumbrado 1 Pasillo (17x1x35)	595	230	0,9	5,17	1,8	2,87	T-N
Circuito 94	Alumbrado 2 Pasillo (16x1x35)	560	230	0,9	4,87	1,8	2,71	S-N
Circuito 95	Alumbrado 3 Pasillo (16x1x35)	560	230	0,9	4,87	1,8	2,71	R-N
Circuito 96	Emergencias	-	-	-	-	-	-	T-N
Circuito 97	Almacén instalaciones 2 (2x1x35)	70	230	0,9	0,61	1,8	0,34	T-N
Circuito 306	Tomas de corriente R	2500	230	0,95	11,44	1	11,44	R-N
Circuito 307	Tomas de corriente S	2500	230	0,95	11,44	1	11,44	S-N
Circuito 308	Tomas de corriente T	2500	230	0,95	11,44	1	11,44	T-N
Circuito 309	Toma de corriente SAI	2500	230	0,95	11,44	1	11,44	R-N
Circuito 310	Toma de corriente SAI	2500	230	0,95	11,44	1	11,44	S-N

Cuadro secundario 1.3 (C.S.1.3): Oficina norte planta segunda

Circuito	Descripción	Potencia (w)	Tensión (v)	Cos $\varphi$	Ir (A)	F.C.	Inom (A)	Fase
Circuito 98	Alumbrado 1 Despacho 1 (20x2x26)	1040	230	0,9	9,04	1,8	5,02	S-N





Circuito 99	Alumbrado 2 Despacho 1 (20x2x26)	1040	230	0,9	9,04	1,8	5,02	T-N
Circuito 100	Emergencias	-	-	-	-	-	-	R-N
Circuito 101	Alumbrado Despacho 2 (16x2x26)	832	230	0,9	7,23	1,8	4,02	R-N
Circuito 102	Emergencias	-	-	-	-	-	-	S-N
Circuito 103	Alumbrado Despacho secretaria (15x2x26)	780	230	0,9	6,78	1,8	3,77	T-N
Circuito 104	Emergencias	-	-	-	-	-	-	T-N
Circuito 105	Alumbrado Archivo (12x2x26)	624	230	0,9	5,43	1,8	3,01	R-N
Circuito 106	Emergencias	-	-	-	-	-	-	R-N
Circuito 107	Alumbrado W.C. Hombres (4x1x28)	112	230	0,9	0,97	1,8	0,54	S-N
Circuito 108	Emergencias	-	-	-	-	-	-	S-N
Circuito 109	Alumbrado W.C. Mujeres (4x1x28)	112	230	0,9	0,97	1,8	0,54	S-N
Circuito 110	Emergencias	-	-	-	-	-	-	T-N
Circuito 111	Alumbrado Cocina (12x1x28)	336	230	0,9	2,92	1,8	1,62	S-N
Circuito 112	Emergencias	-	-	-	-	-	-	R-N
Circuito 113	Alumbrado 1 I+D (15x2x26)	780	230	0,9	6,78	1,8	3,77	R-N
Circuito 114	Alumbrado 2 I+D (15x2x26)	780	230	0,9	6,78	1,8	3,77	S-N
Circuito 115	Alumbrado 3 I+D (15x2x26)	780	230	0,9	6,78	1,8	3,77	T-N
Circuito 116	Emergencias	-	-	-	-	-	-	S-N
Circuito 117	Alumbrado 1 Comedor (16x2x26)	832	230	0,9	7,23	1,8	4,02	R-N
Circuito 118	Alumbrado 2 Comedor (16x2x26)	832	230	0,9	7,23	1,8	4,02	S-N
Circuito 119	Emergencias	-	-	-	-	-	-	T-N
Circuito 120	Alumbrado 1	560	230	0,9	4,87	1,8	2,71	R-N



	Pasillo (16x1x35)							
Circuito 121	Alumbrado 2 Pasillo (16x1x35)	560	230	0,9	4,87	1,8	2,71	S-N
Circuito 122	Alumbrado 3 Pasillo (17x1x35)	595	230	0,9	5,17	1,8	2,87	T-N
Circuito 123	Emergencias	-	-	-	-	-	-	R-N
Circuito 124	Alumbrado 1 Médico (16x2x26)	832	230	0,9	7,23	1,8	4,02	S-N
Circuito 125	Alumbrado 2 Médico (16x2x26)	832	230	0,9	7,23	1,8	4,02	T-N
Circuito 126	Emergencias	-	-	-	-	-	-	S-N
Circuito 127	Almacén instalaciones 3 (2x1x35)	70	230	0,9	0,61	1,8	0,34	T-N
Circuito 311	Tomas de corriente R	2500	230	0,95	11,44	1	11,44	R-N
Circuito 312	Tomas de corriente S	2500	230	0,95	11,44	1	11,44	S-N
Circuito 313	Tomas de corriente T	2500	230	0,95	11,44	1	11,44	T-N
Circuito 314	Toma de corriente SAI	2500	230	0,95	11,44	1	11,44	R-N
Circuito 315	Toma de corriente SAI	2500	230	0,95	11,44	1	11,44	T-N

**Cuadro secundario 2.1 (C.S.2.1) : Oficina sur planta baja, alumbrado almacén y zona carga.**

Circuito	Descripción	Potencia (w)	Tensión (v)	Cos $\varphi$	Ir (A)	F.C.	Inom (A)	Fase
Circuito 129	Alumbrado Vestuario mujeres (9x2x36)	648	230	0,9	5,63	1,8	3,13	R-N
Circuito 130	Emergencias	-	-	-	-	-	-	T-N
Circuito 131	Alumbrado W.C. Mujeres (4x2x36)	288	230	0,9	2,50	1,8	1,39	R-N
Circuito 132	Emergencias	-	-	-	-	-	-	R-N
Circuito 133	Alumbrado Duchas mujeres (4x2x36)	288	230	0,9	2,50	1,8	1,39	R-N



Circuito 134	Emergencias	-	-	-	-	-	-	S-N
Circuito 135	Alumbrado Vestuario hombres (9x2x36)	648	230	0,9	5,63	1,8	3,13	S-N
Circuito 136	Emergencias	-	-	-	-	-	-	T-N
Circuito 137	Alumbrado W.C. Hombres (4x2x36)	288	230	0,9	2,50	1,8	1,39	S-N
Circuito 138	Emergencias	-	-	-	-	-	-	R-N
Circuito 139	Alumbrado Duchas hombres (4x2x36)	288	230	0,9	2,50	1,8	1,39	S-N
Circuito 140	Emergencias	-	-	-	-	-	-	S-N
Circuito 141	Alumbrado Pasillo (6x1x35)	210	230	0,9	1,83	1,8	1,01	T-N
Circuito 142	Emergencias	-	-	-	-	-	-	T-N
Circuito 143	Climatización oficina sur	20000	400	0,85	33,96	1	33,96	TRIF
Circuito 144	Tomas de corriente R	2500	230	0,95	11,44	1	11,44	R-N
Circuito 145	Tomas de corriente S	2500	230	0,95	11,44	1	11,44	S-N
Circuito 146	Tomas de corriente T	2500	230	0,95	11,44	1	11,44	T-N
Circuito 149	Alumbrado 1 Almacén (10x1x250)	2500	230	0,9	21,74	1,8	12,08	R-N
Circuito 150	Alumbrado 2 Almacén (10x1x250)	2500	230	0,9	21,74	1,8	12,08	S-N
Circuito 151	Alumbrado 3 Almacén (10x1x250)	2500	230	0,9	21,74	1,8	12,08	T-N
Circuito 152	Emergencias	-	-	-	-	-	-	R-N
Circuito 153	Alumbrado zona carga (9x1x250)	2250	230	0,9	19,57	1,8	10,87	T-N
Circuito 154	Emergencias	-	-	-	-	-	-	S-N

**Cuadro secundario 2.2 (C.S.2.2) : Oficina sur planta primera**

Circuito	Descripción	Potencia (w)	Tensión (v)	Cos $\varphi$	Ir (A)	F.C.	Inom (A)	Fase
Circuito 155	Alumbrado 1 Oficina general (20x2x26)	1040	230	0,9	9,04	1,8	5,02	R-N
Circuito 156	Alumbrado 2 Oficina general (20x2x26)	1040	230	0,9	9,04	1,8	5,02	S-N
Circuito 157	Emergencias	-	-	-	-	-	-	T-N
Circuito 158	Alumbrado Despacho 1 (20x2x26)	1040	230	0,9	9,04	1,8	5,02	T-N
Circuito 159	Emergencias	-	-	-	-	-	-	R-N
Circuito 160	Alumbrado Despacho 2 (20x2x26)	1040	230	0,9	9,04	1,8	5,02	R-N
Circuito 161	Emergencias	-	-	-	-	-	-	S-N
Circuito 162	Alumbrado Despacho 3 (20x2x26)	1040	230	0,9	9,04	1,8	5,02	S-N
Circuito 163	Emergencias	-	-	-	-	-	-	T-N
Circuito 164	Alumbrado Sala juntas (15x2x26)	780	230	0,9	6,78	1,8	3,77	T-N
Circuito 165	Emergencias	-	-	-	-	-	-	R-N
Circuito 166	Alumbrado Despacho 4 (20x2x26)	1040	230	0,9	9,04	1,8	5,02	R-N
Circuito 167	Emergencias	-	-	-	-	-	-	S-N
Circuito 168	Alumbrado Despacho 5 (20x2x26)	1040	230	0,9	9,04	1,8	5,02	S-N
Circuito 169	Emergencias	-	-	-	-	-	-	T-N
Circuito 170	Alumbrado Despacho 6 (20x2x26)	1040	230	0,9	9,04	1,8	5,02	T-N
Circuito 171	Emergencias	-	-	-	-	-	-	R-N
Circuito 172	Alumbrado Aseo 1 (4x1x28)	112	230	0,9	0,97	1,8	0,54	R-N
Circuito 173	Emergencias	-	-	-	-	-	-	S-N
Circuito 174	Alumbrado Aseo 2 (4x1x28)	112	230	0,9	0,97	1,8	0,54	T-N



Circuito 175	Emergencias	-	-	-	-	-	-	T-N
Circuito 176	Alumbrado 1 Pasillo (13x1x35)	455	230	0,9	3,96	1,8	2,20	T-N
Circuito 177	Alumbrado 2 Pasillo (13x1x35)	455	230	0,9	3,96	1,8	2,20	S-N
Circuito 178	Emergencias	-	-	-	-	-	-	R-N
Circuito 316	Tomas de corriente R	2500	230	0,95	11,44	1	11,44	R-N
Circuito 317	Tomas de corriente S	2500	230	0,95	11,44	1	11,44	S-N
Circuito 318	Tomas de corriente T	2500	230	0,95	11,44	1	11,44	T-N
Circuito 319	Toma de corriente SAI	2500	230	0,95	11,44	1	11,44	R-N
Circuito 320	Toma de corriente SAI	2500	230	0,95	11,44	1	11,44	S-N

Cuadro secundario 3.1 (C.S.3.1): Alumbrado producción

Circuito	Descripción	Potencia (w)	Tensión (v)	Cos $\varphi$	Ir (A)	F.C.	Inom (A)	Fase
Circuito 179	Alumbrado 1 (15x1x250)	3750	230	0,9	32,61	1,8	18,12	R-N
Circuito 180	Alumbrado 2 (15x1x250)	3750	230	0,9	32,61	1,8	18,12	S-N
Circuito 181	Emergencias	-	-	-	-	-	-	S-N
Circuito 182	Alumbrado 3 (15x1x250)	3750	230	0,9	32,61	1,8	18,12	T-N
Circuito 183	Alumbrado 4 (15x1x250)	3750	230	0,9	32,61	1,8	18,12	R-N
Circuito 184	Emergencias	-	-	-	-	-	-	T-N
Circuito 185	Alumbrado 5 (15x1x250)	3750	230	0,9	32,61	1,8	18,12	S-N
Circuito 186	Alumbrado 6 (15x1x250)	3750	230	0,9	32,61	1,8	18,12	T-N
Circuito 187	Emergencias	-	-	-	-	-	-	R-N
Circuito 188	Alumbrado 7 (15x1x250)	3750	230	0,9	32,61	1,8	18,12	R-N
Circuito 189	Alumbrado 8 (15x1x250)	3750	230	0,9	32,61	1,8	18,12	S-N
Circuito 190	Emergencias	-	-	-	-	-	-	S-N
Circuito 191	Alumbrado 9 (15x1x250)	3750	230	0,9	32,61	1,8	18,12	T-N
Circuito 192	Alumbrado 10 (15x1x250)	3750	230	0,9	32,61	1,8	18,12	R-N



Circuito 193	Emergencias	-	-	-	-	-	-	T-N
Circuito 194	Alumbrado 11 (15x1x250)	3750	230	0,9	32,61	1,8	18,12	S-N
Circuito 195	Alumbrado 12 (15x1x250)	3750	230	0,9	32,61	1,8	18,12	T-N
Circuito 196	Emergencias	-	-	-	-	-	-	R-N
Circuito 197	Alumbrado 13 (15x1x250)	3750	230	0,9	32,61	1,8	18,12	R-N
Circuito 198	Alumbrado 14 (15x1x250)	3750	230	0,9	32,61	1,8	18,12	S-N
Circuito 199	Emergencias	-	-	-	-	-	-	S-N
Circuito 200	Alumbrado 15 (15x1x250)	3750	230	0,9	32,61	1,8	18,12	T-N
Circuito 201	Alumbrado 16 (15x1x250)	3750	230	0,9	32,61	1,8	18,12	R-N
Circuito 202	Emergencias	-	-	-	-	-	-	T-N
Circuito 203	Alumbrado 17 (15x1x250)	3750	230	0,9	32,61	1,8	18,12	S-N
Circuito 204	Alumbrado 18 (15x1x250)	3750	230	0,9	32,61	1,8	18,12	T-N
Circuito 205	Emergencias	-	-	-	-	-	-	R-N

Cuadro secundario 3.2 (C.S.3.2): Producción línea 1

Circuito	Descripción	Potencia (w)	Tensión (v)	Cos $\varphi$	Ir (A)	F.C.	Inom (A)	Fase
Circuito 206	Muelle 1	750	400	0,9	1,5	1,25	1,2	TRIF
Circuito 207	Muelle 2	750	400	0,9	1,5	1,25	1,2	TRIF
Circuito 208	Puerta nave 1	750	400	0,9	1,5	1,25	1,2	TRIF
Circuito 209	Puerta nave 2	750	400	0,9	1,5	1,25	1,2	TRIF
Circuito 210	Soldadura automática 1	10000	400	0,7	25,77	1,25	20,62	TRIF
Circuito 211	Soldadura automática 2	10000	400	0,7	25,77	1,25	0,62	TRIF
Circuito 212	Cinta transportadora	4400	400	0,85	9,34	1,25	7,47	TRIF
Circuito 213	Cabina de pintado	11040	400	0,85	23,43	1,25	1875	TRIF
Circuito 214	Cabina de secado	22080	400	0,8	49,80	1,25	39,84	TRIF
Circuito 215	Intercambiador cinta	1100	400	0,85	2,33	1,25	1,87	TRIF
Circuito 216	Puente grúa 3.2 Tn	3500	400	0,85	7,43	1,25	5,94	TRIF
Circuito 217	Puente grúa 3.2 Tn	3500	400	0,85	7,43	1,25	5,94	TRIF
Circuito 218	Climatización	40000	400	0,85	67,92	1	67,92	TRIF



	oficinas							
Circuito 219	Climatización nave	60000	400	0,85	101,9	1	101,9	TRIF
Circuito 220	Tomas trifásicas	3000	400	0,8	5,43	1	5,43	TRIF

**Cuadro secundario 3.3 (C.S.3.3): Producción línea 2**

Circuito	Descripción	Potencia (w)	Tensión (v)	Cos $\varphi$	Ir (A)	F.C.	Inom (A)	Fase
Circuito 221	Cinta transportadora	2200	400	0,85	4,67	1,25	3,74	TRIF
Circuito 222	Intercambiador cinta	1100	400	0,85	2,33	1,25	1,87	TRIF
Circuito 223	Cinta transportadora	4400	400	0,85	9,34	1,25	7,47	TRIF
Circuito 224	Manipulador asientos	3000	400	0,85	6,37	1,25	5,09	TRIF
Circuito 225	Robot puertas 1	7500	400	0,85	15,92	1,25	12,74	TRIF
Circuito 226	Robot puertas 2	7500	400	0,85	15,92	1,25	12,74	TRIF
Circuito 227	Robot cristales 1	7500	400	0,85	15,92	1,25	12,74	TRIF
Circuito 228	Robot cristales 2	7500	400	0,85	15,92	1,25	12,74	TRIF
Circuito 229	Intercambiador cinta	1100	400	0,85	2,33	1,25	1,87	TRIF
Circuito 230	Cinta transportadora	2200	400	0,85	4,67	1,25	3,74	TRIF
Circuito 231	Puente grúa 3.2 Tn	3500	400	0,85	7,43	1,25	5,94	TRIF
Circuito 232	Puente grúa 3.2 Tn	3500	400	0,85	7,43	1,25	5,94	TRIF
Circuito 233	Tomas trifásicas	3000	400	0,8	5,43	1	5,43	TRIF

**Cuadro secundario 3.4 (C.S.3.4): Producción línea 3**

Circuito	Descripción	Potencia (w)	Tensión (v)	Cos $\varphi$	Ir (A)	F.C.	Inom (A)	Fase
Circuito 234	Puerta nave 3	750	400	0,9	1,5	1,25	1,2	TRIF
Circuito 235	Puerta nave 4	750	400	0,9	1,5	1,25	1,2	TRIF
Circuito 236	Intercambiador cinta	1100	400	0,85	2,33	1,25	1,87	TRIF
Circuito 237	Cinta	4400	400	0,85	9,34	1,25	7,47	TRIF



	transportadora							
Circuito 238	Robot motor	7500	400	0,85	15,9	1,25	12,74	TRIF
Circuito 239	Robot baterías	7500	400	0,85	15,9	1,25	12,74	TRIF
Circuito 240	Pistola neumática 1	300	400	0,85	0,64	1,25	0,51	TRIF
Circuito 241	Pistola neumática 2	300	400	0,85	0,64	1,25	0,51	TRIF
Circuito 242	Grupo presión aire (compresor)	4500	400	0,85	7,64	1	7,64	TRIF
Circuito 243	Grupo de presión agua oficinas	4500	400	0,85	7,64	1	7,64	TRIF
Circuito 244	Grupo de presión agua nave	4500	400	0,85	7,64	1	7,64	TRIF
Circuito 245	Tomas trifásicas	3000	400	0,8	5,43	1	5,43	TRIF

### 2.3.3.1. CUADRO GENERAL DE DISTRIBUCIÓN

Una vez calculadas las intensidades que consume cada receptor y concretadas las fases, se sumarán las intensidades de cada cuadro teniendo en cuenta su módulo y su argumento

Los valores de tensión serán los siguientes:

#### MONOFASICO:

$$V_1 = 230_{<-90^\circ} V$$

$$V_2 = 230_{<150^\circ} V$$

$$V_3 = 230_{<30^\circ} V$$

#### TRIFASICO:

$$U_1 = 400_{<0^\circ} V$$

$$U_2 = 400_{<-120^\circ} V$$

$$U_3 = 400_{<120^\circ} V$$

A continuación y a modo de ejemplo se realizará la suma de intensidades del **cuadro terciario 1 (C.S.1.1): Oficinas norte planta baja**, los demás vendrán en la tabla a modo de resumen.

$$\begin{aligned}
 - \text{FASE R: } I_r &= 9,04_{<-115,84} + 0,97_{<-115,84} + 7,23_{<-115,84} + 5,88_{<-115,84} + \\
 &9,04_{<-115,84} + 1,22_{<-115,84} + 5,43_{<-115,84} + 11,44_{<-108,19} + 11,44_{<-108,19} = \\
 &61,562_{<-113} \text{ A}
 \end{aligned}$$



- FASE S:  $I_r = 6,78_{<124,16} + 0,97_{<124,16} + 7,23_{<124,16} + 6,78_{<124,16} + 5,88_{<124,16} + 7,23_{<124,16} + 4,26_{<124,16} + 11,44_{<131,8} + 11,44_{<131,8} = 61,882_{<126,48} \text{ A}$
- FASE T:  $I_r = 6,78_{<4,16} + 7,23_{<4,16} + 8,14_{<4,16} + 6,78_{<4,16} + 5,43_{<4,16} + 4,57_{<4,16} + 0,91_{<4,16} + 11,44_{<11,8} + 11,44_{<11,8} = 62,591_{<6,9456} \text{ A}$

Circuito	Descripción	Potencia (w)	Tensión (V)	Fases	Ir (A)
Circuito 6	C.S.1.1	28548	400	Fase R	61,56 <sub>&lt;-113</sub>
				Fase S	61,88 <sub>&lt;126,48</sub>
				Fase T	62,59 <sub>&lt;6,95</sub>
Circuito 7	C.S.1.2	27685	400	Fase R	67,37 <sub>&lt;-113,25</sub>
				Fase S	65,12 <sub>&lt;126,84</sub>
				Fase T	67,68 <sub>&lt;6,74</sub>
Circuito 8	C.S.1.3	24829	400	Fase R	54,3 <sub>&lt;-112,62</sub>
				Fase S	51,37 <sub>&lt;125,86</sub>
				Fase T	58,36 <sub>&lt;7,15</sub>
Circuito 9	C.S.2.1	39908	400	Fase R	55,13 <sub>&lt;-114,01</sub>
				Fase S	55,13 <sub>&lt;125,95</sub>
				Fase T	65,9 <sub>&lt;5,16</sub>
Circuito 10	C.S.2.2	22734	400	Fase R	50,86 <sub>&lt;-112,43</sub>
				Fase S	53,84 <sub>&lt;127,4</sub>
				Fase T	41,16 <sub>&lt;6,28</sub>
Circuito 11	C.S.3.1	67500	400	Fase R	195,66 <sub>&lt;-115,84</sub>
				Fase S	195,66 <sub>&lt;124,16</sub>
				Fase T	195,66 <sub>&lt;4,16</sub>
Circuito 12	C.S.3.2	171620	400	Fase R	232,55 <sub>&lt;-124,65</sub>
				Fase S	232,55 <sub>&lt;115,35</sub>
				Fase T	232,55 <sub>&lt;-4,65</sub>
Circuito 13	C.S.3.3	54000	400	Fase R	113,68 <sub>&lt;-122,03</sub>
				Fase S	113,68 <sub>&lt;117,97</sub>
				Fase T	113,68 <sub>&lt;-1,79</sub>
Circuito 14	C.S.3.4	39100	400	Fase R	76,1 <sub>&lt;-121,92</sub>
				Fase S	76,1 <sub>&lt;118,08</sub>
				Fase T	76,1 <sub>&lt;-1,92</sub>



Al sumar las intensidades de los cuadros secundarios nos quedan las siguientes intensidades por fase:

FASES	Ir (A)
Fase R	917,23 <sub>&lt;243,19</sub>
Fase S	915,33 <sub>&lt;123</sub>
Fase T	913,68 <sub>&lt;3,08</sub>

Se utilizará un coeficiente de simultaneidad de 0,9 a cada cuadro, por lo que se escogerá la mayor intensidad por fase de cada cuadro y la multiplicaremos por 0,9. Por ejemplo del cuadro C.S.1 escogeremos 188,53.

Número de cuadro	Ir (A)	Coefficiente de Simultaneidad	Ir (A)
C.G.P	917,23	0,9	596,67
C.S.1.1	62,59	0,9	56,33
C.S.1.2	67,68	0,9	60,91
C.S.1.3	58,36	0,9	52,52
C.S.2.1	65,9	0,9	59,31
C.S.2.2	53,84	0,9	48,46
C.S.3.1	195,66	0,9	176,09
C.S.3.2	232,55	0,9	209,29
C.S.3.3	113,68	0,9	102,31
C.S.3.4	76,1	0,9	68,49

Al cuadro general de distribución se la multiplica por el coeficiente de simultaneidad debido a que la suma de este está realizada sin aplicarle dicho coeficiente.

## 2.4.CÁLCULO DE LA POTENCIA DEL TRANSFORMADOR

Tras el cálculo de las intensidades que demandará la empresa se ha visto que pasa estas necesidades de consumo el transformador adecuado para la instalación es de 800KVA que proporcionará una intensidad de:

$$I = \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot V} = \frac{800000}{\sqrt{3} \cdot 400} = 1154,7A$$

Con este transformador la instalación de la nave queda abastecida y le sobra bastante, ya que la intensidad demandada es de 917,23 A. Además permite futuras ampliaciones de las intensidades que aunque en principio no se tiene en cuenta, se permite incluir nuevas máquinas en la nave sin riesgo a tener que comprar otro transformador, ya que en este tipo de industrias se puede cambiar las maquinas con mucha facilidad.



## 2.5.POTENCIA CONTRATADA

Una vez calculadas las potencias de cada cuadro, las multiplicaremos por un coeficiente de simultaneidad para cada cuadro, los resultados se adjuntan en la siguiente tabla:

$k_s$  = coeficiente de simultaneidad 0.9

Cuadros	Potencia total (W)	Coefficiente de simultaneidad	POTENCIA (W)
C.S.1.1	28548	0,9	25693,2
C.S.1.2	27685	0,9	24916,5
C.S.1.3	24829	0,9	22346,1
C.S.2.1	39908	0,9	35917,2
C.S.2.2	22734	0,9	20460,6
C.S.3.1	67500	0,9	60750
C.S.3.2	171620	0,9	154458
C.S.3.3	54000	0,9	48600
C.S.3.4	39100	0,9	35190
TOTAL	475924	-	428331,6

Para determinar la potencia que debemos contratar lo que haremos es multiplicar la potencia aparente total por un coeficiente de simultaneidad que será 0.9.

$$P_{contratada} = S_{total} \cdot k_s$$

$$P_{contratada} = 539589,6 \cdot 0,9 = 485630,64 \text{ VA}$$

**NOTA:** La potencia aparente se obtiene multiplicando la intensidad reglamentaria de un receptor por su tensión nominal, y sumando la potencia aparente de todos los receptores obtenemos la potencia aparente total ( $S_{total}$ )

Para esta potencia contratada, vamos a pedir a la compañía eléctrica que el cobro de la factura lo haga por el método de 1 máximo. Por lo tanto el cálculo debe ser:

- Si sobrepasamos 1,05 veces la potencia contratada se aplicará la siguiente fórmula:

$$P_F = P_R + 2 \cdot (P_R - 1,05 \cdot P_C)$$

Donde:

$P_F$  = Potencia facturada.

$P_R$  = Potencia registrada por el máximo.

$P_C$  = Potencia contratada.

- Si el maxímetro marca entre 0,85 veces y 1,05 veces la potencia contratada nos aplicará esta fórmula:

$$P_F = P_R$$

- Si no llegamos a 0.85 veces la potencia contratada nos aplicarán esta fórmula:

$$P_F = 0,85 \cdot P_C$$

Si contratamos una potencia de 485.630 Kw podremos llegar a tener un consumo de 509.911 Kw sin que se produzca ningún recargo. La intensidad máxima puede circular sin provocar recargo es:

$$I = \frac{1,05 \cdot P_C}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\varphi} = \frac{1,05 \cdot 509911}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,97} = 796,69A$$

## 2.6 CÁLCULO DE LOS CONDUCTORES EN BAJA TENSION

### 2.6.1. INTRODUCCIÓN

Una vez obtenidos los resultados de las intensidades reglamentarias y de las potencias que consumen cada circuito, realizaremos los cálculos de las secciones de los cables teniendo en cuenta dos criterios, el criterio térmico y el criterio de caída de tensión.

### 2.6.2. ACOMETIDA

Es la línea que alimenta el cuadro general de distribución y va directamente desde el transformador. Dimensionaremos esta línea para que pueda abastecer en un 100% la carga del transformador, que aunque en nuestro caso todavía no es necesario en un futuro es posible una ampliación de la nave o la introducción de la nueva maquinaria más potente, de ahí que sobredimensionaremos.

Como se ha calculado anteriormente la intensidad para la que hay que dimensionar la línea será de 1155 A. El centro de transformación está situado a 35m del cuadro general de distribución.

Además se han designado 3 conductores por fase por lo que la corriente que lleve cada conductor será un tercio de la total. Se trata de una línea subterránea por lo que según el Reglamento Electrotécnico de baja tensión establece que se deben aplicar 2 factores de corrección, uno de 0.5 por ser una agrupación de cables trifásicos bajo tierra separados a una distancia de 10cm entre sí y otro de 1.02 por estar enterrados a una profundidad de 0.5m.

Los cálculos se realizarán según la ITC-BT-07 que dan 1 sección y el factor de corrección que se debe emplear para cables con conductores de cobre en instalaciones subterráneas.



$$I = \frac{I}{F_{C1} \cdot F_{C2}} = \frac{1155}{0,75 \cdot 1,02} = 1509,8$$

La distribución de la corriente del centro de transformación al cuadro general se realizará mediante 9 conductores unipolares de cobre de  $240 \text{ mm}^2$  siendo para cada una de las 3 fases 3 de ellos y para los neutros utilizaremos 3 conductores unipolares de cobre de  $120 \text{ mm}^2$  con aislamiento de polietileno reticulado (XLPE).

Una vez realizados los calculados los cálculos con el criterio térmico habrá que realizar los cálculos con el criterio de caída de tensión para ver la sección que le corresponde a la acometida:

$$U (\%)=1,5 \quad L=35\text{m} \quad P=485630,64 \text{ w} \quad V=400\text{V}$$

Donde:

S= Sección ( $\text{mm}^2$ )

L= Longitud de la línea (m)

P= Potencia conectada (W)

c= Conductividad de cobre ( $\text{S/m}=56$ )

u= Caída de tensión admisible

V= Tensión nominal (V)

$$S = \frac{L \cdot P}{c \cdot u \cdot V} = \frac{35 \cdot 485630,64}{56 \cdot (1,5\% \cdot 400) \cdot 400} = 126,46 \text{ mm}^2$$

$$S_{\text{normalizada}} = 150 \text{ mm}^2$$

La sección elegida para la acometida es:

$$3 \times 3 \times 240 \text{ mm}^2 \text{ Cu} + 3 \times 120 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$$

El aislamiento será de XLPE y el diámetro exterior de los tubos será de 225 mm.

## 2.6.3 CIRCUITO INTERIORES

### 2.6.3.1. MÉTODO DE CÁLCULO

Para realizar el cálculo de los circuitos interiores, primero realizaremos un circuito detallado y los demás circuitos se mostrarán en la tabla resumen. Para ello debemos tener en cuenta dos criterios:

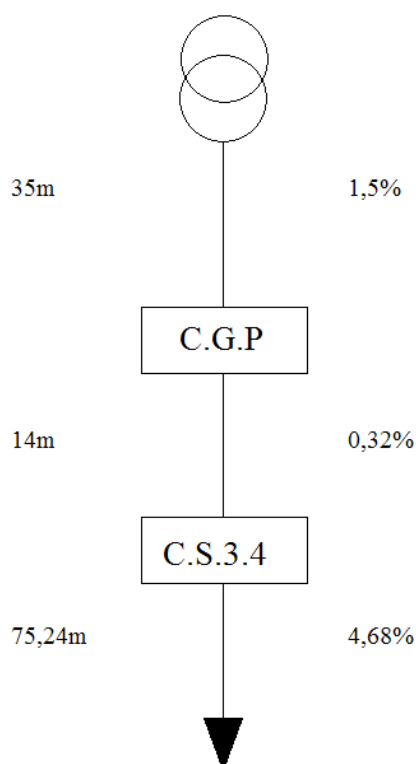


- Criterio térmico

Los pasos de cómo calcular las secciones según este criterio se puede observar mirando el punto “2.3.2 Métodos de cálculo”, donde se calcula como ejemplo el circuito número 24.

- Criterio de caída de tensión

Se calcula el circuito 243 perteneciente al C.S.3.4



Tramo A-B: Del C.G.P al C.S.3.4.

Tramos B-C: Del C.S.3.4 al receptor.

Sabiendo que la acometida tiene una longitud de 35m y que la caída de tensión es de 1.5%, queda calcular la caída de tensión del punto A al punto C, y primero se calcula la caída de tensión para el circuito más desfavorable.

(La CDT. Debe ser de 4,5% para el alumbrado y de 6,5% para otros usos), según la ITC-BT-19.

Como el circuito 243 es de fuerza, la caída de tensión no debe superar el 6,5%.



Se divide el tramo A-D en porciones:

La porción A-B es trifásica:

$$Porción_{AB} = \sqrt{3} \cdot L \cdot I_P = \sqrt{3} \cdot 14 \cdot 80 = 1939,89$$

La porción B-C es monofásica:

$$Porción_{BC} = \sqrt{3} \cdot L \cdot I_P = \sqrt{3} \cdot 75,24 \cdot 10 = 1303,2$$

PorciónTOTAL= 3243,08

Desde el punto A al punto C la caída de tensión es del 5%.  
Ahora se calcula la caída de tensión en el tramo A-B.

$$u(\%)_{AB} = \frac{5 \cdot 1909,89}{3243,08} = 2,94\%$$

$$u(V)_{AB} = \frac{2,94}{100} \cdot 400 = 11,78V$$

$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot 14 \cdot 80 \cdot 0,9}{56 \cdot 11,78} = 2,65mm^2$$

La sección normalizada es  $4mm^2$ , según el criterio térmico la sección es  $25mm^2$  así que seleccionamos la de  $25mm^2$ . Ahora se calcula la caída de tensión:

$$u = \frac{\sqrt{3} \cdot 14 \cdot 80 \cdot 0,9}{56 \cdot 25} = 1,25V$$

$$u(\%)_{AB} = \frac{1,2}{400} \cdot 100 = 0,31\%$$

La caída de tensión del tramo AB será 0,31% por lo que la caída del tramo BC será de 2,68% para alumbrado y 4,68% para fuerza. Entonces la caída de tensión para el circuito 24 es de 2,68% y la longitud de este de 49.84m. La sección que corresponde por caída de tensión es de:

$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot 49,84 \cdot 9,04 \cdot 0,9}{56 \cdot 10,72} = 1,16mm^2$$

La sección normalizada es de  $1,5mm^2$  pero la sección mínima para circuitos de fuerza es  $2,5mm^2$ . Como la sección por criterio térmico da  $2,5mm^2$ , la sección de este circuito será de  $2,5mm^2$ .



## 2.6.3.2. TABLA RESUMEN DE CÁLCULOS

Circuito	Descripción	In (A)	Ir (A)	Iadm (A)	L(m)	U (%)	Sección Por C. térmico (mm <sup>2</sup> )	Sección Por c.d.t. (mm <sup>2</sup> )
Circuito 24	Alumbrado	5,02	9,04	12,07	49,84	1,45	1,5	6
Circuito 25	Alumbrado	3,77	6,78	12,07	50,65	1,45	1,5	6
Circuito 26	Alumbrado	3,77	6,78	12,07	51,39	1,45	1,5	6
Circuito 27	Emergencias	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 28	Alumbrado	4,02	7,23	17,25	35,08	1,45	1,5	2,5
Circuito 29	Emergencias	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 30	Alumbrado	0,54	0,97	17,25	29,08	1,45	1,5	1,5
Circuito 31	Emergencias	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 32	Alumbrado	0,54	0,97	17,25	22,2	1,45	1,5	1,5
Circuito 33	Emergencias	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 34	Alumbrado	4,02	7,23	17,25	19,86	1,45	1,5	1,5
Circuito 35	Emergencias	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 36	Alumbrado	4,02	7,23	17,25	19,31	1,45	1,5	1,5
Circuito 37	Emergencias	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 38	Alumbrado	4,52	8,14	17,25	28,08	1,45	1,5	2,5
Circuito 39	Emergencias	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 40	Alumbrado	3,01	5,43	13,8	30,75	1,45	1,5	2,5
Circuito 41	Alumbrado	4,52	8,14	13,8	27,53	1,45	1,5	2,5
Circuito 42	Emergencias	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 43	Alumbrado	3,27	5,88	13,8	37,52	1,45	1,5	2,5
Circuito 44	Alumbrado	3,27	5,88	13,8	38,94	1,45	1,5	2,5
Circuito 45	Emergencias	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 46	Alumbrado	4,02	7,23	17,25	41,4	1,45	1,5	4
Circuito 47	Emergencias	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 48	Alumbrado	5,02	9,04	17,25	48,29	1,45	1,5	6
Circuito 49	Emergencias	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 50	Alumbrado	0,68	1,22	17,25	52,61	1,45	1,5	1,5
Circuito 51	Emergencias	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 52	Alumbrado	3,01	5,43	17,25	59,16	1,45	1,5	4
Circuito 53	Emergencias	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 54	Alumbrado	3,01	5,43	17,25	65,16	1,45	1,5	4
Circuito 55	Emergencias	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 56	Alumbrado	2,54	4,57	13,8	42,53	1,45	1,5	2,5
Circuito 57	Alumbrado	2,37	4,26	13,8	44,25	1,45	1,5	2,5
Circuito 58	Emergencias	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 59	Alumbrado	0,51	0,91	17,29	1,6	1,45	1,5	1,5
Circuito 60	Alumbrado	3,01	5,43	13,8	57,7	1,41	1,5	4
Circuito 61	Alumbrado	3,01	5,43	13,8	58,1	1,41	1,5	4
Circuito 62	Emergencias	-	-	-	-	-	-	-





Circuito 63	Alumbrado	3,77	6,78	17,25	50,50	1,41	1,5	4
Circuito 64	Emergencias	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 65	Alumbrado	3,01	5,43	13,8	39,52	1,41	1,5	2,5
Circuito 66	Alumbrado	3,01	5,43	13,8	40,40	1,41	1,5	2,5
Circuito 67	Emergencias	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 68	Alumbrado	2,51	4,52	17,25	29,11	1,41	1,5	1,5
Circuito 69	Emergencias	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 70	Alumbrado	1,22	2,19	17,25	24,86	1,41	1,5	1,5
Circuito 71	Emergencias	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 72	Alumbrado	1,22	2,19	17,25	19,09	1,41	1,5	1,5
Circuito 73	Emergencias	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 74	Alumbrado	3,77	6,78	17,25	15,5	1,41	1,5	1,5
Circuito 75	Emergencias	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 76	Alumbrado	3,52	6,3	12,07	24,18	1,41	1,5	2,5
Circuito 77	Alumbrado	3,52	6,3	12,07	25,02	1,41	1,5	2,5
Circuito 78	Alumbrado	3,52	6,3	12,07	25,84	1,41	1,5	2,5
Circuito 79	Emergencias	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 80	Alumbrado	3,77	6,78	13,8	37,37	1,41	1,5	2,5
Circuito 81	Alumbrado	3,77	6,78	13,8	36,58	1,41	1,5	2,5
Circuito 82	Emergencias	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 83	Alumbrado	5,02	9,04	17,25	46,59	1,41	1,5	6
Circuito 84	Emergencias	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 85	Alumbrado	4,02	7,23	17,25	50,66	1,41	1,5	4
Circuito 86	Emergencias	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 87	Alumbrado	5,02	9,04	17,25	57,23	1,41	1,5	6
Circuito 88	Emergencias	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 89	Alumbrado	5,02	9,04	17,25	62,55	1,41	1,5	6
Circuito 90	Emergencias	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 91	Alumbrado	3,01	5,43	17,25	66,14	1,41	1,5	4
Circuito 92	Emergencias	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 93	Alumbrado	2,87	5,17	12,07	30,96	1,41	1,5	1,5
Circuito 94	Alumbrado	2,71	4,87	12,07	32,58	1,41	1,5	1,5
Circuito 95	Alumbrado	2,71	4,87	12,07	29,34	1,41	1,5	1,5
Circuito 96	Emergencias	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 97	Alumbrado	0,34	0,61	17,25	1,4	1,41	1,5	1,5
Circuito 98	Alumbrado	5,02	9,04	13,8	43,47	1,36	1,5	6
Circuito 99	Alumbrado	5,02	9,04	13,8	44,65	1,36	1,5	6
Circuito 100	Emergencias	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 101	Alumbrado	4,02	7,23	17,25	64,58	1,36	1,5	6
Circuito 102	Emergencias	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 103	Alumbrado	3,77	6,78	17,25	31,27	1,36	1,5	2,5
Circuito 104	Emergencias	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 105	Alumbrado	3,01	5,43	17,25	29,71	1,36	1,5	2,5
Circuito 106	Emergencias	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 107	Alumbrado	0,54	0,97	17,25	22,20	1,36	1,5	1,5
Circuito 108	Emergencias	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 109	Alumbrado	0,54	0,97	17,25	15,74	1,36	1,5	1,5



Circuito 110	Emergencias	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 111	Alumbrado	1,62	2,92	17,25	12,04	1,36	1,5	1,5
Circuito 112	Emergencias	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 113	Alumbrado	3,77	6,78	12,07	27,68	1,36	1,5	2,5
Circuito 114	Alumbrado	3,77	6,78	12,07	28,92	1,36	1,5	2,5
Circuito 115	Alumbrado	3,77	6,78	12,07	29,24	1,36	1,5	2,5
Circuito 116	Emergencias	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 117	Alumbrado	4,02	7,23	13,8	61,29	1,36	1,5	6
Circuito 118	Alumbrado	4,02	7,23	13,8	63,15	1,36	1,5	6
Circuito 119	Emergencias	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 120	Alumbrado	4,23	7,61	12,07	29,71	1,36	1,5	2,5
Circuito 121	Alumbrado	4,06	7,30	12,07	31,25	1,36	1,5	2,5
Circuito 122	Alumbrado	2,87	5,17	12,07	28,62	1,36	1,5	2,5
Circuito 123	Emergencias	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 124	Alumbrado	4,02	7,23	13,8	51,44	1,36	1,5	4
Circuito 125	Alumbrado	4,02	7,23	13,8	53,15	1,36	1,5	4
Circuito 126	Emergencias	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 127	Alumbrado	0,34	0,61	17,25	1,9	1,36	1,5	1,5
Circuito 129	Alumbrado	5,63	5,63	17,25	14,36	0,4	1,5	4
Circuito 130	Emergencias	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 131	Alumbrado	3,13	2,50	17,25	15,64	0,4	1,5	1,5
Circuito 132	Emergencias	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 133	Alumbrado	1,39	2,50	17,25	21,54	0,4	1,5	2,5
Circuito 134	Emergencias	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 135	Alumbrado	1,39	5,63	17,25	18,21	0,4	1,5	4
Circuito 136	Emergencias	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 137	Alumbrado	3,13	2,50	17,25	18,86	0,4	1,5	2,5
Circuito 138	Emergencias	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 139	Alumbrado	1,39	2,50	17,25	24,21	0,4	1,5	2,5
Circuito 140	Emergencias	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 141	Alumbrado	1,39	1,83	17,25	11,79	0,4	1,5	1,5
Circuito 142	Emergencias	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 144	Fuerza	11,44	11,44	17,25	18,32	2,4	2,5	2,5
Circuito 145	Fuerza	11,44	11,44	17,25	19,55	2,4	2,5	2,5
Circuito 146	Fuerza	11,44	11,44	17,25	20,76	2,4	2,5	2,5
Circuito 149	Alumbrado	12,08	21,74	28,98	33,5	0,4	6	35
Circuito 150	Alumbrado	12,08	21,74	28,98	33,5	0,4	6	35
Circuito 151	Alumbrado	12,08	21,74	28,98	36	0,4	6	35
Circuito 152	Emergencias	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 153	Alumbrado	10,87	19,57	24,15	10,5	0,4	2,5	10
Circuito 154	Emergencias	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 155	Alumbrado	5,02	9,04	13,8	26,5	0,31	1,5	16
Circuito 156	Alumbrado	5,02	9,04	13,8	24,5	0,31	1,5	16
Circuito 157	Emergencias	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 158	Alumbrado	5,02	9,04	17,25	58,5	0,31	1,5	25
Circuito 159	Emergencias	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 160	Alumbrado	5,02	9,04	17,25	46,5	0,31	1,5	25



Circuito 161	Emergencias	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 162	Alumbrado	5,02	9,04	17,25	30	0,31	1,5	16
Circuito 163	Emergencias	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 164	Alumbrado	3,77	6,78	17,25	58,7	0,31	1,5	25
Circuito 165	Emergencias	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 166	Alumbrado	5,02	9,04	17,25	25	0,31	1,5	10
Circuito 167	Emergencias	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 168	Alumbrado	5,02	9,04	17,25	24,2	0,31	1,5	10
Circuito 169	Emergencias	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 170	Alumbrado	5,02	9,04	17,25	15	0,31	1,5	6
Circuito 171	Emergencias	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 172	Alumbrado	0,54	0,97	17,25	38,7	0,31	1,5	1,5
Circuito 173	Emergencias	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 174	Alumbrado	0,54	0,97	17,25	28,2	0,31	1,5	1,5
Circuito 175	Emergencias	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 176	Alumbrado	2,20	3,96	13,8	45	0,31	1,5	10
Circuito 177	Alumbrado	2,20	3,96	13,8	43	0,31	1,5	10
Circuito 178	Emergencias	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 179	Alumbrado	18,12	32,61	46	32,3	2,93	6	6
Circuito 180	Alumbrado	18,12	32,61	46	34,5	2,93	6	6
Circuito 181	Emergencias	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 182	Alumbrado	18,12	32,61	46	32,5	2,93	6	6
Circuito 183	Alumbrado	18,12	32,61	46	30,5	2,93	6	6
Circuito 184	Emergencias	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 185	Alumbrado	18,12	32,61	46	28,8	2,93	6	6
Circuito 186	Alumbrado	18,12	32,61	46	29,5	2,93	6	6
Circuito 187	Emergencias	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 188	Alumbrado	18,12	32,61	46	31,5	2,93	6	6
Circuito 189	Alumbrado	18,12	32,61	46	33,5	2,93	6	6
Circuito 190	Emergencias	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 191	Alumbrado	18,12	32,61	46	35,5	2,93	6	6
Circuito 192	Alumbrado	18,12	32,61	46	37	2,93	6	6
Circuito 193	Emergencias	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 194	Alumbrado	18,12	32,61	46	36	2,93	6	6
Circuito 195	Alumbrado	18,12	32,61	46	34	2,93	6	6
Circuito 196	Emergencias	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 197	Alumbrado	18,12	32,61	46	32	2,93	6	6
Circuito 198	Alumbrado	18,12	32,61	46	30	2,93	6	6
Circuito 199	Emergencias	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 200	Alumbrado	18,12	32,61	46	31	2,93	6	6
Circuito 201	Alumbrado	18,12	32,61	46	33	2,93	6	6
Circuito 202	Emergencias	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 203	Alumbrado	18,12	32,61	46	35	2,93	6	6
Circuito 204	Alumbrado	18,12	32,61	46	37	2,93	6	6
Circuito 205	Emergencias	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 206	Fuerza	1,2	1,5	14,89	140,4	4,61	2,5	2,5
Circuito 207	Fuerza	1,2	1,5	14,89	142,6	4,61	2,5	2,5



Circuito 208	Fuerza	1,2	1,5	14,89	102,5	4,61	2,5	2,5
Circuito 209	Fuerza	1,2	1,5	14,89	95	4,61	2,5	2,5
Circuito 210	Fuerza	20,62	25,77	35,42	85,1	4,61	10	6
Circuito 211	Fuerza	0,62	25,77	35,42	92,3	4,61	10	6
Circuito 212	Fuerza	7,47	9,34	14,89	87,6	4,61	2,5	2,5
Circuito 213	Fuerza	18,75	23,43	25,76	92	4,61	6	6
Circuito 214	Fuerza	39,84	49,80	61,98	90,6	4,61	25	16
Circuito 215	Fuerza	1,87	2,33	14,89	74	4,61	2,5	2,5
Circuito 216	Fuerza	5,94	7,43	14,89	93	4,61	2,5	2,5
Circuito 217	Fuerza	5,94	7,43	14,89	94	4,61	2,5	2,5
Circuito 218	Fuerza	67,92	67,92	94,18	15	4,61	50	4
Circuito 219	Fuerza	101,9	101,9	144,9	95	4,61	95	25
Circuito 220	Fuerza	5,43	5,43	14,89	132,5	4,61	2,5	2,5
Circuito 221	Fuerza	3,74	4,67	14,89	72,5	4,64	2,5	2,5
Circuito 222	Fuerza	1,87	2,33	14,89	61,7	4,64	2,5	2,5
Circuito 223	Fuerza	7,47	9,34	14,89	54,2	4,64	2,5	2,5
Circuito 224	Fuerza	5,09	6,37	14,89	53,15	4,64	2,5	2,5
Circuito 225	Fuerza	12,74	15,92	25,76	31,9	4,64	6	2,5
Circuito 226	Fuerza	12,74	15,92	25,76	37	4,64	6	2,5
Circuito 227	Fuerza	12,74	15,92	25,76	22,6	4,64	6	2,5
Circuito 228	Fuerza	12,74	15,92	25,76	24,33	4,64	6	2,5
Circuito 229	Fuerza	1,87	2,33	14,89	83,52	4,64	2,5	2,5
Circuito 230	Fuerza	3,74	4,67	14,89	71,13	4,64	2,5	2,5
Circuito 231	Fuerza	5,94	7,43	14,89	80	4,64	2,5	2,5
Circuito 232	Fuerza	5,94	7,43	14,89	78,36	4,64	2,5	2,5
Circuito 233	Fuerza	5,43	5,43	14,89	121	4,64	2,5	2,5
Circuito 234	Fuerza	1,2	1,5	14,89	62,33	4,68	2,5	2,5
Circuito 235	Fuerza	1,2	1,5	14,89	71,38	4,68	2,5	2,5
Circuito 236	Fuerza	1,87	2,33	14,89	45,62	4,68	2,5	2,5
Circuito 237	Fuerza	7,47	9,34	14,89	32,2	4,68	2,5	2,5
Circuito 238	Fuerza	12,74	15,9	25,76	23,61	4,68	6	2,5
Circuito 239	Fuerza	12,74	15,9	25,76	51,98	4,68	6	6
Circuito 240	Fuerza	0,51	0,64	14,89	21,46	4,68	2,5	2,5
Circuito 241	Fuerza	0,51	0,64	14,89	45,32	4,68	2,5	2,5
Circuito 242	Fuerza	7,64	7,64	14,89	65,41	4,68	2,5	2,5
Circuito 243	Fuerza	7,64	7,64	14,89	75,21	4,68	2,5	2,5
Circuito 244	Fuerza	7,64	7,64	14,89	62,12	4,68	2,5	2,5
Circuito 245	Fuerza	5,43	5,43	14,89	75,24	4,68	2,5	2,5
Circuito 300	Fuerza	11,44	11,44	24,15	52,54	3,45	2,5	10
Circuito 301	Fuerza	11,44	11,44	24,15	59,76	3,45	2,5	10
Circuito 302	Fuerza	11,44	11,44	24,15	65,24	3,45	2,5	10
Circuito 303	Fuerza	11,44	11,44	24,15	46,35	3,45	2,5	6
Circuito 304	Fuerza	11,44	11,44	24,15	44,56	3,45	2,5	6
Circuito 305	Fuerza	11,44	11,44	24,15	42,29	3,45	2,5	6
Circuito 306	Fuerza	11,44	11,44	24,15	49,56	3,41	2,5	6
Circuito 307	Fuerza	11,44	11,44	24,15	50,25	3,41	2,5	6
Circuito 308	Fuerza	11,44	11,44	24,15	53,14	3,41	2,5	6



Circuito 309	Fuerza	11,44	11,44	24,15	51,32	3,41	2,5	6
Circuito 310	Fuerza	11,44	11,44	24,15	48,5	3,41	2,5	6
Circuito 311	Fuerza	11,44	11,44	24,15	44,3	3,36	2,5	6
Circuito 312	Fuerza	11,44	11,44	24,15	49,5	3,36	2,5	6
Circuito 313	Fuerza	11,44	11,44	24,15	53,4	3,36	2,5	6
Circuito 314	Fuerza	11,44	11,44	24,15	45,3	3,36	2,5	6
Circuito 315	Fuerza	11,44	11,44	24,15	49,2	3,36	2,5	6
Circuito 316	Fuerza	11,44	11,44	24,15	21,5	2,31	2,5	2,5
Circuito 317	Fuerza	11,44	11,44	24,15	23,6	2,31	2,5	2,5
Circuito 318	Fuerza	11,44	11,44	24,15	25,2	2,31	2,5	2,5
Circuito 319	Fuerza	11,44	11,44	24,15	22,8	2,31	2,5	2,5

Circuito	Descripción	Ir(A)	Iadm(A)	L(m)	U(%)	Sección Por C. térmico (mm <sup>2</sup> )	Sección Por c.d.t. (mm <sup>2</sup> )
Circuito 1	Acometida	662,96	1086,75	35	1,5	3x240	120
Circuito 6	C.S.1.1	62,59	67,85	98	1,55	16	16
Circuito 7	C.S.1.2	67,68	88,55	101	1,61	16	25
Circuito 8	C.S.1.3	58,36	67,85	104	1,67	16	16
Circuito 9	C.S.2.1	65,9	88,55	95	1,26	25	25
Circuito 10	C.S.2.2	53,84	67,85	98	1,32	10	16
Circuito 11	C.S.3.1	195,66	271,4	5	0,17	150	4
Circuito 12	C.S.3.2	232,55	403,65	8	0,22	3x50	25
Circuito 13	C.S.3.3	113,68	134,55	11	0,26	50	4
Circuito 14	C.S.3.4	76,1	88,55	14	0,32	25	4

## 2.7 CÁLCULO DE LAS INTENSIDADES DE CORTOCIRCUITO

### 2.7.1 MÉTODO DE CÁLCULO

#### 2.7.1.1. INTRODUCCIÓN

El cálculo de las intensidades de cortocircuito tiene como objeto hallar el poder de corte de los distintos magnetotérmicos de la instalación en los puntos considerados. Estos puntos serán las entradas a cada cuadro de distribución y los diferentes magnetotérmicos existentes dentro de cada cuadro.

El poder de corte deberá ser igual o superior a la corriente de cortocircuito máxima ( $I_{cc_{max}}$ ).

#### 2.7.1.2. PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO

El método de cálculo empleado para hallar las intensidades de cortocircuito es el método de las impedancias descrito en la memoria del presente proyecto.



### 2.7.1.3. CÁLCULO DE LA INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO EN EL SECUNDARIO DEL TRANSFORMADOR

Para poder hallar la intensidad de cortocircuito en el secundario del transformador, se debe conocer la impedancia aguas arriba de este. Para ello en primer lugar, hace falta saber la potencia de cortocircuito de la red de media tensión que la determina la compañía suministradora, que en este caso es Iberdrola, y esta tiene un valor de 400 MVA.

Para calcular la impedancia de la red de media tensión, se desprecia su resistencia (R) y se considera solo la reactancia (X):

$$Z_{AAT} \approx X_{AAT} = \frac{V^2}{S_{CC}} = \frac{13200^2}{400 \cdot 10^6} = 0,4356 \Omega j$$

Siendo:

$Z_{AAT}$ : impedancia de la red de media tensión en  $\Omega$  (referida a media tensión).

$X_{AAT}$ : reactancia de la red de media tensión en  $\Omega$  (referida a media tensión).

$S_{CC}$ : potencia de cortocircuito en MVA (400 MVA).

$V$ : tensión compuesta primaria en V (13200 V).

Debido a que este valor está referido al lado de media tensión, se pasa este al lado de baja tensión:

$$Z_{ABT} \approx X_{ABT} = X_{AAT} \cdot \left(\frac{V_{AT}}{V_{BT}}\right)^2 = 0,4356 \cdot \left(\frac{400}{13200}\right)^2 = 4 \cdot 10^{-4} \Omega j$$

Siendo:

$Z_{ABT}$ : impedancia de la red de media tensión en  $\Omega$  (referida a baja tensión).

$X_{ABT}$ : reactancia de la red de media tensión en  $\Omega$  (referida a baja tensión).

$V_{BT}$ : tensión en vacío del secundario en V (400 V).

$V_{AT}$ : tensión compuesta primaria en V (13200 V).

En segundo lugar, se calcula la impedancia del transformador. Esta se considera prácticamente inductiva y se desprecia su resistencia. La aparata de media tensión también se considera despreciable:

$$Z_T \approx X_T = V_{CC} \cdot \frac{V^2}{S} = 0,045 \cdot \frac{400^2}{800 \cdot 10^3} = 9 \cdot 10^{-3} \Omega j$$

Siendo:

$Z_T$ : impedancia del transformador en  $\Omega$ .

$X_T$ : reactancia del transformador en  $\Omega$ .

$V_{cc}$ : tensión de cortocircuito en % (4,5%).

$S$ : potencia aparente del transformador en KVA (800 KVA).

Así la intensidad de cortocircuito en el secundario del transformador queda:

$$Z_t = X_{ABT} + X_T = 4 \cdot 10^{-4} + 9 \cdot 10^{-3} = 9,4 \cdot 10^{-3} \Omega j$$

$$I_{cc_{max}} = \frac{C_T \cdot V_L}{\sqrt{3} \cdot Z_t} = \frac{1 \cdot 400}{\sqrt{3} \cdot 9,4 \cdot 10^{-3}} = 24,568 kA$$

Siendo:

$I_{cc_{max}}$ : intensidad de cortocircuito eficaz en KA.

$C_T$ : coeficiente de tensión.

$V_L$ : tensión de línea (400 V).

$Z_t$ : impedancia por fase aguas arriba del defecto en  $\Omega$ .

#### 2.7.1.4. CÁLCULO DE LA INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO EN EL CUADRO GENERAL DE DISTRIBUCIÓN

Para realizar este cálculo, se parte de los datos obtenidos en el apartado anterior en el cual había una impedancia de  $9,4 \cdot 10^{-3} \Omega j$ . A este valor hay que añadirle la impedancia de la acometida y la impedancia de los distintos automatismos. La acometida tiene una longitud de 35 metros y cada fase está formada por 3 conductores unipolares de 240 mm<sup>2</sup> de sección. La impedancia de la acometida se considera prácticamente resistiva y su valor queda:

$$R_{AC} = \rho \cdot \frac{L}{S} = 0,01786 \cdot \frac{35}{3 \cdot 240} = 8,682 \cdot 10^{-4} \Omega$$

Siendo:

$R_{AC}$ : resistencia de la acometida por fase en  $\Omega$ .

$\rho$ : resistividad del conductor de cobre a 20°C.

$L$ : longitud de la línea en m.

$S$ : sección de la fase en mm<sup>2</sup>.

La impedancia de los automatismos se considera inductiva y queda:

$$X_{AUT} = 0,15 \cdot 10^{-3} \cdot n = 0,15 \cdot 10^{-3} \cdot 2 = 0,3 \cdot 10^{-3} \Omega j$$

La intensidad de cortocircuito en el cuadro general de distribución da un valor de:

$$Z_t = R_{AC} + (X_{ABT} + X_T + X_{AUT})j = 0,01056 \Omega$$

$$I_{cc_{max}} = \frac{C \cdot V_L}{\sqrt{3} \cdot Z_t} = \frac{1 \cdot 400}{\sqrt{3} \cdot 0,01056} = 21,85 kA$$



Por lo tanto, las protecciones de cuadro general de distribución tendrán un poder de corte mayor a 21,85 KA. El poder de corte de las protecciones del cuadro general de distribución será de 22 KA.

### 2.7.2. TABLAS RESUMEN DE LAS PROTECCIONES

Circuito	L (m)	S (mm <sup>2</sup> )	V (v)	Icc max (kA)	PdC (kA)	Icc Min (kA)	t <sub>micc</sub> (seg)	In (A)	Curva
Circuito 01	35	3x240	400	24,568	25	11,728	49,84	1250	D
Circuito 06	98	16	400	21,85	22	0,3563	26,67	63	C
Circuito 07	101	25	400	21,85	22	0,3457	28,32	80	C
Circuito 08	104	16	400	21,85	22	0,3358	30,02	63	C
Circuito 09	95	25	400	21,85	22	0,5728	25,19	80	C
Circuito 10	98	16	400	21,85	22	0,3563	26,67	63	C
Circuito 11	5	150	400	21,85	22	10,038	0,33	250	C
Circuito 12	8	3x50	400	21,85	22	11,630	8,79	400	C
Circuito 13	11	50	400	21,85	22	4,429	0,42	125	C
Circuito 14	13	25	400	21,85	22	3,846	0,56	80	C
Circuito 24	49,84	6	230	1,906	3	0,2035	11,49	10	D
Circuito 25	47,35	6	230	1,906	3	0,2117	10,62	10	D
Circuito 26	45,24	6	230	1,906	3	0,2192	9,91	10	D
Circuito 27	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 28	35,08	2,5	230	1,906	3	0,1328	4,68	10	C
Circuito 29	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 30	29,08	1,5	230	1,906	3	0,1003	2,96	10	C
Circuito 31	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 32	22,2	1,5	230	1,906	3	0,1269	1,85	10	C
Circuito 33	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 34	19,86	1,5	230	1,906	3	0,1396	1,53	10	C
Circuito 35	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 36	19,31	1,5	230	1,906	3	0,1429	1,46	10	C
Circuito 37	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 38	28,08	2,5	230	1,906	3	0,1600	3,23	10	C
Circuito 39	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 40	30,75	2,5	230	1,906	3	0,1485	3,75	10	C
Circuito 41	27,53	2,5	230	1,906	3	0,1627	3,12	10	C
Circuito 42	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 43	37,52	2,5	230	1,906	3	0,1254	5,25	10	C
Circuito 44	38,94	2,5	230	1,906	3	0,1215	5,60	10	C
Circuito 45	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 46	41,4	4	230	1,906	3	0,1711	7,23	10	C
Circuito 47	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 48	47,29	6	230	1,906	3	0,2119	10,59	10	D
Circuito 49	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 50	42,61	1,5	230	1,906	3	0,0709	5,91	10	B
Circuito 51	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 52	44,16	4	230	1,906	3	0,1623	8,03	10	C
Circuito 53	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 54	45,16	4	230	1,906	3	0,1594	8,33	10	C
Circuito 55	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 56	42,53	2,5	230	1,906	3	0,1125	6,53	10	C
Circuito 57	44,25	2,5	230	1,906	3	0,1087	6,99	10	C
Circuito 58	-	-	-	-	-	-	-	-	-



Circuito 59	1,6	2,5	230	1,906	3	0,7074	0,17	10	D
Circuito 60	57,7	4	230	2,752	3	0,1292	12,68	10	C
Circuito 61	58,1	4	230	2,752	3	0,1284	12,83	10	C
Circuito 62	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 63	50,50	4	230	2,752	3	0,1446	10,13	10	C
Circuito 64	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 65	39,52	2,5	230	2,752	3	0,1195	5,79	10	C
Circuito 66	40,40	2,5	230	2,752	3	0,1172	6,02	10	C
Circuito 67	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 68	29,11	1,5	230	2,752	3	0,0999	2,98	10	B
Circuito 69	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 70	24,86	1,5	230	2,752	3	0,1147	2,26	10	C
Circuito 71	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 72	19,09	1,5	230	2,752	3	0,1436	1,44	10	C
Circuito 73	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 74	15,5	1,5	230	2,752	3	0,1703	1,03	10	C
Circuito 75	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 76	24,18	2,5	230	2,752	3	0,1795	2,56	10	C
Circuito 77	25,02	2,5	230	2,752	3	0,1747	2,71	10	C
Circuito 78	25,84	2,5	230	2,752	3	0,1703	2,85	10	C
Circuito 79	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 80	37,37	2,5	230	2,752	3	0,1253	5,26	10	C
Circuito 81	36,58	2,5	230	2,752	3	0,1276	5,07	10	C
Circuito 82	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 83	46,59	6	230	2,752	3	0,2128	10,51	10	D
Circuito 84	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 85	50,66	4	230	2,752	3	0,1442	10,18	10	C
Circuito 86	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 87	57,23	6	230	2,752	3	0,1815	14,45	10	C
Circuito 88	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 89	62,55	6	230	2,752	3	0,1691	16,65	10	C
Circuito 90	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 91	66,14	4	230	2,752	3	0,1149	16,03	10	C
Circuito 92	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 93	30,96	1,5	230	2,752	3	0,0945	3,33	10	B
Circuito 94	32,58	1,5	230	2,752	3	0,0903	3,65	10	B
Circuito 95	29,34	1,5	230	2,752	3	0,0992	3,03	10	B
Circuito 96	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 97	1,4	2,5	230	2,752	3	0,7085	0,16	10	D
Circuito 98	43,47	6	230	1,806	3	0,2498	7,63	10	D
Circuito 99	44,65	6	230	1,806	3	0,2443	7,98	10	D
Circuito 100	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 101	64,58	6	230	1,806	3	0,1783	14,98	10	C
Circuito 102	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 103	31,27	2,5	230	1,806	3	0,1561	3,39	10	C
Circuito 104	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 105	29,71	2,5	230	1,806	3	0,1634	3,09	10	C
Circuito 106	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 107	22,20	1,5	230	1,806	3	0,1342	1,65	10	C
Circuito 108	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 109	15,74	1,5	230	1,806	3	0,1823	0,89	10	C
Circuito 110	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 111	12,04	1,5	230	1,806	3	0,2294	0,56	10	D
Circuito 112	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 113	27,68	2,5	230	1,806	3	0,1739	2,73	10	C
Circuito 114	28,92	2,5	230	1,806	3	0,1673	2,95	10	C

Circuito 115	29,24	2,5	230	1,806	3	0,166	3,01	10	C
Circuito 116	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 117	61,29	6	230	1,806	3	0,187	13,67	10	C
Circuito 118	63,15	6	230	1,806	3	0,181	14,40	10	C
Circuito 119	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 120	29,71	2,5	230	1,806	3	0,163	3,09	10	C
Circuito 121	31,25	2,5	230	1,806	3	0,156	3,39	10	C
Circuito 122	28,62	2,5	230	1,806	3	0,169	2,89	10	C
Circuito 123	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 124	51,44	4	230	1,806	3	0,152	9,12	10	C
Circuito 125	53,15	4	230	1,806	3	0,148	9,67	10	C
Circuito 126	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 127	1,9	4	230	1,806	3	1,0926	0,18	10	D
Circuito 129	14,36	4	230	2,906	3	0,4283	1,15	10	D
Circuito 130	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 131	15,64	1,5	230	2,906	3	0,1833	0,89	10	C
Circuito 132	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 133	21,54	2,5	230	2,906	3	0,2160	1,77	10	D
Circuito 134	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 135	18,21	4	230	2,906	3	0,3605	1,62	10	D
Circuito 136	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 137	18,86	2,5	230	2,906	3	0,2416	1,42	10	D
Circuito 138	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 139	24,21	2,5	230	2,906	3	0,1954	2,16	10	C
Circuito 140	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 141	11,79	1,5	230	2,906	3	0,2334	0,55	10	C
Circuito 142	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 144	18,32	2,5	230	2,906	3	0,2475	1,35	16	C
Circuito 145	19,55	2,5	230	2,906	3	0,2344	1,50	16	C
Circuito 146	20,76	2,5	230	2,906	3	0,2229	1,66	16	C
Circuito 149	33,5	35	230	2,906	3	0,8814	20,85	25	D
Circuito 150	33,5	35	230	2,906	3	0,8814	20,85	25	D
Circuito 151	36	35	230	2,906	3	0,8568	22,07	25	D
Circuito 152	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 153	10,5	10	230	2,906	3	0,8497	1,83	20	D
Circuito 154	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 155	26,5	16	230	1,906	3	0,5328	11,93	10	D
Circuito 156	24,5	16	230	1,906	3	0,5491	11,21	10	D
Circuito 157	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 158	58,5	25	230	1,906	3	0,4568	39,60	10	D
Circuito 159	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 160	46,5	25	230	1,906	3	0,5076	32,08	10	D
Circuito 161	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 162	30	16	230	1,906	3	0,5059	13,23	10	D
Circuito 163	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 164	58,7	25	230	1,906	3	0,4561	39,74	10	D
Circuito 165	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 166	25	10	230	1,906	3	0,4421	6,77	10	D
Circuito 167	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 168	24,2	10	230	1,906	3	0,4494	6,55	10	D
Circuito 169	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 170	15	6	230	1,906	3	0,4421	2,44	10	D
Circuito 171	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 172	38,7	1,5	230	1,906	3	0,0775	4,95	10	B
Circuito 173	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 174	28,2	1,5	230	1,906	3	0,1030	2,80	10	C

Circuito 175	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 176	45	10	230	1,906	3	0,3150	13,33	10	D
Circuito 177	43	10	230	1,906	3	0,3243	12,57	10	D
Circuito 178	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 179	32,3	6	230	18,706	22	0,4048	2,91	40	C
Circuito 180	34,5	6	230	18,706	22	0,379	3,31	40	B
Circuito 181	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 182	32,5	6	230	18,706	22	0,4025	2,94	40	C
Circuito 183	30,5	6	230	18,706	22	0,4286	2,59	40	C
Circuito 184	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 185	28,8	6	230	18,706	22	0,4542	2,31	40	C
Circuito 186	29,5	6	230	18,706	22	0,4431	2,43	40	C
Circuito 187	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 188	31,5	6	230	18,706	22	0,4149	2,76	40	C
Circuito 189	33,5	6	230	18,706	22	0,3903	3,12	40	B
Circuito 190	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 191	35,5	6	230	18,706	22	0,3685	3,50	40	B
Circuito 192	37	6	230	18,706	22	0,3536	3,81	40	B
Circuito 193	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 194	36	6	230	18,706	22	0,3634	3,61	40	B
Circuito 195	34	6	230	18,706	22	0,3846	3,22	40	B
Circuito 196	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 197	32	6	230	18,706	22	0,4085	2,85	40	C
Circuito 198	30	6	230	18,706	22	0,4356	2,51	40	C
Circuito 199	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 200	31	6	230	18,706	22	0,4216	2,68	40	C
Circuito 201	33	6	230	18,706	22	0,3962	3,03	40	B
Circuito 202	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 203	35	6	230	18,706	22	0,3737	3,41	40	B
Circuito 204	37	6	230	18,706	22	0,3536	3,81	40	B
Circuito 205	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Circuito 206	140,4	2,5	400	18,180	22	0,0678	17,98	10	B
Circuito 207	142,6	2,5	400	18,180	22	0,0668	18,54	10	B
Circuito 208	102,5	2,5	400	18,180	22	0,0927	9,58	10	B
Circuito 209	95	2,5	400	18,180	22	0,1002	8,23	10	C
Circuito 210	85,1	10	400	18,180	22	0,4469	6,62	32	C
Circuito 211	92,3	10	400	18,180	22	0,4121	7,79	32	C
Circuito 212	87,6	2,5	400	18,180	22	0,1087	6,99	10	C
Circuito 213	92	6	400	18,180	22	0,2482	7,27	25	B
Circuito 214	90,6	25	400	18,180	22	1,0464	7,55	50	D
Circuito 215	74	2,5	400	18,180	22	0,1286	4,99	10	C
Circuito 216	93	2,5	400	18,180	22	0,1024	7,89	10	C
Circuito 217	94	2,5	400	18,180	22	0,1013	8,06	10	C
Circuito 218	15	50	400	18,180	22	10,375	0,31	80	D
Circuito 219	95	95	400	18,180	22	3,7000	8,72	125	D
Circuito 220	132,5	2,5	400	18,180	22	0,0718	16,01	10	B
Circuito 221	72,5	2,5	400	14,729	15	0,1308	4,83	10	C
Circuito 222	61,7	2,5	400	14,729	15	0,1535	3,51	10	C
Circuito 223	54,2	2,5	400	14,729	15	0,1747	2,71	10	C
Circuito 224	53,15	2,5	400	14,729	15	0,1781	2,61	10	C
Circuito 225	31,9	6	400	14,729	15	0,6994	0,97	16	D
Circuito 226	37	6	400	14,729	15	0,6050	1,30	16	D
Circuito 227	22,6	6	400	14,729	15	0,9773	0,49	16	D
Circuito 228	24,33	6	400	14,729	15	0,9100	0,57	16	D
Circuito 229	83,52	2,5	400	14,729	15	0,1136	6,41	10	C

Circuito 230	71,13	2,5	400	14,729	15	0,1333	4,65	10	C
Circuito 231	80	2,5	400	14,729	15	0,1186	5,88	10	C
Circuito 232	78,36	2,5	400	14,729	15	0,1210	5,64	10	C
Circuito 233	121	2,5	400	14,729	15	0,0785	13,42	10	B
Circuito 234	62,33	2,5	400	10,617	15	0,1514	3,61	10	C
Circuito 235	71,38	2,5	400	10,617	15	0,1324	4,72	10	C
Circuito 236	45,62	2,5	400	10,617	15	0,2062	1,94	10	D
Circuito 237	32,2	2,5	400	10,617	15	0,2906	0,98	10	D
Circuito 238	23,61	6	400	10,617	15	0,9148	0,57	16	D
Circuito 239	51,98	6	400	10,617	15	0,4285	2,59	16	D
Circuito 240	21,46	2,5	400	10,617	15	0,4323	0,44	10	D
Circuito 241	45,32	2,5	400	10,617	15	0,2075	1,92	10	D
Circuito 242	65,41	2,5	400	10,617	15	0,1443	3,97	10	C
Circuito 243	75,21	2,5	400	10,617	15	0,1257	5,23	10	C
Circuito 244	62,12	2,5	400	10,617	15	0,1519	3,58	10	C
Circuito 245	75,24	2,5	400	10,617	15	0,1256	5,24	10	C
Circuito 300	52,54	10	230	1,906	3	0,2842	16,37	16	C
Circuito 301	59,76	10	230	1,906	3	0,2599	19,59	16	C
Circuito 302	65,24	10	230	1,906	3	0,2439	22,21	16	C
Circuito 303	46,35	6	230	1,906	3	0,2152	10,28	16	C
Circuito 304	44,56	6	230	1,906	3	0,2217	9,69	16	C
Circuito 305	42,29	6	230	1,906	3	0,2305	8,96	16	C
Circuito 306	49,56	6	230	2,752	3	0,2030	11,55	16	C
Circuito 307	50,25	6	230	2,752	3	0,2009	11,79	16	C
Circuito 308	53,14	6	230	2,752	3	0,1924	12,86	16	C
Circuito 309	51,32	6	230	2,752	3	0,1977	12,19	16	C
Circuito 310	48,5	6	230	2,752	3	0,2064	11,17	16	C
Circuito 311	44,3	6	230	1,806	3	0,2459	7,87	16	C
Circuito 312	49,5	6	230	1,806	3	0,2241	9,48	16	C
Circuito 313	53,4	6	230	1,806	3	0,2101	10,78	16	C
Circuito 314	45,3	6	230	1,806	3	0,2414	8,17	16	C
Circuito 315	49,2	6	230	1,806	3	0,2253	9,38	16	C
Circuito 316	21,5	2,5	230	1,906	3	0,1982	2,11	16	C
Circuito 317	23,6	2,5	230	1,906	3	0,1842	2,44	16	C
Circuito 318	25,2	2,5	230	1,906	3	0,1748	2,71	16	C
Circuito 319	22,8	2,5	230	1,906	3	0,1893	2,31	16	C

NOTA: La sección mínima para los conductores que corresponden a motores es de 2,5 mm<sup>2</sup>. Las secciones empleadas en circuitos de emergencias son de 1,5mm<sup>2</sup>. Se han modificado secciones en algunos circuitos debido a que no cumplían que el tiempo sería superior a 0,1s.

### 2.7.3 TABLA RESUMEN DE LAS SECCIONES

En la realización de los cálculos para las intensidades de cortocircuito se han tenido que aumentar algunas secciones, por lo que en la siguiente tabla se muestran las secciones corregidas. También se ponen las secciones correspondientes al neutro y a los cables de protección, y el tubo o bandeja.



Circuito	Sección Fase (mm <sup>2</sup> )	Sección Neutro (mm <sup>2</sup> )	Sección Cp (mm <sup>2</sup> )	Ø tubo (mm)	Bandeja (mm) (alto x ancho)
Circuito 24	6	6	6	25	-
Circuito 25	6	6	6	25	-
Circuito 26	6	6	6	25	-
Circuito 27	1,5	1,5	1,5	16	-
Circuito 28	2,5	2,5	2,5	20	-
Circuito 29	1,5	1,5	1,5	16	-
Circuito 30	1,5	1,5	1,5	16	-
Circuito 31	1,5	1,5	1,5	16	-
Circuito 32	1,5	1,5	1,5	16	-
Circuito 33	1,5	1,5	1,5	16	-
Circuito 34	1,5	1,5	1,5	16	-
Circuito 35	1,5	1,5	1,5	16	-
Circuito 36	1,5	1,5	1,5	16	-
Circuito 37	1,5	1,5	1,5	16	-
Circuito 38	2,5	2,5	2,5	20	-
Circuito 39	1,5	1,5	1,5	16	-
Circuito 40	2,5	2,5	2,5	25	-
Circuito 41	2,5	2,5	2,5	25	-
Circuito 42	1,5	1,5	1,5	16	-
Circuito 43	2,5	2,5	2,5	25	-
Circuito 44	2,5	2,5	2,5	25	-
Circuito 45	1,5	1,5	1,5	16	-
Circuito 46	4	4	4	20	-
Circuito 47	1,5	1,5	1,5	16	-
Circuito 48	6	6	6	25	-
Circuito 49	1,5	1,5	1,5	16	-
Circuito 50	1,5	1,5	1,5	16	-
Circuito 51	1,5	1,5	1,5	16	-
Circuito 52	4	4	4	20	-
Circuito 53	1,5	1,5	1,5	16	-
Circuito 54	4	4	4	20	-
Circuito 55	1,5	1,5	1,5	16	-
Circuito 56	2,5	2,5	2,5	25	-
Circuito 57	2,5	2,5	2,5	25	-
Circuito 58	1,5	1,5	1,5	16	-
Circuito 59	1,5	1,5	1,5	16	-
Circuito 60	4	4	4	25	-
Circuito 61	4	4	4	25	-
Circuito 62	1,5	1,5	1,5	16	-
Circuito 63	4	4	4	20	-
Circuito 64	1,5	1,5	1,5	16	-
Circuito 65	2,5	2,5	2,5	25	-
Circuito 66	2,5	2,5	2,5	25	-



Circuito 67	1,5	1,5	1,5	16	-
Circuito 68	1,5	1,5	1,5	16	-
Circuito 69	1,5	1,5	1,5	16	-
Circuito 70	1,5	1,5	1,5	16	-
Circuito 71	1,5	1,5	1,5	16	-
Circuito 72	1,5	1,5	1,5	16	-
Circuito 73	1,5	1,5	1,5	16	-
Circuito 74	1,5	1,5	1,5	16	-
Circuito 75	1,5	1,5	1,5	16	-
Circuito 76	2,5	2,5	2,5	25	-
Circuito 77	2,5	2,5	2,5	25	-
Circuito 78	2,5	2,5	2,5	25	-
Circuito 79	1,5	1,5	1,5	16	-
Circuito 80	2,5	2,5	2,5	25	-
Circuito 81	2,5	2,5	2,5	25	-
Circuito 82	1,5	1,5	1,5	16	-
Circuito 83	6	6	6	25	-
Circuito 84	1,5	1,5	1,5	16	-
Circuito 85	4	4	4	20	-
Circuito 86	1,5	1,5	1,5	16	-
Circuito 87	6	6	6	25	-
Circuito 88	1,5	1,5	1,5	16	-
Circuito 89	6	6	6	25	-
Circuito 90	1,5	1,5	1,5	16	-
Circuito 91	4	4	4	20	-
Circuito 92	1,5	1,5	1,5	16	-
Circuito 93	1,5	1,5	1,5	25	-
Circuito 94	1,5	1,5	1,5	25	-
Circuito 95	1,5	1,5	1,5	25	-
Circuito 96	1,5	1,5	1,5	16	-
Circuito 97	1,5	1,5	1,5	16	-
Circuito 98	6	6	6	25	-
Circuito 99	6	6	6	25	-
Circuito 100	1,5	1,5	1,5	16	-
Circuito 101	6	6	6	25	-
Circuito 102	1,5	1,5	1,5	16	-
Circuito 103	2,5	2,5	2,5	20	-
Circuito 104	1,5	1,5	1,5	16	-
Circuito 105	2,5	2,5	2,5	20	-
Circuito 106	1,5	1,5	1,5	16	-
Circuito 107	1,5	1,5	1,5	16	-
Circuito 108	1,5	1,5	1,5	16	-
Circuito 109	1,5	1,5	1,5	16	-
Circuito 110	1,5	1,5	1,5	16	-
Circuito 111	1,5	1,5	1,5	16	-
Circuito 112	1,5	1,5	1,5	16	-
Circuito 113	2,5	2,5	2,5	25	-



Circuito 114	2,5	2,5	2,5	25	-
Circuito 115	2,5	2,5	2,5	25	-
Circuito 116	1,5	1,5	1,5	16	-
Circuito 117	6	6	6	25	-
Circuito 118	6	6	6	25	-
Circuito 119	1,5	1,5	1,5	16	-
Circuito 120	2,5	2,5	2,5	25	-
Circuito 121	2,5	2,5	2,5	25	-
Circuito 122	2,5	2,5	2,5	25	-
Circuito 123	1,5	1,5	1,5	16	-
Circuito 124	4	4	4	25	-
Circuito 125	4	4	4	25	-
Circuito 126	1,5	1,5	1,5	16	-
Circuito 127	1,5	1,5	1,5	16	-
Circuito 129	4	4	4	20	-
Circuito 130	1,5	1,5	1,5	16	-
Circuito 131	1,5	1,5	1,5	16	-
Circuito 132	1,5	1,5	1,5	16	-
Circuito 133	2,5	2,5	2,5	20	-
Circuito 134	1,5	1,5	1,5	16	-
Circuito 135	4	4	4	20	-
Circuito 136	1,5	1,5	1,5	16	-
Circuito 137	2,5	2,5	2,5	20	-
Circuito 138	1,5	1,5	1,5	16	-
Circuito 139	2,5	2,5	2,5	20	-
Circuito 140	1,5	1,5	1,5	16	-
Circuito 141	1,5	1,5	1,5	16	-
Circuito 142	1,5	1,5	1,5	16	-
Circuito 144	2,5	2,5	2,5	20	-
Circuito 145	2,5	2,5	2,5	20	-
Circuito 146	2,5	2,5	2,5	20	-
Circuito 149	35	16	16	40	-
Circuito 150	35	16	16	40	-
Circuito 151	35	16	16	40	-
Circuito 152	1,5	1,5	1,5	16	-
Circuito 153	10	10	10	25	-
Circuito 154	1,5	1,5	1,5	16	-
Circuito 155	16	16	16	50	-
Circuito 156	16	16	16	50	-
Circuito 157	1,5	1,5	1,5	16	-
Circuito 158	25	16	16	40	-
Circuito 159	1,5	1,5	1,5	16	-
Circuito 160	25	16	16	40	-
Circuito 161	1,5	1,5	1,5	16	-
Circuito 162	16	16	16	32	-
Circuito 163	1,5	1,5	1,5	16	-
Circuito 164	25	16	16	40	-



Circuito 165	1,5	1,5	1,5	16	-
Circuito 166	10	10	10	25	-
Circuito 167	1,5	1,5	1,5	16	-
Circuito 168	10	10	10	25	-
Circuito 169	1,5	1,5	1,5	16	-
Circuito 170	6	6	6	25	-
Circuito 171	1,5	1,5	1,5	16	-
Circuito 172	1,5	1,5	1,5	16	-
Circuito 173	1,5	1,5	1,5	16	-
Circuito 174	1,5	1,5	1,5	16	-
Circuito 175	1,5	1,5	1,5	16	-
Circuito 176	10	10	10	32	-
Circuito 177	10	10	10	32	-
Circuito 178	1,5	1,5	1,5	16	-
Circuito 179	6	6	6	-	Perforada (40 x 150)
Circuito 180	6	6	6	-	Perforada (40 x 150)
Circuito 181	1,5	1,5	1,5	-	Perforada (40 x 150)
Circuito 182	6	6	6	-	Perforada (40 x 150)
Circuito 183	6	6	6	-	Perforada (40 x 150)
Circuito 184	1,5	1,5	1,5	-	Perforada (40 x 150)
Circuito 185	6	6	6	-	Perforada (40 x 150)
Circuito 186	6	6	6	-	Perforada (40 x 150)
Circuito 187	1,5	1,5	1,5	-	Perforada (40 x 150)
Circuito 188	6	6	6	-	Perforada (40 x 150)
Circuito 189	6	6	6	-	Perforada (40 x 150)
Circuito 190	1,5	1,5	1,5	-	Perforada (40 x 150)
Circuito 191	6	6	6	-	Perforada (40 x 150)
Circuito 192	6	6	6	-	Perforada (40 x 150)
Circuito 193	1,5	1,5	1,5	-	Perforada (40 x 150)
Circuito 194	6	6	6	-	Perforada (40 x 150)
Circuito 195	6	6	6	-	Perforada





					(40 x 150)
Circuito 196	1,5	1,5	1,5	-	Perforada (40 x 150)
Circuito 197	6	6	6	-	Perforada (40 x 150)
Circuito 198	6	6	6	-	Perforada (40 x 150)
Circuito 199	1,5	1,5	1,5	-	Perforada (40 x 150)
Circuito 200	6	6	6	-	Perforada (40 x 150)
Circuito 201	6	6	6	-	Perforada (40 x 150)
Circuito 202	1,5	1,5	1,5	-	Perforada (40 x 150)
Circuito 203	6	6	6	-	Perforada (40 x 150)
Circuito 204	6	6	6	-	Perforada (40 x 150)
Circuito 205	1,5	1,5	1,5	-	Perforada (40 x 150)
Circuito 206	2,5	-	2,5	-	Perforada (40 x 150)
Circuito 207	2,5	-	2,5	-	Perforada (40 x 150)
Circuito 208	2,5	-	2,5	-	Perforada (40 x 150)
Circuito 209	2,5	-	2,5	-	Perforada (40 x 150)
Circuito 210	10	-	10	-	Perforada (40 x 150)
Circuito 211	10	-	10	-	Perforada (40 x 150)
Circuito 212	2,5	-	2,5	-	Perforada (40 x 150)
Circuito 213	6	-	6	-	Perforada (40 x 150)
Circuito 214	25	-	16	-	Perforada (40 x 150)
Circuito 215	2,5	-	2,5	-	Perforada (40 x 150)
Circuito 216	2,5	-	2,5	-	Perforada (40 x 150)
Circuito 217	2,5	-	2,5	-	Perforada (40 x 150)
Circuito 218	50	-	25	-	Perforada (40 x 150)



Circuito 219	95	-	50	-	Perforada (40 x 150)
Circuito 220	2,5	-	2,5	-	Perforada (40 x 150)
Circuito 221	2,5	-	2,5	-	Perforada (40 x 150)
Circuito 222	2,5	-	2,5	-	Perforada (40 x 150)
Circuito 223	2,5	-	2,5	-	Perforada (40 x 150)
Circuito 224	2,5	-	2,5	-	Perforada (40 x 150)
Circuito 225	6	-	6	-	Perforada (40 x 150)
Circuito 226	6	-	6	-	Perforada (40 x 150)
Circuito 227	6	-	6	-	Perforada (40 x 150)
Circuito 228	6	-	6	-	Perforada (40 x 150)
Circuito 229	2,5	-	2,5	-	Perforada (40 x 150)
Circuito 230	2,5	-	2,5	-	Perforada (40 x 150)
Circuito 231	2,5	-	2,5	-	Perforada (40 x 150)
Circuito 232	2,5	-	2,5	-	Perforada (40 x 150)
Circuito 233	2,5	-	2,5	-	Perforada (40 x 150)
Circuito 234	2,5	-	2,5	-	Perforada (40 x 150)
Circuito 235	2,5	-	2,5	-	Perforada (40 x 150)
Circuito 236	2,5	-	2,5	-	Perforada (40 x 150)
Circuito 237	2,5	-	2,5	-	Perforada (40 x 150)
Circuito 238	6	-	6	-	Perforada (40 x 150)
Circuito 239	6	-	6	-	Perforada (40 x 150)
Circuito 240	2,5	-	2,5	-	Perforada (40 x 150)
Circuito 241	2,5	-	2,5	-	Perforada (40 x 150)
Circuito 242	2,5	-	2,5	-	Perforada



					(40 x 150)
Circuito 243	2,5	-	2,5	-	Perforada (40 x 150)
Circuito 244	2,5	-	2,5	-	Perforada (40 x 150)
Circuito 245	2,5	-	2,5	-	Perforada (40 x 150)
Circuito 300	10	10	10	25	-
Circuito 301	10	10	10	25	-
Circuito 302	10	10	10	25	-
Circuito 303	6	6	6	25	-
Circuito 304	6	6	6	25	-
Circuito 305	6	6	6	25	-
Circuito 306	6	6	6	25	-
Circuito 307	6	6	6	25	-
Circuito 308	6	6	6	25	-
Circuito 309	6	6	6	25	-
Circuito 310	6	6	6	25	-
Circuito 311	6	6	6	25	-
Circuito 312	6	6	6	25	-
Circuito 313	6	6	6	25	-
Circuito 314	6	6	6	25	-
Circuito 315	6	6	6	25	-
Circuito 316	2,5	2,5	2,5	20	-
Circuito 317	2,5	2,5	2,5	20	-
Circuito 318	2,5	2,5	2,5	20	-
Circuito 319	2,5	2,5	2,5	20	-

Hay tubos por los que van más de un circuito, los calculo anteriores se han realizado sabiendo el número de circuitos que coinciden por un mismo tubo, y dependiendo del número de circuitos utilizar un factor de corrección u otro.

A continuación se ponen los circuitos que van por un mismo tubo o bandeja:

-24, 25, 26

-40, 41

-43, 44

-56, 57

-60, 61

-65, 66

-76, 77, 78

-80, 81

-93, 94, 95

-98, 99

-113, 114, 115

-120, 121, 122

-124, 125

-155, 156

-176, 177

-179, 180

-182, 183

-185, 186

-188, 189

-191, 192

-194, 195

-197, 198

-200, 201

-203, 204

-206, 207

-210, 211, 212, 227, 228, 229, 230

-213, 214, 225, 226

-215, 221, 222, 223, 224

-216, 217

-231, 232

## 2.8 COMPENSACIÓN DE LA REACTIVA

### 2.8.1 DIMENSIONES DE LA BATERÍA

La potencia prevista en la nave es de 478687 W, y aplicando un coeficiente de simultaneidad de 0.9, obtenemos una potencia de 430818,3 W.

La potencia reactiva calculada en función de los receptores tras aplicar el coeficiente de simultaneidad será:

$$Q = 249123,265 \text{ VAr}$$

Lo que queremos es obtener un factor de potencia cercano a 1, en nuestro caso hemos elegido 0.97. Con este factor de potencia, la potencia reactiva será de:

$$Q = S \cdot \text{sen}\varphi = 485630 \cdot 0.243 = 118008,09 \text{ VAr}$$

Por lo tanto la potencia reactiva a compensar es de:

$$Q_{comp} = Q - Q' = 249123,265 - 118008,09 = 131115,175 \text{ VAr}$$

Esta potencia será la que tenga que suministrar la batería de condensadores, puesto que se ha elegido compensación automática. Se elegirá batería de condensadores que puede llegar a suministrar una energía reactiva mayor 131,115 KVAR. El equipo seleccionado para la corrección automática del factor de potencia es una batería de condensadores de 140 KVAR. Esta batería de condensadores BATERIA AUT.RECTIMAT 2 140Kvar 400V, se conectará al lado del cuadro general de baja tensión.

El equipo de compensación de esta gama consiste en una batería compuesta por tres condensadores (con 3 salidas), de tal manera que la segunda salida tiene el doble de potencia que la primera, y la tercera el doble que la segunda, por lo que se conectan a la red de la siguiente manera:

- a) Primera salida
- b) Segunda salida
- c) Primera y segunda salida
- d) Tercera salida
- e) Tercera y primera salida
- f) Tercera y segunda salida
- g) Tercera, segunda y primera salida

### 2.8.2 CÁLCULO DE LA UNIÓN DEL CONDUCTOR DE BATERÍA

Aplicando la siguiente fórmula calcularemos la intensidad:

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

Siendo:

$\text{sen}\varphi = 1$  (el de la batería de condensadores)

$V = 400 \text{ V}$

$Q =$  potencia de la batería de condensadores (140 KVAR)

Sustituyendo y despejando queda:

$$I_c = \frac{Q}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \text{sen}\varphi} = \frac{140000}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 1} = 202A$$

El cable de conexión de la batería con el CGD tendrá una sección de  $120 \text{ mm}^2$ .

### 2.8.3 PROTECCIÓN

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

$I_n = 202 \text{ A}$

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

$I_{cc} = 20,99 \text{ KA}$

Se elige un interruptor magnetotérmico con poder de corte de 22 KA e  $I_n = 250 \text{ A}$ .

## 2.9 CÁLCULO DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

### 2.9.1 INTENSIDAD EN ALTA TENSIÓN

En un sistema trifásico, la intensidad en el primario ( $I_p$ ) viene determinada por:

$$I_p = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{800}{\sqrt{3} \cdot 13,2} = 34,99A$$

Siendo:

$S =$  Potencia del transformador en KVA. (800 KVA)

$U =$  Tensión compuesta primaria en KV (13,2 KV)

$I_p =$  Intensidad primaria en amperios

### 2.9.2 INTENSIDAD EN BAJA TENSIÓN

En un sistema trifásico la intensidad en el secundario ( $I_s$ ) viene determinada por la siguiente expresión:

$$I_s = \frac{S - W_{Fe} - W_{Cu}}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{800 - 0 - 0}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 1154,7 \text{ A}$$

Siendo:

$S$  = Potencia del transformador en KVA. (800KVA)

$W_{Cu}$  = Pérdidas en el cobre de transformador

$W_{Fe}$  = Perdidas en el hierro del transformado.

$U$  = Tensión compuesta en carga del secundario en kilovoltios (400V)

$I_s$  = Intensidad secundaria en amperios.

### 2.9.3 CORTOCIRCUITOS

Para el cálculo de la intensidad de cortocircuito se determina una potencia de cortocircuito de 400 MVA en la red de distribución, dato proporcionado por la compañía suministradora (Iberdrola).

#### 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 alta tensión:

$$I_p = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 13,2} = 17,49 \text{ kA}$$

Siendo:

$S_{cc}$  = Potencia de cortocircuito de la red en MVA (400 MVA)

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

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

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

$$I_s = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot \frac{U_{cc}}{100} \cdot U_s} = \frac{800}{\sqrt{3} \cdot 0,045 \cdot 400} = 25,66 \text{ kA}$$

Siendo:

$S$  = potencia del transformador en KVA (800 KVA)

$U_{cc}$  = tensión porcentual de cortocircuito del transformador (4,5%)

$U_s$  = tensión secundaria en carga en voltios



Iccs = intensidad secundaria máxima para un cortocircuito en el lado de baja tensión en KA.

#### 2.9.4 DIMENSIONADO DEL EMBARRADO

El embarrado de las celdas SM6 está constituido por tramos rectos de tubo de cobre recubiertos de aislamiento termo-retráctil. Consta de 3 barras de tubo de cobre rectas y aisladas de 375 mm de longitud, diámetro exterior de 3mm, lo que equivale a una sección de 198  $mm^2$ .

Las barras se fijan a las conexiones existentes en la parte superior del cárter de aparato funcional (interruptor-seccionador o seccionador de SF6). La fijación de las barras se realiza con tornillos M8.

La separación entre sujeciones de una misma fase y correspondientes a dos celdas contiguas es de 50 mm. La separación entre barras (separación entre fases) es de 200 mm.

Se debe asegurar que el límite técnico sea superior al valor eficaz máximo que puede alcanzar la intensidad de cortocircuito en el lado de Alta Tensión.

Características del embarrado:

- Intensidad nominal = 400 A
- Límite térmico = 24 KA eficaces
- Límite termodinámico = 60 KA cresta

##### 2.9.4.1 COMPROBACIÓN POR DENSIDAD DE CORRIENTE

La comprobación por densidad de corriente tiene como objeto verificar que no se supera la máxima densidad de corriente admisible por el elemento conductor cuando por el circule una corriente igual a la corriente nominal máxima.

El juego de barras de las celdas SM6 está formado por 3 barras de tubo de cobre rectas y aisladas de diámetro exterior de 24 mm y un espesor de 3mm, lo que equivale a una sección de 198  $mm^2$ .

La densidad de corriente será:

$$\delta = \frac{400}{198} = 2,02 \text{ A/mm}^2$$

Según normativa DIN se tiene que para una temperatura de 35°C y del embarrado a 65°C, la intensidad máxima admisible es de 548 A para un diámetro de 20mm y de 818 A para diámetro 32 mm, lo cual corresponde a las densidades máximas de 3,42 A/  $mm^2$  y 2,99 A/  $mm^2$  respectivamente. Iterando obtiene una densidad





máxima admisible de  $3,29 \text{ A/mm}^2$  para el diámetro de 24 mm, valor superior al calculado ( $2,02 \text{ A/mm}^2$ ) para un calentamiento de  $30^\circ\text{C}$  sobre la temperatura ambiente.

### 2.9.4.2. COMPROBACIÓN POR SOLICITACION ELECTRODINAMICA

La comprobación por solicitación electrodinámica tiene como objetivo verificar que los elementos conductores de las celdas incluidas en este proyecto son capaces de soportar el esfuerzo mecánico derivado de un defecto de cortocircuito entre fases.

Para el cálculo se considera un cortocircuito trifásico de 24 KA eficaces y 60 KA cresta. El esfuerzo mayor se produce sobre el conductor de la fase central, de acuerdo con la siguiente expresión:

$$f = 13,85 \cdot 10^{-7} \cdot f \cdot \frac{I_{cc}^2}{d} \cdot L \cdot \left( \sqrt{1 + \frac{d^2}{l^2}} - \frac{d}{l} \right)$$

Siendo:

F = Fuerza resultante en Newton

f = Coeficiente en función de  $\cos \varphi$ , siendo  $f=1$  para  $\cos \varphi=0$

I<sub>cc</sub> = Intensidad máxima de cortocircuito en amperios, 24000

D = Separación entre fases en milímetros, 200 mm.

L = Longitud de los tramos del embarrado en milímetros, 375mm

Se obtiene una fuerza de 897,48 N, que está uniformemente repartida en toda la longitud del embarrado, siendo la carga:

$$q = \frac{F}{9,81 \cdot L} = \frac{897,48}{9,81 \cdot 375} = 0,244 \text{ kg/mm}$$

Cada barra equivale a una viga empotrada en ambos extremos, con carga uniformemente repartida.

El momento flector máximo se producirá en los extremos, siendo:

El momento flector en los extremos debe ser soportado por tornillos M8, con un par de apriete de 280 kg.m. El par máximo calculado es inferior al de apriete, por lo que los tornillos están bien dimensionados.

El embarrado tiene un diámetro exterior  $D = 24 \text{ mm}$  y un diámetro interior  $d = 18 \text{ mm}$ , el módulo resistente de la barra será:



$$W = \frac{\pi}{32} \cdot \left( \frac{D^4 \cdot d^4}{D} \right) = 927 \text{ mm}^2$$

La fatiga máxima es:

$$r_{max} = \frac{M_{max}}{W} = 3.08 \text{ kg/mm}^2$$

Para la barra de cobre deformada en frío se tiene que  $r = 19 \text{ Kg/mm}^2$ , superior al calculado.

### 2.9.4.3. COMPROBACIÓN POR SOLICITACION TERMICA A CORTOCIRCUITO

La comprobación por solicitud térmica tiene como objeto comprobar que por motivo de la aplicación de un defecto o cortocircuito no se producirá un calentamiento excesivo del elemento conductor principal de las celdas que pudiera así dañarlo.

La sobreintensidad máxima admisible durante un segundo se determina de acuerdo con la CEI 298 de 1981 por la expresión:

$$S = \frac{I}{13} \cdot \sqrt{\frac{t}{\Delta\theta}}$$

Siendo:

S = Sección de la barra de cobre en 2 mm , 198 2 mm

I = Intensidad eficaz en amperios

t = Tiempo de duración del cortocircuito en segundos

$\Delta\theta = 180^\circ\text{C}$  para conductores inicialmente a temperatura ambiente

Suponiendo que el cortocircuito se produce después del paso permanente de la corriente nominal, se tendría una temperatura aproximadamente de  $30^\circ\text{C}$  superior a la temperatura ambiente, por lo que  $\Delta\theta = 150^\circ\text{C}$ . Para una corriente de 24 KA:

$$t = \Delta\theta \cdot \left( \frac{S \cdot a}{I} \right)^2 = 150 \cdot \left( \frac{198 \cdot 13}{2400} \right)^2$$

Por lo tanto, y según este criterio, el embarrado podría soportar una intensidad de 24 KA eficaces durante más de un segundo.



## 2.9.5. OTRAS INSTALACIONES DEL CENTRO

### 2.9.5.1. LAMPARAS Y LUMINARIAS

Debido a las reducidas dimensiones del CT, se ha decidido colocar dos puntos de luz. Las lámparas son fluorescentes de la marca Philips, modelo:

MASTER TL-Dsuper 80 36W/830 G13

-Tipo de local: centro de transformación

-Área del local: 9,42 m

-Solución: 2 fluorescentes MASTER TL-D súper 80 36W/830 G13.

-Potencia: 72 W

### 2.9.5.2. LUMINARIAS DE EMERGENCIA Y SEÑALIZACION

-Tipo de local: centro de transformación

- Área del local: 9,42 m

- Proporción: 5 lúmenes / 2 m

-Solución: 1 lámpara de emergencia y señalización de LEGRAND Referencia: B65 61561

-Lúmenes proporcionados: 90

-Potencia: 6 W

### 2.9.5.3. CUADRO DE BAJA TENSION DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

Línea	Descripción	P(w)	V(v)	Cos $\varphi$	I(A)	Factor de corrección	Ic (A)	Fase
T.I	Iluminación del centro	72	230	0,1	0,35	1,8	0,63	Monofásico
T.IE	Iluminación de emergencia y señalización	6	230	0,9	0,03	1	0,03	Monofásico
T.T	Toma de corriente monofásica	3680	230	1	16	1	16	Monofásico
Total		3758					16,66	

Línea	Ic (A)	Canalización	S(mm2)	L(m)	e(V)	e(%)
T.I	0,63	Tubo de PVC	2x1.5+1.5T	5	0,22	0,06
T.IE	0,03	Tubo de PVC	2x1.5+1.5T	6	0,29	0,07
T.T	16	Tubo de PVC	2x2.5+2.5T	4	1,40	0,35



### 2.9.6. DIMENSIONADO 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 31m de aire por segundo absorbe 1,16Kw por cada grado centígrado, el caudal de aire necesario será:

Siendo:

$Q$  = Caudal de aire en 3 m /s

$P_p$  = Pérdida de potencia del transformador a plena carga, pérdidas en el hierro más pérdidas en el cobre en KW.

$\Delta\theta_{\text{aire}}$  = Incremento de la temperatura del aire en °C.

La superficie de la rejilla de entrada de aire es función del caudal en 3 m /s y de la velocidad de salida del aire en m/s.

$$S_{\text{rejilla}} = \frac{Q}{V_s}$$

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.

$$V_s = 4,6 \cdot \frac{\sqrt{H}}{\Delta\theta_{\text{aire}}} = 4,6 \cdot \frac{\sqrt{2}}{15} = 0,434 \text{ m/s}$$

Por tanto, la superficie mínima de rejilla para entrada de aire será:

$$S_{\text{rejilla}} = 1,4 \cdot \frac{Q}{V_s} = 1,4 \cdot \frac{0,586}{0,434} = 1,89 \text{ m}^2$$

La superficie de rejilla par a la salida del aire caliente debe ser mayor que la superficie de la rejilla par a la entrada de aire, admitiéndose la relación:

$$S_{\text{entrada}} = 0,92 \cdot S_{\text{salida}}$$

Por tanto la superficie mínima de la rejilla de salida es:  $S_{\text{salida}} = 2,06 \text{ m}^2$



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 2200/900mm y superficie total de  $1,98 \text{ m}^2$  que es ligeramente superior a la necesaria. Para la salida de aire se dispone de una rejilla en la parte lateral derecha superior, 2m por encima de la anterior de dimensiones 2200/1000 mm, con superficie de  $2,2 \text{ m}^2$ . Las rejillas de entrada y salida de aire irán situadas en las paredes a diferente altura, siendo la distancia media verticalmente entre los puntos medios de dichas rejillas de 2 m tal como 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.

### 2.9.7. DIMENSIONADO 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, 540 litros, que está incorporado en el transformador.

### 2.9.8. CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA

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 este centro de transformación, se determina una resistividad media superficial de  $500 \Omega\text{m}$
- Tensión de red = 13,2 KV.
- Nivel de aislamiento en las instalaciones de baja tensión del centro de transformación = 24 KV.
- Intensidad de defecto máxima permitida de acuerdo con las normas dadas por las E.S.E.:  $I_d = 400 \text{ A}$ .

Características del centro de transformación:

- La caseta tiene 4460 mm de largo, 2380 mm de ancho y 3045 mm de alto
- Resistividad de terreno:  $\rho = 500 \Omega\text{m}$
- 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 ello, 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 amperios y el tiempo de eliminación del defecto es inferior a 0,45 segundos (gráfica de duración de defecto), según datos proporcionados por la compañía suministradora (Iberdrola). Los valores de K y n para calcular la tensión máxima de contacto aplicada según MIE RAT 13 en el tiempo de defecto proporcionado por la compañía son:

$$K=0,72 \quad \text{y} \quad n=1$$

La resistencia máxima de la puesta a tierra de las masas del centro de transformación estará limitada por el nivel de aislamiento de los elementos de baja tensión del centro de transformación, y será:

$$R_t = \frac{U_{BT}}{I_d} = \frac{10000}{400} = 25\Omega$$

Siendo:

- R<sub>t</sub> = resistencia máxima de la puesta a tierra de las masas del CT
- U<sub>BT</sub> = Nivel de aislamiento en las instalaciones de baja tensión del centro de transformación en voltios.
- I<sub>d</sub> = Corriente de defecto máxima de acuerdo con las normas de Iberdrola en amperios.

El valor de K<sub>r</sub> será menor que el que da el valor de la resistencia máxima de puesta a tierra.

$$K_r \leq \frac{R_T}{\rho} = \frac{25}{500} = 0,05 \Omega/\Omega \cdot m$$

### 2.9.8.1. METODO EMPLEADO EN LA INSTALACION DE PUESTA A TIERRA

#### A) TIERRA DE PROTECCION

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 50-30/8/88 cuyos datos son los siguientes:

$$K_r = 0,044 < 0,05 \Omega/\Omega \cdot m$$



$$K_p = 0,0062 \text{ V}/\Omega \cdot \text{m} \cdot \text{A}$$

$$K_c = 0,0131 \text{ V}/\Omega \cdot \text{m} \cdot \text{A}$$

Siendo:

$K_r$  = resistencia.

$K_p$  = tensión de paso.

$K_c$  = tensión de contacto exterior

Estará constituida por 8 picas en hilera unidas por un conductor horizontal de cobre desnudo de  $50 \text{ mm}^2$  de sección.

Las picas tendrán un diámetro de 14 mm y una longitud de 8 metros. Se enterrarán verticalmente a una profundidad de 0,8 metros, estas 8 picas formarán un rectángulo de dimensiones 5 x 3 m.

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

La conexión desde el centro hasta la primera pica se realizará con cable de cobre aislado de 0,6/ 1kV protegido contra daños mecánicos.

## B) 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 8/82 cuyos datos son los siguientes:

$$K_r = 0,0556 \text{ } \Omega/\Omega \cdot \text{m}$$

$$K_p = 0,00225 \text{ V}/\Omega \cdot \text{m} \cdot \text{A}$$

Descripción:

Estará constituida por 8 picas en hilera unidas por un conductor horizontal de cobre desnudo de  $50 \text{ mm}^2$  de sección.

Las picas tendrán un diámetro de 14 mm, y una longitud de 2 metros. Se enterrarán verticalmente a una profundidad de 0,8 metros y la separación entre cada pica

y la siguiente será de 3 metros. Con esta configuración, la longitud de conductor desde la primera pica a la última será de 21 metros, dimensión que tendrá que haber disponible en el terreno.

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

La conexión desde el centro hasta la primera pica se realizará con cable de cobre aislado de 0,6/ 1 kV protegido contra daños mecánicos.

Existirá una separación mínima entre las picas de tierra de protección y las picas de la tierra de servicio a fin de evitar la posible transferencia de tensiones elevadas a la red de baja tensión.

### 2.9.8.2.CALCULO DE LA RESISTENCIA DEL SISTEMA DE TIERRAS

#### A) TIERRA DE PROTECCION

La compañía suministradora proporciona los datos de la puesta a tierra del neutro, cuyos valores son los siguientes:  $R_n=0 \Omega$ ;  $X_n=25 \Omega$

Para el cálculo de la resistencia de la puesta a tierra de las masas del centro ( $R_t$ ), y tensión de defecto correspondiente ( $U_d$ ), se utilizarán las siguientes fórmulas:

-Resistencia del sistema de puesta a tierra,  $R_t'$ :

$$R_t = K_r \cdot \rho = 0,044 \cdot 500 = 22\Omega$$

- Intensidad de defecto ( $I_d'$ ):

$$I_d = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(R_n + R_R)^2 + X_n^2}} = \frac{13200}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(0 + 22)^2 + 25^2}} = 228,84A$$

- Tensión de defecto,  $U_d'$ :

$$U_d = R_t \cdot I_d = 22 \cdot 228,84 = 5034,48V$$

El aislamiento de las instalaciones de baja tensión del centro de transformación deberá ser mayor o igual que la tensión máxima de defecto calculada ( $U_d'$ ), por lo que deberá ser como mínimo de 6000 Voltios.

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, y por consiguiente no afecten a la red de baja tensión.





Se comprobará asimismo que la intensidad de defecto calculada es superior a 100 Amperios, lo que permitirá que pueda ser detectada por las protecciones normales.

#### B) TIERRA DE SERVICIO

$$R_t = K_r \cdot \rho = 0,0556 \cdot 500 = 27,8\Omega$$

Es menor que  $37 \Omega$ .

#### 2.9.8.3. TENSIONES EN EL EXTERIOR DE LA INSTALACION

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 el 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 éstas 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:

-Tensión de paso en el exterior,  $U_p'$ :

$$U_p = K_p \cdot I_d \cdot \rho = 0,0062 \cdot 228,84 \cdot 500 = 709,40V$$

#### 2.9.8.4. TENSIONES EN EL INTERIOR DE LA INSTALACION

El piso del centro estará constituido por un mallazo electro soldado con redondos de diámetro no inferior a 4 mm formando una retícula no superior a 0,30 x30m. 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.

El prefabricado de hormigón de ORMAZABAL está construido de tal manera que, una vez fabricado, su interior sea una superficie equipotencial. Todas las varillas metálicas embebidas en el hormigón que constituyan la armadura del sistema equipotencial estarán unidas entre sí mediante soldadura eléctrica.

Esta armadura equipotencial se conectará al sistema de tierras de protección (excepto puertas y rejillas, que como ya se ha indicado no tendrán contacto eléctrico con el sistema equipotencial; debiendo estar aisladas de la armadura con una resistencia igual o superior a 10.000 ohmios a los 28 días de fabricación de las paredes).

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

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

$$Up(\text{contacto}) = Up'(\text{acc}) = Kc \cdot Id \cdot \rho' = 1498,902V$$

### 2.9.8.5. TENSIONES APLICADAS

Para la determinación de los valores máximos admisibles de la tensión de paso en el exterior, y en el acceso al centro, se emplearán las siguientes expresiones:

$$Up(\text{paso}) = 10 \cdot \frac{k}{t^n} \left( 1 + \frac{6 \cdot \rho}{1000} \right)$$

$$Up(\text{contacto}) = 10 \cdot \frac{k}{t^n} \left( 1 + \frac{3\rho + 3\rho H}{1000} \right)$$

Siendo:

- Up = tensiones de paso en voltios.
- k = 72.
- n = 1.
- t = duración de la falta en segundos (0,45 s)
- ρ= resistividad del terreno
- ρH = resistividad del hormigón

Obteniendo los siguientes resultados:

$$Up(\text{paso}) = 6400 \text{ V.}$$

$$Up(\text{contacto}) = 18400V.$$

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

-En el exterior:

$$Up^{\wedge} = 709,4V < Up(\text{paso}) = 6400V$$

-En el acceso al centro de transformación:

$$Up^{\wedge}(\text{acc}) = 1498V < Up(\text{contacto}) = 18400V$$



Ahora se comprobará los valores de defecto:

$$U_d = 5034,48V < U_{BT} = 24000V$$

### 2.9.8.6. 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 superior a 1000 V 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:

$$D_{min} = \frac{\rho \cdot I_d}{2 \cdot \pi \cdot 1000} = \frac{500 \cdot 228,84}{2 \cdot \pi \cdot 1000} = 18,21m$$

### 2.9.8.7. CORRECCION 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 en el reglamento, que asegure la no peligrosidad de estas tensiones.

## 2.10. CÁLCULO DE LA PUESTA A TIERRA

La puesta a tierra se realiza para limitar la tensión que, con respecto a tierra, pueden llegar a alcanzar en un momento determinado las masas metálicas, y para asegurar la actuación de las protecciones y eliminar el riesgo que supone las averías eléctricas en los receptores, es decir, desvía al terreno las intensidades de defecto.

A la hora de llevar a cabo este cálculo debemos comprobar que la red de tierras proyectada cumple tanto con la ITC-BT-18 como con la ITC-BT-24.

La tensión de contacto que estableceremos como la máxima será de 24V, por lo que la resistencia de tierra calculada multiplicada por la corriente máxima que permite los dispositivos de protección no debe sobrepasar dicho valor.

$$R_a \cdot I_a < U$$

$R_a$ = Resistencia de puesta a tierra junto con los conductores de protección

$I_a$ = Intensidad máxima que soporta el dispositivo de protección.

$U$ = Tensión de contacto máxima permitida



### 2.10.1. RED DE TIERRA

Para el cálculo de la resistencia de tierra tendremos en cuenta las siguientes ecuaciones:

- Para las picas

$$R_p = \frac{\rho}{L_1}$$

$$R_{pt} = \frac{R_p}{n}$$

$R_p$ = resistencia de una pica

$R_{pt}$ = resistencia equivalente de las picas usadas

$n$ = Numero de picas

$\rho$ = resistividad del terreno

$L_1$ =longitud de una pica

- Para el conductor desnudo

$$R_c = \frac{2\rho}{L_2}$$

$R_c$ = resistencia del cable ( $\Omega\text{m}$ )

$L_2$ = longitud del conductor en (m)

Una vez que tenemos las expresiones debemos saber la longitud de las picas que vamos a utilizar, la longitud del cable desnudo y la resistividad del terreno:

$\rho = 500(\Omega\text{m})$  (suelo de arenas arcillosas)

Longitud cable enterrado (m) = 293 m.

Número de picas de 2 m= 8

$$R_p = \frac{\rho}{L_1}$$

$$R_{pt} = \frac{R_p}{n}$$

$$R_c = \frac{2\rho}{L_2}$$

La resistencia total de tierra la hallaremos mediante el paralelo entre la resistencia de las picas y la del cable:

$$\frac{1}{R_a} = \frac{1}{31,25} + \frac{1}{3,42} = 3,082\Omega$$

$$\mathbf{R_a=3,082\Omega}$$

Una vez calculada la resistencia de tierra debemos ver si se cumple el reglamento:

$$U = R_a \cdot I_a = 3,082 \cdot 0,3 = 0,9246V < 24V \rightarrow \text{Si cumple el reglamento}$$

Pamplona, Noviembre 2013

David López de Goicoechea



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

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

DOCUMENTO 3: PLANOS

Alumno: David López de Goicoechea Ojer

Tutor: José Vicente Valdenebro

Pamplona, Noviembre de 2013

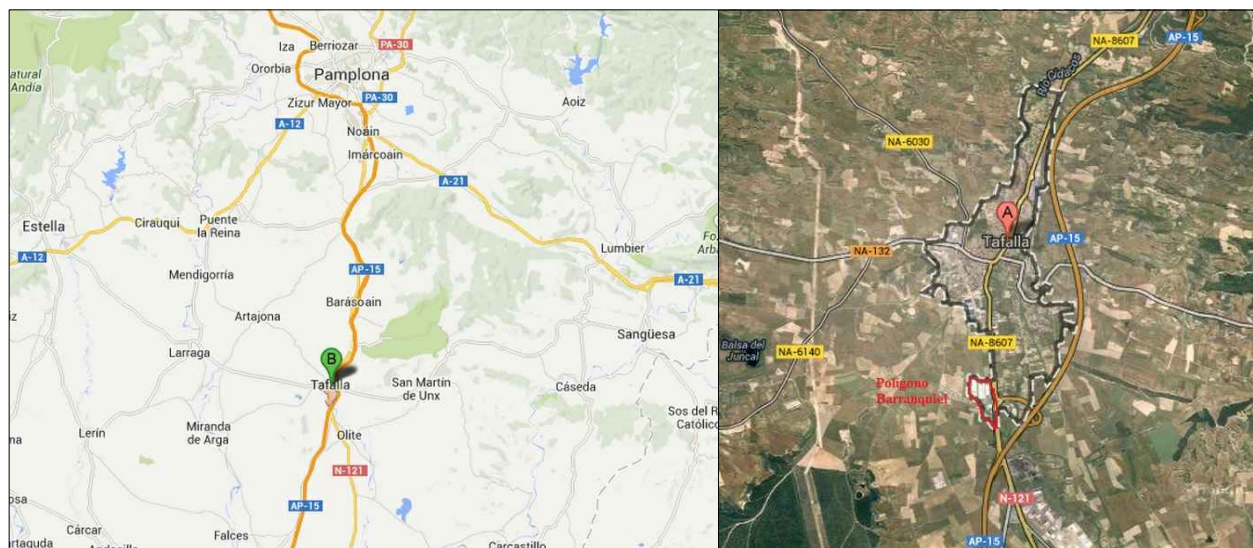


## PLANOS

### INDICE:


1. SITUACIÓN
2. PLANTA NAVE
3. INSTALACIONES OFICINA NORTE PLANTA BAJA
4. INSTALACIONES OFICINA NORTE PLANTA PRIMERA
5. INSTALACIONES OFICINA NORTE PLANTA SEGUNDA
6. INSTALACIONES OFICINA SUR PLANTA BAJA
7. INSTALACIONES OFICINA SUR PLANTA PRIMERA
8. INSTALACIONES ZONA PRODUCCIÓN
9. TIERRAS NAVE
10. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN
11. ESQUEMA UNIFILAR CENTRO DE TRANSFORMACIÓN
12. TIERRA DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN
13. DISTRIBUCIÓN REJILLADO DEL C.T.
14. CUADRO GENERAL DE DISTRIBUCIÓN
15. CUADRO SECUNDARIO 1.1: OFICINA NORTE PLANTA BAJA
16. CUADRO SECUNDARIO 1.2: OFICINA NORTE PLANTA PRIMERA
17. CUADRO SECUNDARIO 1.3: OFICINA NORTE PLANTA SEGUNDA
18. CUADRO SECUNDARIO 2.1: OFICINA SUR PLANTA BAJA
19. CUADRO SECUNDARIO 2.2: OFICINA SUR PLANTA PRIMERA
20. CUADRO SECUNDARIO 3.1: ALUMBRADO FÁBRICA
21. CUADRO SECUNDARIO 3.2: LÍNEA 1
22. CUADRO SECUNDARIO 3.3: LINEA 2
23. CUADRO SECUNDARIO 3.4: LÍNEA 3

**SITUACIÓN: TAFALLA (NAVARRA)**

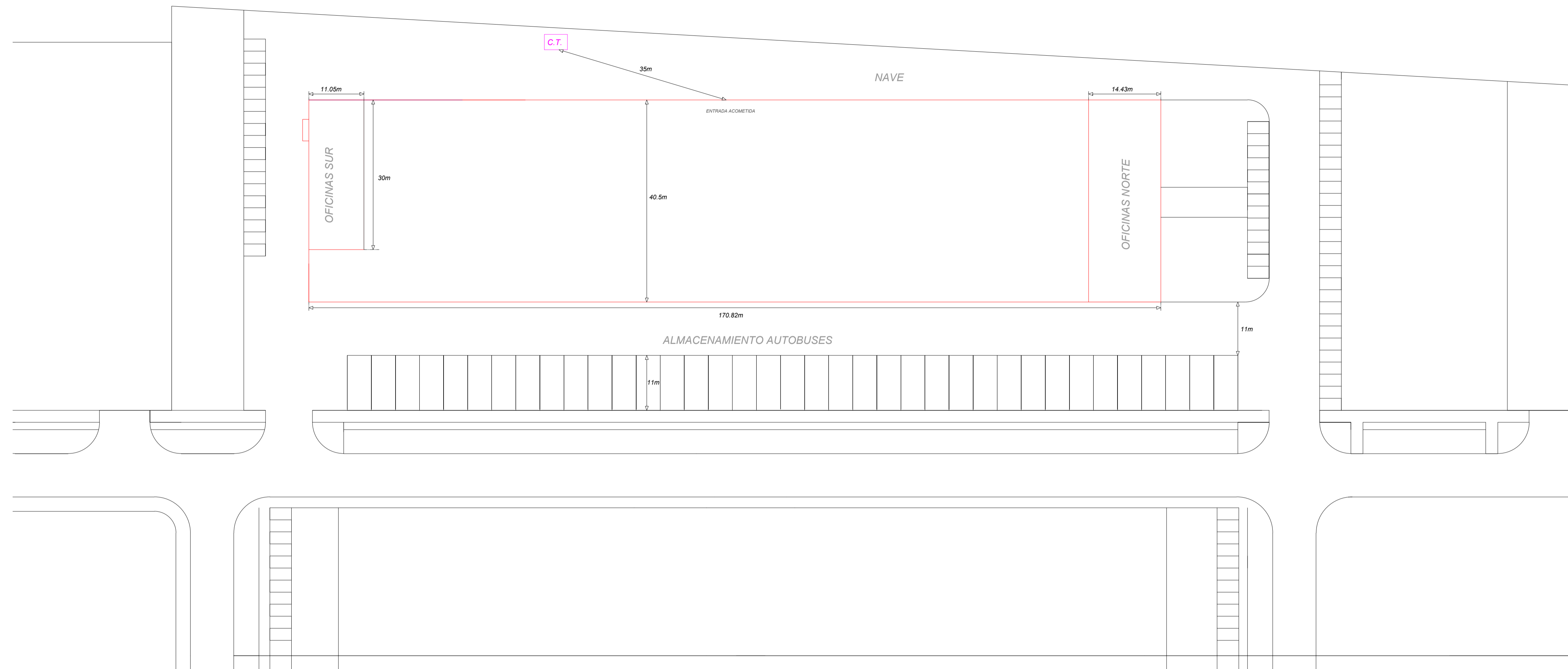



**EMPLAZAMIENTO: POLÍGONO BARRANQUIEL JUNTO SALIDA AP15**

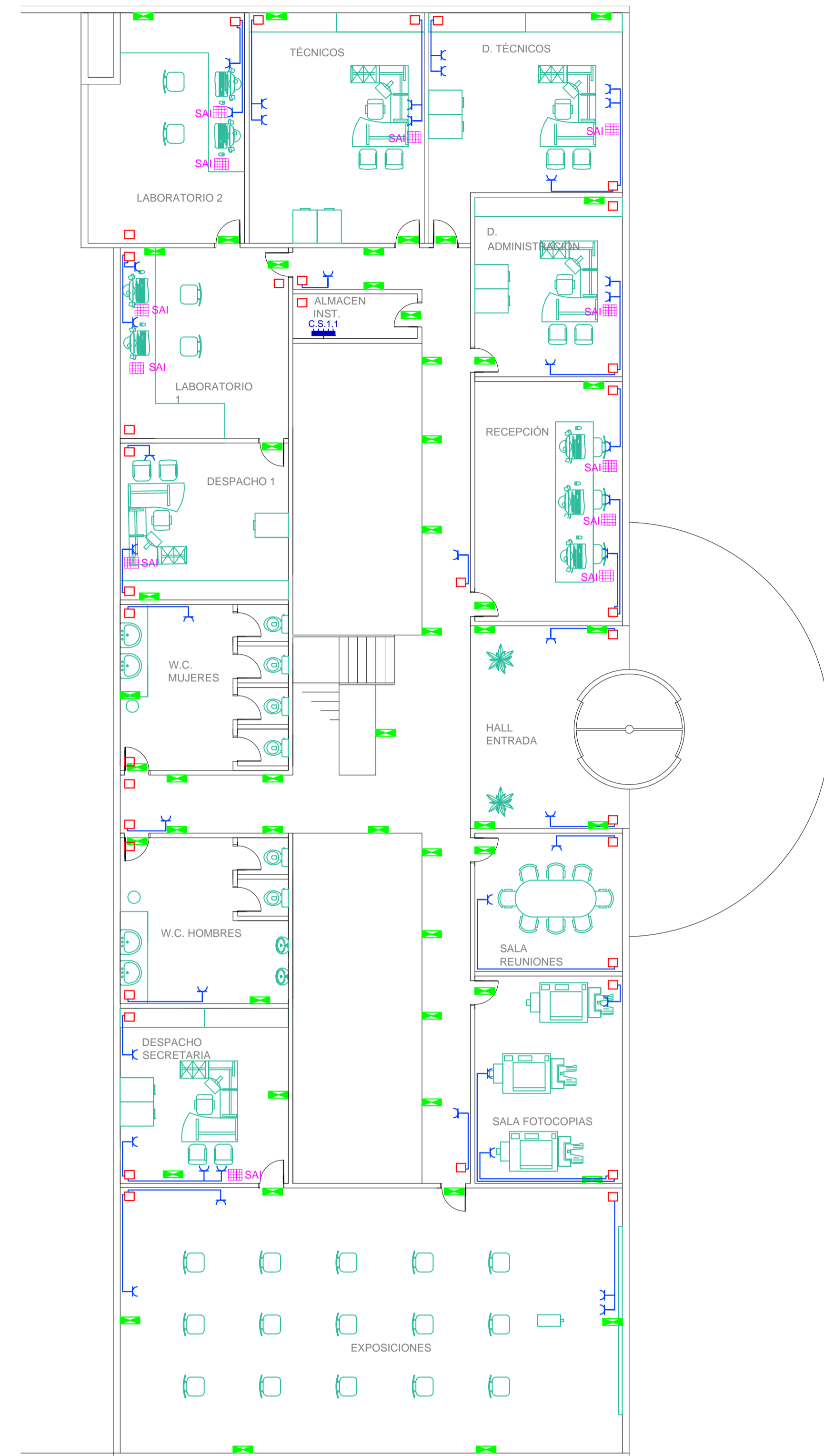
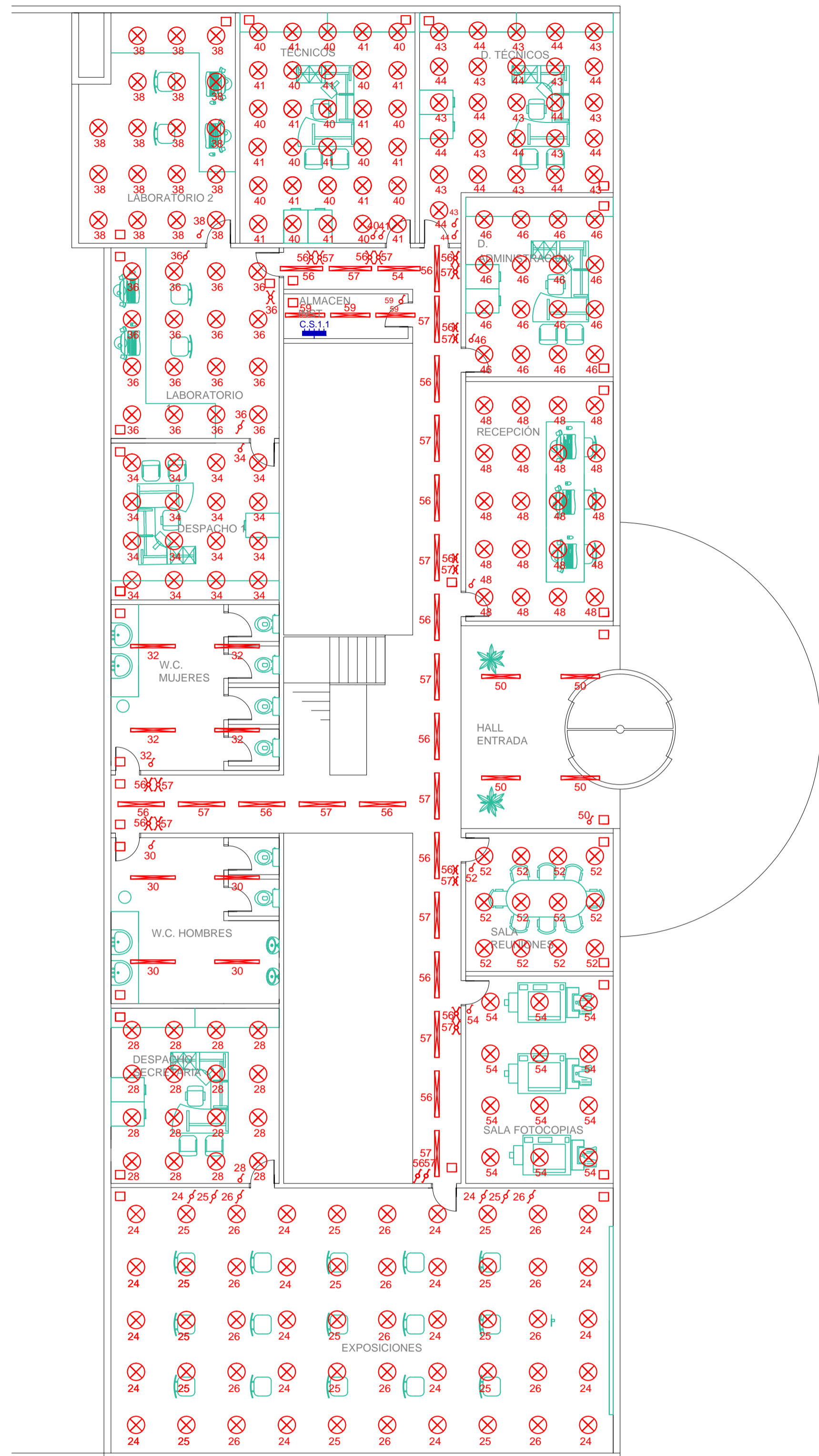


 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>E.T.S.I.I.T.</b>		DEPARTAMENTO:	
	<b>INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.</b>		<b>DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL</b>	
PROYECTO: <b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN</b>			REALIZADO: <b>LÓPEZ DE GOICOECHEA, DAVID</b>	
PLANO: <b>SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO</b>			FIRMA:	
		FECHA:	ESCALA:	Nº PLANO:
		<b>8/2013</b>		<b>1</b>





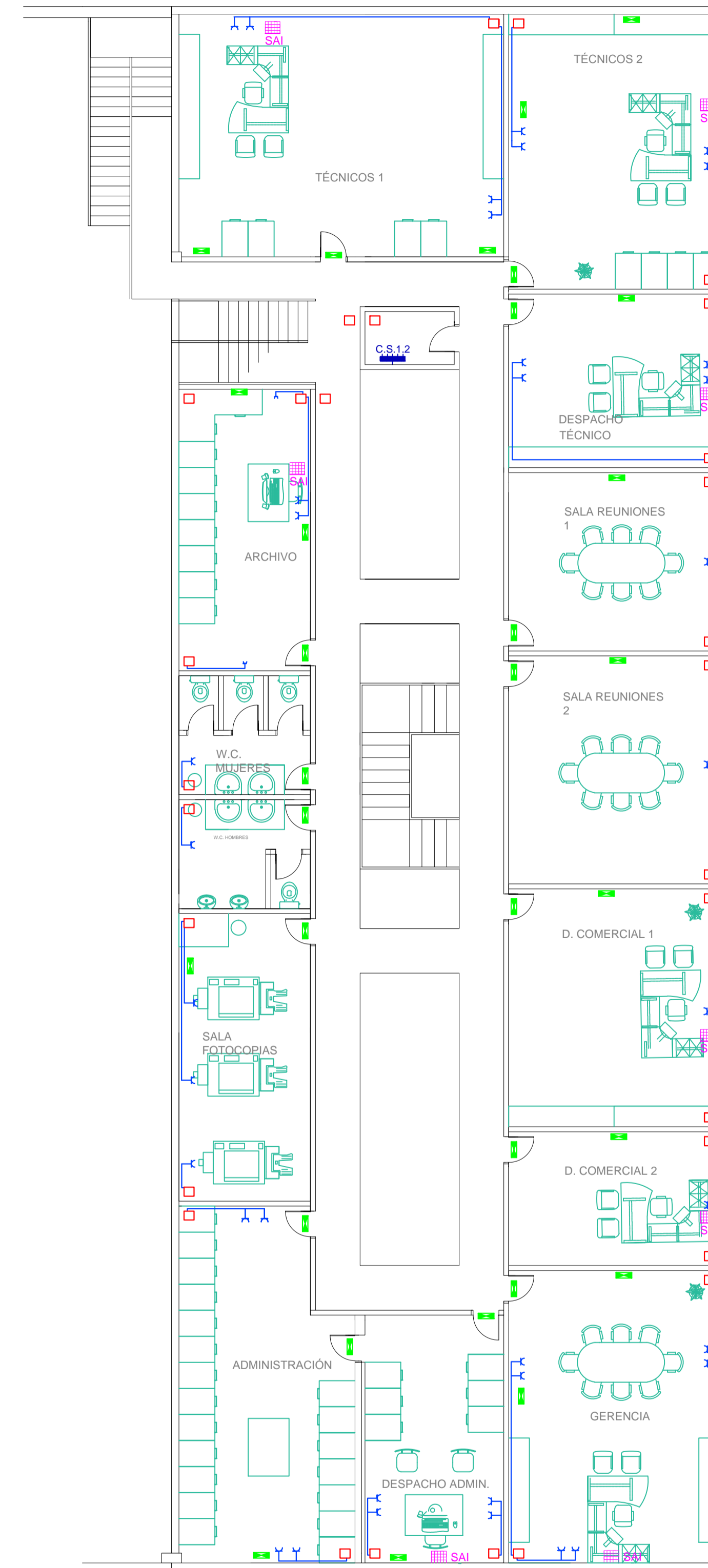
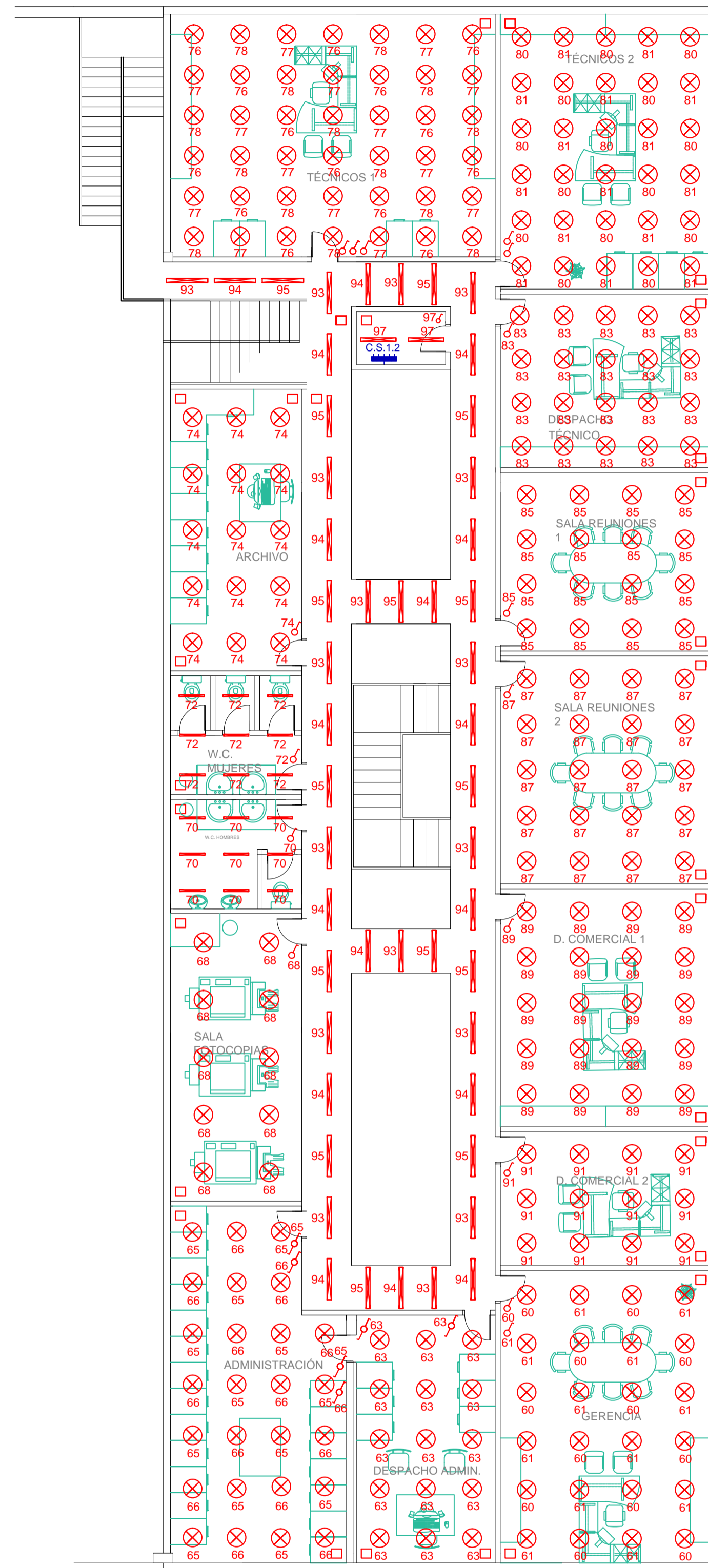
 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>E.T.S.I.I.T.</b>	DEPARTAMENTO: <b>DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL</b>
	INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	REALIZADO: <b>LÓPEZ DE GOICOECHEA, DAVID</b>
PROYECTO: <b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN</b>		FIRMA:
PLANO: <b>PLANTA NAVE</b>	FECHA: <b>8/2013</b>	ESCALA: <b>1:1000</b>
		Nº PLANO: <b>2</b>



**Leyenda:**

Down light SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)	Cajas de empalme rectangulares
Fluorescente montaje superficial TCS 640 1x35W/840 HFP C8 ALU	Tomas de corriente
Interruptor	Aluminado de emergencia
Conmutador	Cuadros secundarios o terciarios
Conmutador de cruce	Tomas de corriente SAI

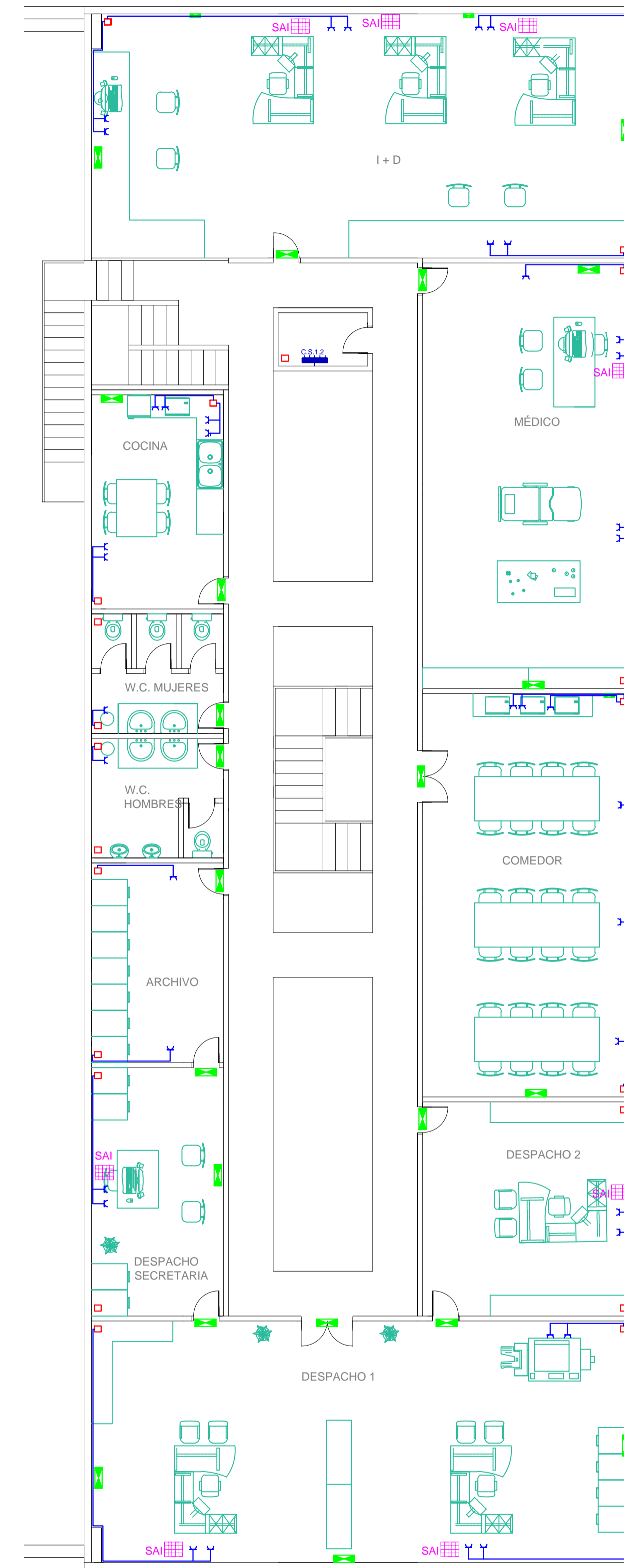
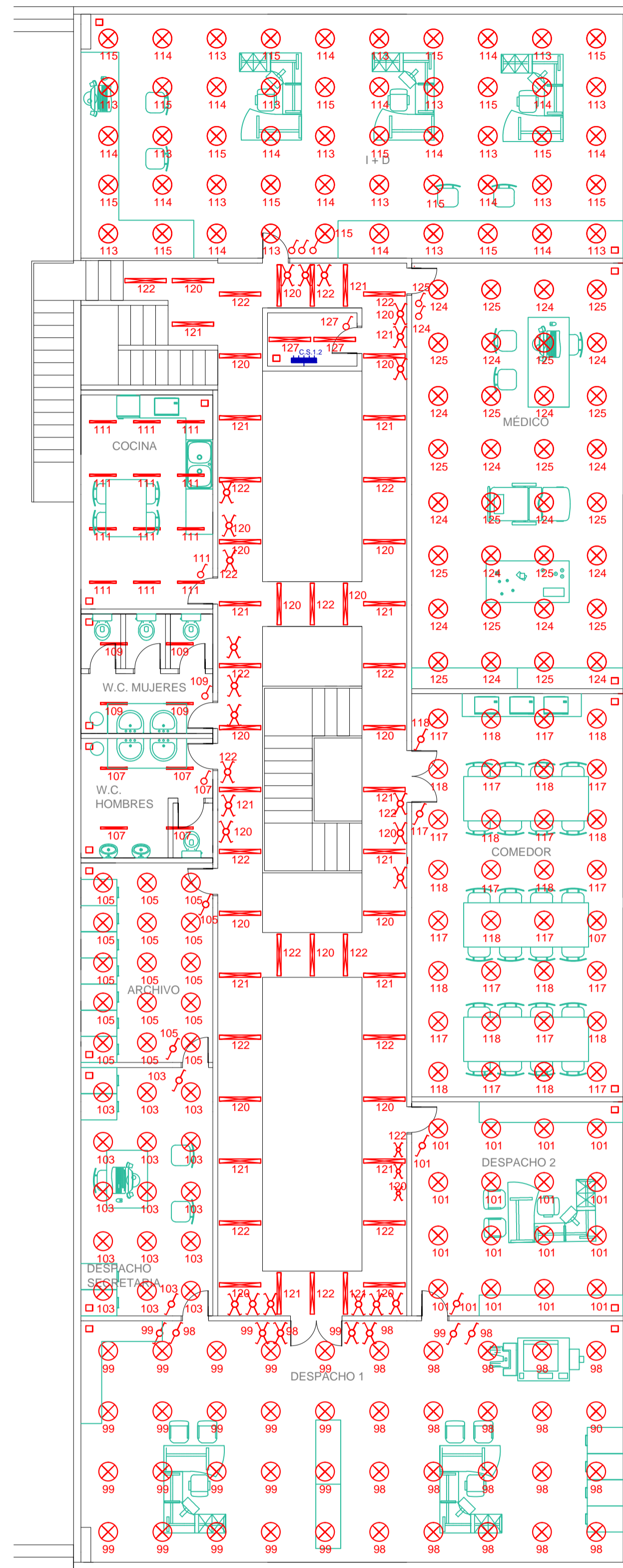
Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>E.T.S.I.I.T.</b> <b>INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.</b>	DEPARTAMENTO: <b>DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL</b>
	PROYECTO: <b>INSTALACIÓN ELECTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL EN BAJA TENSION CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN</b>	
PLANO: <b>INSTALACIONES OFICINA NORTE PLANTA BAJA</b>	REALIZADO: <b>LÓPEZ DE GOICOECHEA, DAVID</b>	FIRMA:
FECHA: <b>8/2013</b>	ESCALA: <b>1:100</b>	Nº PLANO: <b>3</b>



**Leyenda:**

Down light SYL-LIGHTER 2x26W TC-DIEL)	Cajas de empalme rectangulares
Fluorescente montaje superficial TCS 640 1x35W/840 HFP C8 ALU	Tomas de corriente
Fluorescente empotrado TBS 411 1x28W/840 HFP D8 P1	Aluminado de emergencia
Interruptor	Cuadros secundarios o terciarios
Conmutador	Tomas de corriente SAI
Conmutador de cruce	

Universidad Pública de Navarra <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>LÓPEZ DE GOICOECHEA, DAVID</b>
PROYECTO: <b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL EN BAJA TENSIÓN CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN</b>		FIRMA:
PLANO: <b>INSTALACIONES OFICINA NORTE PLANTA PRIMERA</b>	FECHA: <b>8/2013</b>	ESCALA: <b>1:100</b>
		Nº PLANO: <b>4</b>



**Leyenda:**

Down light SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL)	Cajas de empalme rectangulares
Fluorescente montaje superficial TCS 640 1x35W/840 HFP C8 ALU	Tomas de corriente
Fluorescente empotrado TBS 411 1x28W/840 HFP D8 PI	Alumbrado de emergencia
Interruptor	Cuadros secundarios o terciarios
Conmutador	Tomas de corriente SAI
Conmutador de cruce	



Universidad Pública  
de Navarra  
Nafarroako  
Unibertsitate Publikoa

**E.T.S.I.I.T.**  
**INGENIERO**  
**TECNICO INDUSTRIAL E.**

DEPARTAMENTO:  
**DEPARTAMENTO DE**  
**PROYECTOS E ING. RURAL**

PROYECTO:  
**INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL**  
**EN BAJA TENSIÓN CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN**

REALIZADO:  
**LÓPEZ DE GOICOECHEA, DAVID**

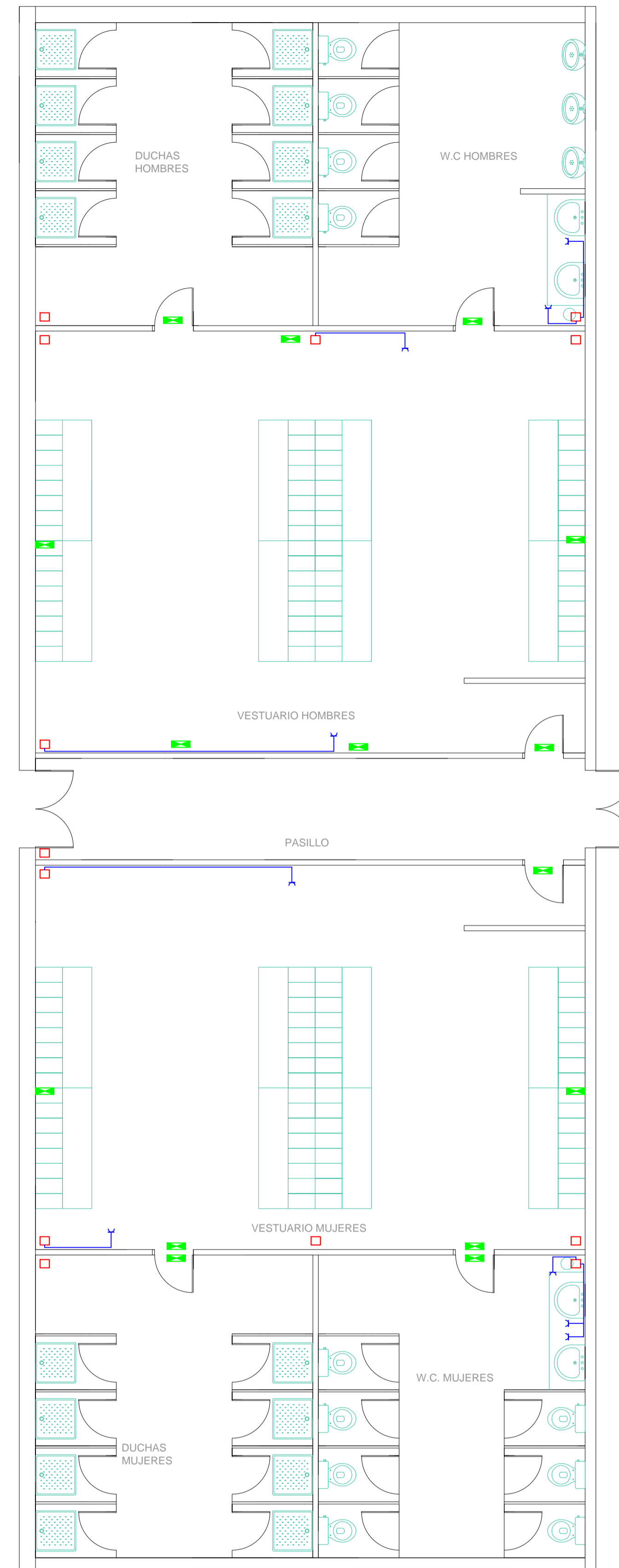
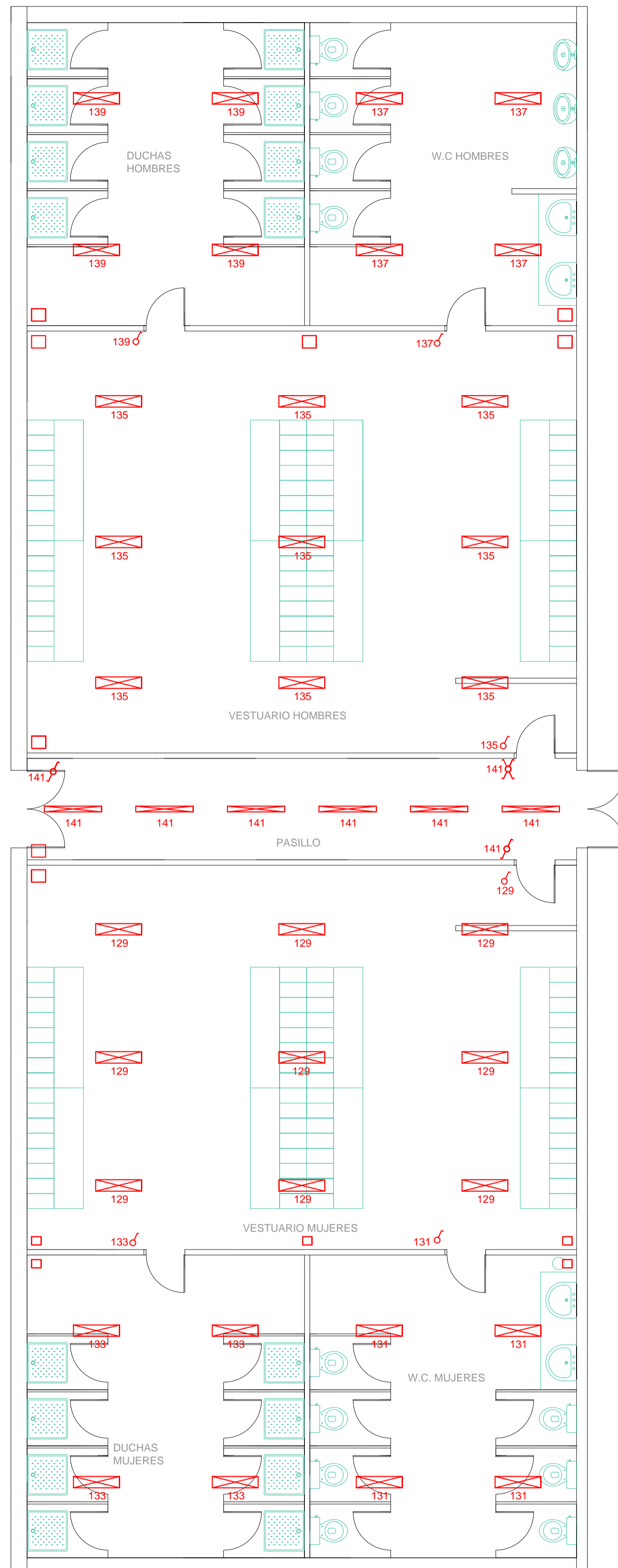
FIRMA:

PLANO:  
**INSTALACIONES OFICINA NORTE PLANTA SEGUNDA**

FECHA:  
**8/2013**

ESCALA:  
**1:100**

Nº PLANO:  
**5**



**Leyenda:**

	Luminaria estanca TBS 324 2xTL-D36W/830 HFP C5 GT IP65		Cajas de empalme rectangulares
	Luminaria Fluorescente montaje superficial TCS 640 1x35W/840 HFP C8 ALU		Tomas de corriente
	Interruptor		Alumbrado de emergencia
	Commutador		Cuadros secundarios o terciarios
	Commutador de cruce		Tomas de corriente SAI



Universidad Pública  
de Navarra  
Nafarroako  
Unibertsitate Publikoa

**E.T.S.I.I.T.**  
**INGENIERO**  
**TECNICO INDUSTRIAL E.**

DEPARTAMENTO:  
**DEPARTAMENTO DE**  
**PROYECTOS E ING. RURAL**

PROYECTO:

**INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. DE UNA NAVE**  
**INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN**

REALIZADO:

**LÓPEZ DE GOICOECHEA, DAVID**

PLANO:

**INSTALACIONES OFICINA SUR PLANTA BAJA**

FIRMA:

FECHA:

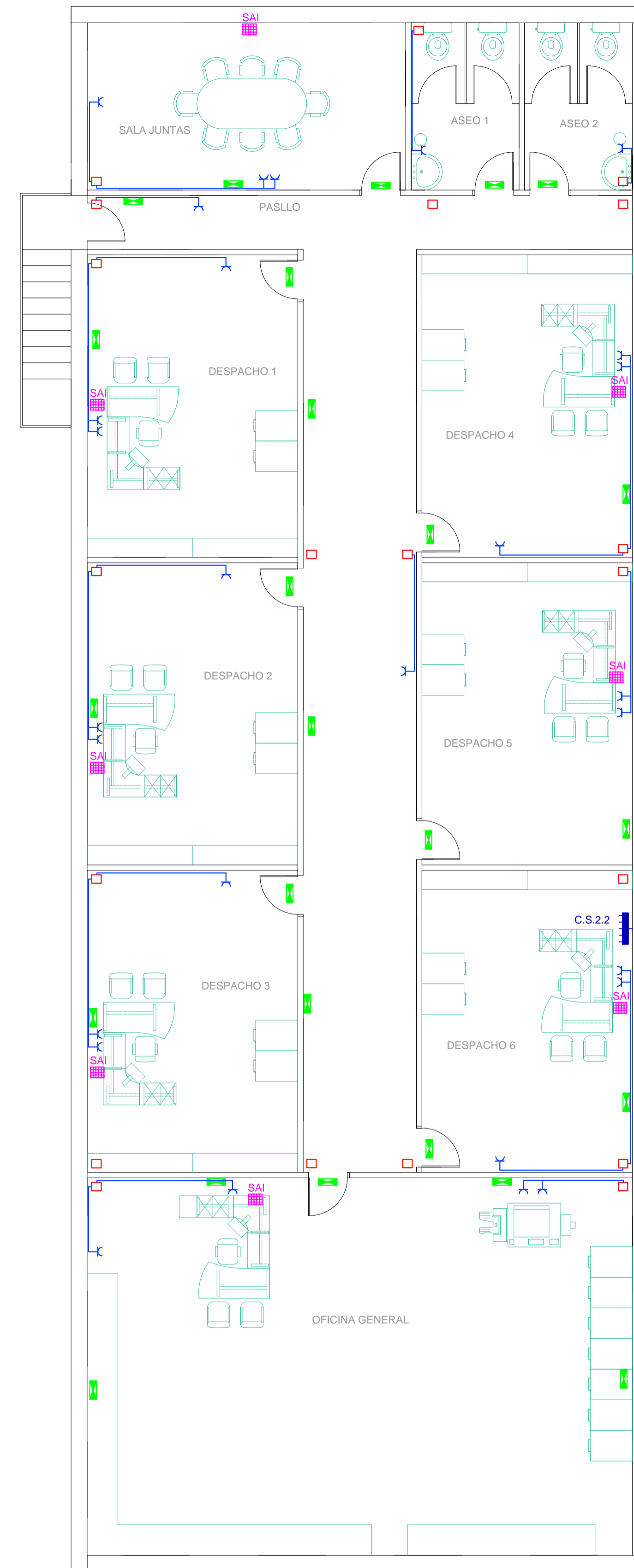
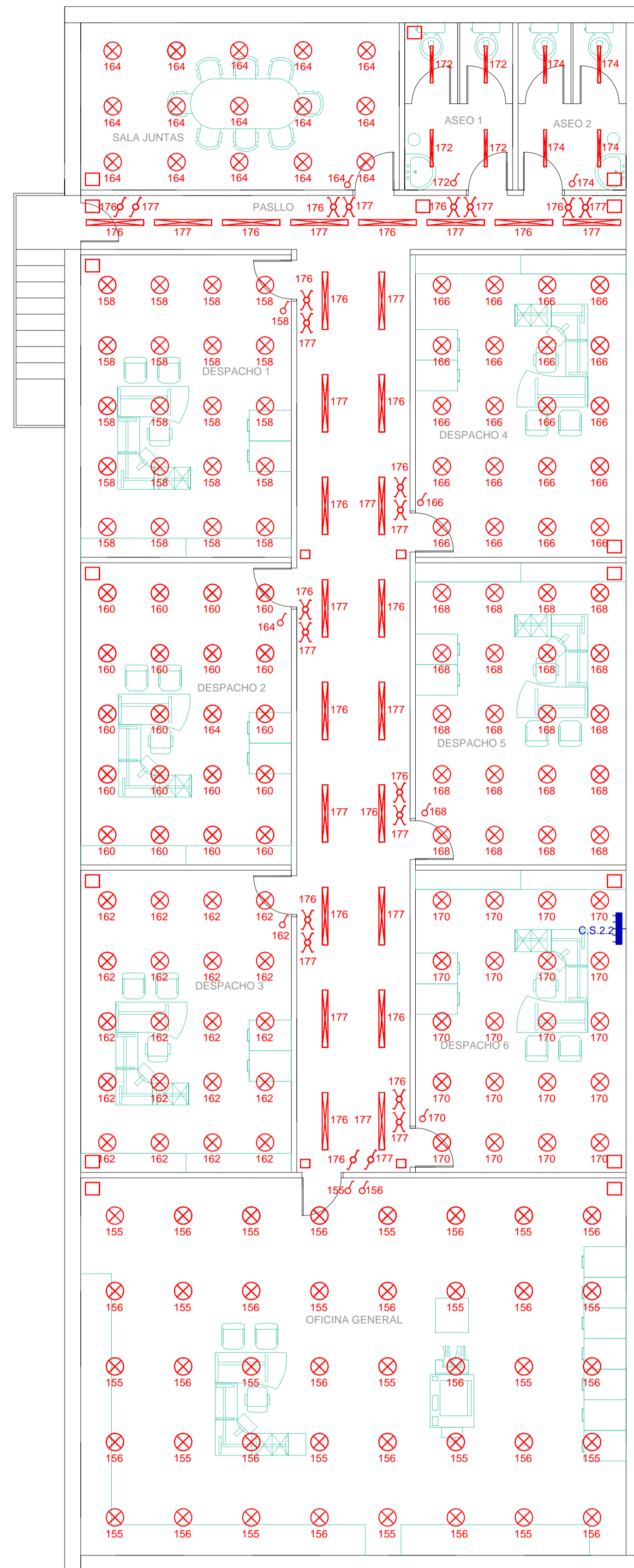
**8/2013**

ESCALA:

**1:100**

Nº PLANO:

**6**



**Legenda:**

Down light SYL-LIGHTER 2x20W TC-DEL)	Cajas de empalme rectangulares
Fluorescente empotrado TBS 411 1x28W840 HFP D8 PI	Tomas de corriente
Fluorescente montaje superficial TCS 640 1x35W/840 HFP C8 ALU	Alumbrado de emergencia
Interruptor	Cuadros secundarios o terciarios
Comutador	Tomas de corriente SAI
Comutador de cruce	



Universidad Pública  
de Navarra  
Nafarroako  
Unibertsitate Publikoa

**E.T.S.I.I.T.**  
**INGENIERO**  
**TECNICO INDUSTRIAL E.**

DEPARTAMENTO:  
**DEPARTAMENTO DE**  
**PROYECTOS E ING. RURAL**

PROYECTO:

**INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. DE UNA NAVE**  
**INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN**

REALIZADO:

**LÓPEZ DE GOICOECHEA, DAVID**

FIRMA:

PLANO:

**INSTALACIONES OFICINAS SUR PLANTA PRIMERA**

FECHA:

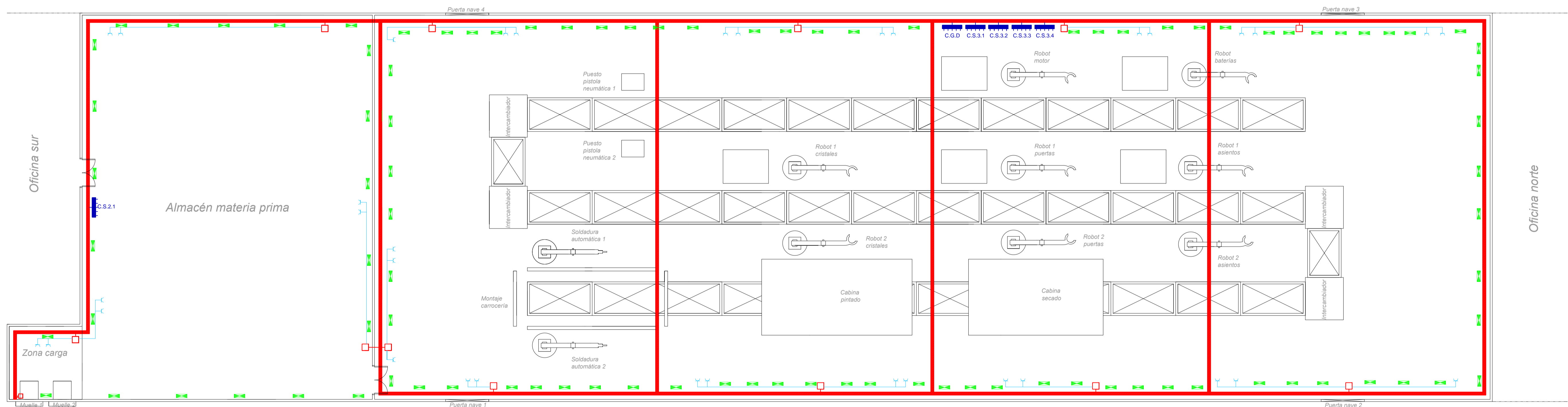
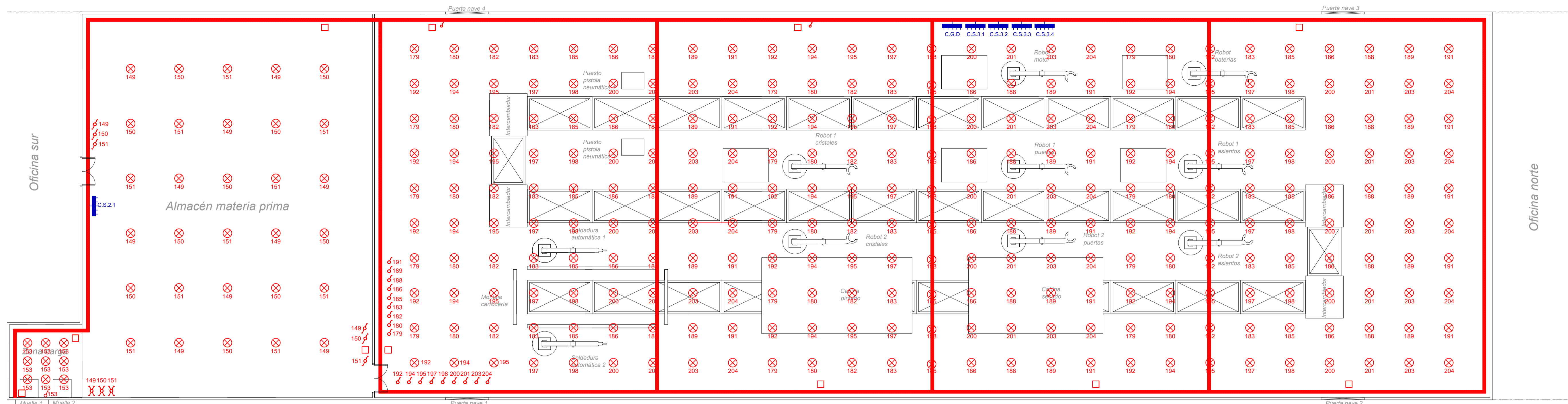
**8/2013**

ESCALA:

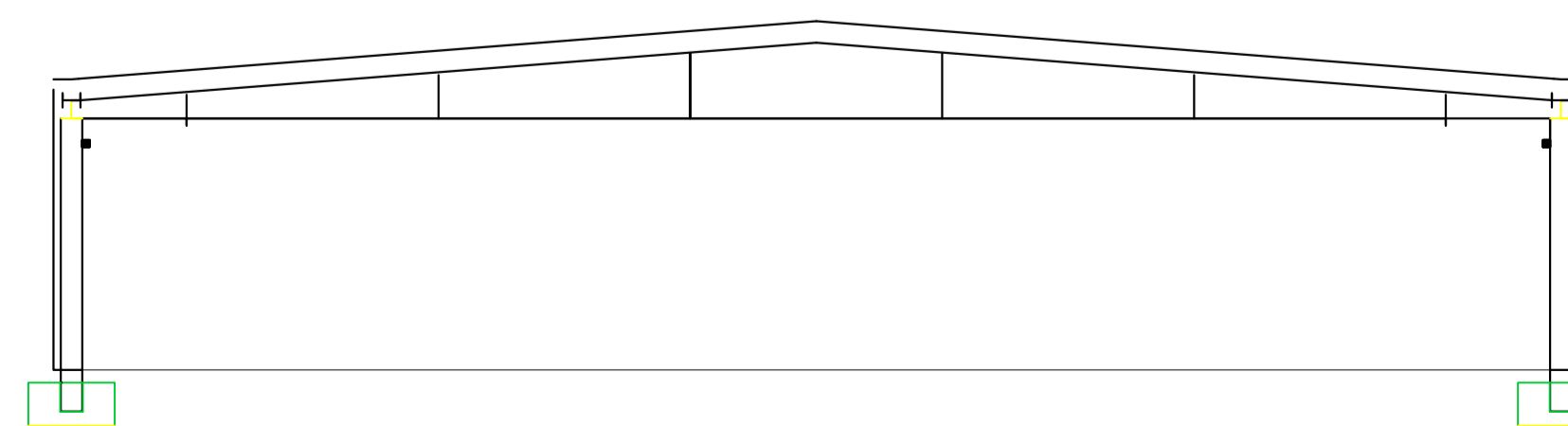
**1:100**

Nº PLANO:

**7**



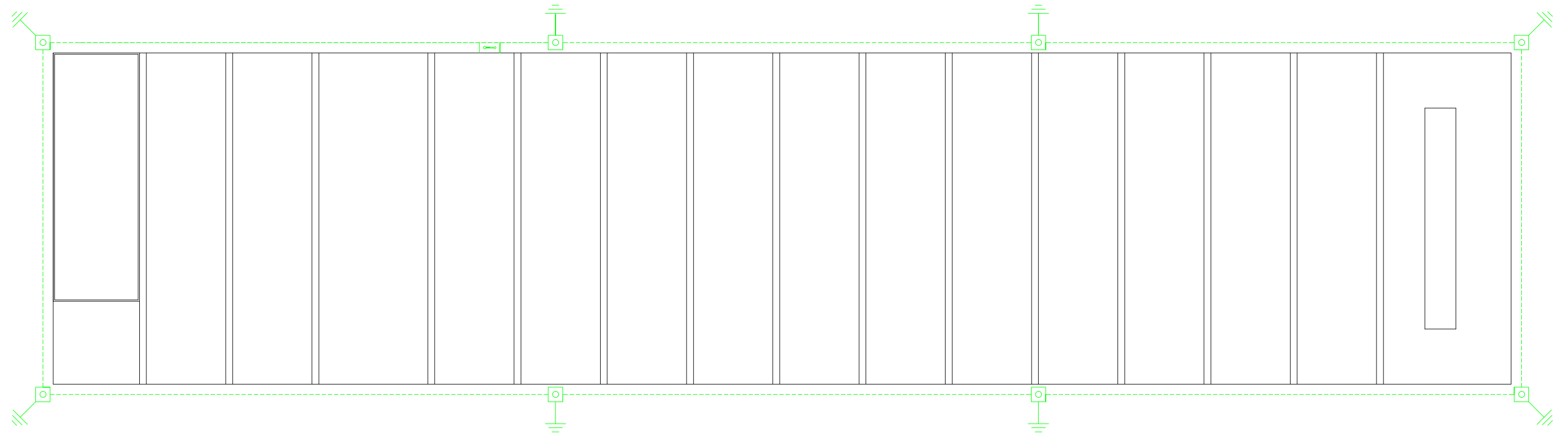
Corte






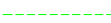
Leyenda:

⊗ Lámparas de descarga SBH-S 250W HSL-SC	□ Cajas de empalme rectangulares
⊗ Interruptor	⚡ Tomas de corriente
⊗ Conmutador	⚡ Aluminado de emergencia
⊗ Conmutador de cruce	⚡ Cuadros generales o secundarios

Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>E.T.S.I.I.T.</b> INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	DEPARTAMENTO: <b>DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL</b>
	PROYECTO: <b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN</b>	
PLANO: <b>INSTALACIONES ZONA PRODUCCIÓN</b>		REALIZADO: LÓPEZ DE GOICOECHEA, DAVID
FECHA: <b>8/2013</b>		ESCALA: <b>1:1000</b>
N° PLANO: <b>8</b>		FIRMA:

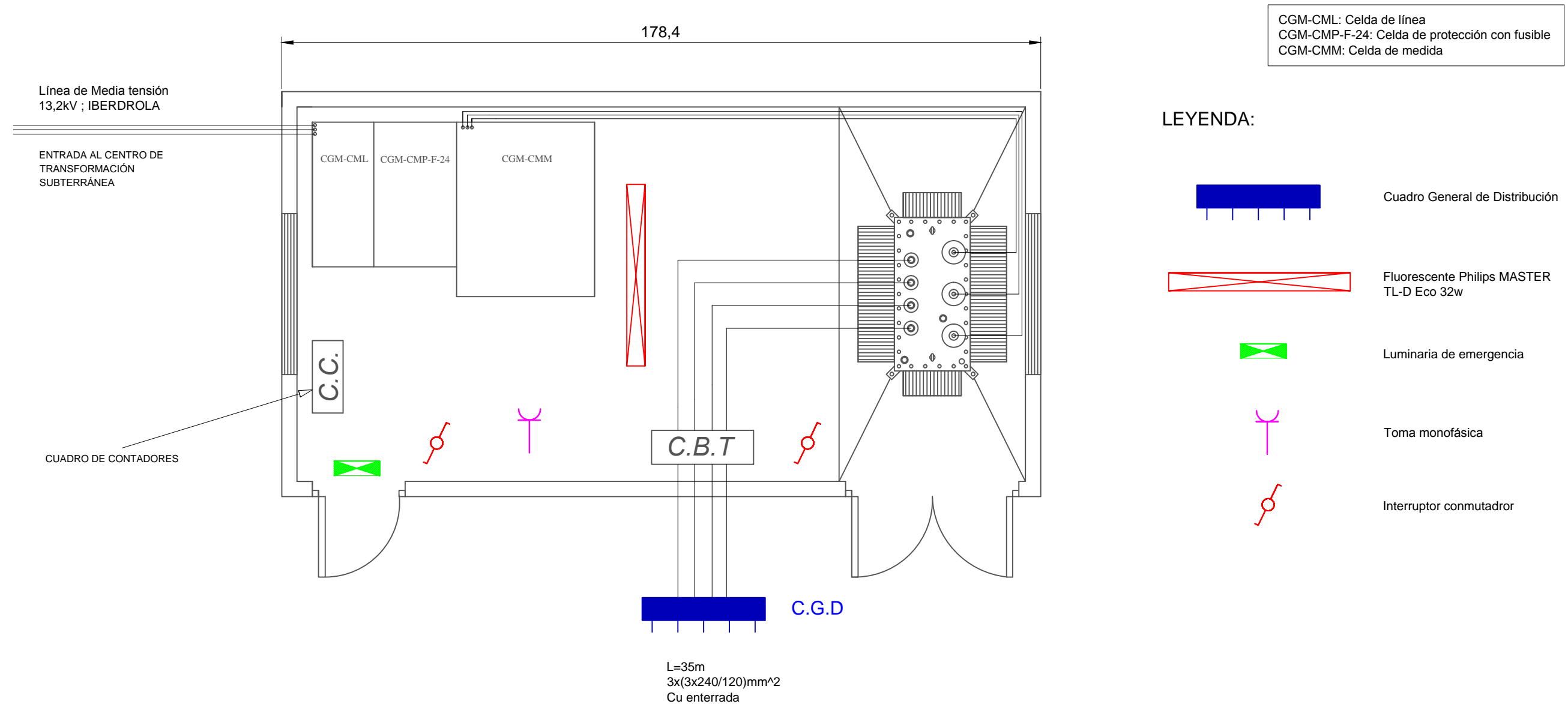


*Leyenda:*

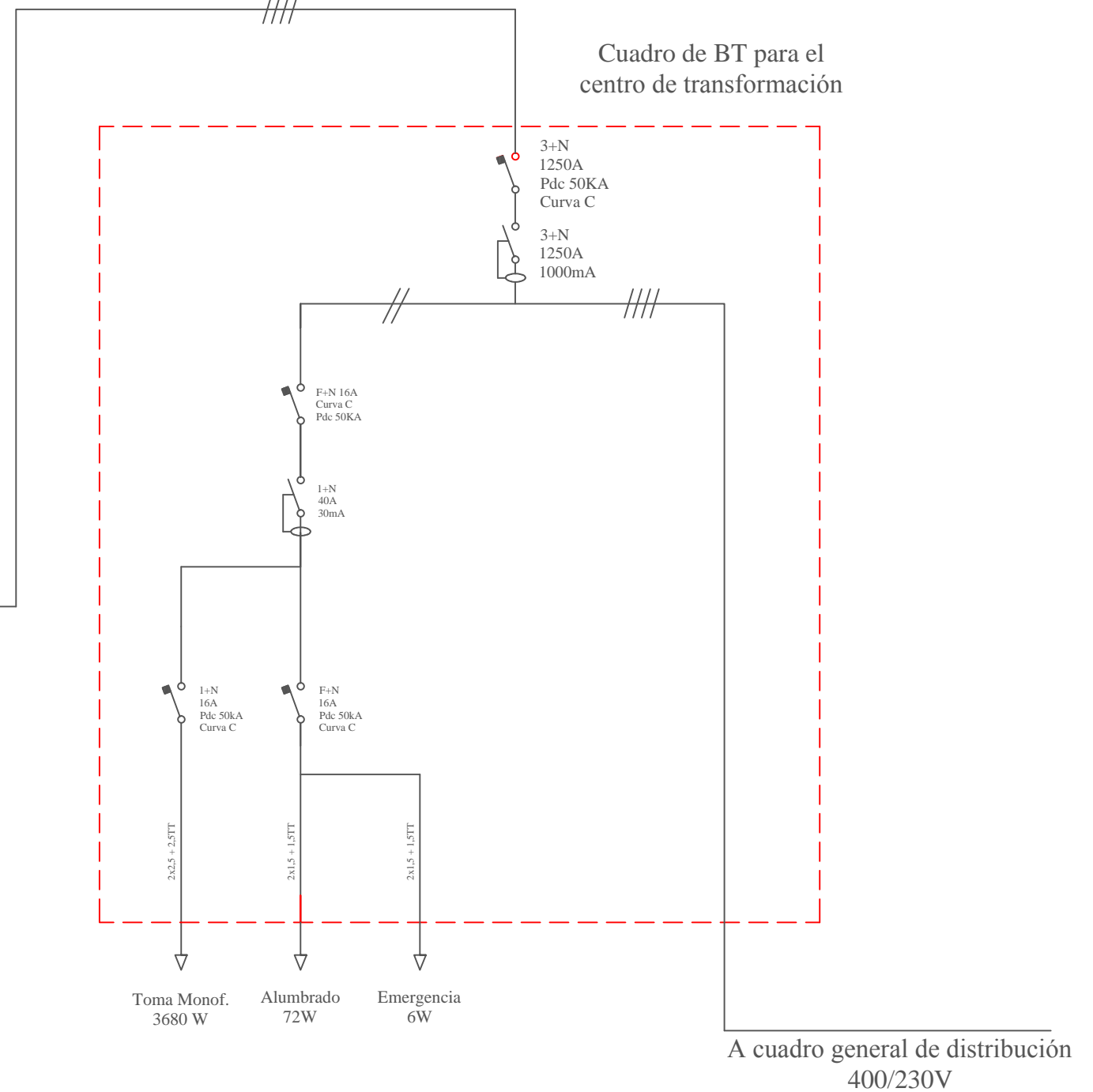
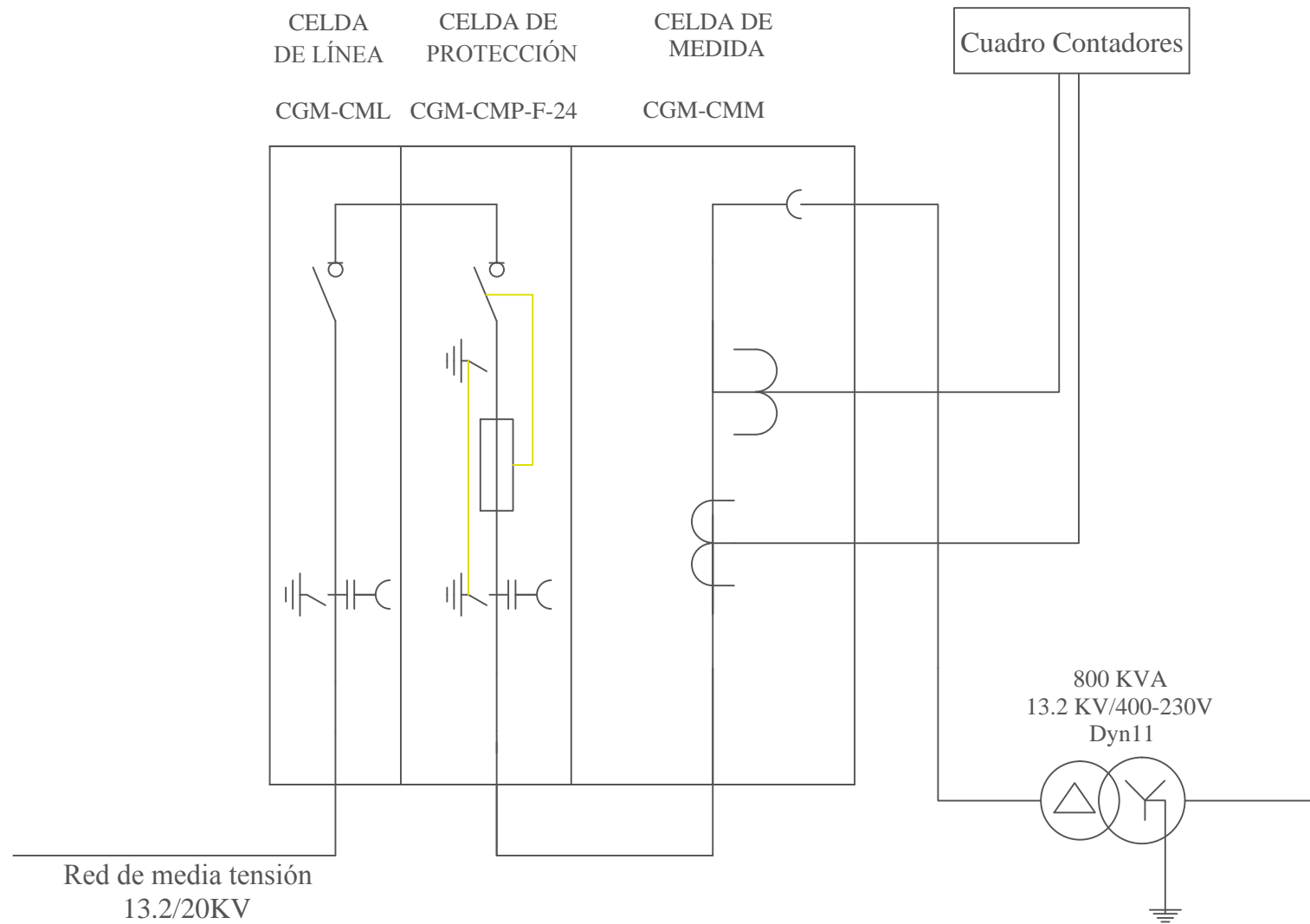
- 
Pica de 2m de longitud y 14 mm de diámetro.
- 
Arqueta de registro.
- 
Caja de medición y seccionamiento dispuesta a tierra que une el anillo de tierra con el C.G.D
- 
Cable de cobre desnudo de 50mm<sup>2</sup> de sección, enterrado a una profundidad de 0,8m.

 <p>Universidad Pública de Navarra <i>Nafarroako Unibertsitate Publikoa</i></p>	<b>E.T.S.I.I.T.</b>	DEPARTAMENTO: <b>DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL</b>		
	<b>INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.</b>			
PROYECTO: <b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN</b>		REALIZADO: <b>LÓPEZ DE GOICOECHEA, DAVID</b>		
		FIRMA:		
PLANO:	<b>PUESTA A TIERRA NAVE</b>	FECHA: <b>8/2013</b>	ESCALA: <b>1:500</b>	Nº PLANO: <b>9</b>

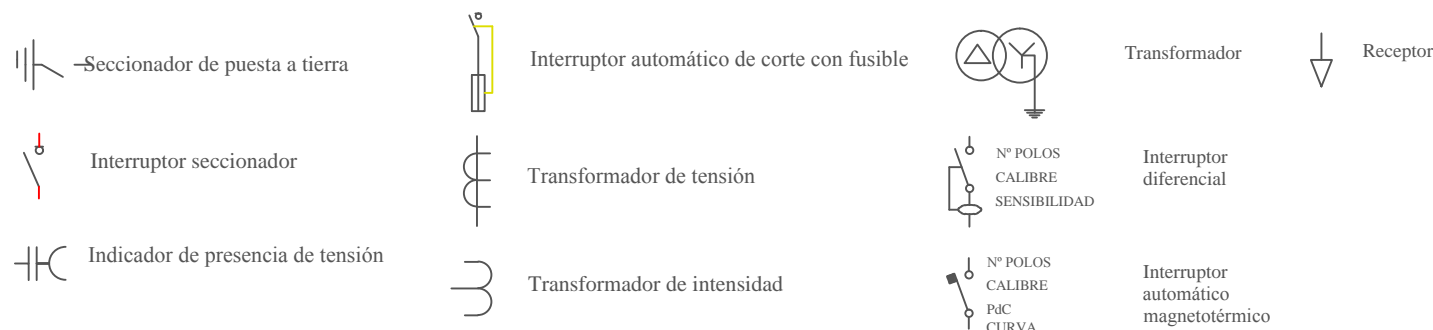




 Universidad Pública de Navarra <i>Nafarroako</i> <i>Unibertsitate Publikoa</i>	<b>E.T.S.I.I.T.</b>	<b>DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL</b>	
	<b>INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.</b>	<b>REALIZADO: LÓPEZ DE GOICOECHEA, DAVID</b>	
<b>PROYECTO: INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN</b>		<b>FIRMA:</b>	
<b>PLANO: CENTRO DE TRANSFORMACIÓN</b>	<b>FECHA: 8/2013</b>	<b>ESCALA:</b>	<b>Nº PLANO: 10</b>



**Legenda:**



CGM-CML: Celda de línea	Un=24kV, In=400A Interruptor-seccionador Intensidad de cortocircuito: 16kA-20kA Capacidad de cierre: 40kA
CGM-CMP-F-24: Celda de protección con fusible	Un=24kV, In=400A Interruptor-seccionador Intensidad de cortocircuito: 16kA-20kA Capacidad de cierre: 40kA Fusibles: 3x63A
CGM-CMM: Celda de medida	Un=24kV, In=400A 3 transformadores de intensidad, relación: 30-60/5A Clase 05 Aislamiento 24 kV 3 transformadores de intensidad, relación: 13200-22000/110 Clase 05 Aislamiento 24 kV



Universidad Pública  
de Navarra  
*Nafarroako*  
*Unibertsitate Publikoa*

**E.T.S.I.I.T.**  
**INGENIERO**  
**TECNICO INDUSTRIAL E.**

DEPARTAMENTO:  
**DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL**

PROYECTO:  
**INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN**

REALIZADO:  
**LÓPEZ DE GOICOECHEA, DAVID**

PLANO:  
**ESQUEMA UNIFILAR CENTRO DE TRANSFORMACIÓN**

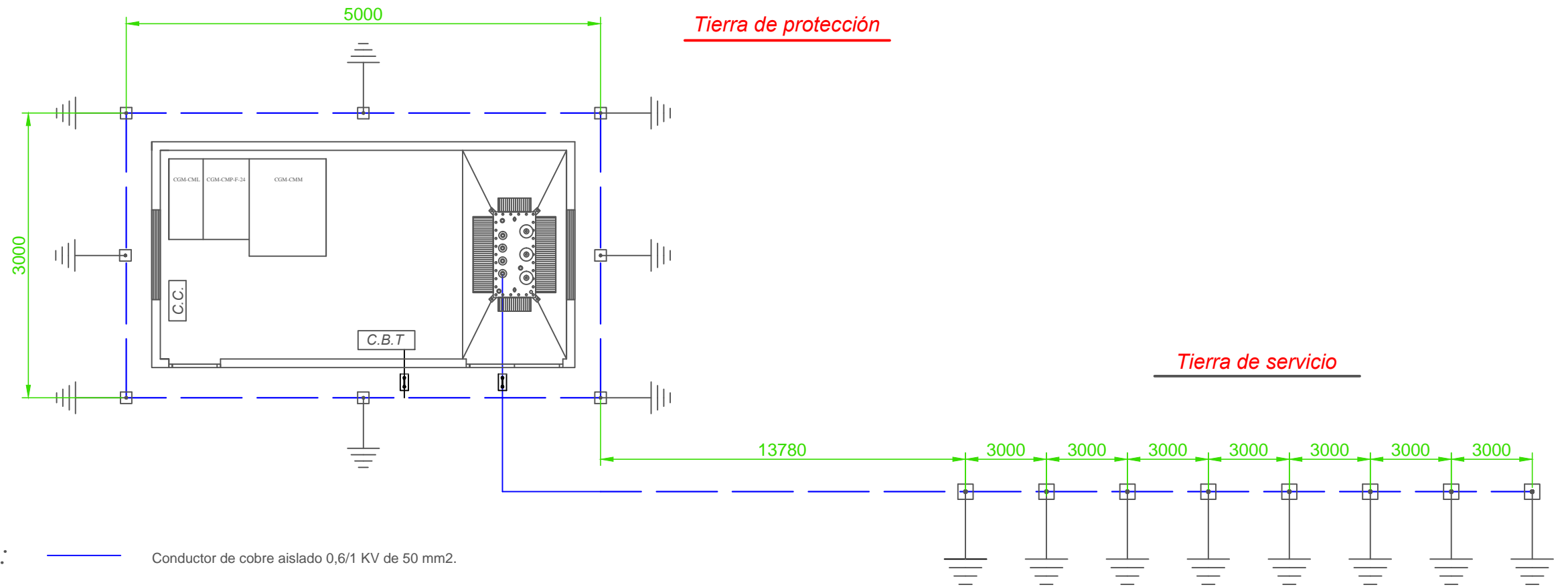
FIRMA:

FECHA:  
**8/2013**

ESCALA:

Nº PLANO:  
**11**

**Planta**



**Leyenda:**

- Conductor de cobre aislado 0,6/1 KV de 50 mm<sup>2</sup>.
- Conductor de cobre desnudo de 50 mm<sup>2</sup>.
- Pica de cobre de 14 mm de diámetro.
- Arqueta de registro.
- Caja de medición y seccionamiento de puesta a tierra.

**Nota:**

*-Tierra de protección:* Código UNESA 50-30/8/84. Las picas tendrán un diámetro de 14 mm y una longitud de 4 m. Se enterrarán verticalmente a una profundidad de 0,8 m. Formarán un rectángulo de dimensiones 5 x 3 m, y estarán unidas mediante conductor desnudo CU de 50 mm<sup>2</sup>.

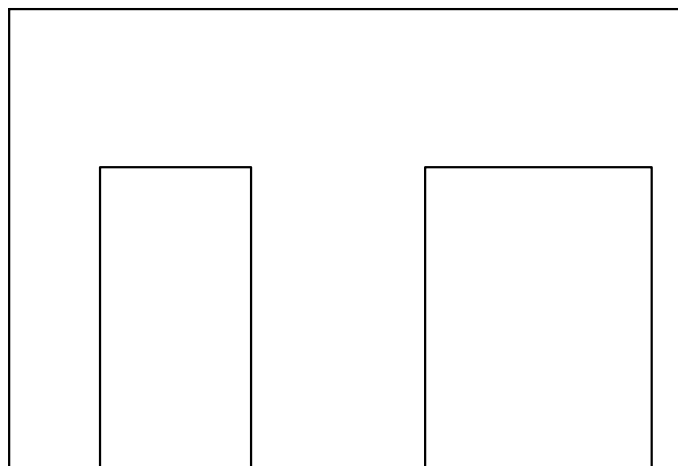
*-Tierra de servicio:* Código UNESA 8/82. Las picas tendrán un diámetro de 14 mm y una longitud de 2 m. Se enterrarán verticalmente a una profundidad de 0,8 m. Se situarán en hilera distanciadas entre sí 3 m, y estarán unidas mediante conductor desnudo CU de 50 mm<sup>2</sup>.

 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<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 EN B.T. DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN</b>		REALIZADO: LÓPEZ DE GOICOECHEA, DAVID
PLANO: <b>TIERRAS DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN</b>	FECHA: <b>8/2013</b>	ESCALA: <b>1:50</b>	Nº PLANO: <b>12</b>

# CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE SUPERFICIE

Dimensiones Planta: 4,46 x 2,38 x 3,045 m

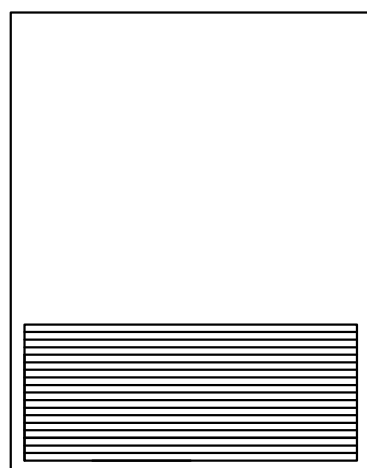
Fachada delantera



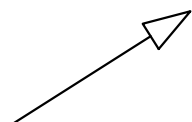
Fachada trasera



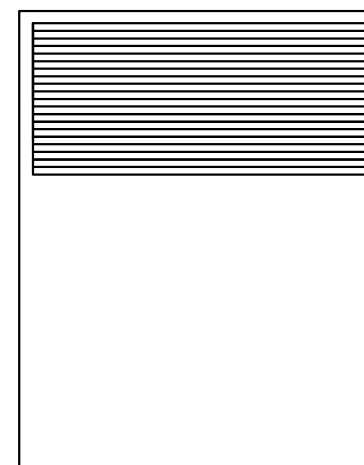
Fachada lateral izquierda



Rejilla de entrada  
(2,2 x 0,9 m)



Fachada lateral derecha



Rejilla de salida  
(2,2 x 1 m)

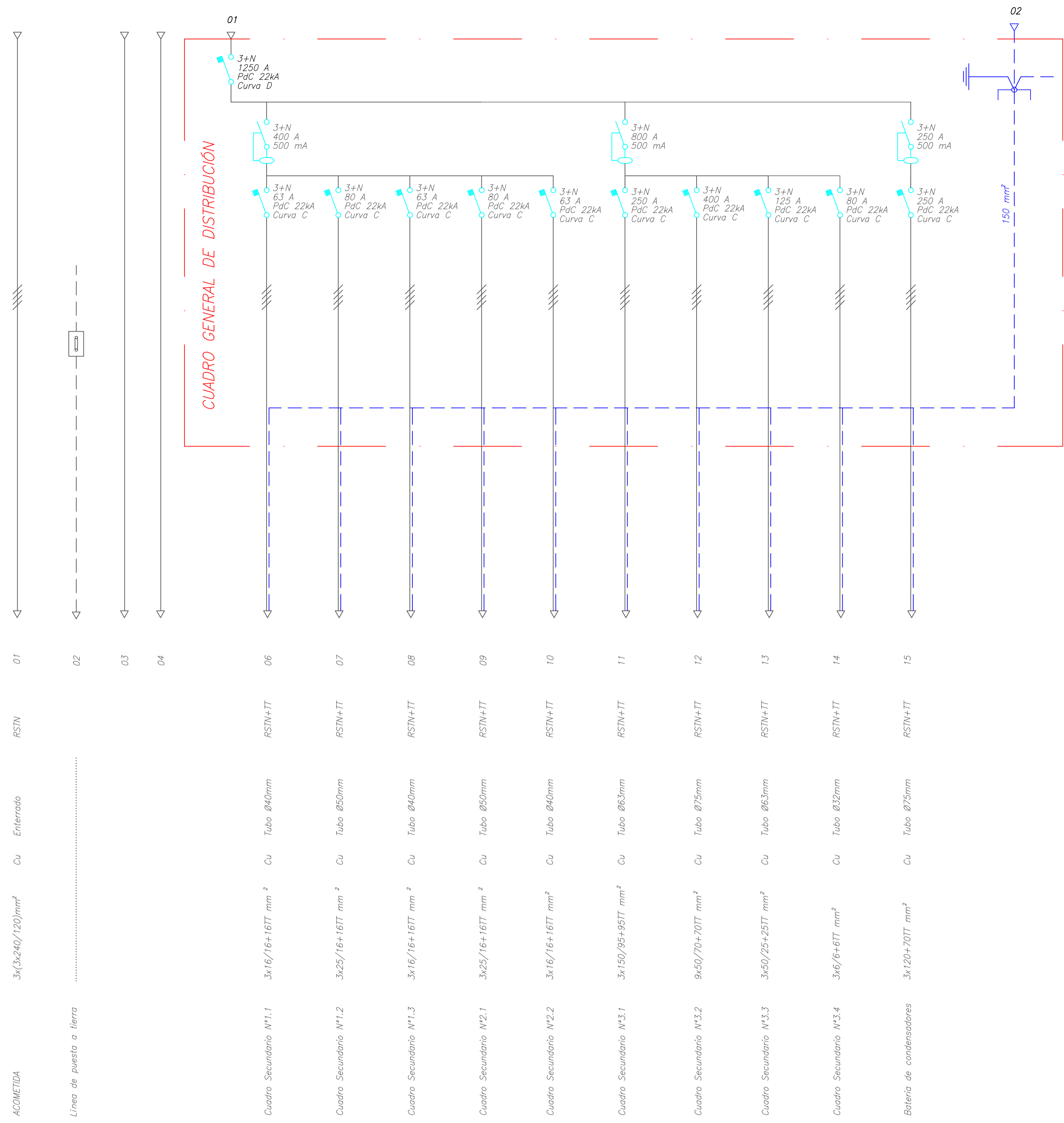


NOTA:

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 (respecto al centro de cada rejilla).

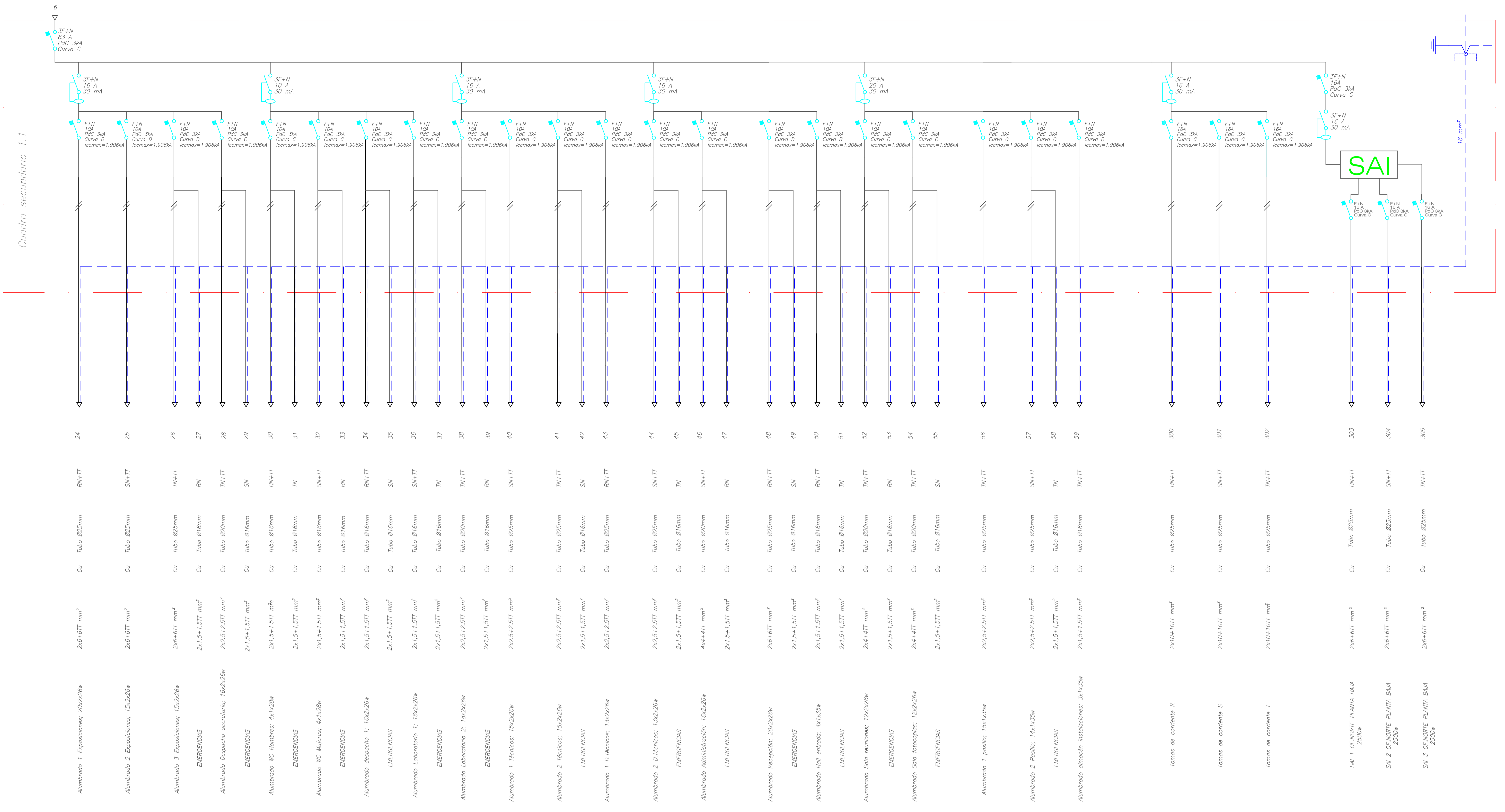
 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>E.T.S.I.I.T.</b>	DEPARTAMENTO: <b>DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL</b>	
	<b>INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.</b>		
PROYECTO: <b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN</b>		REALIZADO: <b>LÓPEZ DE GOICOECHEA DAVID</b>	
PLANO: <b>DISTRIBUCIÓN REJILLADO DEL C.T.</b>		FIRMA:	
	FECHA: <b>8/2013</b>	ESCALA: <b>1:50</b>	Nº PLANO: <b>13</b>



**Leyenda:**

	Barra de puesta a tierra		Nº DE POLOS CALIBRE SENSIBILIDAD Interruptor diferencial
	Arqueta de conexión		Nº DE POLOS CALIBRE PdC CURVA Interruptor automático
	Toma de tierra		SAI Equipo de alimentación ininterrumpida
	Receptor		

Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<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 EN B.T. DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN</b>	
PLANO: <b>CUADRO GENERAL DE DISTRIBUCIÓN</b>		REALIZADO: <b>LÓPEZ DE GOICOECHA, DAVID</b> FIRMA:
FECHA: 8/2013	ESCALA:	Nº PLANO: 14

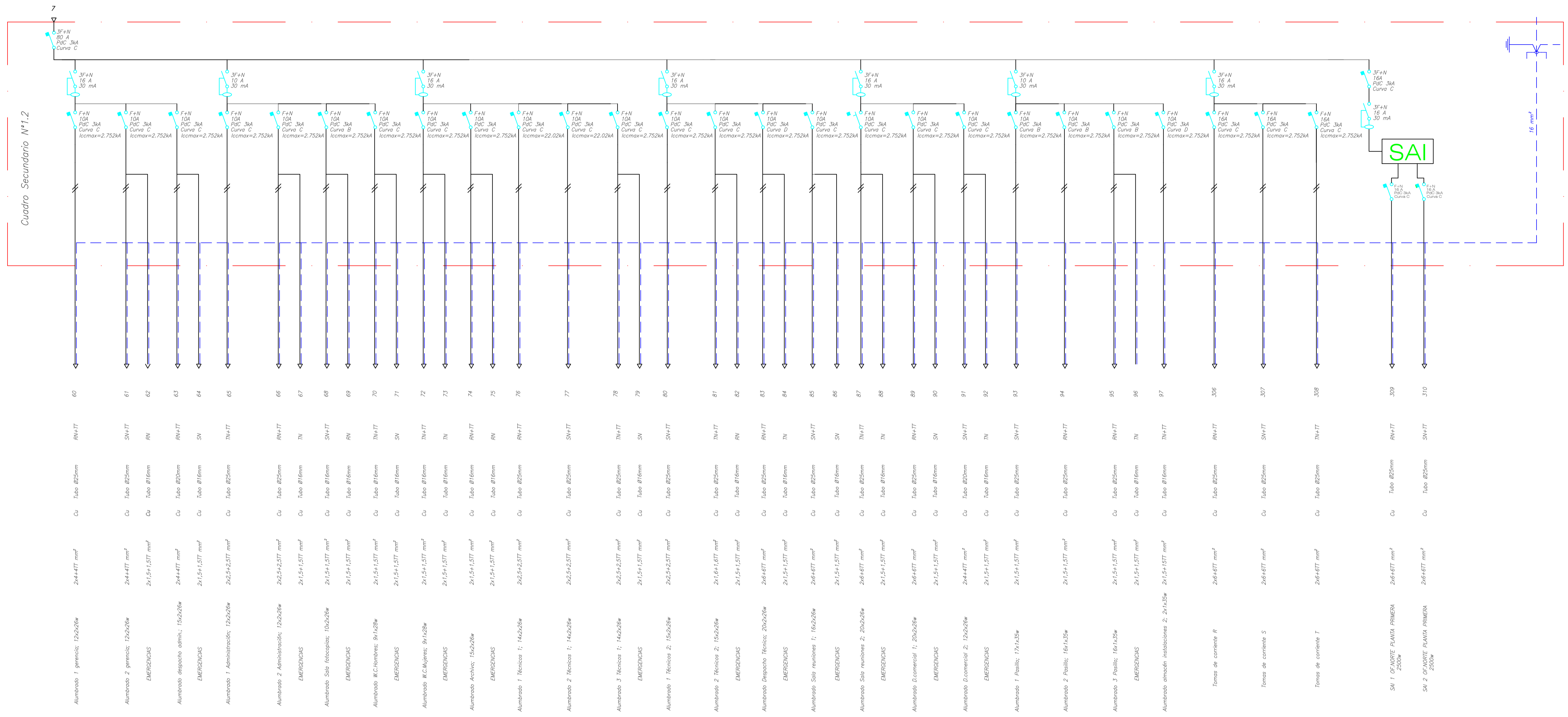


Cuadro secundario 1.1

**Legenda:**

	Barra de puesta a tierra		Nº DE POLOS CALIBRE SENSIBILIDAD Interruptor diferencial
	Arqueta de conexión		Nº DE POLOS CALIBRE PdC CURVA Interruptor automático
	Toma de tierra		Equipo de alimentación ininterrumpida
	Receptor		

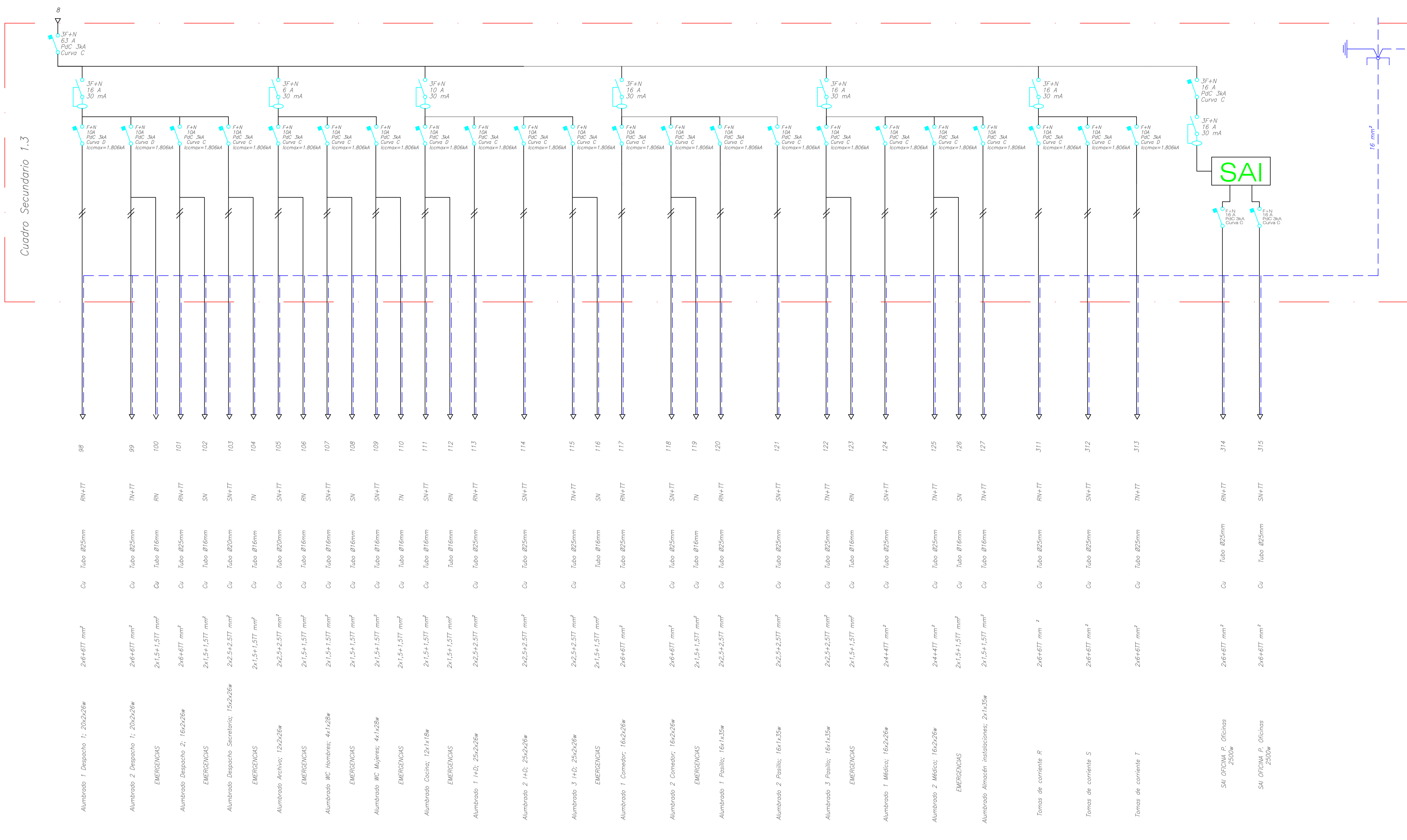
Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>E.T.S.I.I.T.</b> <b>INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.</b>	DEPARTAMENTO: <b>DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL</b>
	PROYECTO: <b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN</b>	REALIZADO: <b>LÓPEZ DE GOICOECHEA, DAVID</b>
PLANO: <b>CUADRO SECUNDARIO 1.1 OFI.NORTE PLANTA BAJA</b>	FECHA: <b>8/2013</b>	ESCALA: <b>Nº PLANO:          15</b>



**Legenda:**

	Barra de puesta a tierra		N° DE POLOS CALIBRE SENSIBILIDAD	Interruptor diferencial
	Arqueta de conexión		N° DE POLOS CALIBRE PdC CURVA	Interruptor automático
	Toma de tierra			Equipo de alimentación ininterrumpida
	Receptor			

Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<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 EN B.T. DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN</b>	REALIZADO: <b>LÓPEZ DE GOICOECHEA, DAVID</b>
PLANO: <b>Cuadro secundario 1.2: oficina norte planta primera</b>	FIRMA:	FECHA: <b>8/2013</b>
	ESCALA:	Nº PLANO: <b>16</b>



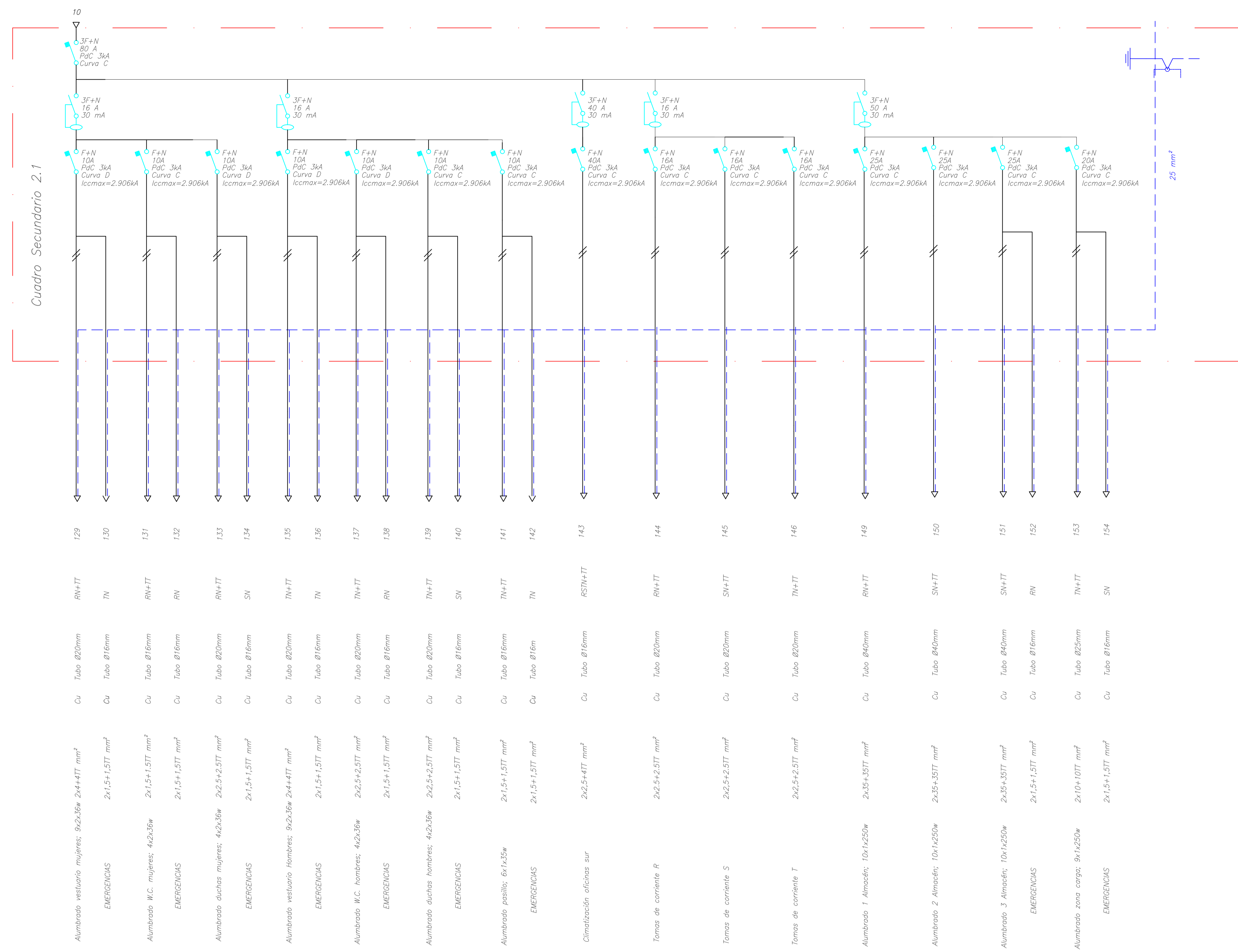
Cuadro Secundario 1.3

**Legenda:**

	Barra de puesta a tierra		Nº DE POLOS CALIBRE SENSIBILIDAD Interruptor diferencial
	Arqueta de conexión		Nº DE POLOS CALIBRE PcC CURVA Interruptor automático
	Toma de tierra		Equipo de alimentación ininterrumpida
	Receptor		

Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<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 EN B.T. DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN</b>	REALIZADO: <b>LÓPEZ DE GOICOECHA, DAVID</b>
PLANO: <b>CUADRO SECUNDARIO 1.3 OFI. NORTE PLANTA SEGUNDA</b>	FECHA: <b>8/2013</b>	ESCALA: <b>Nº PLANO:          17</b>





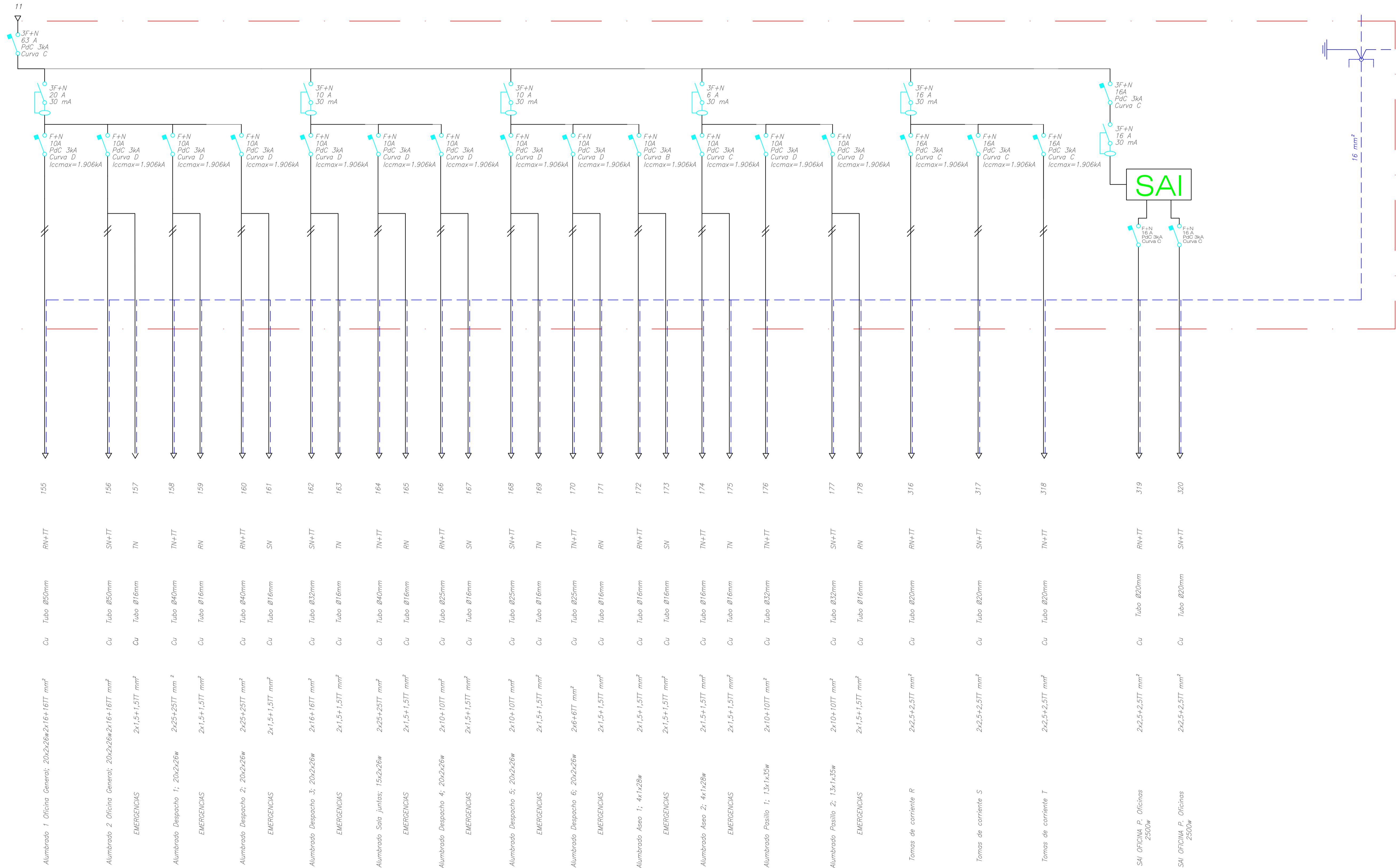
Cuadro Secundario 2.1

**Leyenda:**

	Barra de puesta a tierra		Interrupor diferencial
	Arqueta de conexión		Interrupor automático
	Toma de tierra		Equipo de alimentación ininterrumpida
	Receptor		

Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<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 EN B.T. DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN</b>	REALIZADO: <b>LÓPEZ DE GOICOECHEA, DAVID</b>
PLANO: <b>Cuadro secundario 2.1: oficina sur planta baja</b>	FECHA: <b>8/2013</b>	ESCALA: <b>Nº PLANO:          18</b>

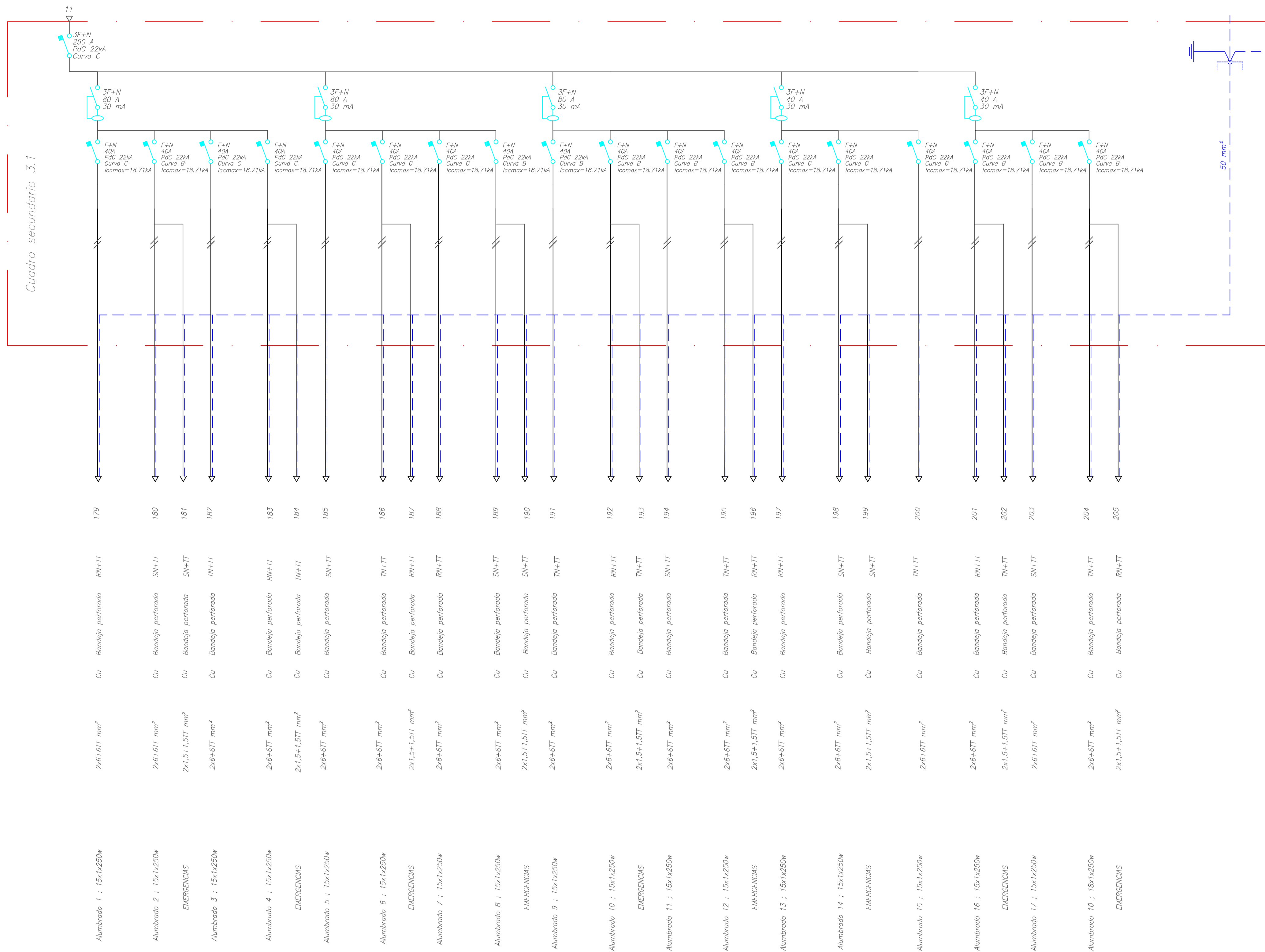
Cuadro Secundario 2.2



**Leyenda:**

	Barra de puesta a tierra		Nº DE POLOS CALIBRE SENSIBILIDAD Interruptor diferencial
	Arqueta de conexión		Nº DE POLOS CALIBRE PdC CURVA Interruptor automático
	Toma de tierra		SAI Equipo de alimentación ininterrumpida
	Receptor		

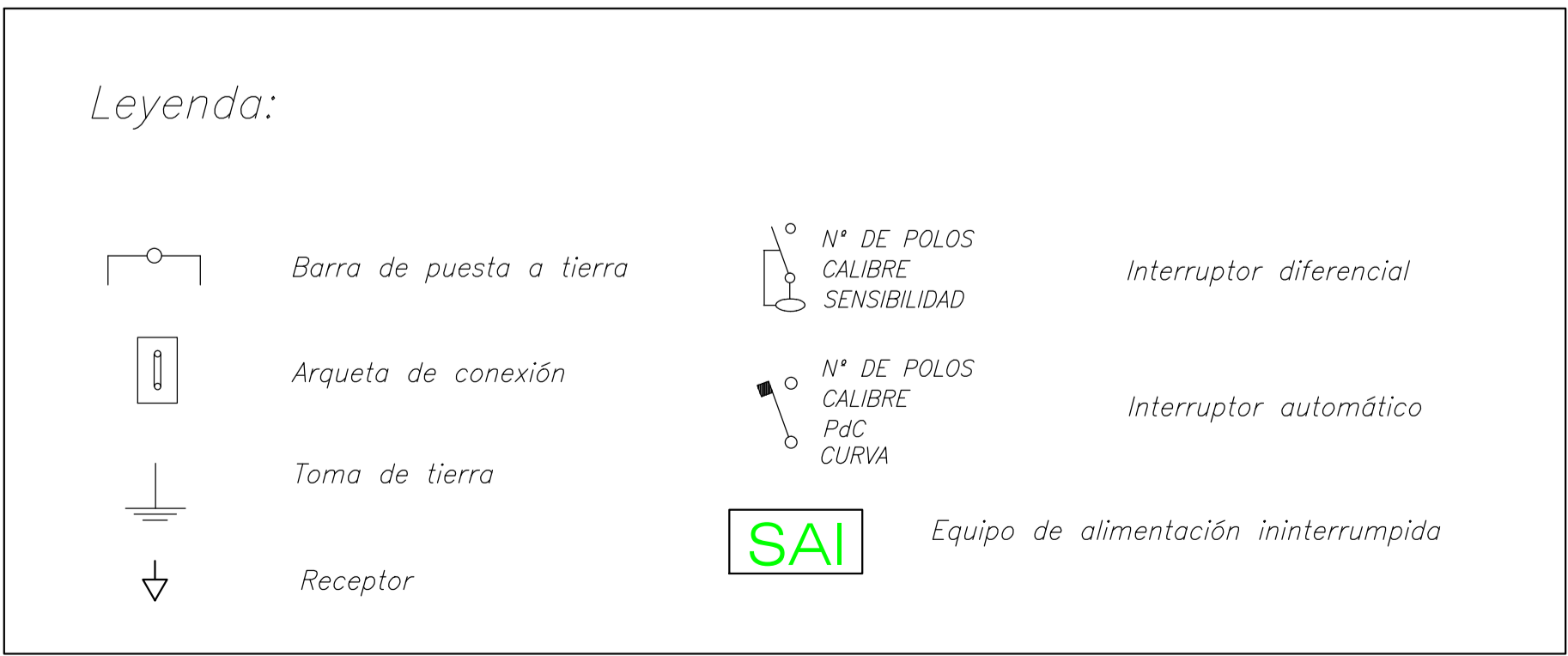
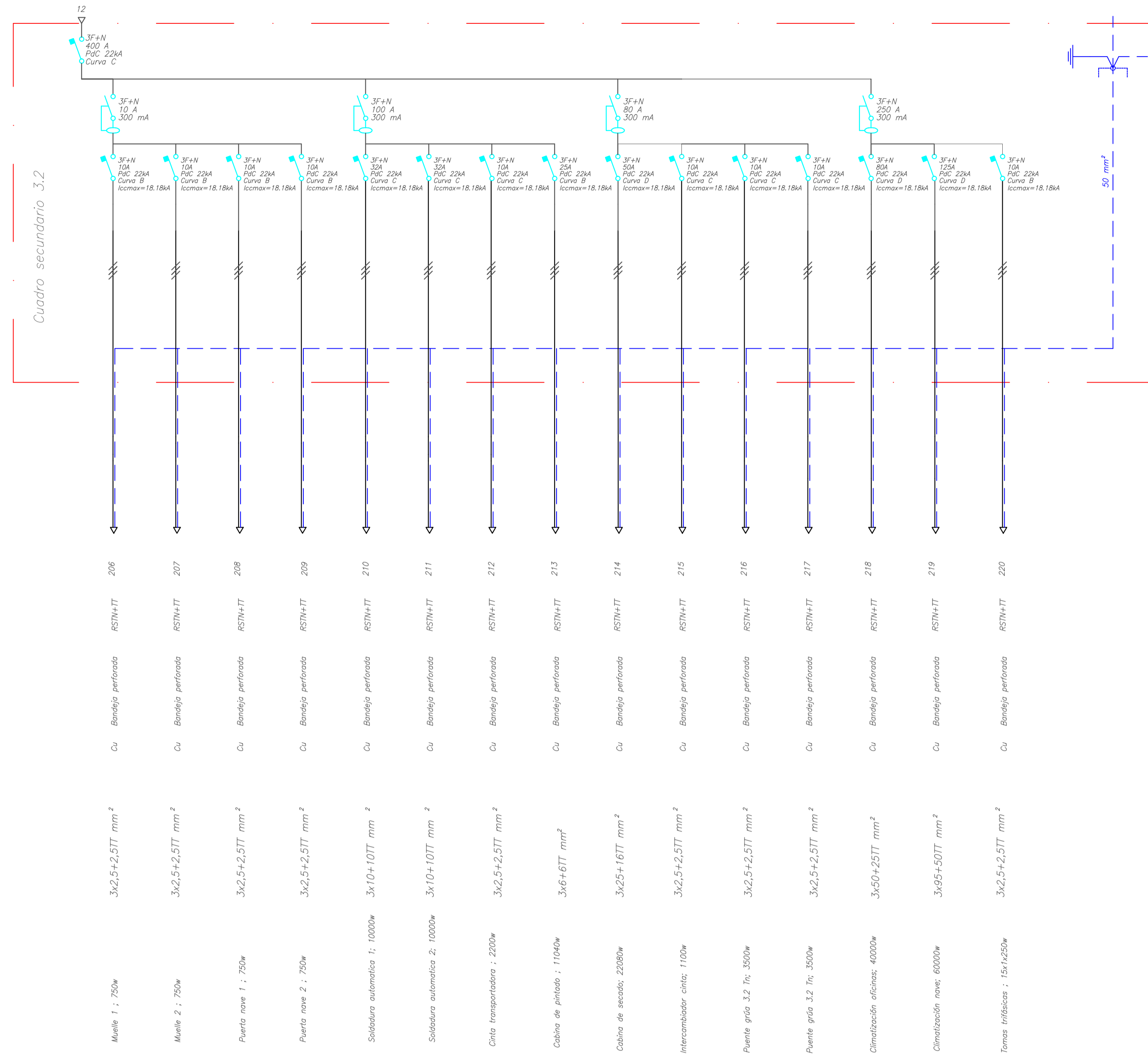
Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>E.T.S.I.I.T.</b> INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL
	PROYECTO: INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	
PLANO: Cuadro secundario 2.2: oficina sur planta primera		REALIZADO: LÓPEZ DE GOICOECHEA, DAVID
FECHA: 08/2013		ESCALA: Nº PLANO: 19



**Leyenda:**

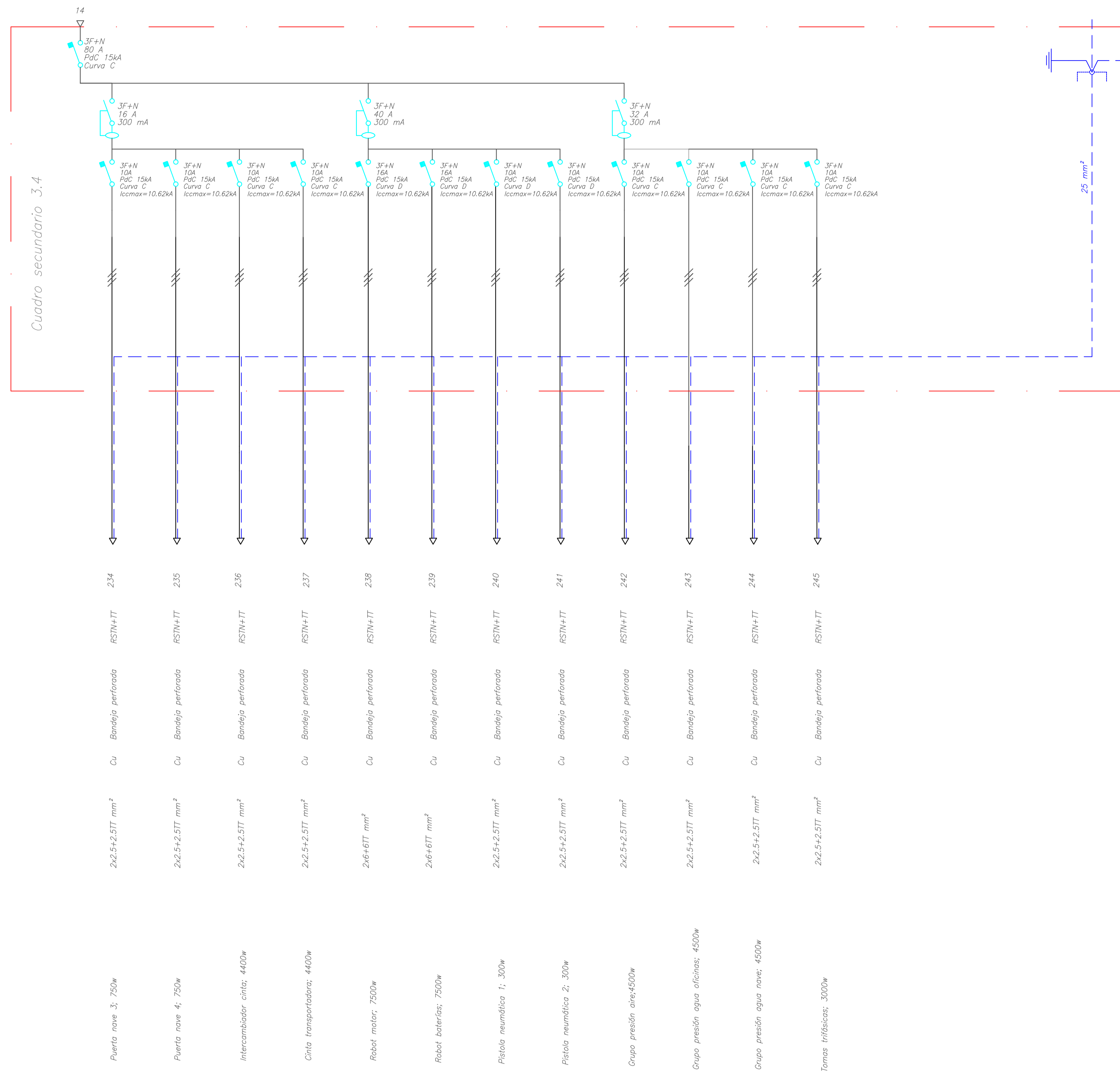
	Barra de puesta a tierra		Nº DE POLOS CALIBRE SENSIBILIDAD Interruptor diferencial
	Arqueta de conexión		Nº DE POLOS CALIBRE PaC CURVA Interruptor automático
	Toma de tierra		SAI Equipo de alimentación ininterrumpida
	Receptor		

Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<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 EN B.T. DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN</b>	
PLANO: <b>CUADRO SECUNDARIO 3.1: ALUMBRADO FÁBRICA</b>		REALIZADO: <b>LÓPEZ DE GOICOECHEA, DAVID</b> FIRMA:
FECHA: <b>8/2013</b>	ESCALA:	Nº PLANO: <b>20</b>



Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>E.T.S.I.I.T.</b>	DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL
	<b>INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.</b>	REALIZADO: LÓPEZ DE GOICOECHEA, DAVID
PROYECTO: <b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN</b>		FIRMA:
PLANO: <b>CUADRO SECUNDARIO 3.2: LÍNEA 1</b>	FECHA: <b>8/2013</b>	ESCALA: <b>Nº PLANO: 21</b>





**Leyenda:**

	Barra de puesta a tierra		Interrupor diferencial
	Arqueta de conexión		Interrupor automático
	Toma de tierra		Equipo de alimentación ininterrumpida
	Receptor		

Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>E.T.S.I.I.T.</b>	DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL
	INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	REALIZADO: LÓPEZ DE GOICOECHEA, DAVID
PROYECTO: INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN		FIRMA:
PLANO: CUADRO SECUNDARIO 3.4: LÍNEA 3	FECHA: 8/2013	ESCALA: Nº PLANO: 23



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

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

DOCUMENTO 4: PLIEGO DE CONDICIONES

Alumno: David López de Goicoechea Ojer

Tutor: José Vicente Valdenebro

Pamplona, Noviembre de 2013



## **PLIEGO DE CONDICIONES**

### **INDICE:**

<b><u>4.1 OBJETO</u></b>	<b>3</b>
<b><u>4.2 CONDICIONES GENERALES</u></b>	
4.2.1 NORMAS GENERALES	3
4.2.2 ÁMBITO DE APLICACIÓN	3
4.2.3 CONFORMIDAD O VARIACIÓN DE LAS CONDICIONES	3
4.2.4 RESCISIÓN	3
4.2.5 CONDICIONES GENERALES	4
<b><u>4.3 CONDICIONES GENERALES DE EJECUCIÓN</u></b>	
4.3.1 DATOS DE OBRA	4
4.3.2 OBRAS QUE COMPRENDE	4
4.3.3 MEJORAS Y VARIACIONES DEL PROYECTO	4
4.3.4 PERSONAL	5
4.3.5 CONDICIONES DE PAGO	5
<b><u>4.4 CONDICIONES PARTICULARES</u></b>	
4.4.1 DISPOSICIONES APLICABLES	6
4.4.2 CONTRADICCIONES Y OMISIONES DEL PROYECTO	6
4.4.3 PROTOTIPOS	6
<b><u>4.5 NORMATIVA GENERAL</u></b>	<b>6</b>
<b><u>4.6 CONDUCTORES</u></b>	
4.6.1 MATERIALES	7
4.6.2 REDES AÉREAS PARA DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA. CÁLCULO MECÁNICO Y EJECUCIÓN DE LAS INSTALACIONES	
4.6.2.1 INSTALACIONES DE CONDUCTORES AISLADOS	8
4.6.2.2 SECCIÓN MÍNIMA DEL CONDUCTOR NEUTRO	8
4.6.2.3 CONTINUIDAD DEL CONDUCTOR NEUTRO	9
4.6.3 SECCIÓN DE LOS CONDUCTES. CAÍDAS DE TENSIÓN	9
<b><u>4.7 RECEPTORES</u></b>	
4.7.1 CONDICIONES GENERALES DE LA INSTALACIÓN	9
4.7.2 CONEXIONES DE RECEPTORES	10
4.7.3 RECEPTORES DE ALUMBRADO. INSTALACIÓN	10
4.7.4 RECEPTORES A MOTOR. INSTALACIÓN	11





<b>4.7.5 APARATOS DE CALDEO. INSTALACIÓN</b>	<b>11</b>
<b><u>4.8 PROTECCIÓN CONTRA SOBREINTENSIDADES Y SOBRETENSIONES</u></b>	
<b>4.8.1 PROTECCIÓN DE LAS INSTALACIONES</b>	
<b>4.8.1.1 PROTECCIÓN CONTRA SOBREINTENSIDADES</b>	<b>11</b>
<b>4.8.1.2 PROTECCIÓN CONTRA SOBRECARGAS</b>	<b>12</b>
<b>4.8.2 SITUACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN</b>	<b>12</b>
<b>4.8.3 CARACTERÍSTICAS DE LOS DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN</b>	<b>12</b>
<b><u>4.9 PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS DIRECTOS E INDIRECTOS</u></b>	
<b>4.9.1 PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS DIRECTOS.</b>	<b>13</b>
<b>4.9.2 PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS INDIRECTOS</b>	<b>13</b>
<b>4.9.3 PUESTA A TIERRA DE LAS MASAS Y DISPOSITIVOS DE CORTE POR INTENSIDAD DE DEFECTO</b>	<b>14</b>
<b><u>4.10 ALUMBRADOS ESPECIALES</u></b>	
<b>4.10.1 ALUMBRADO DE EMERGENCIA</b>	<b>15</b>
<b>4.10.2 ALUMBRADO DE SEÑALIZACIÓN</b>	<b>15</b>
<b>4.10.3 LOCALES QUE DEBERÁN SER PROVISTOS DE ALUMBRADOS ESPECIALES</b>	<b>16</b>
<b>4.10.4 FUENTES PROPIAS DE ENERGÍA</b>	<b>16</b>
<b>4.10.5 INSTRUCCIONES COMPLEMENTARIAS</b>	<b>16</b>
<b><u>4.11 LOCAL</u></b>	
<b>4.11.1 PRESCRIPCIONES DE CARÁCTER GENERAL</b>	<b>16</b>
<b><u>4.12 MEJORAMIENTO DEL FACTOR DE POTENCIA</u></b>	<b>18</b>
<b><u>4.13 PUESTAS A TIERRA</u></b>	
<b>4.13.1 OBJETIVO DE LA PUESTA A TIERRA</b>	<b>18</b>
<b>4.13.2 DEFINICIÓN</b>	<b>18</b>
<b>4.13.3 PARTES QUE COMPRENDE LA PUESTA</b>	<b>18</b>
<b>4.13.4 ELECTRODOS, NATURALEZA, CONSTITUCIÓN, DIMENSIONES Y CONDICIONES DE INSTALACIÓN</b>	<b>20</b>
<b>4.13.5 RESISTENCIA DE TIERRA</b>	<b>20</b>
<b>4.13.6 CARACTERÍSTICAS Y CONDICIONES DE INSTALACIÓN DE LAS LÍNEAS DE ENLACE CON TIERRA, DE LAS LÍNEAS PRINCIPALES DE TIERRA Y DE SUS DERIVACIONES</b>	<b>21</b>
<b>4.13.7 SEPARACIÓN ENTRE LAS TOMAS DE TIERRA DE LAS MASAS, DE LAS INSTALACIONES DE UTILIZACIÓN Y LAS MASAS DE UN CENTRO DE TRANSFORMACIÓN</b>	<b>22</b>
<b>4.13.8 REVISIÓN DE LAS TOMAS DE TIERRA</b>	<b>22</b>



## **4.1 OBJETO**

El objeto de este pliego de condiciones es establecer las exigencias que deben satisfacer los materiales, el montaje y la realización de la obra de la instalación eléctrica de baja tensión y el centro de transformación de una nave industrial dedicada al montaje y comercialización de autobuses urbanos eléctricos.

La nave está situada en el polígono Barranquiel, que se encuentra en el área industrial AR7A de Tafalla (Navarra). Este polígono está situado al lado del acceso sur de la autopista AP-15 en Tafalla y linda con la carretera N-121.

## **4.2 CONDICIONES GENERALES**

### **4.2.1 NORMAS GENERALES**

Todas las instalaciones que se realicen en el desarrollo del presente proyecto, deberían cumplir lo preceptuado.

### **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 obra necesarias para efectuar debidamente la instalación eléctrica de la nave industrial anteriormente descrita.

### **4.2.3 CONFORMIDAD O VARIACIÓN DE LAS CONDICIONES**

Se aplicarán estas condiciones para todas las obras 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**

Si la ejecución de las obras no fuera efectuada, o si el material presentado no reuniese las condiciones necesarias, se podrá proceder a la rescisión del contrato con pérdida de la fianza.

En este caso se fijará un plazo para tomar las medidas cuya paralización pudiera perjudicar las obras sin que durante este plazo se empiecen más trabajos. No se abandonarán los acopios que se hubieran efectuado.



#### **4.2.5 CONDICIONES GENERALES**

El contratista deberá cumplir cuantas disposiciones vigentes hubiera de carácter social y de protección a la empresa nacional.

#### **4.3 CONDICIONES GENERALES DE EJECUCIÓN**

##### **4.3.1 DATOS DE OBRA**

Se entregará al contratista una copia de los planos, memoria y pliegos de condiciones, así como cuantos planos o datos necesite la completa ejecución de la obra.

El contratista podrá tomar nota o sacar copia, a su costa, del presupuesto y anexos del proyecto, así como segundas copias de todos los documentos.

##### **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 hubiera, y de acuerdo con las normas de la empresa suministradora.

El contratista, salvo aprobación por escrito del director de obra, no podrá hacer ninguna modificación de cualquier naturaleza, tanto en la ejecución de las obras en relación con el proyecto, como en las condiciones técnicas específicas.

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:
  - Colocación de luminarias.
  - Colocación de cableado.
  - Instalación de las protecciones eléctricas.
  - Colocación de bandejas y tubos protectores para cableado.
  - Ejecución del centro de transformación.

### 4.3.3 MEJORAS Y VARIACIONES DEL PROYECTO

No se consideran como mejoras o variaciones del proyecto nada más que aquellas que hayan sido ordenadas expresamente, por escrito, por el director de obra y convenido precio antes de proceder a su ejecución.

Las obras accesorias o delicadas, no incluidas en los precios de adjudicación, podrán ejecutarse con personal independiente del contratista.

### 4.3.4 PERSONAL

El contratista no podrá utilizar en los trabajos 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 en varios puntos a la vez.

El contratista tendrá al frente de los trabajadores personal idóneo, el cual deberá atender cuantas órdenes procedan de la dirección técnica de las obras, estando a la expectativa, con objeto de que se lleven con el orden debido.

### 4.3.5 CONDICIONES DE PAGO

Se abonarán las unidades realmente ejecutadas, completamente terminadas, a los precios indicados en el presupuesto, y aplicándoles el coeficiente de subasta si lo hubiere.

Si alguna obra no se halla debidamente ejecutada, con sujeción estricta a las condiciones del contrato y fuese, sin embargo, admitida, podrá ser recibida provisional y aun definitivamente, en su caso; pero el contratista quedará obligado a conformarse con la rebaja que el director de obra señale y la propiedad apruebe, salvo en el caso que prefiera demolerla y rehacer a su costa, con arreglo a las condiciones del contrato.

No tendrá derecho el contratista a abono de obras ejecutadas sin orden concreta de la propiedad o del director de obra. Las obras accesorias y auxiliares ordenadas al contratista, se abonarán a precios de la contrata, si le son aceptables, con la rebaja correspondiente o la bonificación hecha en subasta. Si contienen materiales o unidades de obra no previstas en el proyecto, y que por tanto, no tiene precio señalado en el presupuesto, se determinará previamente el correspondiente precio contradictorio entre la propiedad y el contratista. Si se ejecutan las obras sin haberse cumplido este requisito previo, deberá conformarse con la tasación que realiza el director de obra.

Cuando la propiedad o el director de obra presumiese la existencia de vicios o defectos de construcción, sea en el curso de ejecución de obra o antes de su recepción definitiva, podrán ordenar la demolición y reconstrucción en la pared 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**

Además 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 las 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 la 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 estuviesen 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 1000 V 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 50 KVA, 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. CONDUCTORES**

### **4.6.1 MATERIALES**

Los conductores utilizados en las redes aéreas serán de cobre, aluminio o de otros materiales o aleaciones que posean características eléctricas y mecánicas adecuadas. Pueden ser desnudos o aislados. Los conductores aislados serán de tensión nominal no inferior a 100 V. Y tendrán un aislamiento apropiado que garantice una buena resistencia a las acciones de la intemperie. Podrán utilizarse conductores de menor tensión nominal siempre que cumplan las condiciones de instalación señaladas para los mismos en la instrucción ITC BT 03.

Los aisladores serán de porcelana, vidrio o de otros materiales aislantes equivalentes que resistan las acciones de la intemperie, especialmente las variaciones de temperatura y la corrosión, debiendo ofrecer una resistencia suficiente a los esfuerzos mecánicos a que estén sometidos.

#### **4.6.2 REDES AÉREAS PARA DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA. CÁLCULO MECÁNICO Y EJECUCIÓN DE LAS INSTALACIONES**

##### **4.6.2.1 INSTALACIONES DE CONDUCTORES AISLADOS**

Cuando se trate de conductores de tensión nominal inferior a 1000 V:

- a) Sobre aisladores de 1000 voltios de tensión nominal.
- b) Bajo envueltas aislantes resistentes a la intemperie que proporcionen un aislamiento con relación a tierra equivalente a 1000 voltios de tensión nominal.

Los empalmes y conexiones de conductores se realizarán cuidadosamente, de modo que en ellos la elevación de temperatura no sea superior a la de los conductores.

Se utilizarán piezas metálicas apropiadas resistentes a la corrosión, que aseguren un contacto eléctrico eficaz. En los conductores sometidos a tracción mecánica, los empalmes deberán soportar sin rotura ni deslizamiento del conductor, el 90 % de su carga de rotura, no siendo admisible en estos empalmes su realización por soldadura o por torsión directa de los conductores, aunque este último sistema puede utilizarse cuando estos sean de cobre y su sección no superior a 100 mm<sup>2</sup>.

En los empalmes y conexiones de conductores aislados o de estos con conductores desnudos se utilizarán accesorios adecuados resistentes a las acciones de la intemperie y se colocarán de forma que evite la filtración de humedad en los conductores aislados.

Las derivaciones se harán en las proximidades inmediatas de los soportes de línea (aisladores, cajas de derivación, etc) y no originarán tracción mecánica sobre la misma.

##### **4.6.2.2 SECCIÓN MÍNIMA DEL CONDUCTOR NEUTRO**

El conductor neutro tendrá, como mínimo, la sección que a continuación se especifica:

- a) En distribución monofásica o de corriente continua:

-A dos hilos: igual a la del conductor de fase o polar.

-A tres hilos: hasta 16 mm<sup>2</sup> de cobre, igual a la del conductor de fase o polar; para secciones entre 16 y 35 mm<sup>2</sup> será de 16 mm<sup>2</sup>; para secciones superiores a 35 mm<sup>2</sup> la mitad de la sección de los conductores de fase.

- b) En distribuciones trifásicas:

- A cuatro hilos (tres fases y neutro): hasta 16 mm<sup>2</sup> de cobre, igual a la del conductor de jase o polar; para secciones entre 16 y 35 mm<sup>2</sup> será de 16 mm<sup>2</sup>; para secciones superiores a 35 mm<sup>2</sup> la mitad de la sección de los conductores de fase.

#### **4.6.2.3 CONTINUIDAD DEL CONDUCTOR NEUTRO**

El conductor neutro no podrá ser interrumpido en las redes de distribución, salvo que esta interrupción sea realizada por alguno de los dispositivos siguientes.

a) Interruptores o seccionadores omnipolares que actúen sobre el neutro al mismo tiempo que en las fases o que establezcan la conexión del neutro antes que las fases y desconecten estas antes que el neutro.

b) Uniones amovibles en el neutro próximas a los interruptores o seccionadores de los conductores de fase, debidamente señaladas y que sólo pueden ser maniobradas mediante herramientas adecuadas, no debiendo, en este caso, ser seccionado el neutro sin que lo estén previamente las fases, ni conectadas estas sin haberlo sido el neutro previamente.

#### **4.6.3 SECCIÓN DE LOS CONDUCTES. CAÍDAS DE TENSIÓN**

La sección de los conductores a utilizar se determina de forma que la caída de tensión entre el origen de la instalación y cualquier punto de utilización sea menor de 3% de la tensión nominal en el origen de la instalación, para alumbrado y del 5 % para los demás usos. Esta caída de tensión se calculará considerando alimentados todos los aparatos susceptibles de funcionar simultáneamente.

### **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 prescripciones de carácter particular, deberán estar protegidos contra sobrecargas siendo de aplicación para ello 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 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 instrucción 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 al 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.

#### 4.7.3 RECEPTORES DE ALUMBRADO. INSTALACIÓN

Se prohíbe terminantemente colgar las armaduras de las lámparas utilizando para ello 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 0,9.



Para la instalación de lámparas suspendidas en el exterior, se seguirá lo dispuesto a la instrucción ITC BT 09 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

#### **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 reestablecimiento de la tensión, pueda provocar accidente o perjudicar a este.

#### **4.7.5 APARATOS DE CALDEO. INSTALACIÓN**

Los aparatos de caldeo se instalarán de manera que no puedan inflamar las materias combustibles circundantes, aun en caso de empleo negligente o defectos previsibles de los mismos.

Los aparatos de caldeo industrial que estén destinados a estar en contacto con materias combustibles o inflamables y que en su uso normal no estén bajo la vigilancia de un operario, estarán provistos de un limitador de temperatura que interrumpa o reduzca el caldeo antes de alcanzar una temperatura peligrosa.

Los aparatos de caldeo por aire caliente estarán constituidos de manera que su elemento de caldeo sólo pueda ponerse en servicio después de hacerlo el ventilador correspondiente y cese aquel cuando el ventilador deje de funcionar. Los aparatos fijos, llevarán además, dos limitadores de temperatura, independientes entre sí, que impidan una elevación excesiva de ésta en los conductos de aire.

### **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 interruptores automáticos, diferenciales 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 cierre. 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 tensiones 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 1 mA.

### **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 más 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 automático 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 del cual el interruptor diferencial abre automáticamente, en su tiempo conveniente 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 público 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 eliminarse con este alumbrado, coincidan con los que precisan alumbrado de emergencia, los puntos de luz ambos alumbrados podrán ser los mismos.



### **4.10.3 LOCALES QUE DEBERÁN SER PROVISTOS DE ALUMBRADOS ESPECIALES**

- a) Con alumbrado de emergencia:

Todos los locales de reunión que puedan albergar a 300 personas o más, 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 autónomos automáticos 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 distribuidoras 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.

La capacidad mínima de esta fuente propia de energía será como norma general, la precisa para proveer al alumbrado de emergencia en las condiciones señaladas en el apartado 2.1 de esta instrucción.

### **4.10.5 INSTRUCCIONES COMPLEMENTARIAS**

Las líneas que alimentan directamente los circuitos individuales de las lámparas de los alumbrados especiales estarán protegidos 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 los que afecten 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 en el caso en que existan varios locales o viviendas en el mismo edificio y la potencia instalada en el local de pública concurrencia los 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 él, el dispositivo de mando y protección preceptivo, según la instrucción ITC 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 cuadro general saldrán 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 de distribución los distintos circuitos alimentadores. Los aparatos receptores que consuman más de 15 A se alimentarán directamente desde el cuadro general o desde los 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, por medio de elementos a prueba de incendios y puertas no propagadoras de fuego. Los contadores podrán instalarse en otro lugar, de acuerdo con la empresa distribuidora de energía eléctrica y siempre antes 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 de los cuadros se colocará una placa indicadora del circuito al que pertenezcan.
- e) Las canalizaciones estarán constituidas por: - Conductores aisladores, de tensión nominal de aislamiento no inferior a 750 V, colocados bajo tubos protectores, de tipo no propagador de llama, preferentemente empotrados, en especial en las zonas accesibles al público. - Conductores aislados, de tensión nominal de aislamiento no inferior a 750 V, con cubierta de protección, colocados en huecos de la construcción, totalmente contruidos en materiales incombustibles. - Conductores rígidos, aislados de tensión nominal no inferior a 1000 V, armados colocados directamente sobre las paredes.
- f) 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 potencia 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.
- Para 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 de un 10 % del valor medio obtenido en un prolongado periodo de funcionamiento.

Cuando se instalen 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 PUESTAS A TIERRA**

### **4.13.1 OBJETIVO DE LA PUESTA A TIERRA**

Las puestas a tierra se establecen con el objetivo principal de limitar la tensión que con respecto a tierra pueden 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 el material utilizado.

### **4.13.2 DEFINICIÓN**

La denominación “puesta a tierra”, comprende toda ligazón metálica directa, sin fusibles ni protección alguna de sección suficiente entre determinados elementos o partes de una instalación y un electrodo o grupo de electrodos enterrados en el suelo, con objeto de conseguir que el conjunto de instalaciones, no existan diferencias de potencial peligrosas y que al mismo tiempo permita el paso a tierra de las corrientes de falta o de descarga de origen atmosférico.

### **4.13.3 PARTES QUE COMPRENDE LA PUESTA**

#### a) Toma de tierra:

Las tomas de tierra están constituidas por los elementos siguientes:  
Electrodo: es una masa metálica, permanente en contacto con el terreno, para facilitar el paso a este de las corrientes de defectos que puedan presentarse o la carga eléctrica que tenga o pueda tener.



Línea de enlace con tierra: está formada por los conductores que unen el electrodo o conjunto de electrodos con el punto de puesta a tierra.

Punto de puesta a tierra: es un punto situado fuera del suelo que sirve de unión entre la línea de enlace con tierra y la línea principal de tierra.

Las instalaciones que lo precisen dispondrán 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 que permita la unión entre los conductores de las líneas de enlace y principal de tierra, de forma que pueda, mediante útiles apropiados separarse estas, con el fin de poder realizar la medida de resistencia a tierra.

b) Líneas principales de tierra:

Estarán formadas por conductores que partirán del punto de puesta a tierra y a las cuales estarán conectadas las derivaciones necesarias para la puesta a tierra de las masas generalmente a través de los conductores de protección.

a) Derivaciones de las líneas principales de tierra:

Estarán constituidas por conductores que unirán la línea principal de tierra con los conductores de protección o directamente con las masas.

b) Conductores de protección:

Sirven para unir eléctricamente las masas de una instalación a ciertos elementos con el fin de asegurar la protección contra contactos indirectos.

En el circuito de puesta a tierra, los conductores de protección unirán las masas a la línea principal de tierra.

En otros casos reciben igualmente el nombre de conductores de protección aquellos que tienen las masas:

- Al neutro de la red.
- A otras masas.
- A elementos metálicos distintos de las masas.
- A un relé de protección.

Los circuitos de puesta a tierra formarán una línea eléctricamente continua en la que no podrán incluirse en serie ni masas ni elementos metálicos, cualesquiera que sean estos. Siempre la conexión de las masas y los elementos metálicos al circuito de puesta a tierra se efectuara por derivaciones desde este.



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

#### **4.13.4 ELECTRODOS, NATURALEZA, CONSTITUCIÓN, DIMENSIONES Y CONDICIONES DE INSTALACIÓN**

Los electrodos pueden ser artificiales o naturales. Se entiende por electrodos artificiales los establecidos con el exclusivo objetivo de obtener la puesta a tierra, y por electrodos naturales las masas metálicas que puedan existir enterradas.

Para las puestas a tierra se emplearán principalmente electrodos artificiales. No obstante, los electrodos naturales que existieran en la zona de una instalación y que presenten y aseguren un buen contacto permanente con el terreno puedan utilizarse bien solos o conjuntamente con otros electrodos artificiales. En general, se puede prescindir de estos cuando su instalación presente requisitos anteriormente señalados, con sección suficiente y la resistencia de tierra que se obtenga con los mismos presente un valor adecuado.

##### a) Picas verticales:

Las picas verticales podrán estar constituidas por:

- Tubos de acero galvanizado de 25 mm. de diámetro exterior, como mínimo.
- Perfiles de acero dulce galvanizado de 60 mm. de lado, como mínimo.
- Barras de cobre o de acero de 14 mm. de diámetro, como mínimo; las barras de acero tienen que estar recubiertas de una capa protectora exterior de cobre de espesor apropiado.

Las longitudes mínimas de estos electrodos no serán inferiores a 2 metros si son necesarias dos picas conectadas en paralelo con el fin de conseguir una resistencia de tierra admisible, la separación entre ellas es recomendable que sea igual, al menos a la longitud enterrada de las mismas; si son necesarias varias picas conectadas en paralelo, la separación entre ellas deberá ser mayor que en el caso anterior.

#### **4.13.5 RESISTENCIA DE TIERRA**

El electrodo se dimensionará de forma que su resistencia de tierra, en cualquier circunstancia previsible, no sea superior al valor especificado para ella en cada caso.

Este valor de resistencia de tierra será tal que cualquier masa no pueda dar lugar a tensiones de contacto superiores a :

- 24 V en local o emplazamiento conductor.
- 50 V en los demás casos.

La resistencia de tierra de un electrodo depende de sus dimensiones, de su forma y de la resistividad del terreno en que se establece. Esta resistividad varía frecuentemente de un punto a otro del terreno y varía también con la profundidad.

Bien entendido que los cálculos efectuados a partir de estos valores no dan más que un valor muy apropiado de la resistencia de tierra del electrodo.

#### **4.13.6 CARACTERÍSTICAS Y CONDICIONES DE INSTALACIÓN DE LAS LÍNEAS DE ENLACE CON TIERRA, DE LAS LÍNEAS PRINCIPALES DE TIERRA Y DE SUS DERIVACIONES**

Los conductores que constituyen las líneas de enlace con tierra, las líneas principales de tierra y sus derivaciones, serán de cobre o de otro metal de alto punto de fusión y su sección debe ser ampliamente dimensionada de tal forma que cumpla las condiciones siguientes:

- a) La máxima corriente de falta que pueda producirse en cualquier punto de la instalación no debe originar en el conductor una temperatura cercana a la de fusión, ni poner en peligro los empalmes o conexiones en el tiempo máximo previsible de la duración de la falta, el cual sólo podrá ser considerado como menor de dos segundos en los casos justificados por las características de los dispositivos de corte utilizados.
- b) De cualquier forma los conductores no podrán ser, en ningún caso, de menos de 16 mm<sup>2</sup> de sección para las líneas principales de tierra ni de 35 mm<sup>2</sup> para las líneas de enlace con tierra, si son de cobre. Para otros metales o combinaciones de ellos, la sección mínima será aquella que tenga la misma conductancia que un cable de cobre de 16 mm<sup>2</sup> o 35 mm<sup>2</sup>, según el caso.

Para las derivaciones de las líneas principales de tierra, las secciones mínimas serán las que se indican en la instrucción ITC BT 18 para los conductores de protección.

Los conductores de enlace con tierra desnudos enterrados en el suelo se considerarán que forman parte del electrodo.

Si en una instalación existen tomas de tierra independientes, se mantendrá entre los conductores de tierra un aislamiento apropiado a las tensiones susceptibles de aparecer entre estos electrodos en caso de falta.

El recorrido de los conductores de la línea principal de tierra, sus derivaciones y los conductores de protección será lo más corto posible y sin cambios bruscos de dirección.

No estarán sometidos a esfuerzos mecánicos y estarán protegidos contra la corrosión y desgaste mecánico. Además los conductores de protección cumplirán con lo establecido en la instrucción ITC BT 18.



Los conductores de los circuitos de tierra tendrán un buen contacto eléctrico tanto con las partes metálicas y masa que se desean poner a tierra como con el electrodo. A estos efectos se dispone que las conexiones de los conductores de los circuitos de tierra con las partes metálicas y con los electrodos se efectúen con todo cuidado por medio de piezas de empalme adecuadas, asegurando las superficies de contacto de forma que la conexión sea efectiva por medio de tornillos, elementos de compresión, remaches o soldadura de alto punto de fusión tales como estaño, plata, etc.

Los contactos deben disponerse limpios, sin humedad y en forma tal que no sea fácil que la acción del tiempo destruya por efectos electroquímicas las conexiones efectuadas. A este fin, y procurando siempre que la resistencia de los contactos no sea elevada, se protegerán estos de forma adecuada con envoltentes o pastas, si ello se estimase conveniente.

Se prohíbe intercalar en los circuitos de tierra seccionadores, fusibles o interruptores. Sólo se permite disponer de un dispositivo de corte en los puntos de puesta a tierra, de forma que permita medir la resistencia de la toma a tierra.

#### **4.13.7 SEPARACIÓN ENTRE LAS TOMAS DE TIERRA DE LAS MASAS, DE LAS INSTALACIONES DE UTILIZACIÓN Y LAS MASAS DE UN CENTRO DE TRANSFORMACIÓN**

Se verificará que las masas puestas a tierra en una instalación de utilización, así como los conductores de protección asociados a estas masas o a los relés de protección de masas, no estarán unidas a la toma de tierra de las masas de un centro de transformación. Si no se hace el control mediante la medida efectuada entre las tomas de tierra de las masas de las instalaciones de utilización y de las masas del centro de transformación, se considera que las tomas de tierra son eléctricamente independientes cuando se cumplan todas y cada una de las condiciones siguientes:

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



#### **4.13.8 REVISIÓN DE LAS TOMAS DE TIERRA**

Por la importancia que ofrece, desde el punto de vista de la seguridad, cualquier instalación de toma de tierra deberá ser obligatoriamente comprobada por los servicios oficiales en el momento de dar de alta la instalación para el funcionamiento.

Personal técnicamente competente efectuará esta comprobación anualmente en la época en que el terreno este más seco. Para ello se medirá la resistencia de tierra, reparando inmediatamente los defectos que se encuentren. En los lugares en que el terreno no sea favorable a la buena conservación de los electrodos, estos, así como también los conductores de enlace entre ellos hasta el punto de puesta a tierra se pondrán al descubierto para su examen, al menos una vez cada cinco años.

**Pamplona, Noviembre de 2013**

**David López de Goicoechea Ojer**



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

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

DOCUMENTO 5: PRESUPUESTO

Alumno: David López de Goicoechea Ojer

Tutor: José Vicente Valdenebro

Pamplona, Noviembre de 2013



# PRESUPUESTO

## INDICE:

<b>5.1 Capitulo 1: ACOMETIDA</b>	
5.1.1 Acometida	3
<b>5.2 Capitulo 2: PROTECCIONES</b>	
5.2.1 Cuadro general de distribución	4
5.2.2 Cuadro secundario 1.1	5
5.2.3 Cuadro secundario 1.2	6
5.2.4 Cuadro secundario 1.3	8
5.2.5 Cuadro secundario 2.1	11
5.2.6 Cuadro secundario 2.2	12
5.2.7 Cuadro secundario 3.1	13
5.2.8 Cuadro secundario 3.2	15
5.2.9 Cuadro secundario 3.3	16
5.2.10 Cuadro secundario 3.4	17
5.2.11 Resumen Protecciones	17
<b>5.3 Capitulo 3: CONDUCTORES, TUBOS Y CANALIZACIONES</b>	
5.3.1 Conductores	18
5.3.2 Tubos	19
5.3.3 Canalizaciones	20
5.3.4 Resumen capítulo 3	20
<b>5.4 Capitulo 4: PUESTA A TIERRA</b>	21
<b>5.5 Capitulo 5: ALUMBRADO</b>	
5.5.1 Alumbrado interior	22
5.5.2 Alumbrado de emergencia	22
5.5.3 Resumen capítulo 5	23
<b>5.6 Tomas y elementos varios</b>	23
<b>5.7 Capitulo 7: CENTRO DE TRANSFORMACION</b>	
5.7.1 Obra civil	24
5.7.2 Caseta del cetro	24
5.7.3 Transformador	24
5.7.4 Aparamenta de media tensión	25
5.7.5 Equipo de baja tensión	26
5.7.6 Puesta a tierra del centro de tansformacion	27
5.7.7 Resumen capítulo 7	28





<b>5.8 Capítulo 8: COMPENSACION DE LA ENERGIA REACTIVA</b>	<b>28</b>
<b>5.9 Capítulo 9: EQUIPO DE SEGURIDAD Y SALUD</b>	<b>28</b>
<b>5.10 RESUMEN DEL PRESUPUESTO TOTAL DE LA INSTALACION</b>	<b>31</b>



## **5.1 Capítulo 1: ACOMETIDA**

### **5.1.1 Acometida**

<b>UNIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNIDAD (Euros)</b>	<b>TOTAL (Euros)</b>
<b>Metros</b>	Cable RZ1-K 0.6/1 KV Flexible Marca: PRYSMIAN 3x240 2 mm cobre	333	89,37	29.760,21
<b>Metros</b>	Cable RZ1-K 0.6/1 KV Flexible Marca: PRYSMIAN 3x120 2 mm cobre	111	44,78	4970,58
<b>Metros</b>	Tubo de PVC corrugado de doble pared, de 225 mm de diámetro, de 2,2 mm de espesor, liso por el interior y corrugado por el exterior, color rojo FU 15 R de resistencia al aplastamiento 450 N.	37	5,25	194,25
<b>Metros</b>	Zanja sobre tierra de 40x70 cm. Con arena lavada debajo del tubo y relleno de tierra excavada.	37	3,15	116,55
<b>Unidades</b>	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje. Totalmente instalado.	1	190,37	190,37
<b>TOTAL</b>				<b>35.231,96</b>



## 5.2 Capítulo 2: PROTECCIONES

### 5.2.1 Cuadro general de distribución

UNIDAD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD (Euros)	TOTAL (Euros)
Unidades	Armario metálico de distribución. Marca: <i>Schneider</i> Modelo: Prisma, Sistema P, con IP55 1250x600x250 mm Con su placa de montaje y puesta a tierra	1	469,40	469,40
Unidades	Interruptor automático Marca: <i>Schneider</i> Poder de Corte: 22 KA, Curva D III+N Calibre: 1250 A	1	4.956,95	4.956,95
Unidades	Interruptor automático Marca: <i>Schneider</i> Poder de Corte: 22 KA, Curva C III+N Calibre: 63 A	3	210,93	632,79
Unidades	Interruptor automático Marca: <i>Schneider</i> Poder de Corte: 22 KA, Curva C III+N Calibre: 80 A	3	255,27	765,81
Unidades	Interruptor automático Marca: <i>Schneider</i> Poder de Corte: 22 KA, Curva C III+N Calibre: 125 A	1	298,24	298,24
Unidades	Interruptor automático Marca: <i>Schneider</i> Poder de Corte: 22 KA, Curva C III+N Calibre: 250 A	2	1054,87	2109,74
Unidades	Interruptor automático Marca: <i>Schneider</i>	1	1.876,13	1.876,13



	Poder de Corte: 22 KA, Curva C III+N Calibre: 400 A			
Unidades	Interruptor diferencial 4P Calibre: 250 A Sensibilidad: 500 mA	1	431,23	431,23
Unidades	Interruptor diferencial 4P Calibre: 400 A Sensibilidad: 500 mA (Acti 9 Vigi C120 - Bloques diferenciales adaptables para interruptores automáticos C120)	1	3.343,95	3.343,95
Unidades	Interruptor diferencial 4P Calibre: 800 A Sensibilidad: 500 mA (Acti 9 Vigi C120 - Bloques diferenciales adaptables para interruptores automáticos C120)	1	5.192,24	5.192,24
Unidades	Extintor de CO2, material extintor no conductor de la corriente eléctrica.	1	36,12	36,12
Unidades	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje	1	150,00	150,00
<b>TOTAL</b>				<b>20.262,6</b>

### 5.2.2 Cuadro secundario 1.1

UNIDAD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD (Euros)	TOTAL (Euros)
Unidades	Armario metálico de distribución. Marca: <i>Schneider</i> Modelo: Prisma, Sistema P, con IP55, 1250x800x250 mm Con su placa de montaje y puesta a tierra	1	502,23	502,23
Unidades	Interruptor automático Marca: <i>Schneider</i> Poder de Corte: 3 KA,	1	67,34	67,34



	Curva C III+N Calibre: 63 A			
Unidades	Interruptor automático Marca: simon Poder de Corte: 3 KA, Curva B I+N Calibre: 10 A	1	25,03	25,03
Unidades	Interruptor automático Marca: <i>Schneider</i> Poder de Corte: 3 KA, Curva C I+N Calibre: 10 A	15	21,33	319,95
Unidades	Interruptor automático Marca: <i>Schneider</i> Poder de Corte: 3 KA, Curva D I+N Calibre: 10 A	5	45,90	229,50
Unidades	Interruptor automático Marca: <i>Schneider</i> Poder de Corte: 3 KA, Curva C I+N Calibre: 16 A	7	21,77	152,39
Unidades	Interruptor diferencial 3P Calibre: 10 A Sensibilidad: 30 mA	1	101,23	101,23
Unidades	Interruptor diferencial 3P Calibre: 16 A Sensibilidad: 30 mA	5	115,85	579,25
Unidades	Interruptor diferencial 3P Calibre: 20 A Sensibilidad: 30 mA	1	121,85	121,85
Unidades	Extintor de CO2, material extintor no conductor de la corriente eléctrica.	1	36,12	36,12
Unidades	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje	1	150,00	150,00
<b>TOTAL</b>				<b>2.284,89</b>



## 5.2.3 Cuadro secundario 1.2

UNIDAD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD (Euros)	TOTAL (Euros)
Unidades	Armario metálico de distribución. Marca: <i>Schneider</i> Modelo: Prisma, Sistema P, con IP55, 1250x800x250 mm Con su placa de montaje y puesta a tierra	1	502,23	502,23
Unidades	Interruptor automático Marca: <i>Schneider</i> Poder de Corte: 3 KA, Curva C III+N Calibre: 80 A	1	76,46	76,46
Unidades	Interruptor automático Marca: <i>Schneider</i> Poder de Corte: 3 KA, Curva B I+N Calibre: 10 A	4	25,03	100,12
Unidades	Interruptor automático Marca: <i>Schneider</i> Poder de Corte: 3 KA, Curva C I+N Calibre: 10 A	17	21,33	362,61
Unidades	Interruptor automático Marca: <i>Schneider</i> Poder de Corte: 3 KA, Curva D I+N Calibre: 10 A	2	45,90	91,8
Unidades	Interruptor automático Marca: <i>Schneider</i> Poder de Corte: 3 KA, Curva C I+N Calibre: 16 A	6	21,77	130,62
Unidades	Interruptor diferencial 4P Calibre: 10 A Sensibilidad: 30 mA	6	101,23	607,38
Unidades	Interruptor diferencial	2	115,85	231,70



	4P Calibre: 16 A Sensibilidad: 30 mA			
Unidades	Extintor de CO2, material extintor no conductor de la corriente eléctrica.	1	36,12	36,12
Unidades	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje	1	150,00	150,00
<b>TOTAL</b>				<b>2.289,04</b>

### 5.2.4 Cuadro secundario 1.3

UNIDAD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD (Euros)	TOTAL (Euros)
Unidades	Armario metálico de distribución. Marca: <i>Schneider</i> Modelo: Prisma, Sistema P, con IP55, 1250x800x250 mm Con su placa de montaje y puesta a tierra	1	502,23	502,23
Unidades	Interruptor automático Marca: <i>Schneider</i> Poder de Corte: 3 KA, Curva C III+N Calibre: 63 A	1	67,34	67,34
Unidades	Interruptor automático Marca: <i>Schneider</i> Poder de Corte: 3 KA, Curva C I+N Calibre: 10 A	15	21,33	319,95
Unidades	Interruptor automático Marca: <i>Schneider</i> Poder de Corte: 3 KA, Curva D I+N Calibre: 10 A	4	45,90	183,6
Unidades	Interruptor automático Marca: <i>Schneider</i> Poder de Corte: 3 KA, Curva C	3	21,77	65,31



	I+N Calibre: 16 A			
Unidades	Interruptor diferencial 4P Calibre: 6 A Sensibilidad: 30 mA	1	82,67	81,67
Unidades	Interruptor diferencial 4P Calibre: 10 A Sensibilidad: 30 mA	1	101,23	101,23
Unidades	Interruptor diferencial 4P Calibre: 16 A Sensibilidad: 30 mA	5	115,85	579,25
Unidades	Extintor de CO2, material extintor no conductor de la corriente eléctrica.	1	36,12	36,12
Unidades	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje	1	150,00	150,00
<b>TOTAL</b>				<b>2.086,7</b>

## 5.2.5 Cuadro secundario 2.1

UNIDAD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD (Euros)	TOTAL (Euros)
Unidades	Armario metálico de distribución. Marca: <i>Schneider</i> Modelo: Prisma, Sistema P, con IP55, de medida: 1250x600x250 mm Con su placa de montaje y puesta a tierra	1	469,40	469,40
Unidades	Interruptor automático Marca: <i>Schneider</i> Poder de Corte: 3 KA, Curva C III+N Calibre: 80 A	1	76,46	76,46
Unidades	Interruptor automático Marca: <i>Schneider</i> Poder de Corte: 3 KA, Curva C	3	21,33	63,99





	I+N Calibre: 10 A			
Unidades	Interruptor automático Marca: <i>Schneider</i> Poder de Corte: 3 KA, Curva D I+N Calibre: 10 A	4	45,90	183,6
Unidades	Interruptor automático Marca: <i>Schneider</i> Poder de Corte: 3 KA, Curva C I+N Calibre: 16 A	3	21,77	65,31
Unidades	Interruptor automático Marca: <i>Schneider</i> Poder de Corte: 3 KA, Curva C I+N Calibre: 20 A	1	22,38	22,38
Unidades	Interruptor automático Marca: <i>Schneider</i> Poder de Corte: 3 KA, Curva C I+N Calibre: 25 A	3	22,82	68,46
Unidades	Interruptor automático Marca: <i>Schneider</i> Poder de Corte: 3 KA, Curva C I+N Calibre: 40 A	1	29,05	29,05
Unidades	Interruptor diferencial 4P Calibre:16 A Sensibilidad: 30 mA	3	115,85	347,55
Unidades	Interruptor diferencial 4P Calibre:40 A Sensibilidad: 30 mA	1	205,35	205,35
Unidades	Interruptor diferencial 4P Calibre:50 A Sensibilidad: 30 mA	1	221,23	221,23
Unidades	Extintor de CO2, material extintor no conductor de la corriente eléctrica.	1	36,12	36,12



Unidades	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje	1	150,00	150,00
<b>TOTAL</b>				<b>1.938,90</b>

### 5.2.6 Cuadro secundario 2.2

UNIDAD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD (Euros)	TOTAL (Euros)
Unidades	Armario metálico de distribución. Marca: <i>Schneider</i> Modelo: Prisma, Sistema P, con IP55, de medida: 1250x800x250 mm Con su placa de montaje y puesta a tierra	1	502,23	502,23
Unidades	Interruptor automático Marca: <i>Schneider</i> Poder de Corte: 3 KA, Curva B I+N Calibre: 10 A	1	25,03	25,03
Unidades	Interruptor automático Marca: <i>Schneider</i> Poder de Corte: 3 KA, Curva C I+N Calibre: 10 A	1	21,33	21,33
Unidades	Interruptor automático Marca: <i>Schneider</i> Poder de Corte: 3 KA, Curva D I+N Calibre: 10 A	11	45,90	504,90
Unidades	Interruptor automático Marca: <i>Schneider</i> Poder de Corte: 3 KA, Curva C I+N Calibre: 16 A	6	21,77	130,62
Unidades	Interruptor automático Marca: <i>Schneider</i> Poder de Corte: 3 KA,	1	155,47	155,47



	Curva C III+N Calibre: 63 A			
Unidades	Interruptor diferencial 4P Calibre:6 A Sensibilidad: 30 mA	1	82,67	82,67
Unidades	Interruptor diferencial 4P Calibre:10 A Sensibilidad: 30 mA	2	101,23	202,46
Unidades	Interruptor diferencial 4P Calibre:16 A Sensibilidad: 30 mA	2	115,85	231,70
Unidades	Interruptor diferencial 4P Calibre:20 A Sensibilidad: 30 mA	1	121,85	121,85
Unidades	Extintor de CO2, material extintor no conductor de la corriente eléctrica.	1	36,12	36,12
Unidades	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje	1	150,00	150,00
<b>TOTAL</b>				<b>2.164,38</b>

### 5.2.7 Cuadro secundario 3.1

UNIDAD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD (Euros)	TOTAL (Euros)
Unidades	Armario metálico de distribución. Marca: <i>Schneider</i> Modelo: Prisma, Sistema P, con IP55, 1250x800x250 mm Con su placa de montaje y puesta a tierra	1	502,23	502,23
Unidades	Interruptor automático Marca: <i>Schneider</i> Poder de Corte: 22 KA, Curva C III+N Calibre: 250 A	1	1.054,87	1.054,87



Unidades	Interruptor automático Marca: <i>Schneider</i> Poder de Corte: 22 KA, Curva B I+N Calibre: 40 A	9	192,30	1730,7
Unidades	Interruptor automático Marca: <i>Schneider</i> Poder de Corte: 22 KA, Curva C I+N Calibre: 40 A	9	164,56	1.481,04
Unidades	Interruptor diferencial 4P Calibre:40 A Sensibilidad: 30 mA	2	105,35	210,70
Unidades	Interruptor diferencial 4P Calibre:80 A Sensibilidad: 30 mA	3	174,27	522,81
Unidades	Extintor de CO2, material extintor no conductor de la corriente eléctrica.	1	36,12	36,12
Unidades	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje	1	150,00	150,00
<b>TOTAL</b>				<b>5.688,47</b>

## 5.2.8 Cuadro secundario 3.2

UNIDAD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD (Euros)	TOTAL (Euros)
Unidades	Armario metálico de distribución. Marca: <i>Schneider</i> Modelo: Prisma, Sistema P, con IP55,,: 1250x800x250 mm Con su placa de montaje y puesta a tierra 30% de reserva.	1	502,23	502,23
Unidades	Interruptor automático Marca: <i>Schneider</i> Poder de Corte: 22 KA, Curva C	1	1.876,13	1.876,13



	III+N Calibre: 400 A			
Unidades	Interruptor automático Marca: <i>Schneider</i> Poder de Corte: 22 KA, Curva B III+N Calibre: 10 A	5	69,07	335,35
Unidades	Interruptor automático Marca: <i>simon</i> Poder de Corte: 22 KA, Curva C III+N Calibre: 10 A	4	60,04	240,16
Unidades	Interruptor automático Marca: <i>Schneider</i> Poder de Corte: 22 KA, Curva B III+N Calibre: 25 A	1	223,80	223,80
Unidades	Interruptor automático Marca: <i>Schneider</i> Poder de Corte: 22 KA, Curva C III+N Calibre: 32 A	2	212,25	424,5
Unidades	Interruptor automático Marca: <i>Schneider</i> Poder de Corte: 22 KA, Curva D III+N Calibre: 50 A	1	296,62	296,62
Unidades	Interruptor automático Marca: <i>Schneider</i> Poder de Corte: 22 KA, Curva D III+N Calibre: 80 A	1	345,19	345,19
Unidades	Interruptor automático Marca: <i>Schneider</i> Poder de Corte: 22 KA, Curva D III+N Calibre: 125 A	1	383,34	383,34
Unidades	Interruptor diferencial 4P Calibre: 10 A Sensibilidad: 300 mA	1	79,28	79,28



Unidades	Interruptor diferencial 4P Calibre:80 A Sensibilidad: 300 mA	1	176,23	176,23
Unidades	Interruptor diferencial 4P Calibre:100 A Sensibilidad: 300 mA	1	181,68	181,68
Unidades	Interruptor diferencial 4P Calibre:250 A Sensibilidad: 300 mA	1	1250,9	1250,9
Unidades	Extintor de CO2, material extintor no conductor de la corriente eléctrica.	1	36,12	36,12
Unidades	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje	1	150,00	150,00
<b>TOTAL</b>				<b>6.501,53</b>

### 5.2.9 Cuadro secundario 3.3

UNIDAD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD (Euros)	TOTAL (Euros)
Unidades	Armario metálico de distribución. Marca: <i>Schneider</i> Modelo: Prisma, Sistema P, con IP55, 1250x600x250 mm Con su placa de montaje y puesta a tierra 30 % de reserva.	1	469,40	469,40
Unidades	Interruptor automático Marca: <i>Schneider</i> Poder de Corte: 15 KA, Curva C III+N Calibre: 125 A	1	358,58	358,58
Unidades	Interruptor automático Marca: <i>Schneider</i> Poder de Corte: 15 KA, Curva C III+N Calibre: 10 A	9	158,97	1430,73



Unidades	Interruptor automático Marca: <i>Schneider</i> Poder de Corte: 15 KA, Curva D III+N Calibre: 16 A	4	210,23	840,92
Unidades	Interruptor diferencial 4P Calibre:25 A Sensibilidad: 300 mA	1	79,93	79,93
Unidades	Interruptor diferencial 4P Calibre:32 A Sensibilidad: 300 mA	1	80,25	80,25
Unidades	Interruptor diferencial 4P Calibre:80 A Sensibilidad: 300 mA	1	176,23	176,23
Unidades	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje	1	150,00	150,00
<b>TOTAL</b>				<b>3.586,04</b>

## 5.2.10 Cuadro secundario 3.4

UNIDAD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD (Euros)	TOTAL (Euros)
Unidades	Armario metálico de distribución. Marca: <i>Schneider</i> Modelo: Prisma, Sistema P, con IP55, 1250x600x250 mm Con su placa de montaje y puesta a tierra 30 % de reserva.	1	469,40	469,40
Unidades	Interruptor automático Marca: <i>Schneider</i> Poder de Corte: 15 KA, Curva C III+N Calibre: 80 A	1	326,70	326,70
Unidades	Interruptor automático Marca: <i>Schneider</i> Poder de Corte: 15 KA, Curva C III+N Calibre: 10 A	6	158,97	953,82



Unidades	Interruptor automático Marca: <i>Schneider</i> Poder de Corte: 15 KA, Curva D III+N Calibre: 10 A	6	190,78	114,68
Unidades	Interruptor diferencial 4P Calibre: 16 A Sensibilidad: 300 mA	1	75,24	75,24
Unidades	Interruptor diferencial 4P Calibre: 32 A Sensibilidad: 300 mA	1	80,25	80,25
Unidades	Interruptor diferencial 4P Calibre: 40 A Sensibilidad: 300 mA	1	82,39	82,39
Unidades	Extintor de CO2, material extintor no conductor de la corriente eléctrica.	1	36,12	36,12
Unidades	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje	1	150,00	150,00
<b>TOTAL</b>				<b>2.288,60</b>

### 5.2.11 Resumen protecciones

<b>PRESUPUESTO TOTAL CAPITULO II</b>	<b>IMPORTE</b>
Cuadro General de Distribución	20.262,6
Cuadro Secundario N° 1.1	2.284,89
Cuadro Secundario N° 1.2	2.089,04
Cuadro Secundario N° 1.3	2.086,70
Cuadro Secundario N° 2.1	1.938,90
Cuadro Secundario N° 2.2	2.164,38
Cuadro Secundario N° 3.1	5.688,47
Cuadro Secundario N° 3.2	6.501,53
Cuadro Secundario N° 3.3	3.586,04
Cuadro Secundario N° 3.4	2.288,60
<b>TOTAL</b>	<b>48.891,15</b>





### 5.3 Capítulo 3: CONDUCTORES, TUBOS Y CANALIZACIONES

#### 5.3.1 Conductores

UNIDAD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD (euros)	TOTAL (euros)
<b>Metros</b>	Cable RV-K 0.6/ 1 kV Flexible Marca: Prysmian 95 mm <sup>2</sup> cobre	95	16,85	1.600,75
<b>Metros</b>	Cable RV-K 0.6/ 1 kV Flexible Marca: Prysmian 50 mm <sup>2</sup> cobre	15	13,54	203,10
<b>Metros</b>	Cable RV-K 0.6/ 1 kV Flexible Marca: Prysmian 25 mm <sup>2</sup> cobre	90,6	7,62	690,372
<b>Metros</b>	Cable RV-K 0.6/ 1 kV Flexible Marca: Prysmian 10 mm <sup>2</sup> cobre	177,4	3,64	645,74
<b>Metros</b>	Cable RV-K 0.6/ 1 kV Flexible Marca: Prysmian 6 mm <sup>2</sup> cobre	673,93	2,50	1.684,82
<b>Metros</b>	Cable RV-K 0.6/ 1 kV Flexible Marca: Prysmian 2,5 mm <sup>2</sup> cobre	2.193,45	1,96	4.299,16
<b>Metros</b>	Cable H07V-K 0.6/ 1 kV Flexible Marca: Prysmian 150 mm <sup>2</sup> cobre	15	28,12	421,8
<b>Metros</b>	Cable H07V-K 0.6/ 1 kV Flexible Marca: Prysmian 50 mm <sup>2</sup> cobre	35	12,32	47,32
<b>Metros</b>	Cable H07V-K 0.6/ 1 kV Flexible Marca: Prysmian 35 mm <sup>2</sup> cobre	309,00	10,23	3.161,07
<b>Metros</b>	Cable H07V-K 0.6/ 1 kV Flexible Marca: Prysmian 25 mm <sup>2</sup> cobre	1.118,10	7,52	8.408,11
<b>Metros</b>	Cable H07V-K 0.6/ 1 kV Flexible Marca: Prysmian 16 mm <sup>2</sup> cobre	1.143,00	4,02	4.594,86
<b>Metros</b>	Cable H07V-K 0.6/ 1 kV	975,72	2,64	2.575,90



	Flexible Marca: Prysmian 10 mm <sup>2</sup> cobre			
<b>Metros</b>	Cable H07V-K 0.6/ 1 kV Flexible Marca: Prysmian 6 mm <sup>2</sup> cobre	1.944,69	2,31	4.492,23
<b>Metros</b>	Cable H07V-K 0.6/ 1 kV Flexible Marca: Prysmian 4 mm <sup>2</sup> cobre	1.604,01	2,19	3.512,78
<b>Metros</b>	Cable H07V-K 0.6/ 1 kV Flexible Marca: Prysmian 2,5 mm <sup>2</sup> cobre	9.488,34	1,10	10.437,17
<b>Metros</b>	Cable H07V-K 0.6/ 1 kV Flexible Marca: Prysmian 1,5 mm <sup>2</sup> cobre	1.376,43	0,44	605,63
<b>Unidades</b>	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje. Totalmente instalado.	1	2.500	2.500
<b>Total</b>				<b>49.880,81</b>

### 5.3.2 Tubos

UNIDAD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD (euros)	TOTAL (euros)
<b>Metros</b>	Tubo de termoplástico de PVC corrugado de color negro, temperatura máxima de instalación 60° C. Ø 16 mm	4.563,52	0,25	1.140,88
<b>Metros</b>	Tubo de termoplástico de PVC corrugado de color negro, temperatura máxima de instalación 60° C. Ø 20 mm	3.077,86	0,45	1.385,03
<b>Metros</b>	Tubo de termoplástico de PVC corrugado de color negro, temperatura máxima de instalación 60° C. Ø 25 mm	1.657,08	0,65	1.077,10
<b>Metros</b>	Tubo de termoplástico de PVC corrugado de color negro, temperatura máxima de instalación 60° C. Ø 32 mm	132	0,95	125,4
<b>Metros</b>	Tubo de termoplástico de PVC corrugado de color negro, temperatura máxima de instalación 60° C. Ø 40 mm	461,7	1,05	484,78
<b>Metros</b>	Tubo de termoplástico de PVC corrugado de color negro, temperatura máxima de instalación 60° C. Ø 50 mm	247	1,35	333,45
<b>Metros</b>	Tubo de termoplástico de PVC corrugado de color negro, temperatura máxima de instalación 60° C. Ø 63 mm	5	1,80	9



<b>Metros</b>	Tubo de termoplástico de PVC corrugado de color negro, temperatura máxima de instalación 60° C. Ø 75 mm	12	1,95	23,4
<b>Unidades</b>	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje. Totalmente instalado.	1	1.000	1.000
<b>Total</b>				<b>5.579,04</b>

### 5.3.3 Canalizaciones

UNIDAD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD (euros)	TOTAL (euros)
<b>Metros</b>	Bandeja perforada de acero Marca: Pensa de 40x150 Con material para fijación	585	9,90	5.791,5
<b>Unidades</b>	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje. Totalmente instalado.	1	250	250
<b>Total</b>				<b>6.041,5</b>

### 5.3.4 Resumen: CONDUCTORES, TUBOS Y CANALIZACIONES

Presupuesto total CAPITULO 3	Importe
Conductores	49.880,81
Tubos	5.579,04
Canalizaciones	6.041,50
<b>Total</b>	<b>60.501,35</b>



#### 5.4 Capítulo 4: PUESTA A TIERRA

UNIDAD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD (euros)	TOTAL (euros)
Unidades	Pica de 2 m de longitud de acero/cobre. Incluido soldadura aluminotermica CADWELL a la red de tierra, otros accesorios y mano de obra	8	12,32	98,56
Unidades	Arqueta de registro de instalación de tierra con tapa de registro URIARTE TR-230, recibida en hormigón HM- 20-E-40-2B de espesor 25cm y 80 cm de profundidad. Incluido mano de obra	8	26,27	210,16
Unidades	Red de tierra constituida con cable desnudo de 50 2 mm de seccion incluida parte proporcional a la soldadura aluminotermica CADWELL, a la estructura metalica, empalmes y mano de obra.	293	6,15	1.801,95
Unidades	Caja de seccionamiento de tierra URIARTE CCST- 50 con pletina de seccionamiento y bornes de conexión. Incluido accesorios y mano de obra	1	25,87	25,87
<b>Total</b>				<b>2.136,54</b>



## 5.5 Capitulo 5: ALUMBRADO

### 5.5.1 Alumbrado

UNIDAD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD (euros)	TOTAL (euros)
Unidades	Down light Havells Sylvania SYL-LIGHTER 2x26W TC-D(EL). Incluida mano de obra	854	70,12	59.882,48
Unidades	Lámparas de descarga Havells Sylvania SBH-S 250W HSL-SC. Incluida mano de obra	309	279,0	86.211
Unidades	Fluorescente empotrado Philips TBS 411 1x28W/840 HFP D8 PI. Incluida mano de obra	50	63,2	3.160
Unidades	Fluorescente montaje superficial Philips TCS 640 1x35W/840 HFP C8 ALU. Incluida mano de obra	165	50,2	8.283
Unidades	Fluorescentes estancas Philips TBS 324 2xTL-D36W/830 HFP C5 GT IP65. Incluida mano de obra	34	55,95	1.902,3
<b>Total</b>				<b>97.654</b>

### 5.5.2 Alumbrado de emergencia

UNIDAD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD (euros)	TOTAL (euros)
Unidades	LEGRAND Ref. B65 61561 6W	147	59,84	8.796,48
Unidades	LEGRAND Ref. B65 61563 6W	96	64,32	6.177,6
Unidades	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje.	1	60,0	60,0



	Totalmente instalado.			
<b>Total</b>				<b>15.034,08</b>

### 5.5.3 Resumen Capitulo 5: ALUMBRADO

<b>Presupuesto total CAPITULO 5</b>	<b>Importe</b>
Alumbrado interior	<b>97.654</b>
Alumbrado de emergencia	<b>15.034,08</b>
<b>Total</b>	<b>112.688,08</b>

### 5.6 Capitulo 6: TOMAS Y ELEMENTOS VARIOS

UNIDAD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD (euros)	TOTAL (euros)
<b>Unidades</b>	Toma de corriente monofasica 16 A con caja de empotrar, 230 V. Marca NIESSEN	157	9,48	1.488,36
<b>Unidades</b>	Toma de corriente trifasica 16 A con caja de empotrar, 230 V. Marca NIESSEN	35	12,13	424,55
<b>Unidades</b>	Mecanismo interruptor unipolar 10A/250V. Marca: NIESSEN	79	4,14	327,06
<b>Unidades</b>	Mecanismo interruptor conmutador 10A/250V. Marca: NIESSEN	37	4,36	161,32
<b>Unidades</b>	Mecanismo interruptor de cruzamiento 10A/250V. Marca: NIESSEN	78	7,98	622,44
<b>Unidades</b>	Caja de empalme y derivación de poliéster superficial rectangular de dimensiones 180x140x86 mm, de Legrand	130	5,12	665,6
<b>Unidades</b>	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje. Totalmente instalado	1	120,0	120,0
<b>Total</b>				<b>3.809,33</b>



### 5.7 Capítulo 7: CENTRO DE TRANSFORMACION

UNIDAD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD (euros)	TOTAL (euros)
<b>Metro cúbicos</b>	Excavación de foso para alojar el edificio prefabricado, apertura por medios mecánicos, en cualquier tipo de terreno, de 5,26m de largura, 3,18 m de anchura y 0,56 m de profundidad, retirada productos de la excavación y transporte a vertedero. Incluido accesorios y mano de obra.	10	855	8.550
<b>Total</b>				<b>8.550</b>

#### 5.7.2 Caseta del centro

UNIDAD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD (euros)	TOTAL (euros)
<b>Metro cúbicos</b>	Edificio de hormigón prefabricado Marca: ORMAZABAL Modelo: PFU-4. Incluyendo transporte y montaje	1	8.360	8.360
<b>Total</b>				<b>8.360</b>

#### 5.7.3 Transformador

UNIDAD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD (euros)	TOTAL (euros)
<b>Metro cúbicos</b>	Transformador trifásico de 800KVA 24 KV / 420 V Conexionado Dyn 11 Marca: Cotradis (Ormazabal) Peso: 2260 Kg, longitud: 1780 mm, anchura 1080 mm, altura 1395 mm. Incluyendo transporte y montaje	1	15.600	15.600
<b>Total</b>				<b>15.600</b>



## 5.7.4 Aparamenta de media tensión

UNIDAD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD (euros)	TOTAL (euros)
Unidades	<p>CELDA DE LÍNEA DE ENTRADA:</p> <p>Celda CGM-CML-24            Marca: ORMAZABAL.            Celda dotada con un interruptor seccionador de tres posiciones, permite comunicar el embarrado de conjunto del 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.            Características eléctricas:  <math>V_n = 24 \text{ kV}</math>, <math>I_n = 400 \text{ A}</math>            Características físicas:            Ancho = 370 mm, Alto = 1800 mm, Fondo = 850 mm, Peso = 135 Kg.            Se incluye en el precio: transporte, montaje y conexión.</p>	1	1.245	1.245
Unidades	<p>CELDA DE MEDIDA:            Celda CGM-CMM-24</p> <p>Marca: ORMAZABAL.            Tensión. Características eléctricas: <math>V_n = 24 \text{ KV}</math>.            Características físicas:            Ancho = 800 mm, Alto = 1800 mm, Fondo = 1025 mm, Peso = 180 Kg.            Se incluye en el precio: transporte, montaje y conexión.</p>	1	4.960	4.960
Unidades	<p>CELDA DE PROTECCIÓN CON FUSIBLES:</p> <p>Celda CGM-CMP-F-24            Marca: ORMAZABAL.            Características eléctricas:  <math>V_n = 24 \text{ kV}</math>, <math>I_n = 400 \text{ A}</math>            Características físicas:</p>	1	4.050	4.050





	Ancho = 420 mm, Alto = 1800 mm, Fondo = 850 mm, Peso = 125 Kg. Incluye tres fusibles limitadores de 24 KV y 63 A. Se incluye en el precio: transporte, montaje y conexión.			
<b>Total</b>				<b>10.255</b>

### 5.7.5 Equipo de baja tensión

UNIDAD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD (euros)	TOTAL (euros)
<b>Unidades</b>	Armario metálico de distribución Marca: ABB Modelo: UK510SE con puerta metálica (14 módulos). Dimensiones: 335 x 350 x 95 30 % de reserva.	1	29,20	29,20
<b>Unidades</b>	Interruptor magnetotérmico Marca: ABB Modelo: S502C16, poder de corte 50 KA, calibre 16 A, Bipolar. Curva: C.	4	100,02	400,08
<b>Unidades</b>	Interruptor diferencial Marca: ABB Modelo: F360 – tipo AC, sensibilidad 30 mA, 40 A, Bipolar.	1	37,73	37,73
<b>Unidades</b>	Luminaria Philips, modelo TBS 315 1xTL5-35W/840 HFP ODPI.	2	147	294
<b>Unidades</b>	Lámpara fluorescentes Philips, modelo MASTER TL-Dsuper 80 36W/830 G13.	2	4,62	9,24
<b>Unidades</b>	Cable RV-K 0.6/ 1 kV Flexible Marca: Prysmian (1x2.5 mm <sup>2</sup> ) Cobre	11	2,04	22,44
<b>Unidades</b>	Cable RV-K 0.6/ 1 kV	22	1,44	31,68



	Flexible Marca: Prysmian (1x1.5 mm <sup>2</sup> ) Cobre			
<b>Unidades</b>	Tubo de termoplástico de PVC corrugado, de 16 mm de color negro, temperatura máxima de instalación 20° C.	15	0,25	3,75
<b>Unidades</b>	Luminaria de emergencia NORMALÚX STYLO, BLOQUE S-60, 4W.	1	24,57	24,57
<b>Unidades</b>	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje. Totalmente instalado.	1	42,63	42,63
<b>Total</b>				<b>895,32</b>

#### 5.7.6 Puesta a tierra del centro

UNIDAD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD (euros)	TOTAL (euros)
<b>Unidades</b>	Tierra de protección del centro de transformación realizada en anillo de 5 x 3 m a 0.8 m de profundidad con conductor desnudo de cobre de 50 mm <sup>2</sup> y 8 picas de acero recubierto de cobre de 14 mm de diámetro y 8 metros de largo. Incluso línea de tierra interior formada por conductor de cobre desnudo de 50 mm <sup>2</sup> . Incluso arquetas de registro y caja de seccionamiento. Incluso soldadura aluminotérmica y otros elementos para conexión. Totalmente instalada y conexionada.	1	980	980
<b>Unidades</b>	Tierra de servicio realizada en hilera con 21 m de conductor de cobre desnudo de 50 mm <sup>2</sup> uniendo 8 picas de 14 mm de diámetro y 2m de longitud separada 3 m	1	590	590



	entre sí a 0.8 m de profundidad, unido al centro de transformación por conductor de cobre de 50 mm <sup>2</sup> RV-K 0.6/1 KV. Incluso arqueta de registro y caja de seccionamiento. Incluso elementos de conexión. Totalmente instalado y conexionado.			
<b>Total</b>				<b>1.570</b>

### 5.7.7 Resumen capítulo 7: CENTRO DE TRANSFORMACION

RESUPUESTO TOTAL CAPÍTULO 7	IMPORTE
OBRA CIVIL	8.002,8
CASETA DEL CENTRO	8.360,07
TRANSFORMADOR	15.600
APARAMENTA DE MEDIA TENSIÓN	10.255
EQUIPO DE BAJA TENSIÓN	895,32
PUESTA A TIERRA DEL CENTRO	1.570
<b>TOTAL</b>	<b>44.683,19</b>

### 5.8 Capítulo 8: COMPENSACION DE ENERGIA REACTIVA

UNIDAD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD (euros)	TOTAL (euros)
<b>Unidades</b>	Batería de compensación automática, 140 KVar. Marca: MERLÍN GERIN Modelo: RECTIMAT 2 estándar, 400V.	1	3.490	3.490
<b>Total</b>				<b>3.490</b>

### 5.9 Capítulo 9: EQUIPO DE SEGURIDAD Y SALUD

UNIDAD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD (euros)	TOTAL (euros)
<b>Unidades</b>	Casco de seguridad dieléctrico con pantalla para protección de descargas eléctricas, amortizable en 5 usos.	2	3,73	7,46
<b>Unidades</b>	Arnés de seguridad con amarre dorsal + amarre torsal + amarre lateral,	2	54,45	108,9



	acolchado y cinturón giro 180° para trabajos de electricidad, fabricado con fibra de nylon de 45 mm y elementos metálicos de acero inoxidable, amortizable en 5 obras. Certificado CE.			
<b>Unidades</b>	Placa señalización-información en PVC serigrafiado de 50x30 cm, fijada mecánicamente, amortizable en 3 usos, incluso colocación y desmontaje.	1	3,43	3,43
<b>Unidades</b>	Señal triangular y soporte Señal de seguridad triangular de L= 70 cm, normalizada, con trípode tubular, amortizable en 5 usos, colocación y desmontaje según RD. 485/97.	1	15,96	15,96
<b>Unidades</b>	Gafas contra impactos Gafas protectoras contra impactos, incoloras, amortizables en 3 usos.	2	3,14	6,28
<b>Unidades</b>	Gafas antipolvo Gafas antipolvo antiempañables, panorámicas, amortizables en 3 usos.	2	0,81	1,62
<b>Unidades</b>	Cascos protectores auditivos Protectores auditivos con arnés a la nuca, amortizables en tres usos. Certificado CE.	2	3,12	6,24
<b>Unidades</b>	Juego de tapones antirruído de silicona ajustables. Certificado CE.	4	1,41	5,64
<b>Unidades</b>	Faja protección lumbar, amortizable en 4 usos. Certificado CE.	2	2,80	5,6
<b>Unidades</b>	Chaleco de trabajo de poliéster-algodón, amortizable en un uso. Certificado CE.	2	13,50	27
<b>Unidades</b>	Par de rodilleras ajustables de protección	2	2,63	5,26



	ergonómica, amortizable en tres usos. Certificado CE			
<b>Unidades</b>	Cinturón portaherramientas amortizable en 4 usos.	1	5,89	5,89
<b>Unidades</b>	Mono de trabajo, de una pieza de poliéster-algodón, amortizable en un uso. Certificado CE.	2	15,29	30,58
<b>Unidades</b>	Par guantes de uso general de lona y serraje. Certificado CE.	4	1,40	5,6
<b>Unidades</b>	Par de botas de seguridad con puntera metálica para refuerzo y plantillas de acero flexibles, para riesgos de perforación, amortizable en tres usos. Certificado CE.	2	9,32	18,64
<b>Unidades</b>	Cinta balizamiento bicolor rojo-blanco de material plástico, incluso colocación y desmontaje.	24	0,2	14,88
<b>Unidades</b>	Lámpara portátil de mano, con cesto protector y mango aislante, amortizable en tres usos.	1	3,45	3,45
<b>Unidades</b>	Extintor de polvo ABC 6 Kg. PR. INC Extintor de polvo químico ABC polivalente antibrasa de eficacia 34A/233B, de 6 Kg. de agente extintor, con soporte, manómetro comprobable y boquilla con difusor, según norma UNE 23110. medida la unidad instalada.	1	22,84	22,84
<b>Total</b>				<b>295,27</b>



### 5.10 RESUMEN DEL PRESUPUESTO TOTAL DE LA INSTALACION

ORDEN	DESCRIPCIÓN	TOTAL (Euros)
CAPITULO 1	ACOMETIDA	35.231,96
CAPITULO 2	PROTECCIONES	48.891,15
CAPITULO 3	CONDUCTORES TUBOS Y CANALIZACIONES	61.501,35
CAPITULO 4	PUESTA A TIERRA	2.136,54
CAPITULO 5	ALUMBRADO	112.688,08
CAPITULO 6	TOMAS Y ELEMENTOS VARIOS	3.809,33
CAPITULO 7	CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	44.683,19
CAPITULO 8	CONDENSADORES	3.490,00
CAPITULO 9	SEGURIDAD Y SALUD	295,27
<b>TOTAL</b>	<b>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN DE MATERIAL</b>	<b>312.726,87</b>

ORDEN	DESCRIPCIÓN	TOTAL (Euros)
<b>TOTAL</b>	<b>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN DE MATERIAL (P.E.M)</b>	<b>312.726,87</b>
	GASTOS GENERALES (5%)	15.636,34
	BENEFICIO INDUSTRIAL (10%)	31.272,69
<b>TOTAL</b>	<b>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA (P.E.C)</b>	<b>359.635,90</b>
	I.V.A (21%)	75.523,54
<b>TOTAL</b>	<b>P.E.C. (con I.V.A.)</b>	<b>435.159,44</b>
	HONORARIOS DEL PROYECTISTA (3%)	9.381,81
	HONORARIOS DIRECCIÓN DE OBRA (3%)	9.381,81
	<b>HONORARIOS PROYECTISTA + DIRECCIÓN</b>	<b>18.763,61</b>
	I.V.A. (21%)	3.940,36
<b>TOTAL</b>	<b>TOTAL HONORARIOS (con I.V.A.)</b>	<b>22.703,97</b>
	<b>PRESUPUESTO TOTAL (Honorarios (con I.V.A.)+P.E.C (con I.V.A.))</b>	<b>457.863,41</b>

**El total del presente proyecto asciende a: “CUATROCIENTOS CINCUENTA Y SIETE MIL OCHOCIENTOS SESENTA Y TRES CON CUARENTA Y UN CENTIMOS DE EURO”**

Pamplona, Noviembre 2013

David López de Goicoechea



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

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

DOCUMENTO 6: ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y  
SALUD

Alumno: David López de Goicoechea Ojer

Tutor: José Vicente Valdenebro

Pamplona, Noviembre de 2013



## **ESTUDIO BASICO DE SEGURIDAD Y SALUD**

### **INDICE:**

<b><u>6.1. OBJETO</u></b>	<b>2</b>
<b><u>6.2. AUTOR DEL ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD</u></b>	<b>2</b>
<b><u>6.3. DATOS DE LA OBRA</u></b>	<b>3</b>
<b><u>6.4. DESCRIPCIÓN DEL EMPLAZAMIENTO DE LA OBRA</u></b>	<b>3</b>
<b><u>6.5. PROTECCIONES COLECTIVAS</u></b>	<b>4</b>
6.5.1. GENERALES	4
6.5.2. PROTECCIONES COLECTIVAS PARTICULARES A CADA FASE DE OBRA	9
<b><u>6.6. IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS</u></b>	
6.6.1. RIESGOS LABORALES EVITABLES COMPLETAMENTE	13
6.6.2. RIESGOS LABORALES NO EVITABLES COMPLETAMENTE	13
6.6.3. EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL PARA TRABAJOS EN TENSIÓN (EN B.T)	17
<b><u>6.7. RIESGOS LABORALES ESPECÍFICOS DE ESTA OBRA</u></b>	<b>20</b>
6.7.1. FASE DE LA OBRA DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE BAJA TENSIÓN, ALUMBRADO DE EMERGENCIA	20
6.7.2. FASE DE PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO DE LA INSTALACIÓN	21
6.7.3. PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS	22
<b><u>6.8. PRIMEROS AUXILIOS</u></b>	<b>23</b>
<b><u>6.9. NORMATIVA APLICABLE</u></b>	<b>23</b>
<b><u>6.10.PRESUPUESTO</u></b>	<b>26</b>





## **6.1. OBJETO**

El objeto de este estudio es dar cumplimiento al Real Decreto 1627/1197 del 24 de Octubre por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, identificando, analizando y estudiando los diferentes riesgos laborales que puedan ser evitados, proponiendo las posibles medidas técnicas para ello; definiendo la relación de los riesgos que no pueden eliminarse especificando las medidas preventivas y protecciones técnicas tendentes a disminuir dichos riesgos.

Este estudio de seguridad establece, durante la ejecución de los trabajos de la unidad de obra citada, las previsiones respecto a la prevención de riesgos y accidentes profesionales.

Así mismo, este estudio de Seguridad y Salud pretende:

- Dar cumplimiento a la Ley 31/1995 de 8 de Noviembre de prevención de riesgos laborales en lo referente a la obligación de un empresario titular de un Centro de Trabajo de informar y dar instrucciones adecuadas, en relación con los riesgos existentes en el centro de trabajo y las medidas de protección y prevención correspondientes.
- Recordar a las diferentes partes, promotor, contratista, etc., de sus obligaciones en materia de seguridad, comunicar a los diferentes organismos la existencia de esta obra, obtener las licencias necesarias, etc.

Basándose en este Estudio Básico de Seguridad, se elaborará un Plan de Seguridad y Salud, en el que tendrán en cuenta las circunstancias particulares de los trabajos objeto del contrato.

## **6.2. AUTOR DEL ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD**

El autor del presente estudio básico de seguridad es:

David López de Goicoechea Ojer  
C/ Monte Busquil Nº 6 1º A  
31300 Tafalla (Navarra)



### **6.3. DATOS DE LA OBRA**

**- PROYECTO DE REFERENCIA:**

Proyecto de instalación eléctrica en B.T. para Nave industrial y centro de transformación.

**- EMPLAZAMIENTO:**

Tafalla (Navarra)  
Polígono industrial Barranquiel  
Área industrial AR7A

**Nº DE TRABAJADORES PREVISTOS SIMULTÁNEAMENTE:**

40 – 50 trabajadores totales, de los cuales, realizarán nuestra instalación 4 o 5 trabajadores.

**- PLAZO DE EJECUCIÓN TOTAL APROXIMADO:**

4 meses.

**- INFRAESTRUCTURAS:**

Se dispone de acceso rodado, abastecimiento de agua, saneamiento...

### **6.4. DESCRIPCIÓN DEL EMPLAZAMIENTO DE LA OBRA**

1. DATOS DEL EMPLAZAMIENTO	
Acceso a la obra	Los propios del local
Edificaciones colindantes	Otras naves industriales
Suministro de energía eléctrica	Acometida individual
Suministro de agua	Acometida individual
Sistema de saneamiento	El de la vivienda
Servidumbres y condicionantes	Saneamientos
OBSERVACIONES:	



2. DESCRIPCIÓN DE LA OBRA Y SUS FASES	
Replanteo	Marcado del terreno de las obras indicadas en el proyecto
Reforma de la instalación eléctrica	Instalación de luminarias, cuadros eléctricos y canalizaciones
Remates	Pruebas de la instalación

El contratista acreditará ante la Dirección de obra la adecuada formación y adiestramiento de todo el personal de la obra en materia de prevención y primeros auxilios.

Así mismo la Dirección comprobará que existe un plan de emergencia para atención de personal en caso de accidente y que han sido contratados los servicios asistenciales precisos. La Dirección y teléfono deberán estar visibles en lugar estratégico.

Antes de comenzar la jornada, los mandos procederán a planificar los trabajos de acuerdo con el plan, informando a los operarios claramente de las maniobras a realizar, los posibles riesgos y las medidas preventivas y de protección a tener en cuenta, deben cerciorarse de que todos lo han entendido.

## **6.5. PROTECCIONES COLECTIVAS**

### **6.5.1. GENERALES**

#### **SEÑALIZACIÓN:**

El Real Decreto 485/1997, de 14 de abril por el que se establecen las disposiciones mínimas de carácter general relativas a la señalización de seguridad y salud en el trabajo, indica que deberá utilizarse una señalización de seguridad y salud a fin de:

- Llamar la atención de los trabajadores sobre la existencia de determinados riesgos prohibiciones u obligaciones.
- Alertar a los trabajadores cuando se produzca una determinada situación de emergencia que requiera medidas urgentes de protección o evacuación.
- Facilitar a los trabajadores la localización e identificación de determinados medios o instalaciones de protección, evacuación, emergencia o primeros auxilios.
- Orientar o guiar a los trabajadores que realicen determinadas maniobras peligrosas.



### Tipos de señales:

a) En forma de panel:

<b>Señales de advertencia:</b>	
Forma:	Triangular
Color de fondo:	Amarillo
Color de contraste:	Negro
Color de símbolo:	Negro

<b>Señales de prohibición:</b>	
Forma:	Redonda
Color de fondo:	Blanco
Color de contraste:	Rojo
Color de símbolo:	Negro

<b>Señales de obligación:</b>	
Forma:	Redonda
Color de fondo:	Azul
Color de símbolo:	Blanco

<b>Señales relativas a los equipos de lucha contra incendios:</b>	
Forma:	Rectangular o cuadrada
Color de fondo:	Rojo
Color de símbolo:	Blanco

<b>Señales de advertencia:</b>	
Forma:	Rectangular o cuadrada
Color de fondo:	Verde
Color de símbolo:	Blanco

b) Cinta de señalización:

En caso de señalar obstáculos, zonas de caída de objetos, caída de personas a distinto nivel, choques, golpes, etc., se señalará con los antes dichos paneles o bien se delimitará la zona de exposición al riesgo con cintas de tela o materiales plásticos con franjas alternadas oblicuas en color amarillo y negro, inclinadas 45°.

## c) Cinta de delimitación de zona de trabajo:

Las zonas de trabajo se delimitarán con cintas de franjas alternas verticales de colores blanco y rojo.

**PROTECCIÓN DE PERSONAS EN INSTALACIÓN ELÉCTRICA.**

Instalación eléctrica ajustada al Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y hojas de interpretación, certificada por instalador autorizado.

En aplicaciones de lo indicado en el apartado 3º del Anexo IV al R.D. 1627/97 de 24/10/97, la instalación eléctrica deberá satisfacer, además, las dos siguientes condiciones.

- Deberá proyectarse, realizarse y utilizarse de manera que no entrañe peligro de incendio ni de explosión y de modo que las personas estén debidamente protegidas contra los riesgos de electrocución por contacto directo o indirecto.
- El proyecto, la realización y la elección del material y de los dispositivos de protección deberán tener en cuenta el tipo y la potencia de la energía suministrada, las condiciones de los factores externos y la competencia de las personas que tengan acceso a partes de la instalación.

Los cables serán adecuados a la carga que han de soportar, conectados a las bases mediante clavijas normalizadas, blindados e interconexionados con uniones antihumedad y antichoque. Los fusibles blindados y calibrados según la carga máxima a soportar por los interruptores.

Continuidad de la toma de tierra en las líneas de suministro interno de obra con un valor máximo de la resistencia de  $80\Omega$ . Las máquinas fijas dispondrán de toma de tierra independiente.

Todos los circuitos de suministro a las máquinas e instalaciones de alumbrado estarán protegidas por fusibles blindados o interruptores magnetotérmicos y disyuntores diferenciales de alta sensibilidad en perfecto estado de funcionamiento.

Distancia de seguridad a líneas de Alta Tensión:  $3,3 + \text{Tensión (en KV)} / 100$  (ante el desconocimiento del voltaje de la línea, se mantendrá una distancia de seguridad de 5 m).

**SEÑALES ÓPTICO – ACÚSTICAS DE VEHÍCULOS DE OBRA.**

Las máquinas autoportantes que puedan intervenir en las operaciones de manutención deberán disponer de:

- Una bocina o claxon de señalización acústica cuyo nivel sonoro sea superior al ruido ambiental, de manera que sea claramente audible; si se trata de señales intermitentes, la duración, intervalo y agrupación de los impulsos deberá permitir su correcta identificación, Anexo IV del R.D. 485/97 de 14/4/97.
- Señales sonoras o luminosas (previsiblemente ambas a la vez) para indicación de la maniobra de marcha atrás, Anexo I del R.D. 1215/97 de 18/7/97.
- Los dispositivos de emisión de señales luminosas para uso en caso de peligro grave deberán ser objeto de revisiones especiales o ir provistos de una bombilla auxiliar.
- En la parte más alta de la cabina dispondrán de un señalizado rotativo luminoso destellante de color ámbar para alertar de su presencia en circulación viaria.
- Dos focos de posición y cruce en la parte delantera y dos pilotos luminosos de color rojo detrás.
- Dispositivo de balizamiento de posición y preseñalización (laminas, conos, cintas, mallas, lámparas, destellantes, etc.).

#### APARATOS ELEVADORES.

Deberán ajustarse a su normativa específica, pero en cualquier caso, deberán satisfacer igualmente las condiciones siguientes (art. 6C del Anexo IV del R.D. 1627/97):

- Todos sus accesorios serán de buen diseño y construcción, teniendo resistencia adecuada para el uso al que estén destinados. - Instalarse y usarse correctamente.
- Mantenerse en buen estado de funcionamiento.
- Ser manejados por trabajadores cualificados que hayan recibido formación adecuada.
- Presentarán, de forma visible, indicación sobre la carga máxima que puedan soportar.
- No podrán utilizarse para fines diferentes de aquellos a los que estén destinados.

Durante la utilización de los mencionados aparatos elevadores, en aras a garantizar la seguridad y salud de los trabajadores, deberán comprobarse los siguientes sistemas preventivos:

- Seguridad de carga máxima:

Es el sistema de protección que impide trabajar con cargas superiores a las máximas admitidas por el cablestante de elevación, es decir, por la carga nominal del pié de flecha.

Normalmente van montadas en pié de flecha o contraflecha y están formados por arandelas tipo “Schnrr”, accionadas por el tiro del cable de elevación. Al deformarse las arandelas, accionan un microrruptor que impide la elevación de la carga y en algunos modelos, también que el carro se traslade hacia delante.

Se regulan de forma que con la carga nominal no corten y lo hagan netamente, al sobrepasar esta carga nominal como máximo en un 10 %.

- Seguridad de final de recorrido de gancho de elevación:

Consiste en dos microrruptores, que impiden la elevación del gancho cuando éste se encuentra en las cercanías del carro y el descenso del mismo por debajo de la cota elegida como inferior (cota cero). De ésta forma, se impiden las falsas maniobras de choque del gancho contra el carro y el aflojamiento del cable de elevación por posar el gancho en el suelo.

Normas de carácter general, en el uso de aparatos elevadores:

- Acoplar adecuados pestillos de seguridad a los ganchos de suspensión de los aparatos elevadores.

- Las eslingas llevarán estampilladas en los casquillos prensados la identificación donde constará la carga máxima para la cual están recomendadas, según los criterios establecidos anteriormente en este mismo procedimiento.

- De utilizar cadenas estas serán de hierro forjado con un factor de seguridad no inferior a 5 de la carga nominal máxima, según los criterios establecidos anteriormente en este mismo procedimiento.

- En las fases de transporte y colocación de los encofrados, en ningún momento los operarios estarán debajo de la cadena suspendida. La carga deberá estar bien repartida y las eslingas o cadenas que la sujetan deberán tener argollas o ganchos con pestillo de seguridad. Deberá tenerse en cuenta lo indicado en el apartado 3 del Anexo II del R.D. 1215/97 de 18/7/97.

- El gruista antes de iniciar los trabajos comprobará el buen funcionamiento de los finales de carrera, frenos y velocidades, así como de los licitadores de giro, si los tuviera.

- Si durante el funcionamiento de la grúa se observara que los comandos de la grúa no se corresponden con los movimientos de la misma, se dejará de trabajar y se dará cuenta inmediata a la Dirección técnica de la obra o al Coordinador de Seguridad y Salud en fase de ejecución.

- Evitar en todo momento pasar las cargas por encima de las personas.
- No se dejará caer el gancho de la grúa al suelo.



## 6.5.2. PROTECCIONES COLECTIVAS PARTICULARES A CADA FASE DE OBRA

### PROTECCIÓN CONTRA CAÍDAS DE ALTURA DE PERSONAS U OBJETOS

El riesgo de caída de altura de personas (precipitación, caída al vacío) es contemplado por el Anexo II del R.D. 1627/97 de 24/10/97 como riesgo especial para la seguridad y salud de los trabajadores, por ello, de acuerdo con los artículos 5.6 y 6.2 del mencionado Real Decreto se adjuntan las medidas preventivas específicas adecuadas.

#### PASARELAS:

En aquellas zonas que sea necesario, el paso de peatones sobre las zanjas, pequeños desniveles y obstáculos, originados por los trabajos se realizarán mediante pasarelas. Será preferiblemente prefabricadas de metal, o en su defecto realizadas “in situ”, de una anchura mínima de 1 metro, dotada en sus laterales de barandilla de seguridad reglamentaria: La plataforma será capaz de resistir 300 Kg de peso y estará dotada de guirnaldas de iluminación nocturna, si se encuentra afectando a la vía pública.

#### ESCALERAS PORTÁTILES:

Tendrán la resistencia y los elementos de apoyo y sujeción necesarios para que su utilización en las condiciones requeridas no suponga un riesgo de caída, por rotura o desplazamiento de las mismas.

Las escaleras que tengan que utilizarse en obra habrán de ser preferentemente de aluminio o hierro, a no ser posible se utilizarán de madera, pero con los peldaños ensamblados y no clavados. Estarán dotadas de zapatas, sujetas en la parte superior, y sobrepasarán en un metro el punto de apoyo superior.

Previamente a su utilización se elegirá el tipo de escalera a utilizar, en función de la tarea a la que esté destinada y se asegurará la estabilidad. No se emplearán escaleras excesivamente cortas o largas, ni empalmadas.

### ACCESOS Y ZONAS DE PASO DEL PERSONAL, ORDEN Y LIMPIEZA

Las aperturas de huecos horizontales sobre los forjados, deben condenarse con un tablero resistente, red, mallazo electrosoldado o elemento equivalente cuando no se esté trabajando en sus inmediaciones con independencia de su profundidad o tamaño.

Las armaduras y/o conectores metálicos sobresalientes de las esperas de las mismas estarán cubiertas por resguardos tipo “seta” o cualquier otro sistema eficaz, en previsión de punciones o erosiones del personal que pueda colisionar sobre ellos.



En aquellas zonas que sea necesario, el paso de peatones sobre las zanjas, pequeños desniveles y obstáculos originados por los trabajos, se realizarán mediante pasarelas.

#### ESLIGAS DE CADENA.

El fabricante deberá certificar que disponen de un factor de seguridad 5 sobre su carga nominal máxima y que los ganchos son de alta seguridad (pestillo de cierre automático al entrar en carga). El alargamiento de un 5 % de un eslabón significa la caducidad inmediata de la eslinga.

#### ESLINGA DE CABLE.

A la carga nominal máxima se aplica un factor de seguridad 6, siendo su tamaño y diámetro apropiado al tipo de maniobras a realizar, las gazas estarán protegidas por guardacabos metálicos fijados mediante casquillos prensados y los ganchos serán también de alta seguridad. La rotura del 10 % de los hilos en un segmento superior a 8 veces del diámetro del cable o la rotura de un cordón significa la caducidad inmediata de la eslinga.

#### CABINA DE LA MAQUINARIA DE MOVIMIENTOS DE TIERRAS.

Todas estas máquinas deberán ajustarse a lo dispuesto en su normativa específica, pero en cualquier caso deberán satisfacer las condiciones siguientes (apartado 7C del Anexo IV del R.D. 1627/97 de 24/10/97):

- Estar bien diseñados y contruidos, teniendo en cuenta los principios ergonómicos.
- Mantenerse en buen estado de funcionamiento.
- Utilizarse correctamente.
- Los conductores han de recibir formación especial.
- Adoptarse las medidas oportunas para evitar su caída en excavaciones o en el agua.

Cuando sea necesario, las máquinas dispondrán de cabina o pórtico de seguridad resguardando el habitáculo del operador, dotada de perfecta visión frontal y lateral, estando provista permanentemente de cristales o rejillas irrompibles, para protegerse de la caída de materiales. Además dispondrán de una puerta a cada lado.

#### CONDICIONES GENERALES EN TRABAJOS DE EXCAVACIÓN Y ATALUZADO.

Los trabajos con riesgos de sepultamiento o hundimiento son considerados especiales por el R.D. 1627/97 (Anexo II) y por ello debe constar en este Estudio de Seguridad y Salud el catálogo de medidas preventivas específicas:

#### TOPES PARA VEHÍCULOS EN EL PERÍMETRO DE LA EXCAVACIÓN

Se dispondrá de los mismos a fin de evitar la caída de los vehículos al interior de las zanjas o por las laderas.



## ATALUZADO DE LAS PAREDES DE EXCAVACIÓN.

Como criterio general se podrán seguir las siguientes directrices en la realización de taludes con bermas horizontales por cada 1,50 metros de profundidad y con la siguiente inclinación.

- Roca dura 80°.
- Arena fina o arcillosa 20°.

La inclinación del talud se ajustará a los cálculos de la Dirección Facultativa de la obra, salvo cambio de criterio avalado por Documentación Técnica complementaria.

El aumento de la inclinación y el drenado de las aguas que puedan afectar a la estabilidad del talud y a las capas de superficie del mismo, garantizan su comportamiento.

Se evitará, a toda costa, amontonar productos procedentes de la excavación, en los bordes de los taludes ya que, además de la sobrecarga que puedan representar, pueden llegar a embalsar aguas originando filtraciones que pueden arruinar el talud.

En taludes de alturas de más de 1,50 metros se deberán colocar bermas horizontales de 50 o 80 centímetros de ancho, para la vigilancia y alojar las conducciones provisionales o definitivas de la obra.

La colocación del talud debe tratarse como una berma, dejando expedito el paso o incluso disponiendo tableros de madera para facilitarlos.

En taludes de grandes dimensiones, se habrá previsto en proyecto la realización en su base, de cuentones relleno de grava suelta o canto de río de diámetro homogéneo, para retención de rebotes de materiales desprendidos, o alternativamente si, por cuestión del espacio disponible, no pudieran realizarse aquellos, se apantallará la parábola teórica de los rebotes o se dispondrá un túnel isotático de defensa.

## BARANDILLAS DE PROTECCIÓN.

En huecos verticales de coronación de taludes, con riesgo de caída de personas u objetos desde alturas superiores a 2 metros, se dispondrán barandillas de seguridad completas empotradas sobre el terreno, constituidas por balaustre vertical homologado o certificado por el fabricante respecto a su idoneidad en las condiciones de utilización por él descritas, pasamanos superior situado a 90 centímetros sobre el nivel del suelo, barra horizontal o listón intermedio (subsidiariamente barrotes verticales o mallazo con una separación máxima de 15 centímetros) y rodapié o plinto de 20 centímetros sobre el nivel del suelo, sólidamente anclados todos sus elementos entre sí, y de resistencia suficiente.

Los taludes de más de 1,50 metros de profundidad, estarán provistos de escaleras preferentemente excavados en el terreno o prefabricadas portátiles, que comuniquen

cada nivel inferior con la berma superior, disponiendo una escalera por cada 30 metros de talud abierto o fracción de este valor.

Las bocas de los pozos y arquetas, deben condenarse con un tablero resistente, red o elemento equivalente cuando no se esté trabajando en su interior y con independencia de su profundidad.

En aquellas zonas que sea necesario, el paso de peatones sobre las zanjas, pequeños desniveles y obstáculos, originados por los trabajos, se realizarán mediante pasarelas, preferiblemente prefabricadas de metal, o en su defecto realizadas “in situ”, de una anchura mínima de 1 metro, dotada en sus laterales de barandilla de seguridad reglamentaria y capaz de resistir 300 Kg de peso, dotada de guirnaldas de iluminación nocturna.

El material de excavación estará apilado a una distancia del borde de la coronación del talud igual o superior a la mitad de su profundidad (multiplicar por dos en terrenos arenosos). La distancia mínima al borde es de 50 centímetros.

El acopio y estabilidad de los elementos prefabricados deberá estar previsto durante su fase de ensamblaje y reposo en superficie, así como las cunas, carteles o utillaje específico para la puesta en obra de dichos elementos.

La madera a utilizar estará clasificada según usos y limpias de clavos, flejadas o formando hileras entrecruzadas sobre una base amplia y nivelada. Altura máxima de la pila (sin tablones estacados y arriostrados lateralmente): 1 metro.

#### CUERDA DE RETENIDA.

Utilizada para posicionar y dirigir manualmente el canal de derrame del hormigón, en su aproximación a la zona de vertido, constituida por poliamida de alta tenacidad, calabroteada de 12 milímetros de diámetro, como mínimo.

#### SIRGAS.

Sirgas de desplazamiento y anclaje del cinturón de seguridad.

Variables según los fabricantes y dispositivos de anclaje utilizados.

#### PREVENCIÓN DE INCENDIOS, ORDEN Y LIMPIEZA.

Si las zanjas o pozos entran en contacto con zonas que albergan o transportan sustancias de origen orgánico o industrial, deberán adoptarse precauciones adicionales respecto a la presencia de residuos tóxico, combustibles, deflagrantes, explosivos o biológicos.

La evacuación rápida del personal interior de la excavación debe quedar garantizado por la retirada de objetos en el fondo de zanja, que puedan interrumpir el paso.

Las zanjas de más de 1,30 metros de profundidad, estarán provistas de escaleras preferentemente de aluminio, que rebasen 1 metro sobre el nivel superior del corte, disponiendo una escalera por cada 15 metros de zanja abierta o fracción de este valor, que deberá estar correctamente arriostrada transversalmente.

Las bocas de los pozos deben condenarse con un tablero resistente, red o elemento equivalente cuando no se esté trabajando en su interior y con independencia de su profundidad.

En aquellas zonas que sea necesario, el paso de peatones sobre las zanjas, pequeños desniveles y obstáculos, originados por los trabajos se realizarán mediante pasarelas, preferiblemente prefabricadas de metal o en su defecto realizadas “in situ”, de una anchura mínima 1 metro, dotada en sus laterales de barandilla de seguridad reglamentaria y capaz de resistir 300 Kg de peso, dotada de guirnaldas de iluminación nocturna.

El material de excavación estará apilado a una distancia del borde de la excavación igual o superior de su profundidad (multiplicar por dos en terrenos arenosos). La distancia mínima al borde es de 50 centímetros.

El acopio y estabilidad de los escudos metálicos de entibación deberá estar previsto durante su fase de ensamblaje y reposo en superficie, así como las cunas, carteles o utillaje específico para este tipo de entibados.

La madera de entibar, estará clasificada según usos y limpias de clavos, flejadas o formando hileras entrecruzadas sobre una base amplia y nivelada.

Altura máxima de la pila (tablones estacados y arriostrados lateralmente): 1 metro.

## **6.6. IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS**

### **6.6.1. RIESGOS LABORALES EVITABLES COMPLETAMENTE**

La tabla siguiente contiene la relación de los riesgos laborales que pudiendo presentarse en la obra, van a ser totalmente evitados mediante la adopción de las medidas técnicas que también se incluyen:

2.1 RIESGOS EVITABLES	MEDIDAS TÉCNICAS ADOPTADAS
Derivados de la rotura de instalaciones existentes	Neutralización de las instalaciones existentes
Presencia de líneas eléctricas de alta tensión aéreas o subterráneas	Corte del fluido, puesta a tierra y cortocircuito de los cables



### 6.6.2. RIESGOS LABORALES NO EVITABLES COMPLETAMENTE

Este apartado contiene la identificación de los riesgos laborales que no puedan ser completamente evitables, y las medidas preventivas y protecciones técnicas que deberán adoptarse para el control y la reducción de este tipo de riesgos. La primera tabla se refiere a aspectos generales que afecten a toda la obra, y las restantes a los aspectos específicos de cada una de las fases en las que puede subdividirse.

<b>TODA LA OBRA</b>	
<b>RIESGOS</b>	
Caídas de los operarios al mismo nivel	
Caídas de los operarios a distinto nivel	
Caídas de objetos sobre operarios	
Caídas de objetos sobre terceros	
Choques o golpes contra objetos	
Atrapamientos	
Fuertes vientos	
Trabajos en condiciones de humedad	
Contactos directos e indirectos	
Cuerpos extraños en los ojos	
Cortes y golpes con maquinaria	
Sobreesfuerzos	
<b>MEDIDAS PREVENTIVAS Y PROTECCIONES COLECTIVAS</b>	<b>GRADO DE PROTECCIÓN</b>
Orden y limpieza de las vías de circulación de la obra	Permanente
Orden y limpieza de los lugares de trabajo	Permanente
Recubrimiento o distancia de seguridad (1m) a líneas eléctricas de baja tensión	Permanente
Iluminación adecuada y suficiente (alumbrado de obra)	Permanente
No permanecer en el radio de acción de las máquinas	Permanente
Puestas a tierra en cuadros, masas y máquinas sin doble aislamiento	Permanente
Señalización de la obra (señales y carteles)	Permanente
Cintas de señalización y balizamiento a 10 metros de distancia	Alternativa al vallado
Vallado del perímetro completo de la obra, resistente y de altura $\geq 2$ metro	Nulo
Marquesinas rígidas sobre accesos a la obra	Nulo
Pantalla inclinada rígida sobre aceras, vías de circulación o colindantes	Nulo
Extintor de polvo seco, de eficiencia 21 A-113 B	Permanente
Evacuación de escombros	Frecuente
Escaleras auxiliares	Ocasional
Información específica	Para riesgos concretos
Cursos y charlas de formación	Frecuente



Grúa parada y en posición veleta	Con viento fuerte
Grúa parada y en posición veleta	Final de cada jornada
<b>EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL (EPIs)</b>	
Cascos de seguridad	Permanente
Calzado protector	Permanente
Ropa y calzado de trabajo	Permanente
Ropa y calzado impermeable o de potencia	Con mal tiempo
Gafas de seguridad	Frecuente
Cinturones de protección del tronco	Ocasional
<b>FASE: ALBAÑILERÍA Y CERRAMIENTOS</b>	
<b>RIESGOS</b>	
Caídas de operarios al vacío	
Caídas de materiales transportados, a nivel y a niveles inferiores	
Atrapamientos y aplastamientos en manos durante el montaje de andamios	
Atrapamientos por los medios de elevación y transporte	
Lesiones y cortes en manos	
Lesiones, pinchazos y cortes en pies	
Dermatitis por contacto con hormigones, morteros y otros materiales	
Incendios por almacenamientos de productos combustible	
Golpes o cortes con herramientas	
Electrocuciones	
Proyecciones de particular al cortar materiales	
<b>MEDIDAS PREVENTIVAS Y PROTECCIONES COLECTIVA</b>	
<b>GRADO ADOPCIÓN</b>	
Apuntalamientos	Permanente
Pasos o pasarelas	Permanente
Redes verticales	Permanente
Redes horizontales	Permanente
Plataforma de carga y descarga de material	Permanente
Barandilla rígida 0,9 metros de altura (con listón intermedio y rodapié)	Permanente
Tableros o planchas rígidas en huecos horizontales	Permanente
Escaleras peldañeadas y protegidas	Permanente
Evitar trabajos superpuestos	Permanente
Bajantes de escombros adecuadamente sujetas	Permanente
Protección de huecos de entrada de material en planchas	Permanente
<b>EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL (EPIs)</b>	
Gafas de seguridad	Frecuente
Guantes de cuero o goma	Frecuente
Botas de seguridad	Frecuente
Cinturones y arneses de seguridad	Frecuente
Mástiles y cables fiadores	Frecuente



<b>FASE: ACABADOS</b>	
<b>RIESGOS</b>	
Caídas de operarios al vacío	
Caídas de materiales transportados	
Ambiente pulvígeno	
Lesiones, pinchazos y cortes en pies	
Dermatitis por contacto con materiales	
Incendios por almacenamiento de productos combustibles	
Inhalación por almacenamiento de productos combustibles	
Inhalación de sustancias tóxicas	
Quemaduras	
Electrocución	
Atrapamientos con o entre herramientas	
<b>MEDIDAS PREVENTIVAS Y PROTECCIONES COLECTIVAS</b>	<b>GRADO ADOPCIÓN</b>
Ventilación adecuada y suficiente (natural o forzada)	Permanente
Andamios	Permanente
Plataformas de carga y descarga de material	Permanente
Barandillas	Permanente
Escaleras peldañeadas y protegidas	Permanente
Evitar focos de inflamación	Permanente
Equipos autónomos de ventilación	Permanente
Almacenamiento correcto de los productos	Permanente
<b>EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL (EPIs)</b>	<b>EMPLEO</b>
Gafas de seguridad	
Guantes de cuero o goma	
Botas de seguridad	
Cinturones y arneses de seguridad	
Mástiles y cables fiadores	
Mascarilla filtrante	
Equipos autónomos de respiración	
<b>FASE: INSTALACIONES</b>	
<b>RIESGOS</b>	
Lesiones y cortes en manos y brazos	
Dermatitis por contacto con materiales	
Inhalación de sustancias tóxicas	
Quemaduras	
Golpes y aplastamiento de pies	
Incendios por almacenamiento de productos combustibles	
Electrocuciones	
Contactos eléctricos directos e indirectos	
Ambiente pulvígeno	
<b>MEDIDAS PREVENTIVAS Y PROTECCIONES</b>	<b>GRADO ADOPCIÓN</b>



<b>COLECTIVAS</b>	
Ventilación adecuada y suficiente (natural o forzada)	Permanente
Escalera portátil de tijera con calzos de goma y tirantes	Permanente
Protección del hueco del ascensor	Permanente
Plataforma provisional para ascensoristas	Permanente
Realizar conexiones eléctricas sin tensión	Permanente
<b>EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL (EPIs)</b>	<b>EMPLEO</b>
Gafas de seguridad	Permanente
Guantes de cuero o goma	Ocasional
Botas de seguridad	Ocasional
Cinturones y arneses de seguridad	Ocasional
Mástiles y cables fiadores	Ocasional
Mascarilla filtrante	Ocasional

Se concederá especial importancia a lo anteriormente indicado así como a las especificaciones que se indican a continuación:

- Se establecerán zonas de paso y acceso a la obra.
- Se señalizará y vallará el perímetro de la obra, así como los puntos singulares en el interior de la misma.
- Se señalizará la obligación de utilizar casco en el interior del recinto de la obra.
- Se señalizará convenientemente la necesidad de utilización de medidas de seguridad adicionales en toda la obra.
- Se controlará adecuadamente el proceso de la carga y descarga de camiones.
- Se utilizarán plataformas de trabajo homologadas y adecuadas.
- Se utilizarán andamios homologados y adecuados.
- Se evitará el paso de trabajadores bajo otros operarios.
- La utilización de los EPIs es de carácter obligatorio para todos los trabajadores.

### 6.6.3. EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL PARA TRABAJOS EN TENSIÓN (EN B.T.)

<b>EPI: casco aislante</b>	
Riesgo contra los que protege	Protege el cráneo contra: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Choques, golpes, caídas.</li> <li>- Proyección de objetos.</li> <li>- Contactos eléctricos.</li> </ul>
Modo de empleo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ajustar la banda de entorno, al perímetro de la cabeza.</li> <li>- En trabajos a cierta altura usar el barboquejo.</li> </ul>
Trabajos donde es obligatorio su empleo	Para trabajos que impliquen riesgo para la cabeza como:





	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Trabajos en instalaciones eléctricas de B.T., A.T. y maniobra.</li> <li>- Trabajos de almacenaje, carga y descarga.</li> <li>- Trabajos a diferentes alturas (líneas aéreas).</li> </ul>
Verificación, conservación y mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Comprobación visual del buen estado del casco y atalaje.</li> <li>- Comprobación del perfecto ajuste de banda barbuquejo.</li> <li>- Limpieza con agua jabonosa periódicamente.</li> <li>- Reposición de sus partes cuando sea necesario.</li> <li>- Sustitución siempre que haya habido un impacto violento.</li> </ul>
Comentarios	<ul style="list-style-type: none"> <li>- En ningún caso se desprenderá el casco en cualquier movimiento normal de la cabeza, tronco, etc.</li> <li>- Su vida útil máxima será de 10 años.</li> <li>- Es de uso personal.</li> <li>- Almacenamiento en lugar seco, ventilado y protegido de focos caloríficos, químicos, etc.</li> </ul>

### 2.1.1 EPI: pantalla facial

Riesgo contra los que protege	Protege el rostro contra: - Proyección de partículas de metal fundido. - Elevada temperatura.
Modo de empleo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ajustar el adaptador al casco.</li> <li>- Abatir el visor.</li> <li>- Utilizar gafas inactínicas (para evitar el deslumbramiento)</li> </ul>
Trabajos donde es obligatorio su empleo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- En aquellos trabajos que presenten riesgos de proyectar partículas de metal fundido.</li> <li>- En altas temperaturas.</li> </ul>
Verificación, conservación y mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Comprobación visual del buen estado de la pantalla, adaptador y buen ajuste al casco.</li> <li>- Limpieza con agua jabonosa periódicamente y secado con paño seco</li> </ul>
Comentarios	- Usar a la vez gafas inactínicas para evitar deslumbramientos.

### 2.2 EPI: gafas inactínicas

Riesgo contra los que protege	Protegen los ojos contra: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Deslumbramiento por cortocircuito.</li> </ul>
Modo de empleo	- Ajustar a la cara protegiendo los ojos.
Trabajos donde es obligatorio su empleo	- En aquellos trabajos en los que se realicen instalaciones que presenten riesgos de deslumbramiento por cortocircuito.
Verificación, conservación y mantenimiento.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Comprobación visual del buen estado.</li> <li>- Limpieza con agua jabonosa periódicamente y secado con paño seco.</li> </ul>



	- Guardarlas en su funda
Comentarios	- Es recomendable su utilización conjunta con la pantalla facial.

<b>EPI: guantes aislantes</b>	
Riesgo contra los que protege	Protegen las manos contra: - Contactos a tensión.
Modo de empleo	- Usar la talla adecuada. - Comprobar su estanqueidad. - Nunca se utilizarán como único elemento de protección.
Trabajos donde es obligatorio su empleo	- Trabajos en proximidad de instalaciones de B.T. en tensión. - Trabajos en instalaciones de B.T. en tensión. - Retirada o reposición de fusibles
Verificación, conservación y mantenimiento.	- Verificación de estanqueidad antes de cada trabajo. - Ensayo eléctrico en laboratorio cada 6 meses.
Comentarios	No se admitirán reparaciones. Habrán de ser legibles: - Tensión de utilización. - Fecha de fabricación. - Nombre del fabricante. - Homologación

<b>2.3 EPI: guantes ignífugos</b>	
Riesgo contra los que protege	Protegen las manos contra: - La posible fusión del guante aislante de caucho al producirse un arco eléctrico.
Modo de empleo	- Emplear debajo de los guantes aislantes.
Trabajos donde es obligatorio su empleo	- Trabajos en los que puede darse un arco eléctrico.
Verificación, conservación y mantenimiento.	- Comprobación visual del buen estado. - Una vez utilizados guardar en bolsa.
Comentarios	- Estos guantes se usan siempre debajo del guante aislante de caucho. - Son de fibra retardante a la llama y resistente al calor. - Conductividad eléctrica muy baja.

<b>2.4 EPI: guantes de protección mecánica</b>	
Riesgo contra los que protege	- Protegen el guante aislante del caucho.
Modo de empleo	- Utilizar sobre los guantes aislantes de caucho.
Trabajos donde es obligatorio su empleo	- Trabajos en instalaciones de B.T. cuando se realicen tareas donde puedan dañarse los guantes aislantes de caucho



Verificación, conservación y mantenimiento.	- Comprobación visual del buen estado. - Se conservarán limpios y secos
Comentarios	- Son guantes de poco grosor (piel de cabritilla). - En este caso no es necesario emplear los guantes ignífugos

#### 2.4.1 EPI: calzado de seguridad

Riesgo contra los que protege	Protegen los pies contra: - Los riesgos mecánicos.
Modo de empleo	- Se colocarán debidamente sujeto al pie de forma que no haya posibilidad de holgura que facilite la penetración de cuerpos extraños.
Trabajos donde es obligatorio su empleo	- Los de clase I (puntera de seguridad) en trabajos con riesgo de accidentes en los pies: carga, descarga, etc. - Los de clase II (plantilla de seguridad): cuando sólo haya objetos punzantes en el suelo. - Los de clase III (puntera y plantilla de seguridad): cuando coexistan los dos tipos de riesgos anteriores.
Verificación, conservación y mantenimiento.	- Verificación visual de que no presenta roturas, cortes, desgaste, etc.
Comentarios	- No se considera un elemento aislante en trabajos en tensión en B.T.

### 6.7. RIESGOS LABORALES ESPECÍFICOS DE ESTA OBRA

#### 6.7.1. FASE DE LA OBRA DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE BAJA TENSIÓN, ALUMBRADO DE EMERGENCIA

ACTIVIDAD	RIESGO	ACTUACIÓN PREVISTA Y PROTECCIONES
Acopio de carga y descarga	Golpes, heridas.  Caídas de objetos y atrapamientos	Mantenimiento de equipos Utilización de EPIs Adecuación de cargas Control de maniobras
Instalación de canalizaciones y detectores, luminarias y emergencias	Caídas de objetos desde altura  Caídas de trabajadores desde altura	Utilización de EPIs Orden y limpieza  Utilización de plataformas y andamios homologados. (Obligatoria su utilización: trabajos a realizar por encima del nivel del suelo y que requieran esfuerzos, trabajos a realizar por encima de 5 metros de altura).(En todos estos casos no se pueden utilizar escaleras de mano)



		Utilización de EPIs Orden y limpieza
	Daños oculares	Utilización de EPIs
	Golpes, cortes, etc.	Adecuado mantenimiento de la maquinaria Maquinaria con todos los elementos de protección
	Electrocución	Adecuada puesta a tierra de las instalaciones Instalaciones eléctricas auxiliares ejecutadas por especialistas. Adecuado mantenimiento de las instalaciones Utilización de EPIs
	Sobre esfuerzos	Fajas lumbares

### 6.7.2. FASE DE PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO DE LA INSTALACIÓN

ACTIVIDAD	RIESGO	ACTUACIÓN PREVISTA Y PROTECCIONES
Pruebas y puestas en servicio	Golpes, heridas, etc.	Mantenimiento de los equipos Utilización de EPIs
	Caídas de objetos	Cargas adecuadas Utilización de EPIs
	Atrapamientos	Control de maniobras Vigilancia continua. Utilización de EPIs
	Caídas desde altura	Utilización de sistemas colectivos de protección y equipos adecuados Utilización de EPIs
	Electrocución	Utilización de EPIs Coordinación con empresa suministradora para enganches Reunión diaria y comunicación expresa a los operarios de los puntos con corriente





		especificado en el presente Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.
--	--	--

### **6.8. PRIMEROS AUXILIOS**

De acuerdo con el apartado A 3 del Anexo VI del R.D. 486/97, la obra dispondrá del material de primeros auxilios que se indica en la tabla siguiente, en la que se incluye además la identificación y las distancias a los centros de asistencia sanitaria más cercanos:

<b>PRIMEROS AUXILIOS Y ASISTENCIA SANITARIA</b>		
<b>NIVEL DE ASISTENCIA</b>	<b>NOMBRE Y UBICACIÓN</b>	<b>DISTANCIA APROXIMADA (KM)</b>
Primeros auxilios	Botiquín portátil	En la obra
Asistencia Primaria-Urgencias	Centro de salud de Tafalla	1
Asistencia Especializada-Hospital	Hospital de Navarra	40

### **6.9. NORMATIVA APLICABLE**

Ley de prevención de riesgos laborales	Ley 31/95	08-11-95	J. estado	10-11-95
Reglamento de los servicios de prevención	RD 39/97	17-01-97	M. Trab.	31-01-97
Disposiciones mínimas de seguridad y salud en obras de construcción (Transposición Directiva 92/57/CEE)	RD 1627/97	24-10-97	Varios	23-04-97
Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud.	RD 485/97	14-04-97	M. Trab.	23-04-97
Modelo de libro de incidencias. Corrección de errores.	Orden	20-09-86	M. Trab.	13-10-86 31-10-86
Modelo de notificación de accidentes de trabajo.	Orden	16-12-87		29-12-87
Reglamento de seguridad e higiene en el trabajo de la construcción	Orden	20-05-52	M. Trab.	15-06-52
Modificación	Orden	19-12-53	M. Trab.	22-12-53
Complementario	Orden	02-09-66	M. Trab.	01-10-66
Cuadro de enfermedades profesionales	RRD 1995/78			25-08-78
Ordenanza general de seguridad e higiene en el trabajo	Orden	09-03-71	M. Trab.	16-03-71 06-04-71

Corrección de errores				
Ordenanza trabajo industrias construcción, vidrio y cerámica.	Orden	28-08-79	M. Trab.	
Anterior no derogada	Orden	28-08-70	M. Trab.	05-09-70
Corrección de errores				17-10-70
Modificación (no derogada), Orden 28-08-70	Orden	27-07-73	M. Trab.	
Interpretación de varios artículos	Orden	21-11-70	M. Trab.	28-11-70
Interpretación de varios artículos	Resolución	24-11-70	M. Trab.	5-12-70
Señalización y otras medidas en obras fijas en vías fuera de poblaciones	Orden	31-08-87	M. Trab.	
Protección de riesgos derivados de exposición a ruidos. Disposiciones mín. seg. Y salud sobre manipulación manual de cargas (Directiva 90/269/CEE)	RD 1316/89	27-10-89	M. Trab	02-11-87
Reglamentos sobre trabajos con riesgo de amianto. Corrección de errores.	RD 487/97	23-04-97	M. Trab.	23-04-97
Normas complementarias	Orden	31-10-84	M. Trab.	07-11-84
Modelo de libro de registro				22-11-84
	Orden	07-01-87	M. Trab.	15-01-87
	Orden	22-12-87	M. Trab.	29-12-87
Estatuto de los trabajadores	Ley 8/80	01-03-80	M. Trab	
Regulación de la jornada laboral	RD 2001/83	28-07-83		03-08-83
Formación de comités de seguridad	D. 423/71	11-03-71	M. Trab.	16-03-71

<b>EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL (EPI)</b>				
Condiciones comerc. Y libre circulación de EPI (directiva 89/686/CEE)	RD 1407/92	20-11-92	MRCor.	28-12-92
Modificación: "CE" de conformidad y año de colocación.	RD 159/95	03-02-95		08-03-95
Modificación RD 159/95	Orden	20-03-97		06-03-97
Disp. Mínimas de seg. Y salud de equipos de protección individual (Transposición Directiva 89/656/CEE)	RD 773/97	30-05-97	M. Presid	12-06-97
EPI contra caída de altura. Disp. de descenso	UNEEN341	22-05-97	AENOR	23-06-97
Requisitos y método de ensayo: calzado seguridad / protección / trabajo.	UNEEN 344/A1	20-10-97	AENOR	07-11-97
Especificaciones calzado seguridad uso profesional	UNEEN 345/A1	20-10-97	AENOR	07-11-97

Especificaciones calzado trabajo uso profesional	UNEEN 346/A1	20-10-97	AENOR	07-11-97
Especificaciones calzado trabajo uso profesional	UNEEN 347/A1	20-10-97	AENOR	07-11-97

<b>INSTALACIONES Y EQUIPOS DE OBRA</b>				
Disp. Mín. de seg. Y salud para utilización de los equipos de trabajo (Transposición Directiva 89/656/CEE)	RD 1215/97	18-07-97	M. Trab	18-07-87
ITC-BT-28 del reglamento para baja tensión	Orden	31-10-73	MI	27-12-73
ITC MIE-AEM 3 Carretillas automotoras de manutención	Orden	26-05-89	MIE	09-06-69
Reglamento de aparatos elevadores para obras	Orden	23-05-77	MI	14-06-77
Corrección de errores				18-07-77
Modificación	Orden	07-03-81	MIE	14-03-81
Modificación	Orden	16-11-81	P.Gob.	21-07-86
Reglamento Seguridad en las Máquinas	RD 1495/89	23-05-86	P.Gob.	21-07-86
Corrección de errores				04-10-86
Modificación	RD 590/89	19-05-89	M.R. Cor	19-05-89
Modificación en la ITC MSG-SM	Orden	08-04-91	M.R. Cor	11-04-91
Modificación (Adaptación a directivas de la CEE)	RD 830/91	24-05-91	M.R. Cor	31-05-91
Regulación potencia acústica de maquinarias (Directiva 84/852/CEE)	RD 245/89	27-02-89	MIE	11-03-89
Ampliación y nuevas especificaciones	RD 71/92	31-01-92	MIE	06-02-92
Requisitos de seguridad y salud en máquinas (Directiva 89/392/CEE)	RD 1435/92	27-11-92	M.R. Cor	07-07-88
ITC-MIE-AEM2. Grúas Torre desmontable para obra	Orden	28-06-88	MIE	07-07-88
Corrección de errores	Orden	28-06-88		05-10-88
ITC-MIE-AEM4. Grúas móviles autopropulsadas usadas	RD 2370/96	18-11-96	MIE	24-12-96
Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación y las instrucciones técnicas complementarias.	RD 3275/82		MIE	
Texto refundido de la ley general de la seguridad social	RD 1/1994	20-06-94		





Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo	RD 486/97	14-04-97		
Reglamento electrotécnico para baja tensión	RD2413/73	20-09-73	MIE	
Normas técnicas reglamentarias sobre homologación de los medios de protección personal	O.M.	17-05-74	MIE	

### **6.10.PRESUPUESTO**

<b>UNIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNIDAD (euros)</b>	<b>TOTAL (euros)</b>
<b>Unidades</b>	Casco de seguridad dieléctrico con pantalla para protección de descargas eléctricas, amortizable en 5 usos.	2	3,73	7,46
<b>Unidades</b>	Arnés de seguridad con amarre dorsal + amarre torsal + amarre lateral, acolchado y cinturón giro 180° para trabajos de electricidad, fabricado con fibra de nylon de 45 mm y elementos metálicos de acero inoxidable, amortizable en 5 obras. Certificado CE.	2	54,45	108,9
<b>Unidades</b>	Placa señalización-información en PVC serigrafiado de 50x30 cm, fijada mecánicamente, amortizable en 3 usos, incluso colocación y desmontaje.	1	3,43	3,43
<b>Unidades</b>	Señal triangular y soporte Señal de seguridad triangular de L= 70 cm, normalizada, con trípode tubular, amortizable en 5 usos, colocación y	1	15,96	15,96



	desmontaje según RD. 485/97.			
<b>Unidades</b>	Gafas contra impactos Gafas protectoras contra impactos, incoloras, amortizables en 3 usos.	2	3,14	6,28
<b>Unidades</b>	Gafas antipolvo Gafas antipolvo antiempañables, panorámicas, amortizables en 3 usos.	2	0,81	1,62
<b>Unidades</b>	Cascos protectores auditivos Protectores auditivos con arnés a la nuca, amortizables en tres usos. Certificado CE.	2	3,12	6,24
<b>Unidades</b>	Juego de tapones antirruído de silicona ajustables. Certificado CE.	4	1,41	5,64
<b>Unidades</b>	Faja protección lumbar, amortizable en 4 usos. Certificado CE.	2	2,80	5,6
<b>Unidades</b>	Chaleco de trabajo de poliéster-algodón, amortizable en un uso. Certificado CE.	2	13,50	27
<b>Unidades</b>	Par de rodilleras ajustables de protección ergonómica, amortizable en tres usos. Certificado CE	2	2,63	5,26
<b>Unidades</b>	Cinturón portaherramientas amortizable en 4 usos.	1	5,89	5,89
<b>Unidades</b>	Mono de trabajo, de una pieza de poliéster- algodón, amortizable en un uso. Certificado CE.	2	15,29	30,58
<b>Unidades</b>	Par guantes de uso general de lona y serraje. Certificado CE.	4	1,40	5,6
<b>Unidades</b>	Par de botas de seguridad con puntera metálica para refuerzo	2	9,32	18,64



	y plantillas de acero flexibles, para riesgos de perforación, amortizable en tres usos. Certificado CE.			
<b>Unidades</b>	Cinta balizamiento bicolor rojo-blanco de material plástico, incluso colocación y desmontaje.	24	0,2	14,88
<b>Unidades</b>	Lámpara portátil de mano, con cesto protector y mango aislante, amortizable en tres usos.	1	3,45	3,45
<b>Unidades</b>	Extintor de polvo ABC 6 Kg. PR. INC Extintor de polvo químico ABC polivalente antibrasa de eficacia 34A/233B, de 6 Kg. de agente extintor, con soporte, manómetro comprobable y boquilla con difusor, según norma UNE 23110. medida la unidad instalada.	1	22,84	22,84
<b>Total</b>				<b>295,27</b>

Pamplona, Noviembre de 2013

David López de Goicoechea Ojer



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

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

DOCUMENTO 7: BIBLIOGRAFÍA

Alumno: David López de Goicoechea Ojer

Tutor: José Vicente Valdenebro

Pamplona, Noviembre de 2013



## BIBLIOGRAFÍA

### INDICE:

#### **7.1 BIBLIOGRAFÍA**

<b>7.1.1 REGLAMENTO, NORMATIVAS Y LIBROS</b>	<b>2</b>
<b>7.1.2 CATÁLOGOS CONSULTADOS</b>	<b>3</b>
<b>7.1.3 PÁGINAS WEB CONSULTADAS</b>	<b>3</b>



## **7.1. BIBLIOGRAFIA**

### **7.1.1. REGLAMENTO, NORMATIVAS Y LIBROS**

Para la realización del presente proyecto la bibliografía ha sido:

- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias (Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto de 2002).
- Reglamento de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión. Colección Leyes, Normas y Reglamentos. Ministerio de Ciencia y Tecnología.
- Reglamento sobre Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de transformación. Colección Leyes, Normas y Reglamentos. Minister Energía (Real Decreto 3.275/82, de 12 de noviembre de 1982).
- Reglamento sobre acometidas eléctricas. Colección Leyes, Normas y Reglamentos. Ministerio de Industria y Energía.
- Reglamento sobre las condiciones técnicas y garantías de segu centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación e instrucciones técnicas complementarias. Ministerio de Industria y Energía.
- Instalación de NTE Ed. paraninfo 1996. Jose Carlo
- Puesta a tierra en edificios en instalaciones eléctricas. Ed. Paraninfo 1997. Juan José Martínez Requera y José Carlos Toledano Gasca.
- Lámparas eléctricas, sistemas de iluminación, proyectos de alumbrado. Ed. CEAC 1987. José Remírez Vázquez.
- 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 distribución eléctrica S.A.U.”
- Canalizaciones, materiales de alta y baja tensión y centrales. Paul Hering.
- Protecciones en las instalaciones eléctricas. Paulino Montané.



- Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación conectados a redes 1989.

### 7.1.2. CATÁLOGOS CONSULTADOS

Se han consultado los siguientes catálogos:

- Toda serie de catálogos ABB Y MERLÍN GERÍN.
- Compensación de energía reactiva y filtrado de armónicos MERLÍN GERÍN.
- Luminarias y lámparas
- Lámparas de emergencia LEGRAND.
- Catálogo de NIESSEN.
- Catálogo de PRYSMIAN.
- Catálogo de Quintela.
- Equipos de seguridad NAISA: Cascos, gafas, guantes, etc.

### 7.1.3 PÁGINAS WEB CONSULTADAS

En este apartado se adjuntan las direcciones web de las empresas cuyos elementos han sido utilizados en el presente proyecto.

Las páginas web son las siguientes:

- PRYSMIAN. (<http://www.prysmian.es>). Conductores.
- ORMAZABAL. (<http://www.ormazabal.com>). Edificio prefabricado para el centro de transformación, celdas modulares con aislamiento integral de (SF6) y transformador de potencia.
- PHILIPS. (<http://www.philips.com>).
- HAVELLS - SYLVANIA Lámparas y luminarias.
- KLIK ELECTRO MATERIALES. (<http://www.klk.es>). Picas de puesta a tierra.



- INDUSTRIAS ARRUTI. (<http://www.arruti.com>).  
Grapas y accesorios para la puesta a tierra.
- TUBIFOR. (<http://www.directindustry.com>). Tubos de PVC para canalizaciones.
- FIBEX. (<http://www.directindustry.com>).  
Tubos de XLPE para canalizaciones.
- VOLTIMUN. (<http://www.voltimun.com>)  
Suministros de material eléctrico.

Pamplona, Noviembre de 2013

David López de Goicoechea Ojer