



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

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

Alumno: Atarratze Rota Villanueva

Tutor: Rafael Gonzaga Jarquin

Pamplona, 11/01/2013



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

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

DOCUMENTO 1: MEMORIA

Alumno: Atarratze Rota Villanueva

Tutor: Rafael Gonzaga Jarquin

Pamplona, 11/01/2013



## ÍNDICE

### MEMORIA

	<u>pág.</u>
1. Introducción	4
1.1. Titular	4
1.2. Técnico redactor	4
1.3. Objeto	4
1.4. Emplazamiento y situación de la nave	4
1.5. Normativa	4
1.6. Distribución de la superficie	5
1.7. Previsión de carga	6
2. Opciones a elegir	8
2.1. Esquemas de conexión de neutro	8
2.1.1. Esquema TT	9
2.1.2. Esquema IT	9
2.1.2.1. Aislado	10
2.1.2.2. Conectado mediante impedancia	10
2.1.3. Esquema TN (TN-C y TN-S)	11
2.2. Iluminación	13
2.2.1. Introducción	13
2.2.2. Conceptos luminotécnicos	13
2.2.3. Lámparas	16
2.2.4. Aparatos de alumbrado	27
2.2.4.1. Clasificación de las luminarias y tipos de alumbrado	30
2.2.5. Niveles de iluminación recomendados	33
2.2.6. Cálculo del alumbrado interior	34
2.2.7. Alumbrados especiales: Alumbrado de emergencia y señalización	40
2.2.8. Elección del sistema de alumbrado especial	44
2.3. Transformadores	44
2.3.1. Transformadores en baño de aceite	46
2.3.2. Transformadores secos	46
2.4. Compensación de la energía reactiva	48
2.4.1. Formas de compensar	48
2.4.1.1. Compensación global	48
2.4.1.2. Compensación por sectores	49
2.4.1.3. Compensación individual	49
2.4.2. Tipos de compensación	49
2.4.2.1. Condensadores fijos	49
2.4.2.2. Condensadores de regulación automática o batería de condensadores	49
2.5. Potencia a contratar	50



2.5.1.	Con 1 maxímetro	50
2.5.2.	Con 2 maxímetros	51
2.5.3.	Con 3 maxímetros	51
2.6.	Tarifas a elegir	52
2.6.1.	Tarifa doble	52
2.6.2.	Tarifa triple A	52
2.6.3.	Tarifa triple B	52
2.6.4.	Estacional	53
3.	Descripción de la instalación	53
3.1.	Conexión de neutro	53
3.2.	Centro de Transformación	53
3.3.	Compensación de la reactiva	53
3.4.	Acometida	54
3.5.	Derivación Individual	54
3.6.	Descripción de la instalación interior	55
3.6.1.	Cuadro de protección general	55
3.6.2.	Cuadros auxiliares	55
3.6.2.1.	Cuadro auxiliar 1: alumbrado del taller	55
3.6.2.2.	Cuadro auxiliar 2: Oficinas, vestuarios y almacén planta baja	56
3.6.2.3.	Cuadro auxiliar 3: Oficinas y salas primera planta	57
3.6.2.4.	Cuadro auxiliar 4: Alumbrado exterior y taller de mecanizado	57
3.6.2.5.	Cuadro auxiliar 5: Maquinaria 1	58
3.6.2.6.	Cuadro auxiliar 6: Maquinaria 2	58
3.6.2.7.	Cuadro auxiliar 7: Maquinaria 3	59
3.6.3.	Distribución de los circuitos principales	59
3.6.3.1.	Secciones	59
3.6.3.2.	Conductores-Instalación	61
3.6.4.	Tipo de lámparas y luminarias	62
3.6.4.1.	Iluminación de la nave industrial	63
3.6.4.2.	Características de las lámparas y luminarias escogidas	72
3.6.4.3.	Elección del sistema de alumbrado especial	72
3.7.	Instalaciones en cuartos de baño	78
3.8.	Protecciones	80
3.8.1.	Contra sobrecargas y cortocircuitos	80
3.8.2.	Contra contactos indirectos	80
3.8.3.	Tabla resumen de protecciones	80
3.9.	Puesta a Tierra	82
3.9.1.	Introducción	82
3.9.2.	Objetivos de la puesta a tierra	83
3.9.3.	Partes de la puesta a tierra	83
3.9.4.	Elementos a conectar a la puesta a tierra	86
3.9.5.	Solución adoptada	86
3.10.	Centro de Transformación	87





3.10.1.	Objeto del proyecto	87
3.10.2.	Reglamentación y disposiciones oficiales	87
3.10.3.	Emplazamiento	87
3.10.4.	Características generales del Centro de Transformación	87
3.10.4.1.	Celdas CGMCOSMOS	88
3.10.5.	Necesidades y potencia instalada	88
3.10.6.	Obra civil	89
3.10.6.1.	Local	89
3.10.6.2.	Características del local	89
3.10.7.	Instalación eléctrica	91
3.10.7.1.	Características de la red de alimentación	91
3.10.7.2.	Características de la aparamenta de Media Tensión	91
3.10.7.3.	Características de la aparamenta de Baja Tensión	96
3.10.7.4.	Puesta a tierra	96
3.10.7.5.	Instalaciones secundarias	97
4.	Bibliografía	98
4.1.	Reglamento, normativas y libros	98
4.2.	Páginas web de empresas	99
4.3.	Otras direcciones web de interés	100
5.	Conclusión final	101



# **MEMORIA**

## **1. INTRODUCCIÓN**

### **1.1. Título**

El presente Proyecto se redacta a petición de la ETSIIT como Proyecto Final de Carrera y se trata de la Instalación Eléctrica en Baja Tensión de una Nave Industrial con Centro de Transformación.

### **1.2. Técnico redactor**

El presente Proyecto es redactado y firmado por ATARRATZE ROTA VILLANUEVA, Ingeniero Técnico Industrial, especialidad Electricidad.

### **1.3. Objeto**

El presente proyecto tiene por objeto definir las características de la instalación en baja tensión necesaria para el suministro de energía eléctrica a los diferentes receptores de fuerza y alumbrado que se proyectan instalar en una nave industrial dedicada a la elaboración de todo tipo de materiales metalúrgicos y el tratado y corrección de dichos materiales.

La instalación eléctrica constará de:

- Instalación de alumbrado interior, exterior, de emergencia y señalización.
- Instalación de fuerzas y tomas de corriente.
- Centro de transformación de media a baja tensión.
- Protección eléctrica de las líneas que alimentan cada una de las instalaciones.
- Puestas a tierra del centro de transformación, y de la instalación eléctrica de la nave.
- Corrección del factor de potencia del centro de transformación en caso necesario.

### **1.4. Emplazamiento y situación de la nave**

La nave objeto del proyecto está situada en el municipio de Cizur, en la población de Gazólaz Polígono Industrial 3, parcela 449.

### **1.5. Normativa**

El proyecto cumple en todo momento las prescripciones descritas por:



- El Vigente Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, así como las Instrucciones complementarias al mismo. (Real Decreto 842/2002 de 2 de Agosto).
- Normativa de empresa suministradora IBERDROLA.
- Normas Tecnológicas de la Edificación
- Reglamento sobre centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación. RD 3275/1982
- RD 486/1997, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.

### 1.6. Distribución de la superficie de la nave

Se trata de una nave de nueva construcción con puerta corredera y con una altura de útil de 8 m. La distribución se realiza en una zona en dos plantas y el resto en una sola.

La distribución en metros útiles es la siguiente:

<b><u>PLANTA BAJA</u></b>	<b><u>Superficie (m<sup>2</sup>)</u></b>
Taller de mecanizado	1478,64
Almacén	47,905
Oficina	48,035
Vestuario masculino	20,46
Duchas masculino	7,18
Aseo masculino	9,53
Vestuario femenino	9,979
Cuarto 1	22,62
Área de descanso	22,62
Entrada	19,87
Pasillo 1	7,17
Sala de visitas	10,052
Aseo	3,276
Escaleras (zona 1 y 2)	2,912

<b><u>PRIMERA PLANTA</u></b>	<b><u>Superficie (m<sup>2</sup>)</u></b>
Cuarto 2	16,0125
Cuarto 3	26
Espera	16,799
Sala de reuniones	29,835



Administración	50,31
Archivo	17,714
Despacho 1	22,167
Despacho 2	17,509
Aseo 1	3,872
Aseo 2	3,872
Pasillo 2	18,345
Pasillo 3	3,53
Escaleras (zona 3)	3,48

**EXTERIOR (junto a la nave)      Superficie (m<sup>2</sup>)**

Centro de Transformación	10,61
--------------------------	-------

**SUPERFICIE ÚTIL TOTAL      1951, 739 m<sup>2</sup>**

### 1.7. Previsión de cargas

De acuerdo con la actividad que se va a realizar la relación entre la maquinaria que se va a utilizar y la potencia total a instalar es la siguiente:

- FUERZA
  - Maquinaria

Maquinaria	Unidades	Electrificación	Potencia unitaria (W)	Potencia total (W)
Sierra	3	III F+N+CP	4000	12000
Esmeriladora	3	III F+N+CP	5294	15882
Torno	3	III F+N+CP	15000	45000
Taladro	4	III F+N+CP	1500	6000
Pulidora	1	III F+N+CP	3000	3000
Retestadora	1	III F+N+CP	1471	1471
Mortajadora	1	III F+N+CP	2237	2237
Tronzadora	1	III F+N+CP	2237	2237
Cizalla	2	III F+N+CP	15000	30000
Fresadora	3	III F+N+CP	7500	7500
Compresor	1	III F+N+CP	7500	7500
Rectificador	1	III F+N+CP	10440	10440
Puerta taller	1	III F+N+CP	750	750

**TOTAL MAQUINARIA:****159017 W**

❖ 3 Líneas para cuadros de T.C. en Taller:	33255 W
❖ 2 Líneas T.C. Planta Baja	6900 W
❖ 2 Líneas T.C. Primera Planta	6900 W
❖ 1 Línea SAI Planta Baja	1725 W
❖ 1 Línea SAI Primera Planta	1725 W

TOTAL FUERZA: 209522 W

- ALUMBRADO

	Unidades	Potencia unitaria (W)	Potencia total (W)
<b><u>Taller</u></b>			
Lámparas halogenuros metálicos	45	400	18000
<b><u>Oficinas, vestuarios, almacén...</u></b>			
Fluorescentes cuadrados (4x35 W)	67	140	9380
Fluorescentes rectangulares (2x58 W)	12	116	1392
Downlight (2x18 W)	32	36	1152
<b><u>Exterior</u></b>			
Lámparas halogenuros metálicos	13	250	3250
Lámparas de vapor de sodio a. p.	2	150	300
<b><u>Centro de Transformación</u></b>			
Fluorescentes rectangulares (2x58W)	2	116	232
	<b>TOTAL</b>		<b>33706 W</b>

## RESUMEN

FUERZA	209522 W
ALUMBRADO	33706 W
<b>POTENCIA TOTAL INSTALADA</b>	<b>243228 W</b>



## 2. OPCIONES A ELEGIR

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. Es decir, buscaremos la mayor fiabilidad posible de la instalación al mejor precio.

### 2.1. Esquemas de conexión de neutro

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:

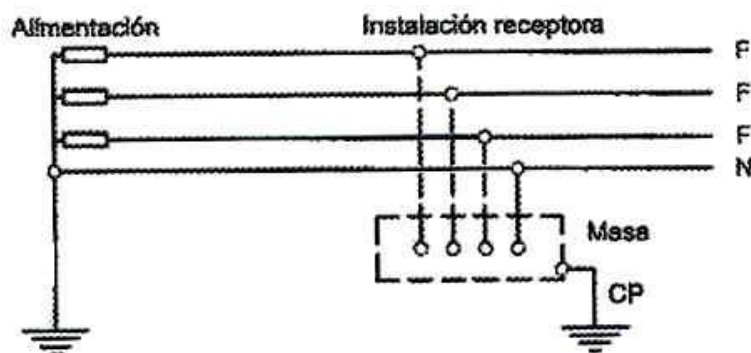
- La primera letra indica cómo está nuestra alimentación respecto a tierra:
  - ❖ T; La red de alimentación tiene el neutro conectado directamente a tierra.
  - ❖ I; La red de alimentación tiene el neutro aislado o lo tiene conectado a tierra a través de una impedancia.
- La segunda letra indica cómo 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 la alimentación (neutro o conductor de protección) que está conectado a tierra.
- La tercera letra se refiere a como se encuentran el conductor de neutro y el de protección:
  - ❖ S; Son conductores independientes
  - ❖ C; Son un mismo conductor, es decir, cumple las dos funciones.

Analizaremos las distintas conexiones que hay y escogeremos la que más nos convenga para nuestra instalación según las características técnicas y económicas. No obstante deberemos 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 pública 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, puede 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.

### 2.1.1. Esquema TT



Como se observa, la alimentación y las masas están puestas directamente a tierra. Esta conexión hace que ante un defecto la tensión de contacto que sufriría una persona depende de la resistencia de puesta a tierra de la masa:

$$U_c = I_d * R_m \qquad I_d = \frac{U_0}{R_a + R_m}$$

$U_c$ : Tensión de contacto

$I_d$ : Corriente de defecto

$U_0$ : Tensión nominal

$R_a$ : Resistencia de la tierra de alimentación

$R_m$ : Resistencia de la tierra de las masas

En el comienzo de la instalación es necesario colocar al menos un Interruptor Diferencial para que haga interrumpir la alimentación cuando la corriente de defecto sea tal que haga que la tensión de contacto sea peligrosa para las personas.

Se necesita el Interruptor Diferencial porque los Magnetotérmicos que podamos tener protegen para no sobrepasar una corriente máxima y la corriente de defecto es muy inferior a ésta corriente máxima. El empleo de más de un Interruptor Diferencial permite poder ajustar una selectividad amperimétrica y cronométrica. Todos los Diferenciales tendrán un margen de corriente inferior a la que haga establecerse una tensión de contacto peligrosa. Además, tendrán por norma, un tiempo de corte inferior a 1 segundo.

### 2.1.2. Esquema IT



En el esquema IT el neutro se puede encontrar aislado de la tierra o conectado por medio de una impedancia de gran valor, por encima de los 2 K $\Omega$ . Las masas siempre tendrán una conexión a tierra directa.

### 2.1.2.1. Aislado

Este es el esquema que ofrece una mayor continuidad de servicio, ya que corta el suministro al segundo defecto, a diferencia de los otros sistemas que lo hacen al primero. Esto se debe a que en el primer defecto, la corriente se encuentra con un circuito abierto para retornar al transformador, por lo que no lo puede hacer. Así pues, la corriente de defecto no será muy grande y la tensión de contacto tampoco, ya que se regirá por la siguiente fórmula:

$$U_c = I_d * R_m$$

$R_m$ : Resistencia de la tierra de las masas

$U_c$ : Tensión de contacto

$I_d$ : Corriente de defecto

Un segundo punto de defecto lo que provocaría sería una circulación de corriente y por lo tanto deberían saltar las protecciones Diferenciales. Lo que ocurriría es que la corriente pasaría por las dos masas, dándose las siguientes fórmulas:

$$U_c = I_d * R_m \qquad I_d = \frac{U_0}{2R_m}$$

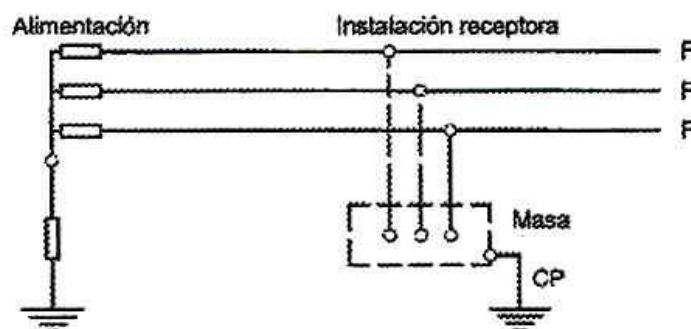
$R_m$ : Resistencia de la tierra de las masas

$U_c$ : Tensión de contacto

$I_d$ : Corriente de defecto

$U_0$ : Tensión nominal

### 2.1.2.2. Conectado mediante una impedancia







Como se observa, la conexión de las masas se realiza directamente a tierra, mientras que la del neutro se establece a través de una impedancia de valor superior a los 2 K $\Omega$ .

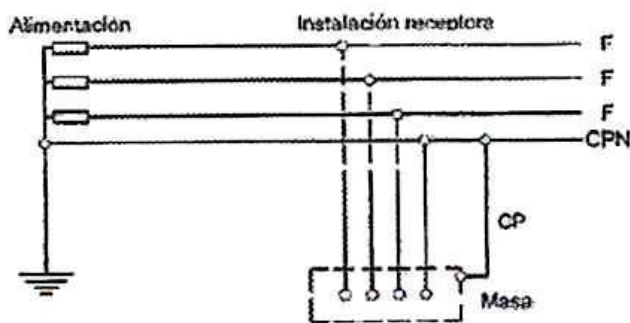
En este caso también se ofrece una gran continuidad del suministro, ya que al producirse el primer defecto, la corriente cuando va a retornar al transformador se encuentra con una resistencia muy grande, por lo que hace que no circule mucha corriente. No obstante, la corriente que circula es mayor que para el caso del neutro aislado, por lo que la tensión de contacto también lo será. Esta impedancia se elegirá de tal forma que la tensión de contacto nunca llegue a ser peligrosa.

Para ambos casos, cuando se produzca un primer defecto, un medidor de aislamiento que monitoriza constantemente la instalación, hará sonar una alarma que nos informará de dicho fallo. En cuanto se produce esta alarma se realizará una búsqueda del defecto mediante un localizador de defectos para intentar solventar el problema antes de que se produzca un segundo fallo y sea peligroso.

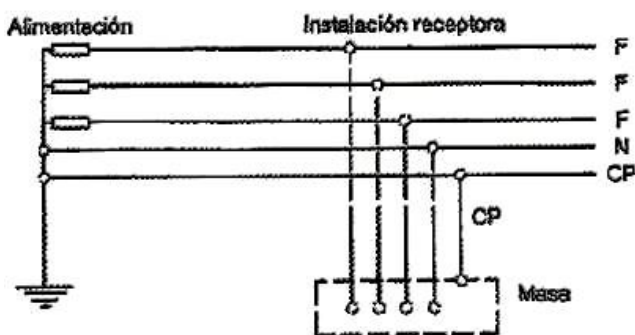
En este tipo de sistemas se requiere una puesta a tierra totalmente independiente al de otras instalaciones, ya que de lo contrario, la corriente de defecto podría regresar al transformador y provocar que el primer defecto sea verdaderamente peligroso. Igualmente, las masas metálicas no deben estar conectadas a otras de instalaciones diferentes.

Este tipo de esquemas suele ser utilizado en lugares donde no se pueda interrumpir el suministro como pueden ser quirófanos y actividades industriales especiales.

### 2.1.3. Esquema TN (TN-C y TN-S)



TN-C



TN-S

Como se puede observar en los dibujos, la diferencia entre el TN-C y el TN-S es que en uno el conductor de protección y el neutro es el mismo cable y en el otro son dos cables distintos. Pero a la hora de los cálculos, las fórmulas son las mismas:

$$U_c = I_d * R_{CP o N} \qquad I_d = \frac{U_0}{R_{fd} + R_{mm} + R_{CP o N}}$$

$U_c$ : Tensión de contacto

$I_d$ : Corriente de defecto

$U_0$ : Tensión nominal

$R_{CP o N}$ : Resistencia del conductor de protección o del neutro, dependiendo del esquema.

$R_{fd}$ : Resistencia de la fase de defecto.

$R_{mm}$ : Resistencia de la masa metálica.

Para que las masas de la instalación receptora puedan estar conectadas a neutro como medida de protección contra contactos indirectos, la red de alimentación debe cumplir las siguientes prescripciones especiales:

- a) La sección del conductor neutro debe, en todo su recorrido, ser como mínimo igual a la establecida en la tabla 1 de la ITC-REBT 08, que depende de la sección de los conductores de fase.
- b) En las líneas aéreas, el conductor neutro se tenderá con las mismas precauciones que los conductores de fase.
- c) Además de las puestas a tierra de los neutros señalados en las ITC-REBT 06 y 07, para las líneas principales y derivaciones, serán puestas a tierra igualmente en los extremos de éstas cuando la longitud de las mismas sea superior a 200 m.
- d) La resistencia de tierra del neutro no será superior a  $5 \Omega$  en las proximidades de la central generadora o del Centro de Transformación, así como en los 200 últimos metros de cualquier derivación de la red.
- e) La resistencia global de tierra, de todas las tomas de tierra del neutro, no será superior a  $2 \Omega$ .
- f) En el esquema TN-C, las masas de las instalaciones receptoras deberán conectarse al conductor neutro mediante conductores de protección.



## 2.2. Iluminación

### 2.2.1. Introducción

La iluminación es uno de los requerimientos ambientales más importantes de los interiores, en tanto que la visibilidad en un espacio es una condición esencial para la realización adecuada, segura y en confort de nuestras actividades. Una buena iluminación requiere igual atención en la cantidad como en la calidad de luz.

El objetivo de una iluminación es producir un adecuado ambiente visual. Un ambiente es adecuado si asegura el confort visual y si cumple con los requerimientos para las tareas visuales según la función del local.

Un espacio interior cumple con esos requerimientos si sus partes pueden verse bien sin ninguna dificultad y si una tarea visual dada puede ser realizada sin esfuerzo. El confort visual es una función de todo el ambiente visual.

Cumplir con los requerimientos de una tarea visual, requerida por la función de un local significa que la iluminación haga visibles los detalles del plano de referencia en forma correcta, rápida y confortablemente. Estos requerimientos normalmente están relacionados con el plano horizontal de trabajo, de una definida parte del ambiente.

La iluminación tiene que proveer un confort general todo el tiempo, y adicionalmente requerimientos específicos para una determinada tarea visual.

### 2.2.2. Conceptos luminotécnicos

Para la realización del proyecto se han de tener en cuenta unos conceptos básicos sobre luminotecnia, los cuales son los siguientes:

- **Intensidad luminosa:** Es la cantidad de luz emitida por una fuente uniforme en una determinada dirección, su símbolo es la letra  $I$  y la unidad de medida se expresa en candela (cd). La intensidad luminosa se puede definir también como la relación entre el flujo emitido en una determinada dirección y el ángulo sólido unitario.

- **Iluminancia:** Se denomina iluminancia ( $E$ ) a la densidad del flujo luminoso incidente en una superficie. Cuando la unidad de flujo es el lumen y el área esta expresada en metros cuadrados, la unidad de iluminación es el lux (Lx).

- **Iluminancia media:** Corresponde al promedio de valores de iluminancia medidos o calculados sobre un área determinada.



- Luminancia: Es la relación entre la intensidad luminosa reflejada por cualquier superficie en una dirección determinada y el área proyectada, vista desde esa dirección. La unidad de la luminancia es ( $\text{cd}/\text{m}^2$ ).

- Luminancia media: Es la luminancia promedio, expresada en  $\text{cd}/\text{m}^2$ , medido en una zona comprendida entre 60 y 100 m frente a la posición del observador.

- Flujo radiante: Potencia emitida, transportada o recibida en forma de radiación. La unidad del flujo radiante es ( $\text{w}$ ).

- Flujo luminoso: Magnitud que deriva del flujo radiante al evaluar su acción sobre el observador. El flujo luminoso ( $\Phi$ ) es la relación de cómo fluye la luz respecto del tiempo. La unidad de flujo luminoso es el lumen ( $\text{lm}$ ). Aunque el tiempo no se indica en la unidad de flujo luminoso, queda implícito en ella dicho concepto.

- Energía radiante: La energía emitida, transportada o recibida en forma de radiación. La unidad de la energía radiante es (Julio)

- Rendimiento luminoso o eficacia luminosa: No toda la energía eléctrica consumida por una lámpara se transforma en la luz visible, parte se pierde por calor, parte en forma de radiación no visible (infrarrojo o ultravioleta), etc. El rendimiento luminoso ( $\eta$ ) de una fuente de luz es la relación entre el flujo total emitido por esa fuente y el suministro total de potencia de la fuente. En el caso de una lámpara eléctrica, el rendimiento se expresa en lúmenes por watio ( $\text{lm}/\text{w}$ ). Con este dato se puede evaluar el ahorro de energía que puede dar una lámpara con respecto a otra. Valores indicativos del rendimiento luminoso de algunos tipos de lámpara son:

- Incandescente estándar (40 W): 11

- Fluorescente (40W): 80

- Mercurio alta presión (400W): 58

- Halogenuros metálicos (400W): 78

- Sodio alta presión (400 W): 120

- Sodio baja presión (180 W): 175

- Temperatura de 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 ( $^{\circ}\text{K}$ ). Se puede decir que la temperatura es un elemento de elección cualitativa de una lámpara, así como el flujo es 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

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 corresponder lámparas con una baja temperatura de color y, a altas iluminaciones, lámparas con una temperatura de color elevada.

- Reproducción cromática: Es la capacidad de una fuente de reproducir los colores. Se mide con el concepto de índice de reproducción cromática Ra (índice de rendimiento de color. Se expresa con un número comprendido entre 0 y 100. Una fuente de luz con Ra=100, muestra todos los colores correctamente. Cuanto menor es el índice, peor es la reproducción cromática. La calidad de la reproducción cromática depende de la compensación espectral de la luz. Para estimar la calidad de reproducción cromática de una fuente de luz, se establece la siguiente escala de valores:

- Ra < 50: rendimiento bajo.
- 50 < Ra < 80: rendimiento moderado.
- 80 < Ra < 90: rendimiento bueno.
- 90 < Ra < 100: rendimiento excelente.

- Índice de deslumbramiento: El deslumbramiento se puede producir cuando existen fuentes de luz cuya luminancia es excesiva en relación con la luminancia general existente en el interior del local (deslumbramiento directo, producido por luz solar o artificial), o bien, cuando las fuentes de luz se reflejan sobre superficies pulidas (deslumbramiento por reflejos o deslumbramiento indirecto).

El deslumbramiento directo de lámparas se elimina con la utilización de luminarias que redistribuyan el flujo de las mismas de forma idónea para la actividad a realizar.

El deslumbramiento debido a la luz natural se puede controlar mediante la distribución idónea de las mesas y utilización de sistemas de apantallamiento con regulación en ventanas y claraboyas.

El deslumbramiento reflejado, al estar influido por el color y el acabado de las superficies que aparecen en el campo de visión del observador, se controlará si las superficies del local y del mobiliario disponen de un acabado mate que evite los reflejos molestos.



### 2.2.3. Lámparas

Las lámparas empleadas tanto en iluminación de interiores como en el de exteriores abarcan casi todos los tipos existentes en el mercado (incandescentes, halógenas, fluorescentes, etc.). Las lámparas escogidas, por lo tanto, serán aquellas cuyas características (fotométricas, cromáticas, consumo energético, economía de instalación y mantenimiento...) mejor se adapte a las necesidades y características de cada instalación (nivel de iluminación, dimensiones del local, ámbito de uso, potencia de la instalación...).

Los tipos de lámparas más utilizados según el ámbito de uso se detallan a continuación:

Ámbito de uso	Tipos de lámparas más utilizados
Doméstico	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Incandescente</li> <li>- Fluorescente</li> <li>- Halógenas de baja potencia</li> <li>- Fluorescentes compactas</li> </ul>
Oficinas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alumbrado general: fluorescentes</li> <li>- Alumbrado localizado: incandescentes y halógenas de baja tensión</li> </ul>
Comercial (Depende de las dimensiones y características del comercio)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Incandescentes</li> <li>- Halógenas</li> <li>- Fluorescentes</li> <li>- Grandes superficies con techos altos: mercurio a alta presión y halogenuros metálicos</li> </ul>
Industrial	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Todos los tipos</li> <li>- Luminarias situadas a baja altura (<math>\leq 6</math> m): fluorescentes</li> <li>- Luminarias situadas a gran altura (<math>&gt; 6</math> m): lámparas de descarga a alta presión montadas en proyectores</li> </ul>



	- Alumbrado localizado: incandescentes
Deportivo	- Luminarias situadas a baja altura: fluorescentes - Luminarias situadas a gran altura: lámparas de vapor de mercurio a alta presión, halogenuros metálicos y vapor de sodio a alta presión

A continuación se describen las características más importantes de cada tipo de lámpara:

● **Lámparas incandescentes:** La luz se genera como consecuencia del paso de una corriente eléctrica a través de un filamento conductor, que calentado al rojo, produce luz por efecto de la termorradiación.

Las características principales de este tipo de lámparas son:

- El rendimiento luminoso es bajo (8-20 lm/w), porque gran parte de la energía se pierde en forma de calor.
- El índice de rendimiento de color es 100.
- La temperatura de color es de 2700°K.
- Se fabrican en un margen de potencias de 15 a 2000W, aunque la gama más empleada se encuentra entre 25 y 200W.
- La duración media es de 1000 horas.

Los componentes de este tipo de lámparas son:

- **Filamento:** Se realizan generalmente de wolframio. Su duración está condicionada por el fenómeno de la evaporización. A medida que se calienta, emite partículas que van estrechándolo produciéndose finalmente la rotura. Con objeto de frenar la volatilización, se rellena la ampolla con un gas inerte a determinada presión, generalmente mezcla de argón y nitrógeno. El empleo de del gas tiene como inconveniente una mayor pérdida de calor en vacío, por lo que para reducir estas pérdidas se usan filamentos en espiral que presenta el máximo de superficie de irradiación con el mínimo de superficie.
- **Ampolla:** Tiene por objeto aislar el filamento del medio ambiente y permitir la evacuación del calor emitido por aquel. En general, son de vidrio blando soplado.



- Casquillo: Su misión es conectar la lámpara a la red de alimentación. Existen distintos tipos de casquillos como por ejemplo: casquillo rosca Edison, casquillo bayoneta...

• **Lámparas halógenas**: Esencialmente son lámparas incandescentes, a las que se añade al gas de la ampolla una débil cantidad de un elemento químico de la familia de los halógenos (flour, cloro, bromo, yodo) con objeto de crear por reacción química, un ciclo de regeneración del wolframio; así, se evita el problema que presentan las incandescentes convencionales, que pierden parte de su flujo luminoso con el paso del tiempo, como se ha comentado anteriormente.

Las ventajas principales de este tipo de lámparas frente a las incandescentes estándar son:

Tienen una vida media de (unas 2000 horas).

- Mejor eficacia luminosa.
- Factor de conservación más elevado (95%) debido a la acción limpiadora que el yodo lleva a cabo en la pared de la ampolla.
- Dimensiones más reducidas.
- Temperatura de color superior y estable a lo largo de su vida útil (luz mas blanca). La temperatura de color varia, según los tipos, entre 2800 y 3200°K.
- Mejor reproducción cromática de los colores fríos del espectro (azules), aun cuando ambas tienen un índice de reproducción cromática de 100.
- Son lámparas compactas y de alta luminancia, que se adaptan de forma óptica a diversos sistemas ópticos para controlar los haces de luz.

Los componentes de este tipo de lámparas son:

- Filamento: Se emplea el wolframio. Su proceso de fabricación es más delicado ya que debe quedar perfectamente rígido en la pequeña ampolla y debe tener gran pureza porque cualquier resto contaminante reacciona con el halógeno y se deposita en la ampolla.
- Ampolla: Puede ser de cuarzo o de vidrio duro capaz de soportar las altas temperaturas requeridas en el ciclo del halógeno.
- Gas de llenado: Las reducidas dimensiones de estas lámparas permiten utilizar gases inertes que mejoran la eficacia de la lámpara como el kriptón y el xenón, aunque en algunos casos se sigue empleando el argón.
- Halógeno: Estos elementos químicos se caracterizan por ser químicamente muy agresivos, es decir, se combinan con facilidad con otros elementos.





- Casquillo: Se emplean los tipos cerámicos, Edison, de espigas y de bayoneta.

● **Lámparas fluorescentes**: Constan de un tubo de vidrio lleno de gas inerte y una pequeña cantidad de mercurio, inicialmente en forma líquida, y en cada uno de sus extremos va alojado un electrodo sellado herméticamente. Su funcionamiento se basa en la descarga de vapor de mercurio a baja presión.

No pueden funcionar mediante conexión directa a la red, necesitan un dispositivo (balasto) que limite el flujo de la corriente eléctrica a través de ella y que también proporcione el pico de tensión necesario para el encendido de la lámpara.

Las características principales de este tipo de lámparas son:

- Con un periodo de funcionamiento de 3 horas por encendido, la duración útil de las lámparas se estima entre 5000 y 7000 horas, según los tipos. Para un tiempo de 6 horas, ésta aumenta en un 25 % y si fuera de 12 horas llegaría a aumentar en un 50 %.
- Los tonos de color varían en función de las sustancias fluorescentes empleadas. Según la temperatura de color pueden ser: cálidas (< 3000 °K), intermedias (3300 – 5000 °K) y frías (>5000 °K).

● **Lámparas fluorescentes compactas**: Concebidas para sustituir a las lámparas incandescentes; existen diferentes soluciones.

Las características principales de este tipo de lámparas son:

- Consumen tan sólo un 25 % de la energía de una lámpara incandescente.
- Tiene una duración 5 veces superior a una lámpara incandescente.
- Temperatura de color de 2700 °K, muy próxima a la de la lámpara incandescente.
- Buen rendimiento de color (80).

● **Lámparas de vapor de mercurio a alta presión**: El funcionamiento de este tipo de lámparas se produce de la siguiente forma: cuando se conecta la lámpara a través del balasto, se aplica una diferencia de potencial entre los electrodos principal y auxiliar o de arranque, lo que hace que entre ellos y a través del argón contenido en el bulbo de descarga, salte un pequeño arco. El calor generado por este arco vaporiza el mercurio, que estaba en estado líquido, permitiendo el establecimiento del arco entre los dos electrodos principales a través de la atmósfera de vapor de mercurio.

Las características principales de este tipo de lámparas son:



- El encendido no es instantáneo, precisan un cierto tiempo (4 minutos) para que la lámpara alcance su máxima emisión.
- El reencendido tampoco es instantáneo (5 minutos) debiéndose esperar a que se condense el mercurio para cebar de nuevo el arco.
- La luz de estas lámparas tiene muy mala reproducción cromática por lo que la ampolla se recubre de sustancias que aprovechan las radiaciones ultravioleta y, por el efecto fluorescente, emiten radiaciones rojas que completan su distribución espectral.
- El rendimiento es muy superior con respecto a las lámparas incandescentes, y varía entre 40-60 lm/W.
- Tienen una temperatura de color de 3800-4500°K.
- Rendimiento de color de 40-45.
- Durante el periodo de arranque absorben una corriente de 150% el valor nominal.
- La vida media es del orden de las 25000 horas.

Los componentes de este tipo de lámparas son:

- Tubo de descarga: Para el que se emplea cuarzo debido a las altas temperaturas a que funciona para conseguir la presión del vapor. Esta provisto de dos electrodos principales y uno o dos auxiliares y, en su interior se encuentra una determinada cantidad de argón y unas gotas de mercurio.
- Casquillo: Generalmente es de rosca tipo Edison.
- Ampolla: La ampolla exterior sirve para proteger el tubo de descarga y permitir el equilibrio necesario para un correcto funcionamiento.

• **Lámparas de luz mezcla**: La emisión luminosa proviene, simultáneamente, de un tubo de descarga similar a las de vapor de mercurio y de un filamento igual al de las incandescentes, conectado en serie con el anterior y que desempeña el papel de elemento limitador de corriente, por lo que pueden conectarse directamente a la red.

Las características principales de este tipo de lámparas son:

- El rendimiento de color no es elevado (60).
- El rendimiento luminoso es de 20-60 lm/w, dependiendo del régimen de funcionamiento de la misma.
- La vida media es de 8000 horas.

• **Lámparas de halogenuros metálicos**: Su constitución es similar a las de vapor de mercurio a alta presión, conteniendo halogenuros (indio, talio, etc.) que mejoran la eficacia y el rendimiento de color. No producen apenas radiaciones ultravioletas por lo que se construyen normalmente transparentes y con ampollas cilíndricas. Las condiciones de funcionamiento son similares a las de vapor de mercurio.

Las características principales de este tipo de lámparas son:



- Debido a los halogenuros necesitan tensiones de encendido de 1,5 a 5 KV, producidas por el correspondiente cebador.
- Algunos tipos permiten el reencendido inmediato en caliente mediante el empleo de arrancadores, que producen picos de tensión de 35 a 60 KV.
- La temperatura de color es de 6000°K.
- Elevado rendimiento luminoso (70-90 lm/W).
- Buena reproducción cromática.

Debido a las características que tienen este tipo de lámparas tiene gran variedad de aplicaciones, tanto para alumbrado interiores, como exteriores.

● **Lámparas de vapor de sodio a baja presión:** En estas lámparas la descarga eléctrica se produce a través del metal sodio a baja presión. Al conectar la lámpara se produce una descarga a través del neón cuyo calor generado produce la vaporización progresiva del sodio, pasándose a efectuar la descarga a través del mismo.

Las características principales de este tipo de lámparas son:

- La tensión de encendido varía según el tipo de 500 a 1500V, por lo que su conexión a la red se debe realizar a través de un autotransformador.
- El tiempo de encendido es de unos 15 minutos, y el reencendido necesita de 3 a 7 minutos.
- La vida media es de 15000 horas.
- Se emplean cuando se precisa gran cantidad de luz sin importar demasiado su calidad (carreteras, alumbrado de seguridad, etc.).

● **Lámparas de vapor de sodio a alta presión:** Desarrolladas con el objeto de mejorar el tono y la reproducción de la luz, ya que su distribución espectral permite distinguir todos los colores de la radiación visible.

Las características principales de este tipo de lámparas son:

- Tienen un rendimiento luminoso alto (120 lm/W).
- La tensión de encendido es de 1.5 a 5 kV, por lo que debe ser proporcionada por un arrancador que puede estar incluido en la lámpara, o bien, ser un elemento totalmente ajeno a la misma.
- El tiempo de encendido es corto (a los 4 minutos produce el 80 % del flujo nominal). El reencendido dura menos de un minuto.
- La vida útil es de 8000-12000 horas.
- La temperatura de color es de 2200°K (apariencia cálida).
- El índice de reproducción cromática es de 27.
- Se emplean en alumbrado público e industrial de naves altas.

● **Lámparas de inducción:** Consiste en incidir un campo electromagnético en una atmósfera gaseosa, por medio de una bobina a alta frecuencia, de manera que el campo producido sea capaz de excitar los átomos de mercurio de un plasma de gas. La radiación obtenida es ultravioleta por lo que hay que recubrir la ampolla de la lámpara con una sustancia fluorescente que la transforme en visible.



Las características principales de este tipo de lámparas son:

- El rendimiento luminoso es de 70 lm/W.
- La vida útil es de 60000 horas.
- Se emplean en lugares de difícil acceso para las sustituciones y aplicaciones de largos periodos de funcionamiento.

Las ventajas, inconvenientes y usos recomendados más importantes de cada tipo de lámparas vienen resumidos en la siguiente tabla:

VENTAJAS	INCONVENIENTES	USO RECOMENDADO
<b>Lámparas de incandescencia</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Buena reproducción cromática</li> <li>- Encendido instantáneo.</li> <li>- Variedad de potencias.</li> <li>- Bajo coste de adquisición.</li> <li>- Facilidad de instalación.</li> <li>- Apariencia de color cálido.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reducida eficacia luminosa.</li> <li>- Corta duración.</li> <li>- Elevada emisión de calor.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alumbrado interior.</li> <li>- Alumbrado de acentuación.</li> <li>- Casos especiales de muy buena reproducción cromática.</li> </ul>
<b>Lámparas Halógenas</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Buena reproducción cromática.</li> <li>- Encendido instantáneo.</li> <li>- Variedad de tipos.</li> <li>- Coste de adquisición.</li> <li>- Facilidad de instalación.</li> <li>- Elevada intensidad luminosa.</li> <li>- Apariencia de color cálida.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reducida eficacia luminosa.</li> <li>- Corta duración.</li> <li>- Elevada emisión de calor.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alumbrado interior.</li> <li>- Reduce decoloración (filtro UV).</li> <li>- En bajo voltaje, con equipos electrónicos.</li> <li>- Con reflector dicróico (luz fría), con reflector de aluminio (menor carga térmica).</li> </ul>



<b>Lámparas fluorescentes lineales</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Buena eficacia luminosa.</li> <li>- Larga duración.</li> <li>- Bajo coste de adquisición.</li> <li>- Variedad de apariencias de color.</li> <li>- Distribución luminosa adecuada para utilización en interiores.</li> <li>- Posibilidad de buena reproducción de colores.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dificultad de control de temperatura de color en las reposiciones.</li> <li>- Sin equipos electrónicos puede dar problemas, retardo de estabilización, etc.</li> <li>- Dificultad de lograr contrastes e iluminación de acentuación.</li> <li>- Forma y tamaño, para algunas aplicaciones.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alumbrado interior.</li> <li>- Con equipos electrónicos:               <ul style="list-style-type: none"> <li>Bajo consumo.</li> <li>Aumenta la duración.</li> <li>Menor depreciación.</li> <li>Ausencia de interferencias.</li> </ul> </li> </ul>
<b>Lámparas fluorescentes lineales con equipos electrónicos</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alta eficacia luminosa.</li> <li>- Larga duración.</li> <li>- Mínima emisión de calor.</li> <li>- Variedad de tonos y excelente reproducción cromática.</li> <li>- Alcanza rápidamente su potencia nominal.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Coste de adquisición medio-alto.</li> <li>- No tiene facilidad de instalación de las de casquillo tipo Edison.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sustitución de incandescentes y vapor de mercurio.</li> <li>- Sustitución de fluorescentes con equipos convencionales..</li> </ul>
<b>Lámparas fluorescentes compactas</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Buena eficacia luminosa.</li> <li>- Larga duración.</li> <li>- Facilidad de aplicación en iluminación compacta (casquillo E-27).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Variaciones de flujo con la temperatura.</li> <li>- Coste de adquisición medio-alto.</li> <li>- Retardo en alcanzar máximo flujo (&gt; 2 minutos).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sustitución de lámparas incandescentes.</li> <li>- Consumo para flujos equivalentes es un 20 % y duran 10 veces más.</li> </ul>



<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mínima emisión de calor.</li> <li>- Variedad de tipos.</li> <li>- Posibilidad de buena reproducción cromática.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Acortamiento vida por mínimo de encendidos.</li> </ul>	
<b>Lámparas de vapor de mercurio a alta presión</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Larga duración.</li> <li>- Eficacia luminosa.</li> <li>- Flujo luminoso unitario importante en potencias altas.</li> <li>- Variedad de potencias posibilidad de utilizar a doble nivel.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- En ocasiones alta radiación UV.</li> <li>- Flujo luminoso no instantáneo.</li> <li>- Depreciación del flujo importante</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alumbrado exterior e industrial.</li> <li>- En aplicaciones especiales con filtros UV.</li> <li>- Lámparas de color mejorado.</li> </ul>
<b>Lámparas de mercurio con halogenuros</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Buena eficacia luminosa.</li> <li>- Duración media.</li> <li>- Flujo luminoso unitario importante en potencias altas</li> <li>- Variedad de potencias.</li> <li>- Casos de reducidas dimensiones con posibilidad de efectos especiales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alta depreciación del flujo.</li> <li>- Sensibilidad a variaciones de tensión.</li> <li>- Requiere equipos especiales para arranque en caliente.</li> <li>- Dificultad de control de apariencias de color en reposición.</li> <li>- Flujo luminoso no instantáneo.</li> <li>- Poca estabilidad de color.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- En alumbrado deportivo o monumental.</li> <li>- Con equipo especial para encendido en caliente.</li> </ul>
<b>Lámparas de vapor de sodio a baja presión</b>		



<ul style="list-style-type: none"> <li>- Excelente eficacia luminosa.</li> <li>- Larga duración.</li> <li>- Reencendidos instantáneos en caliente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Muy mala reproducción cromática.</li> <li>- Flujo luminoso no instantáneo.</li> <li>- Sensibilidad a subtensiones.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- En alumbrado de seguridad.</li> <li>- En alumbrado de túneles.</li> </ul>
<b>Lámparas de vapor de sodio a alta presión</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Muy buena eficacia luminosa.</li> <li>- Larga duración.</li> <li>- Aceptable rendimiento de color en tipos especiales.</li> <li>- Poca depreciación de flujo.</li> <li>- Posibilidad de reducción de flujo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mala reproducción cromática en versión estándar.</li> <li>- Estabilización no instantánea.</li> <li>- En potencias pequeñas gran sensibilidad a sobretensión.</li> <li>- Equipos especiales para reencendido en caliente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- En alumbrado exterior.</li> <li>- En alumbrado interior industrial.</li> <li>- En alumbrado de túneles.</li> </ul>

Las características fotométricas de cada tipo de lámpara vienen resumidas en la siguiente tabla:

Clase	Potencia		Flujo (lm)		Eficacia (lm/w)	
<b>Incandescente</b>	15	1000	90	18800	6	18,8
<b>Incandescente reflector vidrio soplado</b>	25	150	270	4150		
<b>Incandescente vidrio prensado</b>	60	120	3900	9500		
<b>Halógenas doble envoltura</b>	60	150	840	2250	14	17
<b>Halógenas lineales</b>	60	2000	810	48400	13,5	24,2
<b>Halógenas reflectoras</b>	50	100	4300	15000		
<b>Fluorescentes estándar</b>	18	58	1350	5200	75	93
<b>Fluorescentes compactas</b>	18	55	1200	4800	66,7	87,3



<b>Vapor de mercurio</b>	50	1000	1800	58500	40	59
<b>Vapor de mercurio color mejorado</b>	50	400	2000	24000	40	60
<b>Luz mezcla</b>	160	500	3150	14000	19	28
<b>Halogenuros metálicos</b>	250	400	17000	30600	71	77
<b>Sodio baja presión</b>	18	180	1800	32300	103	179
<b>Sodio alta presión</b>	70	1000	5600	125000	80	130
<b>Sodio AP blanco</b>	50	100	2300	4700	43	48
<b>Sodio AP color mejorado</b>	150	400	12700	38000	85	100
<b>Inducción</b>	55	85	3500	6000	64	71

Las características cromáticas y duración de los distintos tipos de lámparas vienen resumidas en la siguiente tabla:

<b>Clase</b>	<b>Apariencia de color</b>	<b>Temperatura de color (°K)</b>	<b>Ra</b>	<b>Vida útil (h)</b>	<b>Perdida de flujo (%)</b>	<b>Supervivencia (%)</b>
<b>Incandescencia</b>	Blanco cálido	2600-2800	100	1000	20	100
<b>Halógenos</b>	Blanco	3000	100	2000	20	100
<b>Fluorescentes estándar</b>	Diferentes blancos	2600-6500	50-95	10000	16	50
<b>Fluorescentes compactas</b>	Blanco cálido	2700	80	6000-9000	15-17	72
<b>Vapor de mercurio</b>	Blanco	4000	45	16000	21	86
<b>Vapor de mercurio mejorado</b>	Blanco	3300	55	16000	30	85
<b>Luz mezcla</b>	Blanco	3600	60	6000	14	79





<b>Halogenuros metálicos</b>	Blanco frío	4800-6500	65-95	9000	23	72
<b>Sodio baja presión</b>	Amarillo	1800	no aplicable	14000	12	87
<b>Sodio alta presión</b>	Blanco amarillo	2100	25	16000	15	80
<b>Inducción</b>	Diferentes blancos	2700-4000	80	60000	30	80

La elección de las luminarias está condicionada por la lámpara utilizada y el entorno de trabajo de esta. La forma y tipo de las luminarias oscilará entre las más funcionales donde lo más importante es dirigir el haz de luz de forma eficiente como pasa en el alumbrado industrial, a las más formales donde lo que prima es la función decorativa como ocurre en el alumbrado doméstico.

#### 2.2.4. Aparatos de alumbrado

Las luminarias son aparatos que sirven de soporte y conexión a la red eléctrica a las lámparas. Son los aparatos que distribuyen, filtran o transforman la luz emitida por una o varias lámparas y que contienen todos los dispositivos necesarios para el soporte, la fijación y la protección de lámparas, (excluyendo las propias lámparas) y, en caso necesario, los circuitos auxiliares en combinación con los medios de conexión con la red de alimentación. De manera general consta de los siguientes elementos:

- **Armadura o carcasa:** Es el elemento físico mínimo que sirve de soporte y delimita el volumen de la luminaria conteniendo todos sus elementos.
- **Equipo eléctrico:** Sería el adecuado a los distintos tipos de fuentes de luz artificial y en función de la siguiente clasificación:
  - Incandescentes normales sin elementos auxiliares.
  - Halógenas de alto voltaje a la tensión normal de la red, o de bajo voltaje con transformador o fuente electrónica.
  - Fluorescentes con reactancias o balastos, condensadores e ignitores, o conjuntos electrónicos de encendido y control.



- De descarga con reactancias o balastos, condensadores e ignitores, o conjuntos electrónicos de encendido y control.
- **Reflectores:** Son determinadas superficies en el interior de la luminaria que modelan la forma y dirección del flujo de la lámpara. La mayoría de las luminarias convencionales van provistas de un reflector de una u otra forma con objeto de crear una distribución adecuada de la luz. Pero debemos de tener en cuenta, que un reflector solo controla parte de la luz emitida. En función de cómo se emita la radiación luminosa pueden ser:
  - Simétrico (con uno o dos ejes) o asimétrico.
  - Concentrador (haz estrecho menor de 20°) o difusor (haz ancho entre 20 y 40°; haz muy ancho mayor de 40°).
  - Frío (con reflector dicroico) o normal.
  - Dispensor: Este tipo de reflector se utiliza en alumbrado de exhibición y en algunos tipos de proyectores, donde sea particularmente importante una distribución de luz bien definida pero uniforme.
  - Difusor: Este tipo de reflector se utiliza en iluminación interior, en general para proporcionar niveles de luminancias bastante uniformes.
  - Especular (con escasa dispersión luminosa) o no especular (con dispersión de flujo). La reflexión especular es aquella situación en la que se cumplen las leyes de la reflexión. Estas leyes establecen que los rayos incidentes, reflejados y la normal a la superficie se encuentran en el mismo plano, y que el ángulo de reflexión es igual al de incidencia. Existen varios tipos de reflectores especulares:
    - ❖ Circular
    - ❖ Parabólico
    - ❖ Elíptico
    - ❖ Hiperbólico
- **Difusores:** Elemento de cierre o recubrimiento de la luminaria en la dirección de la radiación luminosa. Los tipos más usuales son:
  - Opal liso (blanca) o prismática (metacrilato traslucido).
  - Lamas o reticular (con influencia directa sobre el ángulo de apantallamiento).
  - Especular o no especular (con propiedades similares a los reflectores).
- **Filtros:** En posible combinación con los difusores sirven para potenciar o mitigar determinadas características de la radiación luminosa.



Las luminarias es necesario que cumplan una serie de características ópticas, mecánicas y eléctricas entre otras.

Las características ópticas más destacadas son:

- La luminaria es responsable del control y la distribución de la luz emitida por la lámpara.
- En el diseño de su sistema óptico se debe cuidar la forma y distribución de la luz, el rendimiento del conjunto lámpara-luminaria y el deslumbramiento que pueda provocar en los usuarios.
- Limitar las luminancias en determinadas direcciones y conseguir un buen rendimiento luminoso.

Las características mecánicas que deben reunir son:

- Facilidad de montaje.
- Facilidad de mantenimiento.
- La luminaria debe de ser sólida.
- Los materiales empleados en su construcción han de ser los adecuados para resistir el ambiente en que deba trabajar la luminaria y mantener la temperatura de la lámpara dentro de los límites de funcionamiento.

Las características eléctricas que deben reunir son:

- Asegurar la conexión eléctrica de la lámpara o lámparas en ella alojadas.
- El acceso al equipo eléctrico debe ser lo más fácil posible.
- Proteger eficazmente las lámparas y el equipo eléctrico contra el polvo, la humedad y otros agentes atmosféricos.

Otros conceptos luminotécnicos a tener en cuenta al calcular la iluminación son los siguientes:

- Coefficiente de utilización de lámparas: El coeficiente de utilización de las luminarias es el término que define el comportamiento que tendrá una luminaria en un local dado y su valor estará íntimamente relacionado con el índice del local. También dependerá en gran medida del color y la textura de las paredes, sobre todo en locales pequeños.

En un local grande existe poca absorción de la luz en las paredes, por lo tanto el rendimiento de la luminaria será bueno y el coeficiente de utilización será alto.

En un local amplio la luz que emite la luminaria es aprovechada en su totalidad, ( Cu alto ), mientras que en el pequeño, al incidir la luz sobre las paredes se produce una absorción, mayor ó menor según el color y la textura de



las superficies y la luminaria pierde parte de su rendimiento por esa razón ( Cu bajo ). Esta situación se produce también cuando el local es exageradamente alto con respecto a la superficie.

- Factor de mantenimiento: El factor de mantenimiento de la luminaria tiene en cuenta la depreciación del flujo luminoso de la luminaria a consecuencia del ensuciamiento de esta última. Viene a ser la relación entre el rendimiento de una luminaria al momento de la limpieza y el valor inicial. Depende de la forma de construcción de la luminaria y de la posibilidad de ensuciamiento que conlleva, es decir, dependerá del grado de suciedad ambiental y de la frecuencia de la limpieza del local.

La estimación de este coeficiente debe hacerse teniendo en cuenta diversos factores relativos a la instalación, tales como el tipo de luminaria, grado de polvo y suciedad existente en la nave a iluminar, tipo de lámparas utilizadas, número de limpiezas anuales y frecuencia en la reposición de lámparas defectuosas.

Para una limpieza anual de las luminarias se pueden tomar los siguientes valores:

Ambiente	Factor de mantenimiento
Limpio	0,8
Sucio	0,6

#### 2.2.4.1. Clasificación de las luminarias y tipos de alumbrado

Las luminarias pueden clasificarse de muchas maneras aunque lo más común es utilizar criterios ópticos, mecánicos o eléctricos.

##### Clasificación según las características ópticas de las lámparas

Una primera manera de clasificar las luminarias es según el porcentaje del flujo luminoso emitido por encima y por debajo del plano horizontal que atraviesa la lámpara. Es decir, dependiendo de la cantidad de luz que ilumine hacia el techo o al suelo. Según esta clasificación se distinguen seis clases.

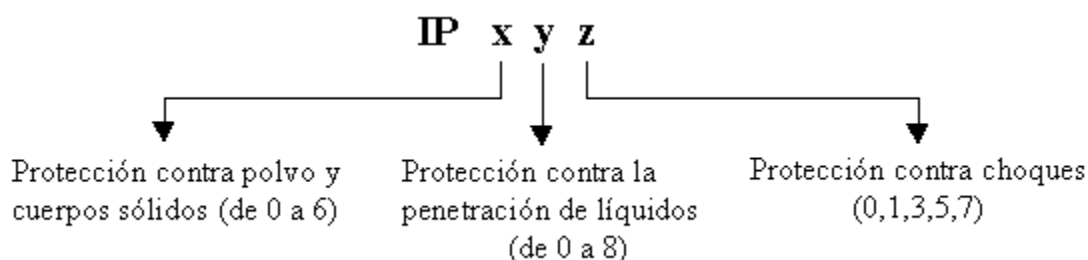
- Alumbrado directo: Se produce cuando todo el flujo de las lámparas va dirigido hacia el suelo. Es el sistema más económico de iluminación y el que ofrece mayor rendimiento luminoso. Por contra, el riesgo de deslumbramiento directo es muy alto y produce sombras duras poco agradables para la vista. Se consigue utilizando luminarias directas. El porcentaje de flujo dirigido hacia el hemisferio superior es de 0-10%, mientras en el caso del hemisferio inferior es de 90-100 %.



- **Alumbrado semi-directo:** La mayor parte del flujo luminoso se dirige hacia el suelo y el resto es reflejada en techo y paredes. En este caso, las sombras son más suaves y el deslumbramiento menor que el anterior. Sólo es recomendable para techos que no sean muy altos y sin claraboyas puesto que la luz dirigida hacia el techo se perdería por ellas. El porcentaje de flujo dirigido hacia el hemisferio superior es de 10-40%, mientras en el caso del hemisferio inferior es de 60-90 %.
- **Alumbrado directo-indirecto y difuso:** Si el flujo se reparte al cincuenta por ciento entre procedencia directa e indirecta hablamos de iluminación difusa. El riesgo de deslumbramiento es bajo y no hay sombras, lo que le da un aspecto monótono a la sala y sin relieve a los objetos iluminados. Para evitar las pérdidas por absorción de la luz en techo y paredes es recomendable pintarlas con colores claros o mejor blancos.
- **Alumbrado semiindirecto:** Cuando la mayor parte del flujo proviene del techo y paredes tenemos la iluminación semiindirecta. Debido a esto, las pérdidas de flujo por absorción son elevadas y los consumos de potencia eléctrica también, lo que hace imprescindible pintar con tonos claros o blancos. Por contra la luz es de buena calidad, produce muy pocos deslumbramientos y con sombras suaves que dan relieve a los objetos. El porcentaje de flujo dirigido hacia el hemisferio superior es de 60-90%, mientras en el caso del hemisferio inferior es de 10-40 %.
- **Alumbrado indirecto:** Por último se tiene el caso de la iluminación indirecta cuando casi toda la luz va al techo. Es la más parecida a la luz natural pero es una solución muy cara puesto que las pérdidas por absorción son muy elevadas. Por ello es imprescindible usar pinturas de colores blancos con reflectancias elevadas. El porcentaje de flujo dirigido hacia el hemisferio superior es de 90-100%, mientras en el caso del hemisferio inferior es de 0-10 %.

### **Clasificación según las características mecánicas de las lámparas**

Las luminarias se clasifican según el grado de protección contra el polvo, los líquidos y los golpes. En estas clasificaciones, según las normas nacionales (UNE 20324) e internacionales, las luminarias se designan por las letras IP seguidas de tres dígitos. El primer número va de 0 (sin protección) a 6 (máxima protección) e indica la protección contra la entrada de polvo y cuerpos sólidos en la luminaria. El segundo va de 0 a 8 e indica el grado de protección contra la penetración de líquidos. Por último, el tercero da el grado de resistencia a los choques.





## **Clasificación según las características eléctricas de las lámparas**

Las luminarias deben asegurar la protección de las personas contra los contactos eléctricos. Según el grado de protección eléctrica que ofrezcan las luminarias se dividen en cuatro clases (0, I, II, III).

- Clase 0: Luminarias en las que la protección contra los choques eléctricos recae exclusivamente sobre el aislamiento principal; descansando la protección, en caso de fallos de aislamiento principal, sobre el medio circulante. La luminaria tiene aislamiento normal si toma de tierra.
- Clase I: Luminarias en las que la protección contra los choques eléctricos recae exclusivamente sobre el aislamiento principal y un conductor de protección conectado a tierra (toma de tierra), que debe conectarse al borne marcado.
- Clase II: Luminarias en las que la protección contra los contactos eléctricos no recae exclusivamente sobre el aislamiento principal, sino que comprende medidas suplementarias, tales como el doble aislamiento o el aislamiento reforzado. Estas luminarias no incorporan toma de tierra.
- Clase III: Luminarias en las que la protección contra los contactos eléctricos, se realiza alimentando las luminarias a una muy baja tensión de seguridad (MBTS).

Existen también otros tipos de alumbrado que son los que a continuación se detallan:

Los tipos de alumbrado nos indican cómo se reparte la luz en las zonas iluminadas. Según el grado de uniformidad deseado, distinguiremos tres casos: alumbrado general, alumbrado general localizado y alumbrado localizado.

- Alumbrado general

El alumbrado general proporciona una iluminación uniforme sobre toda el área iluminada. Es un método de iluminación muy extendido y se usa habitualmente en oficinas, centros de enseñanza, fábricas, comercios, etc. Se consigue distribuyendo las luminarias de forma regular por todo el techo del local

Las dimensiones físicas de la habitación, las características de distribución de la luminaria, el nivel previsto de iluminación y el aspecto de la instalación son factores que determinan el emplazamiento de los equipos. La distribución más uniforme se obtiene mediante la colocación simétrica de las luminarias necesarias para producir la luz necesaria

- Alumbrado general localizado

El alumbrado general localizado proporciona una distribución no uniforme de la luz de manera que esta se concentra sobre las áreas de trabajo. El resto del local, formado principalmente por las zonas de paso se ilumina con una luz más tenue. Se consiguen así importantes ahorros energéticos puesto que la luz se concentra allá donde hace falta. Claro que esto presenta algunos inconvenientes respecto al alumbrado general. En



primer lugar, si la diferencia de luminancias entre las zonas de trabajo y las de paso es muy grande se puede producir deslumbramiento molesto. El otro inconveniente es que pasa si se cambian de sitio con frecuencia los puestos de trabajo; es evidente que si no se pueden mover las luminarias se tendrá un serio problema. Se podrá conseguir este alumbrado concentrando las luminarias sobre las zonas de trabajo. Una alternativa es apagar selectivamente las luminarias en una instalación de alumbrado general.

#### - Alumbrado localizado

Se emplea el alumbrado localizado cuando se necesita una iluminación suplementaria cerca de la tarea visual para realizar un trabajo concreto. El ejemplo típico serían las lámparas de escritorio. Se recurrirá a este método siempre que el nivel de iluminación requerido sea superior a 1000 lux., haya obstáculos que tapen la luz proveniente del alumbrado general, cuando no sea necesaria permanentemente o para personas con problemas visuales. Un aspecto que hay que cuidar cuando se emplea este método es que la relación entre las luminancias de la tarea visual y el fondo no sea muy elevada pues en caso contrario se podría producir deslumbramiento molesto.

### 2.2.5. Niveles de iluminación recomendados

Los niveles de iluminación recomendados para un local dependen de las actividades que se vayan a realizar en él. En general podemos distinguir entre tareas con requerimientos luminosos mínimos, normales o exigentes.

En el primer caso tenemos las zonas de paso (pasillos, vestíbulos, etc.) o los locales poco utilizados (almacenes, cuartos de maquinaria...) con iluminancias entre 50 y 200 lux. En el segundo caso tenemos las zonas de trabajo y otros locales de uso frecuente con iluminancias entre 200 y 1000 lux. Por último están los lugares donde son necesarios niveles de iluminación muy elevados (más de 1000 lux) porque se realizan tareas visuales con un grado elevado de detalle que se puede conseguir con iluminación local.

Las iluminancias recomendadas según la actividad que va a ser desarrollada y el tipo del local se recogen en la siguiente tabla:

Tareas y clases de local	Iluminancia media en servicio (lux)		
	Mínimo	Recomendado	Óptimo
<b>Zonas generales de edificios</b>			
Zonas de circulación, pasillos	50	100	150
Escaleras, escaleras móviles, roperos, lavabos,	100	150	200



almacenes y archivos			
<b>Centros docentes</b>			
Aulas, laboratorios	300	400	500
Bibliotecas, salas de estudio	300	500	750
<b>Oficinas</b>			
Oficinas normales, mecanografiado, salas de proceso de datos, salas de conferencias	450	500	750
Grandes oficinas, salas de delineación, CAD/CAM/CAE	500	750	1000
<b>Comercios</b>			
Comercio tradicional	300	500	750
Grandes superficies, supermercados, salones de muestras	500	750	1000
<b>Industria (en general)</b>			
Trabajos con requerimientos visuales limitados	200	300	500
Trabajos con requerimientos visuales normales	500	750	1000
Trabajos con requerimientos visuales especiales	1000	1500	2000
<b>Viviendas</b>			
Dormitorios	100	150	200
Cuartos de aseo	100	150	200
Cuartos de estar	200	300	500
Cocinas	100	150	200
Cuartos de trabajo o estudio	300	500	750

### 2.2.6. Cálculo del alumbrado interior

A la hora de realizar el cálculo del alumbrado interior se deben de tener en cuenta varios factores:



- Dimensiones del local y la altura del plano de trabajo que en este caso es de 0.85 m.
- Determinar el nivel de iluminancia media (Em). Para cada estancia elegiremos un valor determinado de iluminancia, los cuales se han mencionado anteriormente.
- Escoger el tipo de lámpara (incandescente, fluorescente...) más adecuada de acuerdo con el tipo de actividad a realizar.
- Escoger el sistema de alumbrado que mejor se adapte a nuestras necesidades y las luminarias correspondientes.
- Determinar la altura de suspensión de las luminarias según el sistema de iluminación escogido

Tipo de local	Altura de las luminarias
Locales de altura normal (oficinas, viviendas, aulas...)	Lo más altas posibles
Locales con iluminación directa, semidirecta y difusa	Mínimo: $h = \frac{2}{3} \cdot (h' - 0.85)$ Óptimo: $h = \frac{4}{5} \cdot (h' - 0.85)$
Locales con iluminación indirecta	$d' \approx \frac{1}{4} \cdot (h' - 0.85)$ $h \approx \frac{3}{4} \cdot (h' - 0.85)$

Siendo:

d': altura entre el plano de trabajo y las luminarias

h: altura entre el plano de trabajo y las luminarias

h': altura del local

- Determinar los factores de mantenimiento de las luminarias, cuyos valores han sido mencionados anteriormente.
- Determinar el factor de reflexión tanto del techo, como de las paredes y del suelo.



	<b>Color</b>	<b>Factor de reflexión (ρ)</b>
<b>Techo</b>	Blanco o muy claro	0,7
	Claro	0,5
	Medio	0,3
<b>Paredes</b>	Claro	0,5
	Medio	0,3
	Oscuro	0,1
<b>Suelo</b>	Claro	0,3
	Oscuro	0,1

- Determinar el índice del local K, que depende de la geometría de cada estancia.

$$k = \frac{\textit{longitud} \cdot \textit{anchura}}{(\textit{longitud} + \textit{anchura}) \cdot \textit{altura}}$$

- Determinar el coeficiente de utilización, a partir de los factores de reflexión y el índice del local cuyos valores se pueden obtener en las tablas facilitadas por los fabricantes de los distintos tipos de luminarias.

- Determinar el número de lúmenes totales necesarios. El número de lúmenes se calcula multiplicando el nivel de iluminación que hemos decidido para nuestro local por las dimensiones (largo y ancho) de éste y dividiendo por los coeficientes de utilización y mantenimiento.

$$N^{\circ}_{\textit{lumenes}} = \frac{Em \cdot (\textit{longitud} \cdot \textit{anchura})}{Cu \cdot Cm}$$

Donde:

Em: Nivel de iluminación (Lux).

Cu: Coeficiente de utilización.

Cm: Coeficiente de mantenimiento.

Longitud y anchura en metros.

- Determinar el número de lámparas necesarias para obtener el nivel de iluminación requerido. El número de lámparas necesarias es el resultado que sale de dividir el número de lúmenes totales que necesitamos para iluminar nuestra área de trabajo por el número de lúmenes que nos proporciona el tipo de lámparas que hemos escogido.



$$N^{\circ}_{\text{lamparas}} = \frac{N^{\circ}_{\text{lumenes}}}{\Phi}$$

Donde:

$\Phi$  : Flujo luminoso de la lámpara (lúmenes).

- Determinar si el número de lámparas calculadas es correcto. Para ello se ha de calcular el número mínimo de lámparas según la longitud y la anchura de cada local.

Llamaremos:

L= longitud total del local a iluminar.

A= anchura total del local a iluminar.

El número mínimo de aparatos de alumbrado n, según la longitud del local, se podrá expresar teniendo en cuenta que:

$$L = (n-1)e + 2e'$$

De donde

$$L = ne - e + 2e'$$

$$n = (L + e - 2e') / e$$

Si se trata de iluminación directa, semidirecta o mixta, y admitimos que

$$e = 1.5 d$$

tendremos que para

$$e' = e / 2 = 0.75 d$$

llevando los valores a la primera expresión, obtenemos

$$n = L / 1.5 d$$

y, para

$$e' = e / 3 = 0.5 d$$

llevando los valores a la primera expresión, obtenemos

$$n = L / 1.5 d + 1/3$$

Para el caso de iluminación semiindirecta o indirecta, sabemos que

$$e \cong 1.5 h$$



Las expresiones anteriores tomarán la siguiente forma

$$n = L / 1.5 h \quad \text{para} \quad e' = e / 2$$

$$n = L / 1.5 h + 1/3 \quad \text{para} \quad e' = e / 3$$

Para determinar el número mínimo de aparatos de alumbrado, según la anchura del local, realizaremos idénticas operaciones.

Si se trata de iluminación directa, semidirecta o mixta

$$n' = A / 1.5 d \quad \text{para} \quad e' = e / 2$$

$$n' = A / 1.5 h + 1/3 \quad \text{para} \quad e' = e / 3$$

Si se trata de iluminación semiindirecta o indirecta

$$n' = A / 1.5 h \quad \text{para} \quad e' = e / 2$$

$$n' = A / 1.5 d + 1/3 \quad \text{para} \quad e' = e / 3$$

El número mínimo de aparatos de alumbrado distribuidos a lo largo del local será igual a

$$N = n \times n'$$

La determinación del número mínimo de aparatos de alumbrado es, sobre todo, indispensable cuando se utilicen lámparas de incandescencia ya que en estos casos, si se eligen lámparas de gran potencia, exige el riesgo de adoptar un número de aparatos de alumbrados insuficiente y, como consecuencia una desfavorable uniformidad de la iluminación.

- Determinar la distribución de las luminarias a lo largo del local a iluminar. La colocación de las luminarias depende de la arquitectura general y dimensiones del edificio, tipo de luminaria, emplazamiento de las salidas de conductores existentes con antelación, etc.

En algunos catálogos se recomienda que la separación entre luminarias no sea superior a valores tabulados como 0.7 x altura de montaje; 0.8 x altura de montaje, etc., en función de la luminaria escogida. En la mayoría de los casos es necesario colocar luminarias más próximas que lo que indican dichas máximas, a fin de obtener los niveles de iluminación requeridos.

Llamaremos:

e= distancia horizontal entre dos focos contiguos.

d= distancia vertical de los focos al plano útil de trabajo.



La uniformidad de la iluminación depende de la forma en la que se cortan los haces luminosos de los aparatos de alumbrado que, a su vez depende de la abertura de dichos aparatos, y además de la altura de suspensión  $d$ . Mientras más abierto sea el haz de luz y mayor sea la altura a la que esta colocada la luminaria, más superficie iluminara aunque será menor el nivel de iluminancia que llegara al plano de trabajo tal y como dice la ley inversa de los cuadrados. La uniformidad de la iluminación es función de la relación:

$$e/d$$

Por lo tanto, para asegurar esta uniformidad bastará fijar un límite superior para ésta relación.

Para iluminación directa llamaremos  $\Omega$  a la fracción del flujo luminoso total del aparato de alumbrado radiada en un cono luminoso de  $80^\circ$  de abertura, dirigido hacia abajo y teniendo como eje vertical el del aparato de alumbrado.

El valor de la relación  $e/d$  se adoptará de acuerdo con el valor de  $\Omega$ , según se explica en la siguiente relación:

$\Omega < 0.40$	aparatos extensivos	$e/d \leq 1.6$
$0.40 \leq \Omega \leq 0.45$	aparatos medios	$e/d \leq 1.5$
$0.45 < \Omega \leq 0.50$	aparatos intensivos	$e/d \leq 1.2$

Para aparatos muy intensivos, en los que  $\Omega > 0.50$ , hay que disminuir aún más el límite admitido para  $e/d$ .

Según la altura del local los aparatos son:

Aparatos extensivos	locales con alturas de hasta 4 m
Aparatos semiextensivos	locales con alturas entre 4 m y 6m
Aparatos semiintensivos	locales con alturas entre 6m y 10 m
Aparatos intensivos	locales con alturas superiores a 10 m

Para los sistemas de iluminación semidirecta y mixta la reflexión de parte del flujo luminoso por el techo y las paredes, tiende a mejorar la uniformidad; en esos casos se podrá adoptar siempre:

$$e/d \leq 1.5$$

Para los casos de iluminación semiindirecta e indirecta llamaremos:

$d'$  = distancia vertical de los aparatos de alumbrado al techo

Los aparatos de alumbrado empleados en este sistema de iluminación son muy extensivos y la relación anterior toma la forma:

$$e/d \leq 6$$



Si se admite que  $d'$  es aproximadamente igual a  $h/4$ , lo que es razonable para habitaciones y locales de altura normal, la relación anterior se convierte en:

$$e/d \leq 1.5$$

Para todos los sistemas de iluminación, llamaremos:

$e'$  = distancia horizontal desde los aparatos extremos de una fila al muro perpendicular a esa fila

Las luminarias más próximas a la pared necesitan estar más cerca para iluminarla (normalmente a la mitad de la distancia).

Por lo que se toma el siguiente valor:

$$e' = e/2$$

En los casos particulares en los que los puestos de trabajo están colocados a lo largo del muro, se adoptará el siguiente valor:

$$e' = e/3$$

### **2.2.7. Alumbrados especiales: Alumbrado de emergencia y señalización**

Las instalaciones destinadas a alumbrados especiales tienen por objeto asegurar, aún faltando el alumbrado general, la iluminación en los locales y el acceso hasta las salidas, para una eventual evacuación de público o iluminar otros puntos que se señalen.

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

#### **ALUMBRADO DE SEÑALIZACIÓN**

Es el que se instala para funcionar de un modo continuo durante determinados períodos 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.

El alumbrado de señalización se instalará en los locales o dependencias que en cada caso se indiquen y siempre en las salidas de éstos y cuando las señales indicadoras que



deban iluminarse con este alumbrado coincidan con los que precisan alumbrado de emergencia, los puntos de luz de ambos alumbrados podrán ser los mismos.

Cuando el suministro habitual del alumbrado de señalización falle, o su tensión baje a menos del 70 por 100 de su valor nominal, la alimentación del alumbrado de señalización deberá pasar automáticamente al segundo suministro.

### ALUMBRADO DE EMERGENCIA

El 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 estará previsto para entrar en funcionamiento automáticamente al producirse al fallo de los alumbrados generales o cuando la tensión de éstos baje a menos del 70 por 100 de su valor nominal.

El alumbrado de emergencia se instalará en los locales y dependencias que se indiquen en cada caso y siempre en las salidas de éstas y en las señales indicadoras de la dirección de las mismas. Por lo tanto, se colocarán sobre las puertas que conduzcan a las salidas, en escaleras, pasillos y vestíbulos. En el caso de que exista un cuadro principal de distribución, en el local donde éste se instale, así como sus accesos estarán provistos de alumbrado de emergencia.

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

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



- Los locales que alberguen equipos generales de las instalaciones de protección.
- Los cuadros de distribución de la instalación de alumbrado de las zonas antes citadas.

### NIVELES DE ILUMINACION DE EMERGENCIA REQUERIDOS

Según la ITC-BT 28 del reglamento electrotécnico para baja tensión:

- El alumbrado de Emergencia proporcionará una iluminancia de 1 lux, como mínimo, en el nivel del suelo en los recorridos de evacuación, medida en el eje de los pasillos y escaleras, y en todo punto cuando dichos recorridos discurran por espacios distintos de los citados.
- La iluminancia 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 una utilización manual y en los cuadros de distribución de alumbrado, así como en los centros de trabajo

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

Como regla práctica para la distribución de luminarias, se determinara que:

- La dotación mínima será de 5 lm/m<sup>2</sup>.
- El Flujo Luminoso mínimo será de 30 Lm.
- La separación mínima será de h; siendo h la altura de ubicación comprendida entre 2 y 2,5 metros.

### CRITERIO DE UBICACIÓN DE LAS LUMINARIAS

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

Como tipo de luminarias de emergencia y señalización, estas se pueden clasificar en función de la fuente utilizada como:





- Luminarias autónomas, si la fuente de energía se encuentra en la propia luminaria o separada de ésta a 1 metro como máximo.
- Luminarias centralizadas, si la fuente de energía no está incorporada a la luminaria y está situada de ésta a más de 1 metro.

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

- Alumbrado de emergencia no permanente: luminaria en la que las lámparas de alumbrado de emergencia están en funcionamiento sólo cuando falla la alimentación del alumbrado normal.
- Alumbrado de emergencia permanente: luminaria en la que las lámparas de alumbrado de emergencia están alimentadas en cualquier instante, ya se requiera el alumbrado normal o de emergencia.
- Alumbrado de emergencia combinado: luminaria de alumbrado de emergencia que contiene dos o más lámparas de las que una al menos está alimentada a partir de la alimentación de alumbrado de emergencia y las otras a partir de la alimentación del alumbrado normal. Puede ser permanente o no permanente.

Como ventajas y desventajas de los diferentes tipos, se puede indicar que, en el caso de aparatos autónomos frente a centralizados:

#### Ventajas de los Autónomos:

- Se instalan directamente sin necesidad de buscar ubicación para un equipo de alimentación central.
- No requiere hacer equipos centralizados a medida, sino que se van colocando aparatos autónomos según las necesidades del local.
- La seguridad está distribuida; si se produce una ruptura de los cables de acceso a una sala, los aparatos autónomos alumbrarán mientras que los centralizados no lo harán. Si se produce un fallo en el equipo centralizado, un área se queda sin luz. En el caso de bloques autónomos no ocurre así.

#### Ventajas de los centralizados:

- Resultan más económicos para grandes superficies.
- Se puede llevar un mantenimiento más ágil y barato.
- Los equipos centralizados son más prácticos y funcionales a la hora de realizar test y recambios de las baterías.

Y en el caso de permanentes frente a no permanentes y combinados:

#### Ventajas y desventajas alumbrados permanentes:



- La lámpara de emergencia permanece encendida siempre que se requiere, por lo que se sabe en todo momento si su funcionamiento es correcto.
- Puesto que la lámpara de emergencia siempre está encendida, al existir un fallo de red, el aparato aporta todo su flujo luminoso sin reducciones debidas al calentamiento de la lámpara, en particular si es fluorescente.
- Es útil siempre que se trate de lugares donde se desea asegurar una iluminación ininterrumpida (garajes, pasillos, ascensores, etc.).
- Requieren cambios de lámparas cada cierto tiempo, según sea la vida de la lámpara. Es típico de 3000 a 8000 horas en tubos fluorescentes pequeños (de 4 a 11 meses).
- Desde que se agota la lámpara y hasta que se cambia, se produce un período en el que no se dispone de alumbrado de emergencia.

#### Alumbrados Combinados:

- Se puede encender y apagar una lámpara a voluntad como si de una luminaria normal se tratara, mientras que la otra lámpara entrará en funcionamiento si la tensión baja por debajo del 70% del valor nominal. Hay otro tipo de alumbrados de emergencia combinados en los que la lámpara en presencia de red está permanentemente encendida (no se puede encender y apagar a voluntad).
- El agotamiento del tubo que se enciende en situación de presencia de red no pone en peligro el encendido de la emergencia.
- Muy útil en señalizaciones o iluminaciones que se desea poder apagar para evitar consumos innecesarios.

#### Alumbrados No Permanentes:

- Es el tipo más sencillo. Sólo iluminan en ausencia de red o descenso de ésta por debajo de un 70% de su valor nominal.
- Tienen la posibilidad de incorporar lámparas de señalización incandescentes que permanecen encendidas en presencia de red; no así en caso de fallo de red.

### **2.3. Transformadores**

En la actualidad, se utilizan dos tipos de transformadores para los Centros de Transformación:

- Transformadores en baño de aceite.
- Transformadores de aislamiento sólido a base de resinas (transformadores secos).

#### **2.3.1. Transformadores en baño de aceite**



Son los más utilizados por las compañías distribuidoras comerciales para los Centros de Transformación de las redes públicas. El tipo actual es el denominado de “llenado integral”, el cual no tiene depósito de expansión ni cámara de nitrógeno. Al ser un transformador hermético (sin tanque de expansión), su estructura trabaja a presión variable en función de la temperatura del aceite, sin intercambio de aire con el exterior. Esto permite que el aceite del transformador nunca esté en contacto con el medio ambiente, lo que impide el ingreso de humedad preservando los inhibidores de oxidación y por ende prolongando la vida útil del transformador.

Ventajas de los transformadores de “llenado integral” frente a los de depósito de expansión:

- ❖ No hay contacto entre el aceite y el aire ambiente, con lo que se evita que el aceite se humedezca y se haga más ácido por la presencia del oxígeno del aire. Esto hace que el mantenimiento del aceite sea más reducido.
- ❖ La instalación y el conexionado de los bornes de Baja Tensión y Alta Tensión es más fácil ya que no hay depósito de expansión.
- ❖ La altura total del transformador es menor.

Este tipo de transformadores se diseñan con cantidades de aceite notablemente inferiores a las de los tipos anteriores, y esto hace que en caso de incendio las consecuencias y la peligrosidad del mismo sean menores por haber menos aceite combustible. Se trata de una ventaja muy importante.

Ventajas frente a los transformadores secos:

- ❖ Menor coste unitario, actualmente valen en torno a la mitad.
- ❖ Menor ruido.
- ❖ Menos pérdidas de vacío.
- ❖ Mejor control de funcionamiento.
- ❖ Pueden instalarse a la intemperie.
- ❖ Buen funcionamiento en atmósferas contaminadas.
- ❖ Mayor resistencia a las sobretensiones y a las sobrecargas prolongadas.

Desventajas frente a los transformadores secos:

- ❖ La baja temperatura de inflamación del aceite (el valor mínimo de temperatura de inflamación del aceite es de 140 °C), por lo que el riesgo de incendio con desprendimiento de humos es elevado.

Por este motivo y por razones medioambientales, debajo de cada transformador debe disponerse de un pozo o depósito colector, de cantidad suficiente para la totalidad del aceite del transformador para que en caso de fuga de aceite por alguna anomalía, el aceite se recoja en dicho depósito.

En la parte superior del depósito colector se suele situar un dispositivo apagallamas que consiste en unas rejillas metálicas que producen la autoextinción del aceite. Otro dispositivo sería una capa de piedras por la cual pasaría el aceite para llegar al depósito y que harían de cortafuegos.



El depósito colector encarece el coste de la obra, por su propia infraestructura y porque obliga a que las paredes del Centro sean resistentes al fuego. Además, a menudo invalida cierta parte de la planta inferior si se tiene.

Aunque hemos dicho antes que el aceite no se humedece, por culpa del deterioro del aislamiento puede que se produzca algo de humedecimiento, ya que el aislamiento desprende algo de agua al envejecerse. Esto obliga a un mantenimiento con controles periódicos del aceite. En estos controles periódicos se debe medir al menos la rigidez dieléctrica, ya que ésta disminuye mucho con la humedad, y la acidez, que hace que los aislamientos se deterioren.

### 2.3.2. Transformadores secos

Los transformadores secos tienen sus arrollamientos encapsulados dentro de resina epoxy mezclada con un polvo compuesto por distintos materiales. Este tipo de transformadores suele ser más utilizado en los Centros de Transformación de abonado, y menos en los de red pública.

Ventajas frente a los transformadores en baño de aceite:

- ❖ Menor coste de la instalación al no necesitar depósito colector.
- ❖ Menor riesgo de incendio, ya que los materiales utilizados para su construcción son autoextinguibles y tenues, y no producen gases tóxicos ni corrosivos. Se descomponen a partir de 300 °C. Cuando se produce fuego en el entorno, la resina arde con llama débil cuando alcanza los 350 °C, pero si desaparece el foco externo, se extingue en poco tiempo.
- ❖ No es necesario ningún tipo de mantenimiento posterior a la instalación.

Desventajas frente a los transformadores de baño de aceite:

- ❖ Mayor coste unitario (entorno al doble).
- ❖ Mayor ruido.
- ❖ Menor resistencia a las sobretensiones.
- ❖ Mayores pérdidas en vacío.
- ❖ No son adecuados para instalarlos a la intemperie ni para ambientes contaminados.

En la actualidad Schneider Electric dispone de transformadores secos de hasta 36.2 KV y 25 MVA y ABB de hasta 72,5 KV.

Cuando estos transformadores están en funcionamiento no deben tocarse sus paredes exteriores, por lo que tienen más riesgo ante contactos indirectos.

## 2.4. Compensación de la energía reactiva

La compensación de la energía reactiva es un proceso que se lleva a cabo para evitar una penalización económica por parte de las compañías suministradoras y para evitar el sobredimensionado de algunas partes de la instalación.



Lo que mide la calidad de la instalación es el factor de potencia, y lo ideal es que se acerque a la unidad. Un buen factor de potencia hace que la instalación esté mejor aprovechada técnica y económicamente.

Las pautas que siguen las compañías para el recargo o el abono se rigen por una serie de fórmulas. Lo primero se realiza el cálculo del coseno de  $\varphi$  (factor de potencia), y con este dato se calcula el porcentaje de coste que se le va a sumar a la factura:

$$\text{Cos}\varphi = \frac{P}{\sqrt{P^2+Q^2}} \text{ (Con dos decimales)}$$

$$K_r(\%) = \frac{17}{(\text{Cos}\varphi)^2} - 21 \text{ (Con un decimal)}$$

$$\text{Cantidad a pagar} = (A + B) * K_r(\%)$$

$\text{Cos}\varphi$ : Factor de potencia

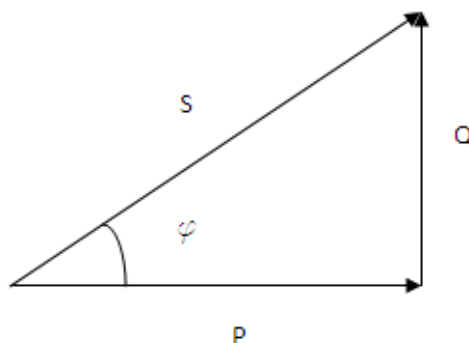
P: Potencia activa

Q: Potencia reactiva

A: Precio de la potencia contratada

B: Precio de la energía consumida

$K_r$ : Porcentaje de bonificación o recargo. No se aplicarán recargos superiores al 47% ni descuentos superiores al 4%.



Aplicando estas fórmulas, nos darían los valores de  $K_r$  que aparecen en esta tabla:

Cos $\varphi$	Recargo %	Descuento %
1,00	-	4,0
0,95	-	2,2
0,90	0,0	0,0
0,85	2,5	-
0,80	5,6	-
0,75	9,2	-
0,70	13,7	-
0,65	19,2	-
0,60	26,2	-
0,55	35,2	-
0,50	47,0	-



Existen diversas formas de compensar la energía reactiva:

- ❖ Global
- ❖ Por sectores
- ❖ Individualmente.

La mejor forma sería aquella que compensa la energía reactiva en el lugar que se consume, sin embargo, necesitarías más elementos compensadores.

#### **2.4.1. Ventajas de un elevado factor de potencia**

Las dos grandes ventajas de un buen factor de potencia son estas:

- ❖ Reducción en el recibo de la electricidad.
- ❖ Optimización de las instalaciones eléctricas. Entre estas se pueden describir:
  - Disminución de las pérdidas por calentamiento en línea.
  - Disminución de la caída de tensión en las líneas.
  - Reducción del dimensionamiento de las líneas.
  - Aumento de la potencia disponible en el transformador de alimentación.
  - Facilita el suministro de la tensión nominal a los receptores.
  - Reporta una disminución de costes de la factura de energía eléctrica al realizar una bonificación la compañía suministradora para valores de:  $0,95 < \cos\phi < 1$ . Es decir, te premian con un descuento.

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.

#### **2.4.2. Métodos para mejorar el factor de potencia**

##### **2.4.2.1. Procedimientos directos**

Actúan directamente sobre la causa que está haciendo que el factor de potencia sea bajo. Es decir, con estos procedimientos procuramos en lo posible disminuir el consumo innecesario de energía reactiva actuando sobre las cargas de la instalación. Los procedimientos 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.



### 2.4.2.2. 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.

### 2.4.2.3. Elección del método de compensación

A la hora de realizar la instalación, se tendrán en cuenta todos los procedimientos directos y si aun así el factor de potencia no es el adecuado, se optará por realizar una compensación indirecta con una batería de condensadores.

## 2.4.3. Tipos de compensación

### 2.4.3.1. Condensadores fijos

Con este tipo de compensación, en todo momento los condensadores están suministrando una energía reactiva fija, que debe ser consumida en su totalidad por el receptor. De no ser así la red absorbería energía capacitiva.

### 2.4.3.2. Condensadores de regulación automática o batería de condensadores

La batería de condensadores es instalada en la cabecera del cuadro de distribución de Baja Tensión o en un lugar donde se maneje un sector importante en cuanto al consumo de energía reactiva. Las baterías de condensadores están formadas por distintos escalones de potencia reactiva. El valor del factor de potencia es detectado por un relé varimétrico que manda automáticamente la conexión y desconexión de los condensadores a través de contactores, en función de la carga y del factor de potencia deseado.

La compensación automática permite una adaptación casi inmediata de la energía reactiva necesaria. Dentro de la compensación automática cabe destacar dos posibilidades:

#### Baterías con contactores electromecánicos

Varían lentamente al variar la energía reactiva que necesita compensarse, del orden de segundos.



### Baterías con tiristores

Se utiliza cuando se quiere una compensación instantánea de la energía reactiva a consecuencia de la rápida variación de la carga.

Con este sistema mejoras la conexión de los escalones de la batería, ya que los condensadores se conectan en el preciso instante que la energía reactiva sobrepasa su valor. Debido a esta mejor conexión se eliminan los transitorios, por lo que se alarga la vida útil de los condensadores y se aumenta el número de maniobras que se puede realizar.

## 2.5. Potencia a contratar

A la hora de contratar una potencia para la empresa deberemos escoger una tarifa tipo 3.0 ya que la potencia de nuestra empresa va a ser superior a 15 KW. Al tener que coger este tipo de tarifa tenemos que tener en cuenta la triple discriminación horaria que se expone en el apartado 6.5.

Para contratar la potencia deberemos escoger una de las siguientes opciones:

### 2.5.1. Con 1 máximo

Un máximo es un instrumento de medición eléctrico cuya finalidad es obtener el valor máximo de la potencia eléctrica demandada durante un periodo de facturación de una compañía suministradora de energía eléctrica. El método de funcionamiento en el que se basa es en la realización de integrales del consumo eléctrico cada 15 minutos, y registra el valor más alto.

Si utilizamos este método la manera que tiene la compañía eléctrica de facturarnos es de la siguiente forma:

- ❖ Si sobrepasamos 1.05 veces la potencia contratada aplicará la siguiente fórmula:

$$P_F = P_R + 2 \times (P_R - 1.05 \times P_C)$$

Donde:

$P_F$  = Potencia facturada.

$P_R$  = Potencia registrada por el máximo.

$P_C$  = Potencia contratada.

- ❖ Si el medidor marca entre 0.85 veces y 1.05 veces la potencia contratada nos aplicará esta:

$$P_F = P_R$$

- ❖ Si no llegamos a 0.85 veces la potencia contratada nos aplicará esta:

$$P_F = 0.85 \times P_C$$





### 2.5.2. Con 2 máxímetros

La utilización del método de los dos máxímetros se realizara en las tarifas que tengan la diferenciación de horarios que se expondrá posteriormente.

En este método uno de los máxímetros se utiliza para registrar la energía utilizada en los periodos horarios considerados punta y llano, mientras que el otro máxímetro se encarga de registrar la energía utilizada en los horarios denominados valle.

Los dos máxímetros, funcionan por separado del mismo modo que en el método de un máxímetro.

Para hallar la potencia de facturación se hace lo siguiente:

- ❖ Si la potencia de las horas valle es mayor que la de las horas puntas y llano:

$$P_F = P_{1,2} + 0.2 \times (P_{HV} - P_{1,2})$$

$P_F$  = Potencia facturada.

$P_{1,2}$  = Potencia a considerar en los periodos punta y llano aplicando el modo de 1 máxímetro.

$P_{HV}$  = Potencia registrada en las horas valle.

- ❖ Si la potencia de las horas valle es menor que la de las horas punta y llano:

$$P_F = P_{1,2}$$

### 2.5.3. Con 3 máxímetros

En este método se utiliza un máxímetro para cada franja horaria, es decir, uno para las horas punta, otro para las horas llano y otro para las horas valle. Por lo tanto para el cálculo de cada máxímetro se utilizara el método de un máxímetro.

La potencia de facturación se calcula de la siguiente forma:

$$P_F = P_{HP} + 0.5 \times (P_{HLL} - P_{HP}) + 0.2 \times (P_{HV} - P_{HLL})$$

$P_F$  = Potencia facturada.

$P_{HP}$  = Potencia registrada en las horas punta.

$P_{HLL}$  = Potencia registrada en las horas llano.

$P_{HV}$  = Potencia registrada en las horas valle.

Con esta fórmula tenemos que diferenciar los siguientes casos:

- ❖ Si la potencia de las horas llano es mayor que la de las punta:

$$P_F = P_{HP} + 0.2 \times (P_{HV} - P_{HLL})$$



- ❖ Si la potencia de las horas llano es mayor que la de las punta y la potencia de las horas llano también es mayor que la de las valle:

$$P_F = P_{HP}$$

- ❖ Si la potencia de las horas llano es mayor que la de las valle:

$$P_F = P_{HP} + 0.5 \times (P_{HLL} - P_{HP})$$

## 2.6. Tarifas a elegir

En las tarifas que nos interesan a nosotros, es decir, las que contratan las fábricas, empresas...suelen existir diferentes franjas horarias e incluso periodos anuales, y todos ellos quedan determinados por la empresa suministradora, Iberdrola. Para este tipo de tarifas, se tienen que utilizar dos o tres maxímetros.

Si utilizas el método de un maxímetro, eso conlleva directamente a tener una tarifa sin franjas horarias, por lo tanto, en estos casos Iberdrola te asigna o la tarifa 2.0A (para potencias menores a 10 KW) o la tarifa 2.1A (para potencias entre 10 KW y 15 KW).

### 2.6.1. Doble tarifa

Con esta tarifa tendremos dos franjas horarias distintas, horas punta y horas valle. Por lo tanto el día, que tiene 24 horas, queda dividido de la siguiente forma:

- ❖ Las horas punta serán 10 horas.
- ❖ Las horas valle serán 14 horas.

### 2.6.2. Triple tarifa

Con esta tarifa tenemos, como ya se ha dicho, 3 franjas horarias distintas. Por lo tanto el día, que tiene 24 horas, queda dividido de la siguiente forma:

- ❖ Las horas punta serán 4 horas y el recargo económico en ellas será del 70%.
- ❖ Las horas llano serán 12 horas y no habrá ni recargo ni descuento.
- ❖ Las horas valle serán 8 horas y habrá un descuento del 43%.

### 2.6.3. Triple tarifa B

Al igual que en el anterior caso hay 3 franjas horarias para los días laborables (de lunes a sábado), mientras que hay un precio especial para festivos y domingos. De lunes a sábado:

- Las horas punta son 6 horas y tendrán un recargo del 100%.
- Las horas llano son 10 horas y no tendrán ni recargo ni descuento.
- Las horas valle son 8 horas y tendrán un descuento del 43%.

Festivos y domingos:



- Estos días se considerarán sus 24 horas como horas valle por lo que tendrán un descuento del 43%.

Esta tarifa beneficia mucho a las empresas que trabajan ininterrumpidamente los 7 días de la semana.

#### **2.6.4. Estacional**

En este caso, lo que ocurre es que se divide el año en cuatro periodos, de ahí su nombre, (pico (70 días), alto (80 días), medio (80 días) y bajo (135 días)) estos periodos a su vez, tienen una discriminación de horas punta, llano y valle.

El número de horas de cada una de las franjas horarias es exactamente igual al de la triple tarifa A, pero los recargos no:

- Si consumimos en las horas punta de los días pico el recargo es del 300%.
- Si consumimos en las horas punta de los días alto el recargo es del 100%.
- Si consumimos en las horas punta de los otros dos periodos o si consumimos en las horas llano de cualquiera de ellos, no hay ni recargo ni descuento.
- Si consumimos en las horas valle de cualquier periodo, el descuento será del 43%.

### **3. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN**

#### **3.1. Conexión de neutro**

En este caso se podría elegir cualquiera de los tres tipos de esquema pero se cogerá un esquema TT ya que es la solución más apropiada y flexible a la hora de afrontar futuras ampliaciones, teniendo presente que los defectos fase-masa pueden tener valores inferiores a los de cortocircuito y provocar la aparición de tensiones peligrosas.

#### **3.2. Centro de Transformación**

El Centro de Transformación estará ubicado en una caseta independiente destinada únicamente a esta finalidad y donde estará colocado el transformador.

El transformador que utilizaremos estará bañado en aceite y será de los de “llenado integral”, con su rejilla apagallamas y su foso de recogida de aceite, ya que en este caso no nos supondrá un problema para el piso inferior, ya que no existe.

#### **3.3. Compensación de la reactiva**



Para compensar la energía reactiva nos hemos decidido por la compensación global mediante batería automática de condensadores ya que aunque es más cara creemos que es más conveniente para la empresa.

### 3.4. Acometida

La acometida es la parte de la instalación de distribución que alimenta al transformador.

La acometida se ubica en una canalización enterrada bajo tubo, siendo una red subterránea de baja tensión de manera que se rige por la ITC-RBT 07. El elemento de la instalación eléctrica de la acometida tendrá un diámetro de tubo de 180 mm, a lo largo de una zanja excavada con este propósito.

La profundidad a la que se instalarán los conductores será como mínimo de 0.8 metros de profundidad. Se dispondrá de una capa de arena de unos 10 cm de espesor. Encima de la arena se dispondrán de unas placas de plástico que distarán 25 cm como mínimo de la parte superior del cable. En la parte superior de estas capas se colocarán unas cintas de señalización.

En los puntos con cambios de dirección bruscos se dispondrá de arquetas, para facilitar la manipulación de los cables.

La encargada de la instalación de la acometida será la empresa suministradora IBERDROLA.

### 3.5. Derivación Individual

Es la parte de protección que a partir del Centro de Transformación suministra energía eléctrica a la actividad industrial.

Equipado con fusibles de seguridad, la derivación individual empieza en el Centro de Transformación, en el mismo Transformador. La derivación individual de la nave industrial estará constituida por conductores aislados en el interior de canalización enterrada bajo tubo de 225 y 180 mm de diámetro, con entrada y salida, dejándose un tubo de 180 mm y de las mismas características de reserva, tal y como marca la ITC-RBT 15, a una profundidad de 0.7 metros.

Los cables no presentarán empalmes y su sección será uniforme. Los conductores a utilizar serán de cobre o aluminio, aislados y normalmente unipolares.

En la instalación eléctrica proyectada se instalarán conductores de las siguientes características:

Tensión de servicio 400V, conductores unipolares de 185 mm<sup>2</sup> para las fases y de 95 mm<sup>2</sup> para el neutro y el conductor de protección, tensión de aislamiento asignada 0.6/1KV, siendo de aislamiento de RZ1-K(AS) no propagador de incendios y emisión de humos y opacidad reducida, T<sup>a</sup> máxima en servicio permanente de 90°C. La intensidad máxima admisible por estos conductores es de 480 A y 335 A



respectivamente. Utilizaremos tres cables unipolares por fase para que la derivación individual no sea tan voluminosa y sea más manejable y flexible.

### **3.6. Descripción de la instalación interior**

#### **3.6.1. Cuadro de protección general**

Se denomina así al armario que alberga los elementos de protección de las instalaciones particulares del abonado. En él se colocan las protecciones generales contra sobrecargas y cortocircuitos, y contra contactos indirectos, de acuerdo con lo representado en el Esquema Unifilar de planos. En concreto protegerá las líneas que alimentan los siete cuadros auxiliares. El cuadro se ha colocado en el interior de la nave, al lado de la puerta mecánica del taller de mecanizado.

Contiene los siguientes elementos:

- Interruptor General de corte omnipolar de 630 A, 50 KA de poder de corte y 4 polos.
- Interruptor Automático Magnetotérmico de 200 A, 3+N polos, 25 KA, curva D.
- Interruptor Automático Magnetotérmico de 125 A, 3+N polos, 25 KA, curva D.
- 3 Interruptores Automáticos Magnetotérmicos regulables de 125 A, 3+N polos, 25 KA, curva C.
- 2 Interruptores Automáticos Magnetotérmicos de 80 A, 3+N polos, 25 KA, curva D.
- 2 Interruptores Diferenciales de 80 A, 3+N polos y 300 mA de sensibilidad.
- Interruptor Diferencial de 125 A, 3+N polos y 300 mA de sensibilidad.
- Interruptor Diferencial de 200 A, 3+N polos y 300 mA de sensibilidad.

La ocupación de elementos modulares es de 48 (18 mm). Se colocará un armario metálico de Schneider Electric, Prisma G de medidas 1530x595x259 mm con superficie para los módulos suficientes como para permitir una futura ampliación. Se rotulará claramente de modo que pueda identificarse cada protección con su cuadro auxiliar.

#### **3.6.2. Cuadros secundarios**

Desde el Cuadro General se alimentará a varios cuadros secundarios. Se rotularán de modo que pueda identificarse cada protección con su circuito o máquina.

##### **3.6.2.1. Cuadro secundario 1: Alumbrado del taller de mecanizado**

Se sitúa en la zona de Taller. Servirá para proteger y maniobrar las 9 líneas que alimentan el alumbrado del taller y las dos líneas que alimentan el alumbrado de emergencia del taller de mecanizado.

Está formado por los siguientes elementos:

- Interruptor de corte en carga, seccionador de 400 y 4 polos.
- 3 Interruptores Automáticos Magnetotérmicos de 20 A, F+N polos, 15 KA, curva B.
- 6 Interruptores Automáticos Magnetotérmicos de 20 A, F+N polos, 15 KA, curva C.
- 2 Interruptores Automáticos Magnetotérmicos de 6 A, F+N polos, 15 KA, curva C.
- 11 Interruptores Diferenciales de 25 A , F+N polos y 30 mA de sensibilidad.

Se colocará un armario metálico Cofret Schneider Electric, Pragma 24, de medidas 900x550x148 mm con 120 módulos (en 5 filas) incluyendo todos los complementos necesarios.

De este modo la reserva de espacio permite una futura ampliación de hasta un 30%.

### **3.6.2.2. Cuadro secundario 2: Oficinas, vestuario y almacén planta baja**

Se sitúa en el cuarto 1 de la planta baja del edificio de oficinas. Servirá para proteger 3 líneas de Tomas de Corriente (una de ellas SAI), 3 líneas de iluminación y 3 líneas de emergencia.

Está formado por los siguientes elementos:

- Interruptor de corte en carga, seccionador de 160 A y 4 polos.
- Interruptor Automático Magnetotérmico de 16 A, F+N polos, 10 KA, curva C.
- 2 Interruptores Automáticos Magnetotérmicos de 16 A, F+N polos, 10 KA, curva B.
- Interruptor Automático Magnetotérmico de 6 A, F+N polos, 10 KA, curva C.
- Interruptor Automático Magnetotérmico de 10 A, F+N polos, 10 KA, curva C.
- Interruptor Automático Magnetotérmico de 20 A, F+N polos, 10 KA, curva B.
- 2 Interruptores Automáticos Magnetotérmicos de 6 A, F+N polos, 10 KA, curva D.
- 9 Interruptores Diferenciales de 25 A , F+N polos y 30 mA de sensibilidad.

Se colocará un armario metálico Cofret Schneider Electric, Pragma 24, de medidas 750x550x148 mm con 96 módulos (en 4 filas) incluyendo todos los complementos necesarios.



De este modo la reserva de espacio permite una futura ampliación de hasta un 30%.

### 3.6.2.3. Cuadro secundario 3: oficinas y salas primera planta

Se sitúa en el cuarto 3 de la primera planta del edificio de oficinas. Servirá para proteger las 3 líneas de Tomas de Corriente (una de ellas SAI), las 3 líneas de iluminación y las tres líneas de emergencia.

Está formado por los siguientes elementos:

- Interruptor de corte en carga, seccionador de 250 A y 4 polos.
- 2 Interruptores Automáticos Magnetotérmicos de 20 A, F+N polos, 15 KA, curva B.
- Interruptor Automático Magnetotérmico de 20 A, F+N polos, 15 KA, curva C.
- 2 Interruptores Automáticos Magnetotérmicos de 16 A, III+N polos, 15 KA, curva C.
- 3 Interruptores Automáticos Magnetotérmicos de 6 A, F+N polos, 15 KA, curva D.
- Interruptor Automático Magnetotérmico de 10 A, F+N polos, 15 KA, curva B.
- 9 Interruptores Diferenciales de 25 A, F+N polos y 30 mA de sensibilidad.

Se colocará un armario metálico Cofret Schneider Electric, Pragma 24, de medidas 750x550x148 mm con 96 módulos (en 4 filas) incluyendo todos los complementos necesarios.

De este modo la reserva de espacio permite una futura ampliación de hasta un 30%.

### 3.6.2.4. Cuadro Secundario 4: iluminación exterior + taller de mecanizado

Se sitúa en el taller de mecanizado, junto a la puerta del almacén. Se alimenta desde el CGP y servirá para proteger y maniobrar las líneas de iluminación exterior, las líneas de Cuadros de Tomas de corriente trifásicas y la línea de la puerta mecánica del taller.

Está formado por los siguientes elementos:

- Interruptor de corte en carga, seccionador de 160 A y 4 polos.
- Interruptor Automático Magnetotérmico de 20 A, F+N polos, 6 KA, curva B.
- 3 Interruptores Automáticos Magnetotérmicos de 20 A, III+N polos, 6 KA, curva C.
- Interruptor Automático Magnetotérmico de 16 A, III+N polos, 6 KA, curva B.
- Interruptor Automático Magnetotérmico de 6 A, F+N polos, 6 KA, curva D.
- 2 Interruptores Diferenciales de 25 A, F+N polos y 30 mA de sensibilidad.
- 3 Interruptores Diferenciales de 25 A, III+N polos y 30 mA de sensibilidad.



- Interruptor Diferencial de 25 A, III+N polos y 300 mA de sensibilidad.

Se colocará un armario metálico Cofret Schneider Electric, Pragma 24, de medidas 600x550x148 mm con 72 módulos (en 3 filas) incluyendo todos los complementos necesarios.

De este modo la reserva de espacio permite una futura ampliación de hasta un 30%.

### 3.6.2.5. Cuadro secundario 5: Maquinaria 1

Se sitúa en el taller de mecanizado, junto a la maquinaria a la que va a proteger. Se alimenta desde el CGP y servirá para proteger las líneas que alimentan la siguiente maquinaria: sierra 1, sierra 2, sierra 3, esmeriladora 1, esmeriladora 2, esmeriladora 3, torno 1 y torno 2.

Está formado por los siguientes elementos:

- Interruptor de corte en carga, seccionador de 250 A y 4 polos.
- 6 Interruptores Automáticos Magnetotérmicos de 16 A, III+N polos, 10 KA, curva D.
- 2 Interruptores Automáticos Magnetotérmicos de 32 A, III+N polos, 10 KA, curva D.
- 6 Interruptores Diferenciales de 25 A, III+N polos y 300 mA de sensibilidad.
- 2 Interruptores Diferenciales de 40 A, III+N polos y 300 mA de sensibilidad.

Se colocará un armario metálico Cofret Schneider Electric, Pragma 24, de medidas 750x550x148 mm con 96 módulos (en 4 filas) incluyendo todos los complementos necesarios.

De este modo la reserva de espacio permite una futura ampliación de hasta un 30%.

### 3.6.2.6. Cuadro secundario 6: Maquinaria 2

Se sitúa en el taller de mecanizado, junto a la maquinaria a la que va a proteger. Se alimenta desde el CGP y servirá para proteger las líneas que alimentan la siguiente maquinaria: taladro 1, taladro 2, taladro 3, taladro 4, pulidora, retestadora, mortajadora, tronzadora, cizalla 1 y cizalla 2.

Está formado por los siguientes elementos:

- Interruptor de corte en carga, seccionador de 250 A y 4 polos.
- 8 Interruptores Automáticos Magnetotérmicos de 16 A, III+N polos, 6 KA, curva D.
- 2 Interruptores Automáticos Magnetotérmicos de 32 A, III+N polos, 6 KA, curva C.





- 8 Interruptores Diferenciales de 25 A, III+N polos y 300 mA de sensibilidad.
- 2 Interruptores Diferenciales de 40 A, III+N polos y 300 mA de sensibilidad.

Se colocará un armario metálico Cofret Schneider Electric, Pragma 24, de medidas 900x550x148 mm con 120 módulos (en 5 filas) incluyendo todos los complementos necesarios.

De este modo la reserva de espacio permite una futura ampliación de hasta un 30%.

### 3.6.2.7. Cuadro secundario 7: Maquinaria 3

Se sitúa en el taller de mecanizado, junto a la maquinaria a la que va a proteger. Se alimenta desde el CGP y servirá para proteger las líneas que alimentan la siguiente maquinaria: fresadora 1, fresadora 2, fresadora 3, torno 3, compresor y rectificador.

Está formado por los siguientes elementos:

- Interruptor de corte en carga, seccionador de 250 A y 4 polos.
- Interruptor Automático Magnetotérmico de 32 A, III+N polos, 6 KA, curva C.
- 4 Interruptores Automáticos Magnetotérmicos de 16 A, III+N polos, 6 KA, curva D.
- Interruptor Automático Magnetotérmico de 25 A, III+N polos, 6 KA, curva C.
- Interruptores Diferenciales de 40 A, III+N polos y 300 mA de sensibilidad.
- 5 Interruptores Diferenciales de 25 A, III+N polos y 300 mA de sensibilidad.

Se colocará un armario metálico Cofret Schneider Electric, Pragma 24, de medidas 600x550x148 mm con 72 módulos (en 3 filas) incluyendo todos los complementos necesarios.

De este modo la reserva de espacio permite una futura ampliación de hasta un 30%.

### 3.6.3. Distribución de los circuitos principales

#### 3.6.3.1. Secciones

Secciones de los distintos conductores que parten de los cuadros, tanto del C.G.P. como de los demás cuadros auxiliares:

LÍNEA	Conductor (mm <sup>2</sup> )	Neutro (mm <sup>2</sup> )	C.P. (mm <sup>2</sup> )	DESIGNACIÓN
D.I	185	95	95	3x(3x185/95 + 95 TT)
C.A.1	70	35	35	3x70/35 + 35 TT
C.A.2	16	10	16	3x16/10 + 16 TT
C.A.3	35	16	16	3x35/16 + 16 TT



<b>C.A.4</b>	16	10	16	3x16/10 + 16 TT
<b>C.A.5</b>	35	16	16	3x35/16 + 16 TT
<b>C.A.6</b>	35	16	16	3x35/16 + 16 TT
<b>C.A.7</b>	35	16	16	3x35/16 + 16 TT
<b>1.1</b>	2,5	2,5	2,5	2x2,5 + 2,5 TT
<b>1.2</b>	2,5	2,5	2,5	2x2,5 + 2,5 TT
<b>1.3</b>	2,5	2,5	2,5	2x2,5 + 2,5 TT
<b>1.4</b>	2,5	2,5	2,5	2x2,5 + 2,5 TT
<b>1.5</b>	1,5	1,5	1,5	2x1,5 + 1,5 TT
<b>1.6</b>	1,5	1,5	1,5	2x1,5 + 1,5 TT
<b>1.7</b>	1,5	1,5	1,5	2x1,5 + 1,5 TT
<b>1.8</b>	1,5	1,5	1,5	2x1,5 + 1,5 TT
<b>1.9</b>	2,5	2,5	2,5	2x2,5 + 2,5 TT
<b>1.10</b>	2,5	2,5	2,5	2x2,5 + 2,5 TT
<b>1.11</b>	1,5	1,5	1,5	2x1,5 + 1,5 TT
<b>2.1</b>	2,5	2,5	2,5	2x2,5 + 2,5 TT
<b>2.2</b>	1,5	1,5	1,5	2x1,5 + 1,5 TT
<b>2.3</b>	1,5	1,5	1,5	2x1,5 + 1,5 TT
<b>2.4</b>	1,5	1,5	1,5	2x1,5 + 1,5 TT
<b>2.5</b>	1,5	1,5	1,5	2x1,5 + 1,5 TT
<b>2.6</b>	1,5	1,5	1,5	2x1,5 + 1,5 TT
<b>2.7</b>	4	4	4	2x4 + 4 TT
<b>2.8</b>	6	6	6	2x6 + 6 TT
<b>2.9</b>	2,5	2,5	2,5	2x2,5 + 2,5 TT
<b>3.1</b>	2,5	2,5	2,5	2x2,5 + 2,5 TT
<b>3.2</b>	1,5	1,5	1,5	2x1,5 + 1,5 TT
<b>3.3</b>	2,5	2,5	2,5	2x2,5 + 2,5 TT
<b>3.4</b>	1,5	1,5	1,5	2x1,5 + 1,5 TT
<b>3.5</b>	2,5	2,5	2,5	2x2,5 + 2,5 TT
<b>3.6</b>	1,5	1,5	1,5	2x1,5 + 1,5 TT
<b>3.7</b>	6	6	6	2x6 + 6 TT
<b>3.8</b>	10	10	10	2x10 + 10 TT
<b>3.9</b>	4	4	4	2x4 + 4 TT
<b>4.1</b>	10	10	10	3x10/10 + 10 TT
<b>4.2</b>	10	10	10	3x10/10 + 10 TT
<b>4.3</b>	10	10	10	3x10/10 + 10 TT
<b>4.4</b>	1,5	1,5	1,5	3x1,5/1,5 + 1,5 TT
<b>4.5</b>	4	4	4	2x4 + 4 TT
<b>4.6</b>	4	4	4	2x4 + 4 TT
<b>5.1</b>	1,5	1,5	1,5	3x1,5/1,5 + 1,5 TT
<b>5.2</b>	1,5	1,5	1,5	3x1,5/1,5 + 1,5 TT
<b>5.3</b>	1,5	1,5	1,5	3x1,5/1,5 + 1,5 TT
<b>5.4</b>	1,5	1,5	1,5	3x1,5/1,5 + 1,5 TT



5.5	1,5	1,5	1,5	3x1,5/1,5 + 1,5 TT
5.6	1,5	1,5	1,5	3x1,5/1,5 + 1,5 TT
5.7	4	4	4	3x4/4 + 4 TT
5.8	4	4	4	3x4/4 + 4 TT
6.1	1,5	1,5	1,5	3x1,5/1,5 + 1,5 TT
6.2	1,5	1,5	1,5	3x1,5/1,5 + 1,5 TT
6.3	1,5	1,5	1,5	3x1,5/1,5 + 1,5 TT
6.4	1,5	1,5	1,5	3x1,5/1,5 + 1,5 TT
6.5	1,5	1,5	1,5	3x1,5/1,5 + 1,5 TT
6.6	1,5	1,5	1,5	3x1,5/1,5 + 1,5 TT
6.7	1,5	1,5	1,5	3x1,5/1,5 + 1,5 TT
6.8	1,5	1,5	1,5	3x1,5/1,5 + 1,5 TT
6.9	4	4	4	3x4/4 + 4 TT
6.10	4	4	4	3x4/4 + 4 TT
7.1	1,5	1,5	1,5	3x1,5/1,5 + 1,5 TT
7.2	1,5	1,5	1,5	3x1,5/1,5 + 1,5 TT
7.3	1,5	1,5	1,5	3x1,5/1,5 + 1,5 TT
7.4	4	4	4	3x4/4 + 4 TT
7.5	1,5	1,5	1,5	3x1,5/1,5 + 1,5 TT
7.6	2,5	2,5	2,5	3x2,5/2,5 + 2,5 TT

Todas las secciones se justifican en el capítulo de Cálculos. Se han elegido teniendo en cuenta la intensidad máxima que en ellos va a circular, y además respetando que las caídas de tensión en los circuitos de fuerza y alumbrado sean inferiores al 5 y 3% respectivamente.

### 3.6.3.2. Conductores-Instalación

Líneas de Superficie en Taller: se colocarán sobre bandeja metálica a una altura mínima de 2.5 metros. Los conductores serán de cobre con aislamiento de XLPE, tensión nominal de 1000 V. Las líneas que bajan desde la bandeja a cuadros de Tomas de Corriente o a máquinas se protegerán con tubo metálico en alturas inferiores a 2.5 metros.

También se utilizará este tipo de conductores para las líneas que alimentan la iluminación del taller.

El conductor neutro tendrá, como mínimo, la sección que a continuación se especifica según la ITC-07 del RBT:

- Con dos o tres conductores, igual a la de los conductores de fase.
- Con cuatro conductores, la sección del neutro será como mínimo la de la tabla 7.1 de la ITC-07.

Los cables podrán ser de uno o más conductores y de tensión asignada no inferior a 0,6/1kV y deberán cumplir los requisitos especificados en la parte correspondiente de la norma UNE-HD 603. La sección de estos conductores será la adecuada a las



intensidades y las caídas de tensión previstas, y en todo caso, esta sección no será inferior a 6 mm<sup>2</sup> para conductores de cobre y a 16 mm<sup>2</sup> para los de aluminio.

- Líneas de Oficinas: se colocarán en falsos techos y rozas de paredes. En el caso de oficinas en planta baja, también se podía colocar en suelo bajo tubo de PVC flexible. Los conductores serán de cobre flexible con aislamiento de PVC, tensión nominal de 0,6/1kV (VV-K).
- Líneas que alimentan los cuadros: las líneas que alimentan los cuadros auxiliares y el propio CGP serán conductores de cobre flexible con aislamiento de XLPE, tensión nominal de 0,6/1kV y de alta seguridad (RZ1-K(AS)).
- Líneas que alimentan taller y maquinaria: las líneas que alimentan los distintos receptores como son las máquinas, el alumbrado del taller, tomas de corriente del taller...serán conductores de cobre flexible con aislamiento XLPE, tensión nominal 0,6/1kV (RV-K).

Todo empalme o derivación se realizará en el interior de cajas de registro con bornas o conectores apropiados a las secciones empleadas.

La protección contra contactos directos se garantizará debido al tipo de instalación y materiales empleados.

Como protección contra contactos indirectos se empleará la puesta a tierra de los receptores, mediante el conductor de protección, e interruptores diferenciales.

La distribución de conductores a receptores monofásicos se realizará de modo que las tres fases queden lo más equilibradas posibles.

### 3.6.4. Tipo de lámparas y luminarias

En la siguiente tabla se detallan las luminarias y lámparas escogidas para llevar a cabo toda la iluminación necesaria en la nave:

	Tipo de lampara	Tipo de luminaria
<b>Tipo 1</b>	Lámpara de Halogenuros Metálicos de Philips, MASTER HPI-T Plus 400W/645 E40	Philips; Cabana2 BY150P 1xHPI-P400W-BU K IC
<b>Tipo 2</b>	Lámpara fluorescente; Marca Philips; MASTER TL-D Super 80 58W/840	Philips; TCS 160 2xTL-D58W HF L
<b>Tipo 3</b>	Lámpara fluorescente; Marca Philips; MASTER TL5 HE Super 80 35W/840	Philips; TCS 165 4xTL5-35W HFP L
<b>Tipo 4</b>	Lámpara fluorescente; Marca Philips; MASTER PL-C 4P/18W	Marca Philips; Europa 2 FBS120 2XPL-C/4P18W/830 HF-H P CW2
<b>Tipo 5</b>	Proyector de emergencia y señalización; Marca Legrand; Ref: 6608 43; 2x65 W;	
<b>Tipo 6</b>	Lámpara de emergencia y señalización; Marca Legrand; Ref 6627 02; 6W	
<b>Tipo 7</b>	Lámpara de emergencia y señalización; Marca Legrand; Ref: 6627 05; 6W.	
<b>Tipo 8</b>	Lámpara de emergencia y señalización; Marca Legrand; Ref: 6622 24; 8W.	



<b>Tipo 9</b>	Lámpara de emergencia y señalización; Marca Legrand; Ref: 6622 22; 8W.	
<b>Tipo 10</b>	Lámpara de halogenuros metálicos; Marca Philips; MASTER HPI-T Plus 250W-645 E40	Philips; Modelo: Tempo 3 RVP351 HPI-TP250W K S
<b>Tipo 11</b>	Lámpara de vapor de sodio de alta presión; Marca Philips; MASTER SON-T PIA Plus 150W	Philips; Modelo: Tempo 2 RVP251 SON-T Pro 150W K IC S

Todos los tipos de lámparas y luminarias son de las marcas comerciales Philips y Legrand.

Los emplazamientos de los distintos tipos de luminarias + lámparas serán los siguientes:

- Tipo 1: taller de mecanizado.
- Tipo 2: almacén, área de descanso, archivo...
- Tipo 3: oficinas, cuartos, sala de visitas, administración, despachos...
- Tipo 4: vestuarios, aseos, zonas comunes, escaleras...
- Tipo 5: taller de mecanizado.
- Tipo 6, 7, 8, 9 (alumbrado de emergencia): toda la nave.
- Tipo 10, 11 (alumbrado exterior): exteriores de la nave, aparcamientos, entradas...

### 3.6.4.1. Iluminación de la nave industrial

#### ALUMBRADO INTERIOR

A continuación se detallan el número de lámparas y luminarias escogidas para cada zona de la nave, teniendo en cuenta las actividades que se han de desarrollar en cada una de ellas. Para las distintas zonas de la nave se ha escogido el alumbrado general directo.

#### Taller:

- 45 luminarias:

Marca Philips; Modelo: Cabana 2 BY150P 1xHPI-P400W-BU K IC

- 45 lámparas de halogenuros metálicos:

Marca Philips, MASTER HPI-T Plus 400W/645 E40

La potencia de la iluminación de esta estancia es de 18000 W.

#### Almacén:

- 4 luminarias:

Marca Philips; TCS 160 2xTL-D58W HF C3



- 8 lámparas fluorescentes:

Lámpara fluorescente; Marca Philips; MASTER TL-D Super 80  
58W/840

La potencia de la iluminación de esta estancia es de 464W.

#### Oficina:

- 9 luminarias:

Marca Philips; Modelo: TCS 165 4xTL5-35W HFP L

- 36 lámparas fluorescentes:

Lámpara fluorescente; Marca Philips; MASTER TL5 HE Super 80  
35W/840

#### Vestuario masculino:

- 2 luminarias:

Marca Philips; Modelo; TCS 165 4xTL5-35W HFP L

- 8 lámparas fluorescentes:

Lámpara fluorescente; Marca Philips; MASTER TL5 HE Super 80  
35W/840

La potencia de la iluminación de esta estancia es de 280W.

#### Duchas masculino:

- 6 luminarias:

Marca Philips; Europa 2 FBS120 2XPL-C/4P18W/830 HF-H P CW2

- 12 lámparas fluorescentes:

Fluorescente; Marca Philips; MASTER PL-C 4P/18W

La potencia de la iluminación de esta estancia es de 226 W.

#### Aseo masculino:

- 4 luminarias:

Marca Philips; Europa 2 FBS120 2XPL-C/4P18W/830 HF-H P C

- 8 lámparas fluorescentes:



Fluorescente; Marca Philips; MASTER PL-C 4P/18W

La potencia de la iluminación de esta estancia es de 144 W.

Vestuario de mujeres:

- 6 luminarias:

Marca Philips; Europa 2 FBS120 2XPL-C/4P18W/830 HF-H P C

- 12 lámparas fluorescentes:

Fluorescente; Marca Philips; MASTER PL-C 4P/18W

La potencia de la iluminación de esta estancia es de 216 W.

La potencia de la iluminación de esta estancia es de 1260 W.

Aseo:

- 2 luminarias:

Marca Philips; Europa 2 FBS120 2XPL-C/4P18W/830 HF-H P C

- 4 lámparas fluorescentes:

Fluorescente; Marca Philips; MASTER PL-C 4P/18W

La potencia de la iluminación de esta estancia es de 72 W;

Sala de visitas:

- 3 luminarias:

Marca Philips; Modelo: TCS 165 4xTL5-35W HFP L

- 12 lámparas fluorescentes:

Lámpara fluorescente; Marca Philips; MASTER TL5 HE Super 80  
35W/840

La potencia de iluminación de esta estancia es de 420 W.

Entrada:

- 3 luminarias:

Marca Philips; Modelo: TCS 165 4xTL5-35W HFP L

- 12 lámparas fluorescentes:



Lámpara fluorescente; Marca Philips; MASTER TL5 HE Super 80  
35W/840

La potencia de iluminación de esta estancia es de 420 W.

Pasillo 1:

- 4 luminarias:

Marca Philips; Europa 2 FBS120 2XPL-C/4P18W/830 HF-H P C

- 8 lámparas fluorescentes:

Fluorescente; Marca Philips; MASTER PL-C 4P/18W

La potencia de iluminación de esta estancia es de 144W.

Área de descanso:

- 3 luminarias:

Marca Philips; TCS 160 2xTL-D58W HF C3

- 6 lámparas fluorescentes:

Lámpara fluorescente; Marca Philips; MASTER TL-D Super 80  
58W/840

La potencia de la iluminación de esta estancia es de 348 W.

Cuarto 1:

- 3 luminarias:

Marca Philips; Modelo: TCS 165 4xTL5-35W HFP L

- 12 lámparas fluorescentes:

Lámpara fluorescente; Marca Philips; MASTER TL5 HE Super 80  
35W/840

La potencia de la iluminación de esta estancia es de 420 W.

Sala de reuniones:

- 6 luminarias:

Marca Philips; Modelo: TCS 165 4xTL5-35W HFP L

- 24 lámparas fluorescentes:





Lámpara fluorescente; Marca Philips; MASTER TL5 HE Super 80  
35W/840

La potencia de la iluminación de esta estancia es de 840 W.

Despacho 1:

- 4 luminarias:

Marca Philips; Modelo: TCS 165 4xTL5-35W HFP L

- 16 lámparas fluorescentes:

Lámpara fluorescente; Marca Philips; MASTER TL5 HE Super 80  
35W/840

La potencia de la iluminación de esta estancia es de 560W.

Despacho 2:

- 4 luminarias:

Marca Philips; Modelo: TCS 165 4xTL5-35W HFP L

- 16 lámparas fluorescentes:

Lámpara fluorescente; Marca Philips; MASTER TL5 HE Super 80  
35W/840

La potencia de la iluminación de esta estancia es de 560W.

Archivo:

- 2 luminarias:

Marca Philips; TCS 160 2xTL-D58W HF C3

- 4 lámparas fluorescentes:

Lámpara fluorescente; Marca Philips; MASTER TL-D Super 80  
58W/840

La potencia de la iluminación de esta estancia es de 232W.

Pasillo 2:

- 3 luminarias:

Marca Philips; TCS 160 2xTL-D58W HF C3

- 6 lámparas fluorescentes:



Lámpara fluorescente; Marca Philips; MASTER TL-D Super 80  
58W/840

La potencia de iluminación de esta estancia es de 348 W.

Pasillo 3:

- 2 luminarias:

Marca Philips; Europa 2 FBS120 2XPL-C/4P18W/830 HF-H P C

- 4 lámparas fluorescentes:

Fluorescente; Marca Philips; MASTER PL-C 4P/18W

La potencia de iluminación de esta estancia es de 72 W.

Administración:

- 9 luminarias:

Marca Philips; Modelo: TCS 165 4xTL5-35W HFP L

- 36 lámparas fluorescentes:

Lámpara fluorescente; Marca Philips; MASTER TL5 HE Super 80  
35W/840

La potencia de la iluminación de esta estancia es de 1260 W.

Aseo 1:

- 2 luminarias:

Marca Philips; Europa 2 FBS120 2XPL-C/4P18W/830 HF-H P C

- 4 lámparas fluorescentes:

Fluorescente; Marca Philips; MASTER PL-C 4P/18W

La potencia de la iluminación de esta estancia es de 72 W.

Aseo 2:

- 2 luminarias:

Marca Philips; Europa 2 FBS120 2XPL-C/4P18W/830 HF-H P C

- 4 lámparas fluorescentes:

Fluorescente; Marca Philips; MASTER PL-C 4P/18W



La potencia de la iluminación de esta estancia es de 72W.

Espera:

- 2 luminarias:

Marca Philips; Modelo: TCS 165 4xTL5-35W HFP L

- 8 lámparas fluorescentes:

Lámpara fluorescente; Marca Philips; MASTER TL5 HE Super 80  
35W/840

La potencia de iluminación de esta estancia es de 280 W.

Cuarto 2:

- 3 luminarias:

Marca Philips; Modelo: TCS 165 4xTL5-35W HFP L

- 12 lámparas fluorescentes:

Lámpara fluorescente; Marca Philips; MASTER TL5 HE Super 80  
35W/840

La potencia de la iluminación de esta estancia es de 420 W.

Cuarto 3:

- 3 luminarias:

Marca Philips; Modelo: TCS 165 4xTL5-35W HFP L

- 12 lámparas fluorescentes:

Lámpara fluorescente; Marca Philips; MASTER TL5 HE Super 80  
35W/840

La potencia de la iluminación de esta estancia es de 420 W.

Escalera (zona 1 y 2):

- 2 luminarias:

Marca Philips; Europa 2 FBS120 2XPL-C/4P18W/830 HF-H P C

- 4 lámparas fluorescentes:



Fluorescente; Marca Philips; MASTER PL-C 4P/18W

La potencia de la iluminación de cada estancia es de 72W.

Escalera (zona 3):

- 2 luminarias:

Marca Philips; Europa 2 FBS120 2XPL-C/4P18W/830 HF-H P C

- 4 lámparas fluorescentes:

Fluorescente; Marca Philips; MASTER PL-C 4P/18W

La potencia de la iluminación de cada estancia es de 72W.

Centro de Transformación:

- 2 luminarias:

Marca Philips; TCS 160 2xTL-D58W HF C3

- 4 lámparas fluorescentes:

Lámpara fluorescente; Marca Philips; MASTER TL-D Super 80  
58W/840

La potencia de la iluminación de esta estancia es de 232W.

ALUMBRADO EXTERIOR

Además del cálculo de número de lámparas necesarias para el alumbrado exterior, también se debe de calcular el ángulo que ha de tener el proyector, a través de la siguiente formula.

$$H = D / \tan \alpha$$

Donde:

H = Altura a la que se coloca la luminaria (metros).

D = Distancia que se quiere iluminar (metros).

$\alpha$  = Angulo del proyector (grados).

Para calcular la iluminación exterior se han supuesto 3 zonas diferentes, correspondientes a las dos fachadas principales de la nave.

Zona 1:

- 4 luminarias:

Marca Philips; Modelo: Tempo 3 RVP351 HPI-TP250W K S

- 4 lámparas de halogenuros metálicos:

Marca Philips; MASTER HPI-T Plus 250W-645 E40

La potencia de la iluminación de esta zona es de 1000 W.

Zona 2:

- 5 luminarias:

Marca Philips; Modelo: Tempo 3 RVP351 HPI-TP250W K S

- 5 lámparas de halogenuros metálicos:

Marca Philips; MASTER HPI-T Plus 250W-645 E40

La potencia de la iluminación de esta zona es de 1250 W.

Zona 3:

- 4 luminarias:

Marca Philips; Modelo: Tempo 3 RVP351 HPI-TP250W K S

- 4 lámparas de halogenuros metálicos:

Marca Philips; MASTER HPI-T Plus 250W-645 E40

La potencia de la iluminación de esta zona es de 1000 W.

Zona 4:

- 1 luminaria:

Marca Philips; Modelo: Tempo 2 RVP251 SON-T Pro 150W K IC S

- 1 lámparas de vapor de sodio de a.p.:

Marca Philips; MASTER SON-T PIA Plus 150W

La potencia de la iluminación de esta zona es de 150 W.

Zona 5:

- 1 luminaria:



Marca Philips; Modelo: Tempo 2 RVP251 SON-T Pro 150W K IC S

- 1 lámparas de vapor de sodio de a.p.:

Marca Philips; MASTER SON-T PIA Plus 150W

La potencia de la iluminación de esta zona es de 150 W.

#### **3.6.4.2. Características de las lámparas y luminarias escogidas**

Las características de las luminarias y lámparas utilizadas en el presente proyecto, se pueden consultar en los catálogos de los distintos fabricantes (principalmente, Philips y Legrand).

#### **3.6.4.3. Elección del sistema de alumbrado especial**

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

Dada las características de cada estancia de la nave industrial objeto de este proyecto y atendiendo a la comparativa anterior, se utilizarán luminarias de emergencia autónomas con alumbrados no permanentes.

En concreto, se utilizaran luminarias de la marca Legrand. Estas luminarias disponen de varias referencias las cuales varían en cuanto a lúmenes proporcionados (de 45 a 800), autonomía (1 ó 3 horas), potencia de las lámparas (de 6 a 13 W), índices de protección y tipo de acumuladores de carga.

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

Las lámparas se colocarán a diferentes alturas dependiendo del local en la que se vayan a instalar.

Así en la zona de Oficinas, tanto en la planta baja como en la primera, se colocarán justo encima de los marcos de las puertas o similar, a una altura de 2,30 metros.

En los locales con grandes alturas como es el caso del taller, las lámparas se colocarán a una altura superior a las anteriores ya que además de disponer de una potencia superior, tienen que iluminar un área mayor. En estos locales las luminarias se colocarán a una altura de 3 metros.

A continuación se detalla el número de luminarias de emergencia que se van a colocar en las distintas estancias de la nave industrial, así como la marca y el modelo escogido:

Taller:

Alumbrado de emergencia + señalización:

- 5 luminarias (proyectores):

Marca Legrand; Ref: 6608 43; 2x65W;

- 24 luminarias:

Marca Legrand; Ref: 6627 05; 6 W

La potencia de la iluminación de emergencia es de 794 W.

Almacén:

Alumbrado de emergencia + señalización:

- 2 luminarias:

Marca Legrand; Ref: 6627 05; 6 W

La potencia de la iluminación de emergencia es de 12 W.

Oficina:

Alumbrado de emergencia + señalización:

- luminarias:

Marca Legrand; Ref: 6627 24; 8 W

La potencia de la iluminación de emergencia es de 16 W.

Vestuario masculino:

Alumbrado de emergencia + señalización:

- 1 luminarias:

Marca Legrand; Ref: 6627 02; 6 W

La potencia de la iluminación de emergencia es de 6 W.

Duchas masculino:

Alumbrado de emergencia + señalización:

- 1 luminarias:

Marca Legrand; Ref: 6627 02; 6 W



La potencia de la iluminación de emergencia es de 6 W.

Aseo masculino:

Alumbrado de emergencia + señalización:

- 1 luminarias:

Marca Legrand; Ref: 6627 02; 6 W

La potencia de la iluminación de emergencia es de 6 W.

Vestuario de mujeres:

Alumbrado de emergencia + señalización:

- 1 luminarias:

Marca Legrand; Ref: 6627 02; 6 W

La potencia de la iluminación de emergencia es de 6 W.

Aseo:

Alumbrado de emergencia + señalización:

- 1 luminarias:

Marca Legrand; Ref: 6627 02; 6 W

La potencia de la iluminación de emergencia es de 6 W.

Sala de visitas:

Alumbrado de emergencia + señalización:

- 1 luminarias:

Marca Legrand; Ref: 6627 22; 8 W

La potencia de la iluminación de emergencia es de 8 W.

Entrada:

Alumbrado de emergencia + señalización:

- 2 luminarias:

Marca Legrand; Ref: 6627 22; 8 W

La potencia de la iluminación de emergencia es de 16 W.





Pasillo 1:

Alumbrado de emergencia + señalización:

- 1 luminarias:

Marca Legrand; Ref: 6627 02; 6 W

La potencia de la iluminación de emergencia es de 6 W.

Área de descanso:

Alumbrado de emergencia + señalización:

- 2 luminarias:

Marca Legrand; Ref: 6627 02; 6 W

La potencia de la iluminación de emergencia es de 12 W.

Cuarto 1:

Alumbrado de emergencia + señalización:

- 2 luminarias:

Marca Legrand; Ref: 6627 02; 6 W

La potencia de la iluminación de emergencia es de 12 W.

Sala de reuniones:

Alumbrado de emergencia + señalización:

- 2 luminarias:

Marca Legrand; Ref: 6627 24; 8 W

La potencia de la iluminación de emergencia es de 16 W.

Despacho 1:

Alumbrado de emergencia + señalización:

- 1 luminarias:

Marca Legrand; Ref: 6627 24; 8 W

La potencia de la iluminación de emergencia es de 8 W.

Despacho 2:



Alumbrado de emergencia + señalización:

- 1 luminarias:

Marca Legrand; Ref: 6627 24; 8 W

La potencia de la iluminación de emergencia es de 8 W.

Archivo:

Alumbrado de emergencia + señalización:

- 1 luminarias:

Marca Legrand; Ref: 6627 22; 8 W

La potencia de la iluminación de emergencia es de 8 W.

Pasillo 2:

Alumbrado de emergencia + señalización:

- 2 luminarias:

Marca Legrand; Ref: 6627 02; 6 W

La potencia de la iluminación de emergencia es de 12 W.

Pasillo 3:

Alumbrado de emergencia + señalización:

- 1 luminarias:

Marca Legrand; Ref: 6627 02; 6 W

La potencia de la iluminación de emergencia es de 6 W.

Administración:

Alumbrado de emergencia + señalización:

- 3 luminarias:

Marca Legrand; Ref: 6627 24; 8 W

La potencia de la iluminación de emergencia es de 24 W.

Aseo 1:

Alumbrado de emergencia + señalización:



- 1 luminarias:

Marca Legrand; Ref: 6627 02; 6 W

La potencia de la iluminación de emergencia es de 6 W.

Aseo 2:

Alumbrado de emergencia + señalización:

- 1 luminarias:

Marca Legrand; Ref: 6627 02; 6 W

La potencia de la iluminación de emergencia es de 6 W.

Espera:

Alumbrado de emergencia + señalización:

- 2 luminarias:

Marca Legrand; Ref: 6627 22; 8 W

La potencia de la iluminación de emergencia es de 16 W.

Cuarto 2:

Alumbrado de emergencia + señalización:

- 2 luminarias:

Marca Legrand; Ref: 6627 22; 8 W

La potencia de la iluminación de emergencia es de 16 W.

Cuarto 3:

Alumbrado de emergencia + señalización:

- 1 luminarias:

Marca Legrand; Ref: 6627 24; 8 W

La potencia de la iluminación de emergencia es de 8 W.

Escalera (zona 1 y 2):



Alumbrado de emergencia + señalización:

- 2 luminarias:

Marca Legrand; Ref: 6627 02; 6 W

La potencia de la iluminación de emergencia es de 12 W.

Escalera (zona 3):

Alumbrado de emergencia + señalización:

- 1 luminarias:

Marca Legrand; Ref: 6627 02; 6 W

La potencia de la iluminación de emergencia es de 6 W.

Centro de Transformación:

Alumbrado de emergencia + señalización:

- 1 luminarias:

Marca Legrand; Ref: 6627 02; 6 W

La potencia de la iluminación de emergencia es de 6 W.

### **3.7 Instalaciones en cuartos de baño**

Para este tipo de instalaciones se tendrá en cuenta la siguiente clasificación de volúmenes especificadas en la ITC- RBT 27:

#### Volumen 0

Comprende el interior de la bañera o ducha.

En un lugar que contenga una ducha sin plato, el volumen 0 está delimitado por el suelo y por un plano horizontal situado a 0,05 m por encima del suelo. En este caso:

- a. Si el difusor de la ducha puede desplazarse durante su uso, el volumen 0 está limitado por el plano generatriz vertical situado a un radio de 1,2 m alrededor de la toma de agua de la pared o el plano vertical que encierra el área prevista para ser ocupada por la persona que se ducha; o
- b. Si el difusor de la ducha es fijo, el volumen 0 está limitado por el plano generatriz vertical situado a un radio de 0,6 m alrededor del difusor.

#### Volumen 1

Está limitado por:



- a. El plano horizontal superior al volumen 0 y el plano horizontal situado a 2,25 m por encima del suelo, y
- b. El plano vertical alrededor de la bañera o ducha y que incluye el espacio por debajo de los mismos, cuando este espacio es accesible sin el uso de una herramienta; o
  - o Para una ducha sin plato con un difusor que puede desplazarse durante su uso, el volumen 1 está limitado por el plano generatriz vertical situado a un radio de 1,2 m desde la toma de agua de la pared o el plano vertical que encierra el área prevista para ser ocupada por la persona que se ducha; o
  - o Para una ducha sin plato y con un rociador fijo, el volumen 1 está delimitado por la superficie generatriz vertical situada a un radio de 0,6 m alrededor del rociador.

### Volumen 2

Está limitado por:

- a. El plano vertical exterior al volumen 1 y el plano vertical paralelo situado a una distancia de 0,6 m; y
- b. El suelo y plano horizontal situado a 2,25 m por encima del suelo

Además, cuando la altura del techo exceda los 2,25 m por encima del suelo, el espacio comprendido entre el volumen 1 y el techo o hasta una altura de 3 m por encima del suelo, cualquiera que sea el valor menor, se considera volumen 2.

### Volumen 3

Está limitado por:

- a. El plano vertical límite exterior del volumen 2 y el plano vertical paralelo situado a una distancia de éste de 2,4 m; y
- b. El suelo y el plano horizontal situado a 2,25 m por encima del suelo

Además, cuando la altura del techo exceda los 2,25 m por encima del suelo, el espacio comprendido entre el volumen 2 y el techo o hasta una altura de 3 m por encima del suelo, cualquiera que sea el valor menor, se considera volumen 3.

El volumen 3 comprende cualquier espacio por debajo de la bañera o ducha que sea accesible sólo mediante el uso de una herramienta siempre que el cierre de dicho volumen garantice una protección como mínimo IP X4. Esta clasificación no es aplicable al espacio situado por debajo de las bañeras de hidromasaje y cabinas.

En nuestro caso, sólo se han instalado interruptores, bases de enchufe y luminarias en el volumen 3.

Las canalizaciones metálicas de los servicios de suministro y desagües existentes y las masas metálicas de los aparatos sanitarios, las partes metálicas accesibles de la estructura del edificio, así como otras partes conductoras externas susceptibles de transferir tensiones se unirán entre sí realizando una conexión equipotencial la cual se unirá a su vez, al conductor de protección.

La conexión entre los distintos materiales que forman las partes metálicas y el cobre del conductor de protección se realizara a través de elementos especialmente diseñados para dicha función.



### 3.8. Protecciones

#### 3.8.1. Contra sobrecargas y cortocircuitos

Se colocarán interruptores automáticos de intensidades nominales adecuadas para proteger contra sobrecargas y el poder de corte necesario para proteger contra cortocircuitos, tal y como se ha detallado en los cálculos.

#### 3.8.2. Contra contactos indirectos

Se colocarán interruptores diferenciales y se pondrán a tierra las masas para proteger los contactos indirectos.

#### 3.8.3. Tabla resumen de protecciones

Circuito	Receptor	MAGNETOTÉRMICOS			DIFERENCIALES		
		PdC(KA)	Calibre	Curva	I(A)	Sensibilidad	Polos
<b>C.G.P</b>	C.G.P	50	630		630	300	4
<b>C.G.P</b>	Cuadro Auxiliar 1	25	200	D	200	300	4
<b>C.G.P</b>	Cuadro Auxiliar 2	25	80	D	80	300	4
<b>C.G.P</b>	Cuadro Auxiliar 3	25	125	D	125	300	4
<b>C.G.P</b>	Cuadro Auxiliar 4	25	80	D	80	300	4
<b>C.G.P</b>	Cuadro Auxiliar 5	25	125	C			4
<b>C.G.P</b>	Cuadro Auxiliar 6	25	125	C			4
<b>C.G.P</b>	Cuadro Auxiliar 7	25	125	C			4
	<b>Cabecera del C.A.1</b>		400				
<b>1.1</b>	Encendido taller 1	15	20	B	25	30	2
<b>1.2</b>	Encendido taller 2	15	20	B	25	30	2
<b>1.3</b>	Encendido taller 3	15	20	C	25	30	2
<b>1.4</b>	Encendido taller 4	15	20	C	25	30	2
<b>1.5</b>	Encendido taller 5	15	20	B	25	30	2
<b>1.6</b>	Encendido taller 6	15	20	C	25	30	2
<b>1.7</b>	Encendido taller 7	15	20	C	25	30	2
<b>1.8</b>	Encendido taller 8	15	20	C	25	30	2
<b>1.9</b>	Encendido taller 9	15	20	C	25	30	2
<b>1.10</b>	Emergencias 1	15	6	C	25	30	2
<b>1.11</b>	Emergencias 2	15	6	C	25	30	2
	<b>Cabecera del C.A.2</b>		160				
<b>2.1</b>	Encendido planta baja 1	10	16	C	25	30	2



2.2	Emergencias 1	10	6	C	25	30	2
2.3	Encendido planta baja 2	10	16	B	25	30	2
2.4	Emergencias 2	10	6	D	25	30	2
2.5	Encendido planta baja 3	10	16	B	25	30	2
2.6	Emergencias 3	10	6	D	25	30	2
2.7	Tomas de corriente	10	20	C	25	30	2
2.8	Tomas de corriente	10	20	B	25	30	2
2.9	Tomas SAI	10	10	C	25	30	2
	<b>Cabecera del C.A.3</b>		250				
3.1	Encendido primera planta 1	15	16	C	25	30	2
3.2	Emergencias 1	15	6	D	25	30	2
3.3	Encendido primera planta 2	15	16	C	25	30	2
3.4	Emergencias 2	15	6	D	25	30	2
3.5	Encendido primera planta 3	15	20	C	25	30	2
3.6	Emergencias 3	15	6	D	25	30	2
3.7	Tomas de corriente	15	20	B	25	30	2
3.8	Tomas de corriente	15	20	B	25	30	2
3.9	Tomas SAI	15	10	B	25	30	2
	<b>Cabecera del C.A.4</b>		160				
4.1	Cuadro T.C.1	6	20	C	25	30	4
4.2	Cuadro T.C.2	6	20	C	25	30	4
4.3	Cuadro T.C.3	6	20	C	25	30	4
4.4	Puerta taller	6	6	D	25	300	4
4.5	Alumbrado exterior 1	6	20	B	25	30	2
4.6	Alumbrado exterior 2	6	16	B	25	30	2
	<b>Cabecera del C.A.5</b>		250				
5.1	Sierra 1	10	16	D	25	300	4
5.2	Sierra 2	10	16	D	25	300	4
5.3	Sierra 3	10	16	D	25	300	4
5.4	Esmeriladora 1	10	16	D	25	300	4
5.5	Esmeriladora 2	10	16	D	25	300	4
5.6	Esmeriladora 3	10	16	D	25	300	4
5.7	Torno 1	10	32	D	40	300	4
5.8	Torno 2	10	32	D	40	300	4
	<b>Cabecera del C.A.6</b>		250				
6.1	Taladro 1	6	16	D	25	300	4
6.2	Taladro 2	6	16	D	25	300	4



<b>6.3</b>	Taladro 3	6	16	D	25	300	4
<b>6.4</b>	Taladro 4	6	16	D	25	300	4
<b>6.5</b>	Pulidora	6	16	D	25	300	4
<b>6.6</b>	Retestadora	6	16	D	25	300	4
<b>6.7</b>	Mortajadora	6	16	D	25	300	4
<b>6.8</b>	Tronzadora	6	16	D	25	300	4
<b>6.9</b>	Cizalla 1	6	32	C	40	300	4
<b>6.10</b>	Cizalla 2	6	32	C	40	300	4
	<b>Cabecera del C.A.7</b>		250				
<b>7.1</b>	Fresadora 1	6	16	D	25	300	4
<b>7.2</b>	Fresadora 2	6	16	D	25	300	4
<b>7.3</b>	Fresadora 3	6	16	D	25	300	4
<b>7.4</b>	Torno 3	6	32	C	40	300	4
<b>7.5</b>	Compresor	6	16	D	25	300	4
<b>7.6</b>	Rectificador	6	25	C	25	300	4
	<b>Cabecera del C.C.T.</b>	25	25	C	25	30	2
<b>L.CT.1</b>	Alumbrado C.T.	6	10	C			2
<b>L.CT.2</b>	Alumbrado emergencia	6	10	C			2
<b>L.CT.3</b>	Tomas de corriente	6	16	C			2

### 3.9. Puesta a tierra

#### 3.9.1. 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 podemos definirla como la conexión eléctrica directa de todas las partes metálicas de una instalación, sin fusibles ni otros sistemas de protección, de sección adecuada y uno o varios electrodos enterrados en el suelo, con el objeto de conseguir que no haya diferencias de potencial peligrosas y que, al mismo tiempo, permita el paso a tierra de las corrientes de defecto o la de descarga de origen atmosférico.

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 ITC-RBT-18.

- 24 voltios en local o emplazamiento conductor.
- 50 voltios en los demás casos.





Estos valores son los máximos que se supone soporta el cuerpo humano sin alteraciones significativas (24V en condiciones húmedas y 50V en condiciones normales).

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.

### 3.9.2. Objetivo de la puesta a tierra

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 derivará a tierra corrientes o descargas de origen atmosférico o procedente 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 lo forman, extractos, textura, etc.) y los factores que sobre él actúan (humedad y temperatura).

### 3.9.3. Partes de la puesta a tierra

#### Terreno:

El terreno, desde el punto de vista eléctrico, se considera como el elemento encargado de disipar corrientes de defecto o descargas de origen atmosférico.

El comportamiento del terreno viene dado 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.



Los terrenos no suelen ser uniformes en cuanto a su composición, por ello, siempre es necesario hacer un estudio del terreno y con esto, calcularemos la resistividad media que promediarán las distintas capas que componen el terreno.

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.

En la Tabla 4 de la ITC-BT-18 tenemos unos valores orientativos de la resistividad en función del tipo de terreno.

### **Tomas de tierra:**

La toma de tierra es el elemento de unión entre el terreno y el circuito instalado en el interior del edificio, y consta de tres partes fundamentales:

#### 1.- Electrodos.

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 y pueden ser:

- Naturales: conducciones de agua, cubiertas de plomo de cables de redes subterráneas, pilares metálicos de los edificios que se construyen con estructuras metálicas, etc.
- Artificiales: barras (picas), tubos, placas metálicas, cables, u otros perfiles que a su vez puedan combinarse formando anillos o mallas.

En general, la sección de un electrodo no debe ser inferior a un cuarto de la sección del conductor de línea principal de tierra.

Los metales deben ser inalterables a las acciones de la humedad y del terreno como son el cobre, el hierro galvanizado, fundición de hierro, etc.

#### 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 y deberán ser de cobre u otro metal de alto punto de fusión con un mínimo de 35 mm<sup>2</sup> de sección en caso de ser de cobre o su equivalente de otros metales.

#### 3.- Punto de puesta a tierra.



El punto de 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.

### **Línea principal de tierra:**

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

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

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

### **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 en la siguiente tabla:

Sección de los conductores de fase de la instalación $S$ (mm <sup>2</sup> )	Sección mínima de los conductores de protección $S_p$ (mm <sup>2</sup> )
$S \leq 16$	$S_p = S$
$16 < S \leq 35$	$S_p = 16$
$S > 35$	$S_p = S/2$

### **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 tabla de la ITC-BT-19.



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>	

### 3.9.4. Elementos a conectar a la toma de tierra

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

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

- 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 de 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.

### 3.9.5. Solución adoptada

El electrodo de puesta a tierra está formado por un conductor de cobre de 50 mm<sup>2</sup> desnudo y enterrado a una profundidad de 0,8 m. El conductor abarca todo el perímetro de la nave, y en cada vértice tendrá una pica de acero recubierto de cobre de 14 mm de diámetro y 2 metros de longitud.

El número total de picas será 6, 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 borneo principal de tierra del cuadro general a través de una caja de seccionamiento y medida de puesta a tierra situada junto al cuadro, desde donde partirán las derivaciones a los cuadros auxiliares de distribución y de estos partirán los conductores de protección a los distintos receptores (alumbrado del taller, tomas de corriente, maquinaria...).

Los conductores de tierra se distinguirán fácilmente de los conductores activos por los colores amarillo-verdes.



### **3.10. Centro de Transformación**

#### **3.10.1. Objetivo del centro de transformación**

Dentro del objetivo del presente proyecto también está el especificar las condiciones técnicas y de ejecución de nuestro centro de transformación de características normalizadas, cuyo fin es suministrar energía eléctrica en baja tensión a nuestra nave industrial. La alimentación de todos los circuitos de la instalación se realizará a partir del centro de transformación propiedad de nuestra 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.

#### **3.10.2. Reglamentación y disposiciones oficiales**

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

- Reglamento sobre las Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación e Instrucciones Técnicas Complementarias (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.

#### **3.10.3. Emplazamiento**

El centro de transformación se encuentra situado en la parte trasera de la nave industrial. Solo se puede acceder a él desde el exterior de la nave industrial. Así evitaremos que cualquier persona ajena a su mantenimiento pueda entrar en dicho Centro de Transformación.

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

El centro de transformación del presente proyecto será de tipo interior, empleando para su aparellaje celdas prefabricadas bajo envoltente metálica según norma UNE-20.099-90.



La acometida que llegue hasta el mismo será subterránea, alimentando al centro mediante una red de Media Tensión. Del suministro de electricidad se encargará la compañía eléctrica suministradora IBERDROLA y lo hará a una tensión de servicio de 13.2 KV y una frecuencia de 50 Hz.

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.

#### 3.10.4.1. Características de las celdas CGMCOSMOS

Las celdas a emplear serán de la marca Ormazabal y serán celdas prefabricadas. Las celdas serán de la gama CGMCOSMOS con sistema modular de aislamiento integral en gas y tensión de aislamiento de 24 kV.

Las celdas diferenciadas serán las siguientes:

- Celda de línea de entrada.
- Celda de protección.
- Celda de medida.

#### 3.10.5. Necesidades y potencia instalada

El conductor de la Derivación individual estará previsto para poder soportar la corriente máxima que el Centro de Transformación sea capaz de dar en baja tensión. De esta misma forma estarán dimensionadas las protecciones de la entrada del cuadro C.G.P.

Esta forma de dimensionado se realiza por si fuese necesario una futura ampliación de la potencia demandada por la empresa. Actualmente la potencia necesaria por la empresa será de 317246,8454 VA, como se detalla en el tomo de cálculos en el apartado “3.2 Potencia de la instalación”.

Así pues, el transformador que hemos creído conveniente instalar es un transformador Ormazabal de 400 KVA.

$$\begin{aligned}
 S &= 400 \text{ KVA} \\
 V &= 400 \text{ V} \\
 I_{\text{Secundario}} &= \frac{S}{\sqrt{3} \times V} = 577.35 \text{ A}
 \end{aligned}$$

Dicha corriente llegará a la nave industrial por medio de la Derivación Individual de 52,11 m y una terna de tres conductores de 185 mm<sup>2</sup> por fase, siendo el neutro la mitad que las secciones de los conductores de fase, es decir, 95 mm<sup>2</sup>.



Si miramos cual es el porcentaje de caída de tensión en la Derivación Individual obtenemos:

$$e = \frac{I_{\text{Secundario}} \times \cos\varphi \times \sqrt{3} \times L}{C \times S} = \frac{577.35 \times 0.97 \times \sqrt{3} \times 52,11}{56 \times 3 \times 185} = 1,626 \text{ V}$$

$$e(\%) = \frac{e}{V} \times 100 = \frac{1,626}{400} \times 100 = 0.4066\% < 1.5\% \text{ permitido}$$

### 3.10.6. Obra civil

#### 3.10.6.1. Local

El Centro de Transformación estará ubicado en una caseta al lado de la nave destinada únicamente a esta finalidad.

La caseta será de la marca Ormazabal, concretamente será un PFU 4. El edificio PFU 4 es una envolvente industrializada monobloque de hormigón, de instalación en superficie y maniobra interior de hasta 24kV.

El acceso al C.T. estará restringido al personal de la compañía eléctrica suministradora y al personal de mantenimiento especialmente autorizado. El acceso se realizará únicamente por la parte exterior de la nave, no pudiendo acceder al centro desde el interior de la nave. 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.

#### 3.10.6.2. Características del local

El centro de transformación de Ormazabal PFU 4 que hemos elegido tendrá los siguientes componentes y características:

#### COMPOSICIÓN

- Aparata de MT con aislamiento integral en gas: sistema CGMCOSMOS (hasta 24 kV).
- Unidades de protección, control y medida (telemando, teled medida, control integrado, telegestión...) de Ormazabal.
- Transformador de distribución de MT/BT de llenado integral en dieléctrico líquido de 24kV y 400 kVA de potencia unitaria.
- Aparata en BT: cuadro de Baja Tensión de hasta 8 salidas por cuadro.
- Interconexiones directas por cable MT y BT.
- Circuito de puesta a tierra.
- Circuito de alumbrado y servicios auxiliares.
- Edificio monobloque de hormigón PFU 4.



## CARACTERÍSTICAS

- Edificio industrializado para Centro de Transformación:
  - Capacidad para incorporar diferentes esquemas de distribución de MT.
  - Compuesto de envolvente monobloque (base y paredes) más cubierta amovible.
  - Variedad de acabados superficiales externos.
- La gama PFU tiene una capacidad de hasta 2 transformadores (nuestra gama en concreto, el PFU 4, solo tiene capacidad para un transformador):
  - Edificio ensayado para transformadores de hasta 36kV y 1000 kVA.
  - Puerta frontal individual para cada transformador.
  - Delimitación del transformador mediante defensa de seguridad.
  - Foso de recogida de dieléctrico líquido, con revestimiento resistente y estanco, diseñados y dimensionados teniendo en cuenta el volumen de dieléctrico líquido que puedan recibir.
  - Elementos de protección cortafuegos adicionales. Lecho de guijarros sobre el foso de recogida de dieléctrico.
- Ventilación:
  - Por circulación natural de aire, clase 10, conseguida mediante rejillas instaladas en las paredes de la envolvente y en la puerta del transformador.
  - Ensayos y modelización de ventilación natural con transformadores Ormazabal, para la optimización de la vida útil de los mismos.
  - Bajo demanda: estudios personalizados en función de los datos aportados por el cliente.
- Accesos a peatón:
  - Puerta frontal para realización de maniobras y operaciones de mantenimiento. Posibilidad de añadir una separación física entre las celdas de la Compañía Eléctrica y las del Cliente.
- Entrada/salida de cables de MT y BT:
  - A través de orificios semiperforados en la base del edificio (frontal/lateral).
  - Entrada auxiliar de acometida de baja tensión, situada en la pared frontal del edificio.

## DIMENSIONES EXTERIORES Y PESO

- Longitud (mm): 4460
- Fondo (mm): 2380
- Altura (mm): 3045
- Altura vista (mm): 2585
- Peso (kg): 13465





- Dimensiones puerta de acceso peatonal: 900 x 2100 mm
- Dimensiones puerta del transformador: 1260 x 2100 mm

## CONFIGURACIONES ELÉCTRICAS

Para el Centro de Transformación Ormazabal PFU 4 la configuración es la siguiente:

- 3L + 1V + 1 Transformador + 1CBT

L = Celda/ Función de Línea

V = Celda/ Función de Prot. con Int. Autom. de vacío.

CBT = Cuadro de Baja Tensión

## INSTALACIÓN

El edificio PFU 4 se suministra totalmente montado de fábrica, lo que conlleva un proceso de instalación muy simple. La factibilidad de realizar en fábrica íntegramente la instalación de la aparamenta eléctrica disminuye tiempos y ofrece una calidad uniforme.

## ADAPTACIÓN AL ENTORNO

Ormazabal dispone de diferentes tipos de acabados superficiales exteriores (colores, texturas y relieves) para los PFU, que les confiere una gran capacidad de armonización estética al entorno, integración y mimetización. Con esto, conseguiremos un menor impacto visual.

### **3.10.7. Instalación eléctrica**

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

La red de alimentación al centro de transformación será de tipo subterránea 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 proporcionados por la Compañía suministradora.

#### **3.10.7.2. Características de la aparamenta de Media Tensión**

## CARACTERÍSTICAS GENERALES CELDAS CGMCOSMOS

- Tensión asignada: 24 KV.
- Frecuencia asignada: 50 Hz
- Intensidad asignada en funciones de línea: 400 A.



- Intensidad asignada en funciones de medida y protección: 400 A.
- Intensidad nominal admisible de corta duración:
  - Entre 1s y 3s: 16 KA.
- Valor de cresta de la intensidad nominal admisible:
  - 40 KA cresta.
- Grado de protección de la envolvente: IP307 según UNE 20324-94.
- Puesta a tierra: el conductor de puesta a tierra estará dispuesto a todo lo largo de las celdas según UNE 20.099, y estará dimensionado para soportar la intensidad admisible de corta duración.
- Embarrado: el embarrado estará sobredimensionado para soportar sin deformaciones permanentes los esfuerzos dinámicos que en un cortocircuito se puedan presentar y que se detallan en el apartado de cálculos.

### CELDA DE LÍNEA (CGMCOSMOS-L)

Celda modular con función de línea o acometida, provista de interruptor-seccionador de tres posiciones (conectado, seccionado y puesto a tierra).

- Interruptor-seccionador: IEC 60265-1 + IEC 62271-102
- Seccionador de puesta a tierra: IEC 62271-102
- Dimensiones:
  - Alto (mm): 1740
  - Fondo (mm): 735
  - Ancho (mm): 365
  - Peso (kg): 100

### Características eléctricas:

-Tensión asignada	24 KV
-Frecuencia asignada	50 Hz
-Intensidad asignada	
En barras e interconexión de celdas	400 A
Acometida	400 A
-Tensión soportada de corta duración (1 min)	
Fase-tierra y entre fases	50 KV
Distancia de seccionamiento	60 KV
-Tensión soportada a impulso de tipo rayo	
Fase-tierra y entre fases	125 KV
Distancia de seccionamiento	145 KV
-Clasificación arco interno	16 KA 1 s
-Grado de protección	IP33 + IPX7



### Interruptor-seccionador:

-Intensidad admisible asignada de corta duración	
Valor t = 1s o 3s	16 KA
Valor cresta	40 KA
-Poder de corte asignado de intensidad activa	400 A
-Poder de corte asignado de cables en vacío	50/1,5 A
-Poder de corte asignado de bucle cerrado	400 A
-Poder de corte asignado en caso de defecto a tierra	300 A
-Poder de corte asignado de cables/líneas en vacío en caso de defecto a tierra	100 A
-Poder de cierre del interruptor principal(valor cresta)	40 KA
-Categoría del interruptor	
Endurancia mecánica	1000-M1 (manual) 5000-M2 (motor)
Ciclos de maniobras	5-E3

### Seccionador de puesta a tierra:

-Intensidad admisible asignada de corta duración	
Valor t = 1s o 3s	16 KA
Valor cresta	40 KA
-Poder de corte del Seccionador de Puesta a Tierra	40 KA
-Categoría del seccionador de Puesta a Tierra	
Endurancia mecánica	1000-M0 (manual)
Ciclos de maniobras	5-E2

### CELDA DE PROTECCIÓN (CGMCOSMOS-P)

Celda modular con función de protección con fusibles, provista de un interruptor-seccionador de tres posiciones (conectado, seccionado y puesto a tierra; antes y después de los fusibles) y protección con fusibles limitadores.

- Interruptor-seccionador: IEC 60265-1 + IEC 62271-102
- Seccionador de puesta a tierra: IEC 62271-102
- Dimensiones:
  - Alto (mm): 1740
  - Fondo (mm): 735
  - Ancho (mm): 470
  - Peso (kg): 150



### Características eléctricas:

-Tensión asignada	24 KV
-Frecuencia asignada	50 Hz
-Intensidad asignada	
En barras e interconexión de celdas	400 A
En bajante de transformador	200 A
-Tensión soportada de corta duración (1 min)	
Fase-tierra y entre fases	50 KV
Distancia de seccionamiento	60 KV
-Tensión soportada a impulso de tipo rayo	
Fase-tierra y entre fases	125 KV
Distancia de seccionamiento	145 KV
-Clasificación arco interno	16 KA 1 s
-Grado de protección	IP33 + IPX7

### Interruptor-seccionador:

-Intensidad admisible asignada de corta duración	
Valor $t = 1s$ o $3s$	16 KA
Valor cresta	40 KA
-Poder de corte asignado de intensidad activa	200 A
-Poder de cierre del interruptor principal (valor cresta)	40 KA
-Categoría del interruptor	
Endurancia mecánica	1000-M1 (manual) 5000-M2 (motor)
Ciclos de maniobras	5-E3
-Corriente de intersección combinado interruptor-relé	1300 A
-Corriente de transición combinado interruptor-fusible	1600 A

### Seccionador de puesta a tierra:

-Intensidad admisible asignada de corta duración (circuito de tierras)	
Valor $t = 1s$ o $3s$	1/3 KA
Valor cresta	2,5/7,5 KA
-Poder de corte del Seccionador de Puesta a Tierra	2,5/7,5 KA
-Categoría del seccionador de Puesta a Tierra	
Endurancia mecánica	1000-M0 (manual)
Ciclos de maniobras	5-E2

### CELDA DE MEDIDA (CMM):

Celda modular con función de medida.



## - Dimensiones:

- Alto (mm): 1740
- Fondo (mm): 1025
- Ancho (mm): 800
- Peso (kg): 165

Características eléctricas:

-Tensión asignada	24 KV
-Frecuencia asignada	50 Hz
-Intensidad asignada	
En barras e interconexión de celdas	400 A
-Tensión soportada de corta duración (1 min)	
Fase-tierra y entre fases	50 KV
-Tensión soportada a impulso de tipo rayo	
Fase-tierra y entre fases	125 KV

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 en vacío de 400V entre fases y 230V entre fases y neutro.

El transformador a instalar tendrá el neutro accesible en baja tensión y refrigeración natural (ONAN), marca Ormazábal, en baño de aceite mineral.

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 nominal:	400 kVA.
- Tensión nominal primaria:	13.200 V.
- Regulación en el primario:	+2,5% +5% +7,5% +10%.
- Tensión nominal secundaria en vacío:	400 V.
- Tensión de cortocircuito:	4 %.
- Grupo de conexión:	Dyn11.
- Nivel de aislamiento:	
Tensión de ensayo a onda de choque 1,2/50 s	125 KV.
Tensión de ensayo a 50 Hz 1 min	50 KV.
-Rendimiento referido a 75° C	99 %
-Peso total (con volumen de aceite)	1330 kg



- Clase térmica B
- Temperatura ambiente 40° C
- Devanados clase H-180 G-2
- Refrigeración por aire natural
- Construidos según normas UNE 20-104 Y UNE 20-178, EN 60742 Y IEC 742

### **3.10.7.3. Características de la aparamenta de Baja Tensión**

Los aparatos de protección en las salidas de Baja Tensión del Centro de Transformación no forman parte de este proyecto sino del proyecto de las instalaciones eléctricas de Baja Tensión.

#### MEDIDA DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA

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

El cuadro de contadores estará formado por un armario equipado de los siguientes elementos:

- Contador de energía activa mediante maxímetro.
- Contador de energía reactiva mediante maxímetro.
- Reloj de conmutación de tarifas.
- Regleta de verificación normalizada por la Compañía Suministradora.

### **3.10.7.4. Puesta a tierra**

#### TIERRA DE PROTECCIÓN

Se conectarán a tierra los elementos metálicos de la instalación que no estén en tensión normalmente, pero que puedan estarlo a causa de averías o circunstancias externas. Las celdas dispondrán de una pletina de tierra que las interconectará, constituyendo el colector de tierras de protección.

Nuestra tierra de protección se regirá por el código de UNESA 50-40/5/46. Apartado 5.6.3.1. de los cálculos.

#### TIERRA DE SERVICIO

Se conectarán a tierra el neutro del transformador y los circuitos de baja tensión de los transformadores del equipo de medida.

Nuestra tierra de protección se regirá por el código de UNESA 5/44. Apartado 5.6.3.2. de los cálculos.

#### TIERRAS INTERIORES



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

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

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

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

### **3.10.7.5. Instalaciones secundarias**

#### ILUMINACIÓN

En el interior del centro de transformación se instalará un mínimo de dos puntos de luz capaces de proporcionar un nivel de iluminación suficiente para la comprobación y maniobra de los elementos del mismo. El nivel medio será como mínimo de 250 lux. Se ha decidido poner dos luminarias de Philips TCS 160 2xTL-D58W HF C3 con unas lámparas fluorescentes MASTER TL-D Super 80 58W/840.

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

#### ILUMINACIÓN DE EMERGENCIA

Se colocará 1 luminaria de emergencia y señalización de 100 lm y 6 W.

#### TOMAS DE CORRIENTE

Se colocarán 2 tomas de corriente monofásica.

#### PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

De acuerdo con la instrucción MIERAT 14, se dispondrá como mínimo de un extintor de eficacia equivalente 89 B de nieve carbónica, 5 kg.

#### VENTILACIÓN



La ventilación del centro de transformación se realizará por circulación natural de aire mediante las rejillas instaladas en las paredes de la envolvente y en la puerta del transformador.

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

Potencia del transformador (KVA) = 400

Superficie de la rejilla mínima (m<sup>2</sup>) = 1.0183

Los cálculos de sección de la superficie mínima de la rejilla se encuentran en el apartado 5.4 del documento cálculos del presente proyecto.

### SEGURIDAD EN CELDAS CGMCOSMOS

Las celdas tipo CGMCOSMOS de Ormazabal estarán diseñadas para la protección de las personas y de los bienes ante los efectos de un arco interno según los criterios del Anexo A de la norma IEC 62271-200. Además de esto, dispondrá de una serie de enclavamientos internos de serie que permiten un servicio fiable y seguro, de acuerdo a las exigencias de la norma IEC 62271-200. El conjunto de enclavamientos evita operaciones inseguras:

- Imposibilita cerrar simultáneamente el interruptor-seccionador y el seccionador de puesta a tierra.
- Permite la apertura de la tapa de acceso a los cables de Media Tensión únicamente con el seccionador de puesta a tierra conectado.
- Condiciona el acceso a la zona de cables/portafusibles.

Además de los enclavamientos dispondrá de alarma sonora y indicación de presencia de tensión.

## **4. BIBLIOGRAFÍA**

### **4.1. Reglamento, normativas y libros**

Para la realización del presente proyecto, la bibliografía consultada ha sido:

- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias. Ministerio de Industria y Energía.
- 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 de leyes, Normas y Reglamentos. Ministerio de Industria y Energía.
- Reglamento sobre Acometidas Eléctricas. Colección Leyes, Normas y Reglamentos. Ministerio de Industria y Energía.
- Reglamento sobre las Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación e Instrucciones Técnicas Complementarias. Ministerio de Industria y Energía.
- Manual del alumbrado Westinghouse. Ed. CIE Inversiones editoriales. 4ª Edición.
- Instalaciones eléctricas. Tomos I, II, III. Ed. Siemens Aktiengesellschaft 1989. Günter G. Seip.
- Puesta a tierra en edificios y 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 Remirez 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 de tercera categoría. Unesa. Febrero 1989.
- Los catálogos comerciales de los cuales a continuación adjunto copia.
- Instalaciones eléctricas de enlace y centros de transformación. Alberto Guerrero Fernández. Ed Dossat 1978.



## 4.2. Páginas web de empresas

- [http://personal.us.es/pedroj/ASInfo\\_Comun/Trafo\\_Seco.pdf](http://personal.us.es/pedroj/ASInfo_Comun/Trafo_Seco.pdf) “ABB”.
- <http://www.ecat.lighting.philips.es/l/luminarias-de-interior/56848/cat> “precios luminarias”.
- <http://www.sonidosinfronteras.com/tienda-l/3.12/CARTELES-LUMINOSOS.html> “carteles luminosos”.
- <http://www.jung-catalogo.es> “enchufes, interruptores, tomas telefónicas,…”
- <http://www.safybox.com> “artículos para la puesta a tierra”.
- <http://www.erico.com/public/library/fep/LT0664.pdf> “información soldaduras”.
- [Catálogo Schneider Electric](#) “en formato de papel para interruptores automáticos tanto diferenciales como magnetotérmicos así como para los armarios”.
- <http://www.generalcable.es/Productos/Tarifas/tabid/366/Default.aspx> “tarifas de cables”
- <http://www.legrand.es/documentacion/catalogos> “batería de condensadores y alumbrado de emergencia.”
- <http://www.aae.es> “precio luminarias distintas empresas”.
- <http://www.ormazabal.com> “ORMAZÁBAL Transformador y celdas modulares.”
- <http://www.schneiderelectric.es> “Protección diferencial y magnetotérmica.”
- <http://www.eurlighting.philips.com> “PHILIPS”.

## 4.3. Otras direcciones web de interés:

- <http://www.energuia.com>
- <http://www.electroindustria.com>
- <http://bdd.unizar.es>
- <http://www.coitiab.es/reglamentos/electricidad/jccm>
- <http://www.unesa.es>
- <http://www.iberdrola.es>
- <http://www.voltimum.es>



## 5. CONCLUSIÓN FINAL

Como conclusión final cabe decir que tras lo descrito en el presente documento MEMORIA y con los documentos CÁLCULOS, PLANOS, PLIEGO DE CONDICIONES, ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD y PRESUPUESTO, el proyecto quedará perfectamente definido y explicado.

PAMPLONA, 11 DE ENERO DE 2013

ATARRATZE ROTA VILLANUEVA



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

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

## DOCUMENTO 2: CÁLCULOS

Alumno: Atarratze Rota Villanueva

Tutor: Rafael Gonzaga Jarquin

Pamplona, 11/01/2013



## ÍNDICE

### CÁLCULOS

pág.

1. Datos iniciales	3
2. Cálculo de la instalación de alumbrado	3
2.1. Pasos para el cálculo	3
2.2. Nivel de iluminación	3
2.3. Cálculo lumínico	6
2.3.1. Datos de partida	6
2.3.2. Fórmulas para el cálculo del flujo y de las luminarias	7
2.3.3. Cálculo de la iluminación interior	9
2.3.4. Cálculo de la iluminación exterior	37
2.3.5. Cálculo de la iluminación de emergencia	41
3. Cálculos eléctricos de la instalación	51
3.1. Ordenación de los circuitos interiores	51
3.2. Potencia de la instalación	54
3.3. Potencia contratada	57
3.4. Cálculo de secciones	57
3.5. Cálculo de las protecciones magnetotérmicas	69
3.5.1. En cuadro C.G.P.	71
3.5.1.1. Interruptor magnetotérmico general	71
3.5.1.2. Magnetotérmico para C.A.1.	72
3.5.2. Resumen de los magnetotérmicos	74
3.6. Cálculo de las protecciones diferenciales	74
4. Compensación de la reactiva	78
4.1. Dimensiones de la batería	78
4.2. Cálculo de la conexión de las baterías	80
4.3. Cálculo de la protección de la batería de condensadores	81
5. Cálculo del Centro de Transformación	81
5.1. Datos del fabricante	81
5.1.1. Intensidad en el primario y en el secundario	82
5.1.2. Corriente de cortocircuito en el lado de Baja y en el de Alta	82
5.2. Dimensiones del embarrado	83
5.2.1. Celdas	83
5.2.2. Comprobación por densidad de corriente	83
5.2.3. Comprobación por sollicitación electrodinámica	83
5.2.4. Comprobación por sollicitación térmica a cortocircuito	83
5.3. Protecciones de Media y Baja Tensión	84
5.3.1. Media Tensión	84
5.3.2. Baja Tensión	84
5.4. Dimensión de la ventilación del Centro de Transformación	84



5.5. Dimensión del pozo apagafuegos	85
5.6. Cálculo de la puesta a tierra	85
5.6.1. Terreno	85
5.6.2. Corrientes máximas de puesta a tierra y tiempo máximo de eliminación de defecto para esas corrientes	86
5.6.3. Diseño de la instalación de tierra	87
5.6.3.1. Tierra de protección	87
5.6.3.2. Tierra de servicio	88
5.6.4. Cálculo de la resistencia de la instalación de tierra	89
5.6.4.1. Tierra de protección	89
5.6.4.2. Tierra de servicio	90
5.6.5. Cálculo de las tensiones exteriores de la instalación	91
5.6.6. Cálculo de las tensiones en el interior de la instalación	91
5.6.7. Cálculo de las tensiones máximas aplicadas	91
5.6.8. Investigación de tensiones transferibles al exterior	92
5.6.9. Corrección y ajuste del diseño inicial estableciendo el definitivo	93
6. Cálculo de la puesta a tierra	93
6.1. Red de tierras	93
7. Resumen secciones y protecciones	94



# CÁLCULOS

## 1. Datos iniciales

La empresa pretende implantar una nave industrial para el desarrollo de su actividad por el cual se desarrolla este proyecto. La empresa se va a situar en el municipio de Cizur, en la población de Gazólaz, en el pólígono 3 y parcela 449.

Para la determinación de la instalación eléctrica a implantar, se parte de las demandas de potencia que una actividad de este tipo precisa. A partir del análisis de los receptores eléctricos que conformarán la instalación, se precisa la potencia necesaria para cada receptor, a partir de la cual se calcularán, intensidades y caídas de tensión con lo que poder comprobar si, las secciones y el calibre de las protecciones, se ajustan a las especificaciones del reglamento. A partir del análisis de la potencia global de la instalación, así como la potencia parcial de cada grupo de receptores en cada subcuadro eléctrico, se podrá dimensionar las necesidades en cuanto a compensación de energía reactiva...

Con la potencia total a instalar estudiaremos las tarifas a contratar más económicas para la propiedad, el cálculo del transformador y sus celdas a instalar en el centro de transformación de la nave industrial.

También realizaremos el cálculo lumínico de las zonas más importantes, y así poder disminuir al máximo el consumo eléctrico y obtener espacios con una iluminación adecuada al trabajo y que no comporten riesgos de accidente.

La manera de funcionar a la hora de calcular los diversos aspectos de la instalación, será definir las fórmulas que utilizaremos, así como las variables y después calcularemos un ejemplo y el resto irá de forma resumida en tablas.

## 2. Cálculo de la instalación de alumbrado

### 2.1. Pasos para el cálculo

El proceso de cálculo del sistema de iluminación seguirá los siguientes pasos:

1. Determinar el nivel de iluminación, el índice unificado de deslumbramiento, el índice de rendimiento de color de la luz y el plano de trabajo.
2. Elección del tipo de lámpara.
3. Elección del sistema de iluminación y de los aparatos de alumbrado.
4. Cálculo de la distribución y del número de luminarias

Se adopta como plano de trabajo, una superficie situada a 0.85 metros del suelo en las zonas de trabajo en mesa y en maquinaria.

### 2.2. Nivel de iluminación



La iluminación de los lugares de trabajo permitirá a los empleados que tengan una visibilidad adecuada para poder desarrollar las actividades sin riesgo para su seguridad y salud.

En el Real Decreto 486/1997 se incluye una tabla detallada con los niveles mínimos de luz recomendados para diferentes actividades y tareas:

#### ANEXO IV.

##### **Iluminación de los lugares de trabajo.**

1. La iluminación de cada zona o parte de un lugar de trabajo deberá adaptarse a las características de la actividad que se efectúe en ella, teniendo en cuenta:
  - a. Los riesgos para la seguridad y salud de los trabajadores dependientes de las condiciones de visibilidad.
  - b. Las exigencias visuales de las tareas desarrolladas.
2. Siempre que sea posible, los lugares de trabajo tendrán una iluminación natural, que deberá complementarse con una iluminación artificial cuando la primera, por sí sola, no garantice las condiciones de visibilidad adecuadas. En tales casos se utilizará preferentemente la iluminación artificial general, complementada a su vez con una localizada cuando en zonas concretas se requieran niveles de iluminación elevados.
3. Los niveles mínimos de iluminación de los lugares de trabajo serán los establecidos en la siguiente tabla:

Zona o parte del lugar de trabajo (*)	Nivel mínimo de iluminación (lux)
Zonas donde se ejecuten tareas con:	
1) Bajas exigencias visuales	100
2) Exigencias visuales moderadas	200
3) Exigencias visuales altas	500
4) Exigencias visuales muy altas	1.000
Áreas o locales de uso ocasional	50
Áreas o locales de uso habitual	100
Vías de circulación de uso ocasional	25
Vías de circulación de uso habitual	50

(\*) El nivel de iluminación de una zona en la que se ejecute una tarea se medirá a la altura donde ésta se realice; en el caso de zonas de uso general a 85 cm. del suelo y en el de las vías de circulación a nivel del suelo.

Estos niveles mínimos deberán duplicarse cuando concurren las siguientes circunstancias:

- a. En las áreas o locales de uso general y en las vías de circulación, cuando por sus características, estado u ocupación, existan riesgos apreciables de caídas, choques u otros accidentes.
- b. En las zonas donde se efectúen tareas, cuando un error de apreciación visual durante la realización de las mismas pueda suponer un peligro para el





trabajador que las ejecuta o para terceros o cuando el contraste de luminancias o de color entre el objeto a visualizar y el fondo sobre el que se encuentra sea muy débil.

No obstante lo señalado en los párrafos anteriores, estos límites no serán aplicables en aquellas actividades cuya naturaleza lo impida.

4. La iluminación de los lugares de trabajo deberá cumplir, además, en cuanto a su distribución y otras características, las siguientes condiciones:

- a. La distribución de los niveles de iluminación será lo más uniforme posible.
- b. Se procurará mantener unos niveles y contrastes de luminancia adecuados a las exigencias visuales de la tarea, evitando variaciones bruscas de luminancia dentro de la zona de operación y entre ésta y sus alrededores.
- c. Se evitarán los deslumbramientos directos producidos por la luz solar o por fuentes de luz artificial de alta luminancia. En ningún caso éstas se colocarán sin protección en el campo visual del trabajador.
- d. Se evitarán, asimismo, los deslumbramientos indirectos producidos por superficies reflectantes situadas en la zona de operación o sus proximidades.
- e. No se utilizarán sistemas o fuentes de luz que perjudiquen la percepción de los contrastes, de la profundidad o de la distancia entre objetos en la zona de trabajo, que produzcan una impresión visual de intermitencia o que puedan dar lugar a efectos estroboscópicos.

5. Los lugares de trabajo, o parte de los mismos, en los que un fallo del alumbrado normal suponga un riesgo para la seguridad de los trabajadores dispondrán de un alumbrado de emergencia de evacuación y de seguridad.

6. Los sistemas de iluminación utilizados no deben originar riesgos eléctricos, de incendio o de explosión, cumpliendo, a tal efecto, lo dispuesto en la normativa específica vigente.

Tareas y clases de local	Iluminancia media en servicio (lux)		
	Mínimo	Recomendado	Óptimo
<b>Oficinas</b>			
Oficinas normales, mecanografiado, salas de proceso de datos, salas de conferencias	450	500	750
<b>Industria (en general)</b>			
Trabajos con requerimientos visuales limitados	200	300	500
Trabajos con requerimientos visuales normales	500	750	1000
Trabajos con requerimientos visuales especiales	1000	1500	2000
Cuartos de aseo	100	150	200
Cocinas	100	150	200

Al observar estas tablas, los niveles de iluminancia que utilizaremos para nuestros cálculos serán los siguientes:

Local	Iluminancia (lux)
Oficinas	600
Aseos	150
Taller	500
Almacén	250

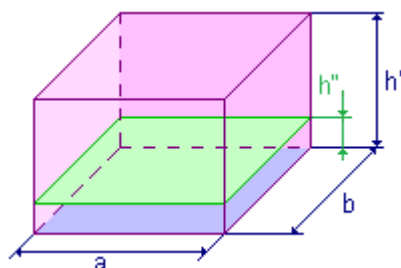
### 2.3. Cálculo lumínico

Lo primero que vamos a realizar es la explicación de cómo se realiza el cálculo por el método de los lúmenes, y a continuación realizaremos un ejemplo y los cálculos para cada una de las zonas de nuestra nave industrial. El primer ejemplo lo desarrollamos paso a paso, y los siguientes, expondremos los resultados obtenidos de la elaboración de una tabla Excel introduciéndole los datos.

#### 2.3.1. Datos de partida

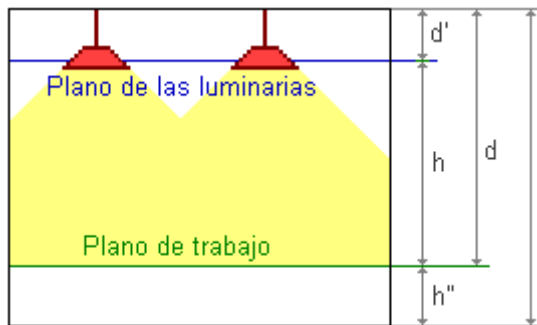
Al utilizar este sistema y realizar tantas aproximaciones los cálculos no nos salen exactos, pero si cercanos. No obstante, se observa mejor la distribución en los planos.

- Debemos conocer las dimensiones del local y del plano de trabajo, que depende de la actividad que realicemos, como se ha visto en un apartado anterior.



- Debemos saber la iluminancia media que queremos para el local, cosa que también se ha visto anteriormente.
- Escogeremos el tipo de lámpara, el sistema de alumbrado y las luminarias que mejor se adapten a la actividad del local.
- Determinar la altura de suspensión de las lámparas o si éstas van empotradas. Para ello nos guiamos con la siguiente tabla:

	Altura de las luminarias
<b>Locales de altura normal (oficinas, viviendas, aulas...)</b>	Lo más altas posibles
<b>Locales con iluminación directa, semidirecta y difusa</b>	Óptimo: $h = \frac{4}{5} \cdot (h' - 0.85)$



h: altura entre el plano de trabajo y las luminarias  
 h': altura del local  
 h'': altura del plano de trabajo  
 d: altura del plano de trabajo al techo  
 d': altura entre el techo y las luminarias

- Obtendremos el índice del local (k) a partir de la fórmula:  

$$k = \frac{a \times b}{h \times (a+b)}$$
 Donde k tomará un valor entre 1 y 10, si el valor por fórmula es superior, se tomará 10.
- Después estableceremos el factor de reflexión por defecto de nuestro local que será de techo (0.7) de las paredes (0.3) y del suelo (0.1).
- Con estos dos últimos factores y la tabla que se proporciona a continuación obtendremos el factor de utilización, y si fuera preciso, interpoláramos en ella.

Tipo de aparato de alumbrado	Índice del local k	Factor de utilización (η)								
		Factor de reflexión del techo								
		0.7			0.5			0.3		
		Factor de reflexión de las paredes								
		0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1
	1	.28	.22	.16	.25	.22	.16	.26	.22	.16
	1.2	.31	.27	.20	.30	.27	.20	.30	.27	.20
	1.5	.39	.33	.26	.36	.33	.26	.36	.33	.26
	2	.45	.40	.35	.44	.40	.35	.44	.40	.35
	2.5	.52	.46	.41	.49	.46	.41	.49	.46	.41
	3	.54	.50	.45	.53	.50	.45	.53	.50	.45
	4	.61	.56	.52	.60	.56	.52	.60	.56	.52
	5	.63	.60	.56	.63	.60	.56	.62	.60	.56
	6	.68	.63	.60	.66	.63	.60	.65	.63	.60
	8	.71	.67	.64	.69	.67	.64	.68	.67	.64
	10	.72	.70	.67	.71	.70	.67	.71	.70	.67

Ejemplo de tabla del factor de utilización (no es nuestro ejemplo)

- Finalmente estableceremos el factor de mantenimiento (fm), que para nosotros será de 0.8, ya que se prevé tener limpias las instalaciones.

**2.3.2. Fórmulas para el cálculo del flujo y de las luminarias**

$$\Phi_T = \frac{E \times S}{\eta \times f_m}$$

Φ<sub>T</sub> = Flujo luminoso total.  
 E = Iluminancia media deseada.  
 S = Superficie del plano de trabajo.



$\eta$  = Factor de utilización.

$f_m$  = Factor de mantenimiento.

$$N = \frac{\Phi_T}{n \times \Phi_L}$$

Redondearemos por exceso

$N$  = Número de luminarias.

$\Phi_L$  = Flujo luminoso de cada lámpara.

$n$  = Número de lámpara por luminaria.



### 2.3.3. Cálculo de la iluminación interior

#### TALLER:

##### Dimensiones del local:

$$a \text{ (m)} = 24,4 \text{ m} \quad b \text{ (m)} = 60,6 \text{ m} \quad h' \text{ (m)} = 8 \text{ m} \quad h'' = 0,85 \text{ m} \quad S \text{ (m}^2\text{)} = 1478,64 \text{ m}^2$$

$$d' = 1,43 \text{ m} \quad h = 5,72 \text{ m} \quad n = 1 \quad E = 500 \text{ lux} \quad \Phi_L = 42500$$

**Iluminancia media deseada:** 500 lux

**Tipo de iluminación:** Directa

**Tipo de lámpara:** Lámpara de Halogenuros Metálicos de Philips, MASTER HPI-T Plus 400W/645 E40 1SL

**Tipo de luminaria:** Cabana2 BY150P 1xHPI-P400W-BU K IC

**Flujo luminoso de la lámpara:** 42500 lúmenes

**Factor de mantenimiento:** 0,8

**Reflectancias efectivas:** Techo 70 %, Paredes 30 %

**Índice del local:**

$$k = \frac{a \times b}{h \times (a + b)} = \frac{24,4 \times 60,6}{5,72 \times (24,4 + 60,6)} = 3,041$$

Utilizaremos el factor  $k=3$ . Por lo tanto obtendremos el valor del rendimiento interpolando en la tabla:

$$\eta = 0,50$$

Obtenemos el flujo luminoso total

$$\Phi_T = \frac{E \times S}{\eta \times f_m} = \frac{500 \times 1478,64}{0,50 \times 0,8} = 1848300$$

Finalmente sacamos el número de luminarias necesarias:

$$N = \frac{\Phi_T}{n \times \Phi_L} = \frac{1848300}{1 \times 42500} = 43,49$$

Utilizaremos 45 luminarias.



## ALMACÉN

### Dimensiones del local:

$$a \text{ (m)} = 6,5 \text{ m} \quad b \text{ (m)} = 7,37 \text{ m} \quad h' \text{ (m)} = 3 \text{ m} \quad h'' = 0,85 \text{ m} \quad S \text{ (m)} = 47,91 \text{ m}^2$$

$$d' = 0,43 \text{ m} \quad h = 1,72 \text{ m} \quad n = 2 \quad E = 250 \text{ lux} \quad \Phi_L = 5240$$

**Iluminancia media deseada:** 250 lux

**Tipo de iluminación:** Directa

**Tipo de lámpara:** Lámpara fluorescente; Marca Philips; MASTER TL-D Super 80 58W/840

**Tipo de luminaria:** Marca Philips; TCS 160 2xTL-D58W HF C3

**Flujo luminoso de la lámpara:** 5240 lúmenes

**Factor de mantenimiento:** 0,8

**Reflectancias efectivas:** Techo 70 %, Paredes 30 %

**Índice del local:**

$$k = \frac{a \times b}{h \times (a + b)} = \frac{6,5 \times 7,37}{1,72 \times (6,5 + 7,37)} = 2,008$$

Utilizaremos el factor  $k=2$ . Por lo tanto obtendremos el valor del rendimiento interpolando en la tabla:

$$\eta = 0,40$$

Obtenemos el flujo luminoso total

$$\Phi_T = \frac{E \times S}{\eta \times f_m} = \frac{250 \times 47,91}{0,40 \times 0,8} = 37425,781$$

Finalmente sacamos el número de luminarias necesarias:

$$N = \frac{\Phi_T}{n \times \Phi_L} = \frac{37425,781}{2 \times 5240} = 3,571$$

Utilizaremos 4 luminarias y 8 lámparas.



## OFICINA:

### Dimensiones del local:

$$a \text{ (m)} = 6,5 \text{ m} \quad b \text{ (m)} = 7,39 \text{ m} \quad h' \text{ (m)} = 3 \text{ m} \quad h'' = 0,85 \text{ m} \quad S \text{ (m)} = 48,035 \text{ m}^2$$

$$d' = 0,43 \text{ m} \quad h = 1,72 \text{ m} \quad n = 4 \quad E = 600 \text{ lux} \quad \Phi_L = 3325$$

**Illuminancia media deseada:** 600 lux

**Tipo de iluminación:** Directa

**Tipo de lámpara:** Lámpara fluorescente; Marca Philips; MASTER TL5 HE Super 80 35W/840

**Tipo de luminaria:** Marca Philips; Modelo: TCS 165 4xTL5-35W HFP L

**Flujo luminoso de la lámpara:** 3325 lúmenes

**Factor de mantenimiento:** 0,8

**Reflectancias efectivas:** Techo 70 %, Paredes 30 %

**Índice del local:**

$$k = \frac{a \times b}{h \times (a + b)} = \frac{6,5 \times 7,39}{1,72 \times (6,5 + 7,39)} = 2,011$$

Utilizaremos el factor  $k=2$ . Por lo tanto obtendremos el valor del rendimiento interpolando en la tabla:

$$\eta = 0,40$$

Obtenemos el flujo luminoso total

$$\Phi_T = \frac{E \times S}{\eta \times f_m} = \frac{450 \times 48,035}{0,40 \times 0,8} = 90065,625$$

Finalmente sacamos el número de luminarias necesarias:

$$N = \frac{\Phi_T}{n \times \Phi_L} = \frac{90065,625}{4 \times 3325} = 6,772$$

Utilizaremos 9 luminarias y 36 lámparas.



## VESTUARIO MASCULINO:

### Dimensiones del local:

$a$  (m) = 3,74 m     $b$  (m) = 5,47 m     $a'$  (m) = 0 m     $b'$  (m) = 0 m     $h'$  (m) = 3 m  
 $h''$  = 0,85 m     $S$  (m) = 20,46 m<sup>2</sup>     $d'$  = 0,43 m     $h$  = 1,72 m     $n$  = 4     $E$  = 300 lux  
 $\Phi_L$  = 3325

**Illuminancia media deseada:** 250 lux

**Tipo de iluminación:** Directa

**Tipo de lámpara:** Lámpara fluorescente; Marca Philips; MASTER TL5 HE Super 80 35W/840

**Tipo de luminaria:** Marca Philips; Modelo; TCS 165 4xTL5-35W HFP L

**Flujo luminoso de la lámpara:** 3325 lúmenes

**Factor de mantenimiento:** 0,8

**Reflectancias efectivas:** Techo 70 %, Paredes 30 %

### Índice del local:

$$k = \frac{a \times b}{h \times (a + b)} + \frac{a' \times b'}{h \times (a' + b')} = \frac{3,74 \times 7,52}{1,72 \times (3,74 + 7,52)} + \frac{2,64 \times 3,61}{1,72 \times (2,64 + 3,61)} = 2,339$$

Utilizaremos el factor  $k=2,339$ . Por lo tanto obtendremos el valor del rendimiento interpolando en la tabla:

$$\eta = 0,44068$$

Obtenemos el flujo luminoso total

$$\Phi_T = \frac{E \times S}{\eta \times f_m} = \frac{300 \times 37,655}{0,44068 \times 0,8} = 32042,979$$

Finalmente sacamos el número de luminarias necesarias:

$$N = \frac{\Phi_T}{n \times \Phi_L} = \frac{32042,979}{4 \times 3325} = 2,409$$

Utilizaremos 2 luminarias y 8 lámparas.





## DUCHAS MASCULINO:

### Dimensiones del local:

$a$  (m) = 1,92 m     $b$  (m) = 3,74 m     $a'$  (m) = 0 m     $b'$  (m) = 0 m     $h'$  (m) = 3 m  
 $h''$  = 0,85 m     $S$  (m<sup>2</sup>) = 7,18 m<sup>2</sup>     $d'$  = 0,43 m     $h$  = 1,72 m     $n$  = 2     $E$  = 300 lux  
 $\Phi_L$  = 1200 lum

**Iluminancia media deseada:** 300 lux

**Tipo de iluminación:** Directa

**Tipo de lámpara:** Lámpara fluorescente; Marca Philips; MASTER PL-C 4P/18W

**Tipo de luminaria:** Marca Philips; Europa 2 FBS120 2XPL-C/4P18W/830 HF-H P CW2

**Flujo luminoso de la lámpara:** 1200 lúmenes

**Factor de mantenimiento:** 0,8

**Reflectancias efectivas:** Techo 70 %, Paredes 30 %

### Índice del local:

$$k = \frac{a \times b}{h \times (a + b)} = \frac{1,92 \times 3,74}{1,72 \times (3,74 + 1,92)} = 0,738$$

Utilizaremos el factor  $k=0,738$ . Por lo tanto obtendremos el valor del rendimiento interpolando en la tabla:

$$\eta = 0,22$$

Obtenemos el flujo luminoso total

$$\Phi_T = \frac{E \times S}{\eta \times f_m} = \frac{300 \times 7,18}{0,22 \times 0,8} = 12240$$

Finalmente sacamos el número de luminarias necesarias:

$$N = \frac{\Phi_T}{n \times \Phi_L} = \frac{12240}{2 \times 1200} = 5,1$$

Utilizaremos 6 luminarias y 12 lámparas.



### ASEOS MASCULINO:

#### Dimensiones del local:

$a$  (m) = 2,64 m    $b$  (m) = 3,61 m    $a'$ (m) = 0 m    $b'$ (m) = 0 m    $h'$  (m) = 3 m    $h''$  = 0,85 m    $S$  (m) = 9,53 m<sup>2</sup>    $d'$  = 0,43 m    $h$  = 1,72 m    $n$  = 2    $E$  = 300 lux  
 $\Phi_L$  = 1200

**Iluminancia media deseada:** 150 lux

**Tipo de iluminación:** Directa

**Tipo de lámpara:** Lámpara fluorescente; Marca Philips; MASTER PL-C 4P/18W

**Tipo de luminaria:** Marca Philips; Europa 2 FBS120 2XPL-C/4P18W/830 HF-H P CW2

**Flujo luminoso de la lámpara:** 1200 lúmenes

**Factor de mantenimiento:** 0,8

**Reflectancias efectivas:** Techo 70 %, Paredes 30 %

#### Índice del local:

$$k = \frac{a \times b}{h \times (a + b)} = \frac{2,64 \times 3,61}{1,72 \times (2,64 + 3,61)} = 0,89$$

Utilizaremos el factor  $k=0,89$ . Por lo tanto obtendremos el valor del rendimiento interpolando en la tabla:

$$\eta = 0,22$$

Obtenemos el flujo luminoso total

$$\Phi_T = \frac{E \times S}{\eta \times f_m} = \frac{150 \times 9,53}{0,22 \times 0,8} = 8122,5$$

Finalmente sacamos el número de luminarias necesarias:

$$N = \frac{\Phi_T}{n \times \Phi_L} = \frac{8122,5}{2 \times 1200} = 3,384$$

Utilizaremos 4 luminarias y 8 lámparas.



### VESTUARIO MUJERES:

#### Dimensiones del local:

$a$  (m) = 2,64 m     $b$  (m) = 3,78 m     $h'$  (m) = 3 m     $h''$  = 0,85 m     $S$  (m) = 9,979 m<sup>2</sup>  
 $d'$  = 0,43 m     $h$  = 1,72 m     $n$  = 2     $E$  = 300 lux     $\Phi_L$  = 1200

**Illuminancia media deseada:** 250 lux

**Tipo de iluminación:** Directa

**Tipo de lámpara:** Lámpara fluorescente; Marca Philips; MASTER PL-C 4P/18W

**Tipo de luminaria:** Marca Philips; Europa 2 FBS120 2XPL-C/4P18W/830 HF-H P CW2

**Flujo luminoso de la lámpara:** 1200 lúmenes

**Factor de mantenimiento:** 0,8

**Reflectancias efectivas:** Techo 70 %, Paredes 30 %

**Índice del local:**

$$k = \frac{a \times b}{h \times (a + b)} = \frac{2,64 \times 3,78}{1,72 \times (2,64 + 3,78)} = 0,904$$

Utilizaremos el factor  $k=1$ . Por lo tanto obtendremos el valor del rendimiento interpolando en la tabla:

$$\eta = 0,22$$

Obtenemos el flujo luminoso total

$$\Phi_T = \frac{E \times S}{\eta \times f_m} = \frac{250 \times 9,979}{0,22 \times 0,8} = 14175$$

Finalmente sacamos el número de luminarias necesarias:

$$N = \frac{\Phi_T}{n \times \Phi_L} = \frac{14175}{2 \times 1200} = 5,906$$

Utilizaremos 6 luminarias y 12 lámparas.



### **CUARTO 1:**

#### **Dimensiones del local:**

**a (m)** = 3,48 m    **b (m)** = 6,5 m    **a' (m)** = 0 m    **b' (m)** = 0 m    **h' (m)** = 3 m  
**h''** = 0,85 m    **S (m<sup>2</sup>)** = 22,62 m<sup>2</sup>    **d'** = 0,43 m    **h** = 1,72 m    **n** = 4    **E** = 350 lux  
 **$\Phi_L$**  = 3325

**Iluminancia media deseada:** 350 lux

**Tipo de iluminación:** Directa

**Tipo de lámpara:** Lámpara fluorescente; Marca Philips; MASTER TL5 HE Super 80 35W/840

**Tipo de luminaria:** Marca Philips; Modelo; TCS 165 4xTL5-35W HFP L

**Flujo luminoso de la lámpara:** 3325 lúmenes

**Factor de mantenimiento:** 0,8

**Reflectancias efectivas:** Techo 70 %, Paredes 30 %

#### **Índice del local:**

$$k = \frac{a \times b}{h \times (a + b)} = \frac{3,48 \times 6,5}{1,72 \times (3,48 + 6,5)} = 1,318$$

Utilizaremos el factor  $k=1,318$ . Por lo tanto obtendremos el valor del rendimiento interpolando en la tabla:

$$\eta = 0,2936$$

Obtenemos el flujo luminoso total

$$\Phi_T = \frac{E \times S}{\eta \times f_m} = \frac{350 \times 22,62}{0,2936 \times 0,8} = 33706,574$$

Finalmente sacamos el número de luminarias necesarias:

$$N = \frac{\Phi_T}{n \times \Phi_L} = \frac{33706,574}{4 \times 3325} = 2,534$$

Utilizaremos 3 luminarias y 12 lámparas.

**CUARTO 2:****Dimensiones del local:**

$a$  (m) = 3,05 m    $b$  (m) = 5,25 m    $a'$  (m) = 0 m    $b'$  (m) = 0 m    $h'$  (m) = 3 m  
 $h''$  = 0,85 m    $S$  (m) = 16,0125 m<sup>2</sup>    $d'$  = 0,43 m    $h$  = 1,72 m    $n$  = 4    $E$  = 350 lux  
 $\Phi_L$  = 3325

**Iluminancia media deseada:** 350 lux

**Tipo de iluminación:** Directa

**Tipo de lámpara:** Lámpara fluorescente; Marca Philips; MASTER TL5 HE Super 80 35W/840

**Tipo de luminaria:** Marca Philips; Modelo; TCS 165 4xTL5-35W HFP L

**Flujo luminoso de la lámpara:** 3325 lúmenes

**Factor de mantenimiento:** 0,8

**Reflectancias efectivas:** Techo 70 %, Paredes 30 %

**Índice del local:**

$$k = \frac{a \times b}{h \times (a + b)} = \frac{3,05 \times 5,25}{1,72 \times (3,05 + 5,25)} = 1,122$$

Utilizaremos el factor  $k=1,122$ . Por lo tanto obtendremos el valor del rendimiento interpolando en la tabla:

$$\eta = 0,2505$$

Obtenemos el flujo luminoso total

$$\Phi_T = \frac{E \times S}{\eta \times f_m} = \frac{350 \times 16,0125}{0,2505 \times 0,8} = 27965,943$$

Finalmente sacamos el número de luminarias necesarias:

$$N = \frac{\Phi_T}{n \times \Phi_L} = \frac{27965,943}{4 \times 3325} = 2,103$$

Utilizaremos 3 luminarias y 12 lámparas.



### **CUARTO 3:**

#### **Dimensiones del local:**

**a (m) = 4 m    b (m) = 6,5 m    a' (m) = 0 m    b' (m) = 0 m    h' (m) = 3 m**  
**h'' = 0,85 m    S (m<sup>2</sup>) = 26 m<sup>2</sup>    d' = 0,43 m    h = 1,72 m    n = 4    E = 350 lux**  
 **$\Phi_L = 3325$**

**Iluminancia media deseada: 350 lux**

**Tipo de iluminación:** Directa

**Tipo de lámpara:** Lámpara fluorescente; Marca Philips; MASTER TL5 HE Super 80 35W/840

**Tipo de luminaria:** Marca Philips; Modelo; TCS 165 4xTL5-35W HFP L

**Flujo luminoso de la lámpara:** 3325 lúmenes

**Factor de mantenimiento:** 0,8

**Reflectancias efectivas:** Techo 70 %, Paredes 30 %

#### **Índice del local:**

$$k = \frac{a \times b}{h \times (a + b)} = \frac{4 \times 6,5}{1,72 \times (4 + 6,5)} = 1,44$$

Utilizaremos el factor  $k=1,44$ . Por lo tanto obtendremos el valor del rendimiento interpolando en la tabla:

$$\eta = 0,318$$

Obtenemos el flujo luminoso total

$$\Phi_T = \frac{E \times S}{\eta \times f_m} = \frac{350 \times 26}{0,318 \times 0,8} = 35770,44$$

Finalmente sacamos el número de luminarias necesarias:

$$N = \frac{\Phi_T}{n \times \Phi_L} = \frac{35770,44}{4 \times 3325} = 2,69$$

Utilizaremos 3 luminarias y 12 lámparas.



### AREA DE DESCANSO:

#### Dimensiones del local:

$a$  (m) = 3,48 m     $b$  (m) = 6,5 m     $a'$  (m) = 0 m     $b'$  (m) = 0 m     $h'$  (m) = 3 m  
 $h''$  = 0,85 m     $S$  (m<sup>2</sup>) = 22,62 m<sup>2</sup>     $d'$  = 0,43 m     $h$  = 1,72 m     $n$  = 2     $E$  = 250 lux  
 $\Phi_L$  = 5240

**Illuminancia media deseada:** 250 lux

**Tipo de iluminación:** Directa

**Tipo de lámpara:** Lámpara fluorescente; Marca Philips; MASTER TL-D Super 80 58W/840

**Tipo de luminaria:** Marca Philips; TCS 160 2xTL-D58W HF C3

**Flujo luminoso de la lámpara:** 5240 lúmenes

**Factor de mantenimiento:** 0,8

**Reflectancias efectivas:** Techo 70 %, Paredes 30 %

#### Índice del local:

$$k = \frac{a \times b}{h \times (a + b)} = \frac{3,48 \times 6,5}{1,72 \times (3,48 + 6,5)} = 1,318$$

Utilizaremos el factor  $k=1,318$ . Por lo tanto obtendremos el valor del rendimiento interpolando en la tabla:

$$\eta = 0,2936$$

Obtenemos el flujo luminoso total

$$\Phi_T = \frac{E \times S}{\eta \times f_m} = \frac{250 \times 22,62}{0,2936 \times 0,8} = 24076,124$$

Finalmente sacamos el número de luminarias necesarias:

$$N = \frac{\Phi_T}{n \times \Phi_L} = \frac{24076,124}{2 \times 5240} = 2,297$$

Utilizaremos 3 luminarias y 6 lámparas.

**ENTRADA:****Dimensiones del local:**

$$\begin{aligned} a \text{ (m)} &= 1,58 \text{ m} & b \text{ (m)} &= 1,86 \text{ m} & a' \text{ (m)} &= 3,52 \text{ m} & b' \text{ (m)} &= 4,81 \text{ m} & h' \text{ (m)} &= 3 \text{ m} \\ h'' &= 0,85 \text{ m} & S \text{ (m}^2) &= 19,87 \text{ m}^2 & d' &= 0,43 \text{ m} & h &= 1,72 \text{ m} & n &= 4 & E &= 300 \text{ lux} \\ \Phi_L &= 3325 \end{aligned}$$

**Iluminancia media deseada:** 300 lux

**Tipo de iluminación:** Directa

**Tipo de lámpara:** Lámpara fluorescente; Marca Philips; MASTER TL5 HE Super 80 35W/840

**Tipo de luminaria:** Marca Philips; Modelo; TCS 165 4xTL5-35W HFP L

**Flujo luminoso de la lámpara:** 3325 lúmenes

**Factor de mantenimiento:** 0,8

**Reflectancias efectivas:** Techo 70 %, Paredes 30 %

**Índice del local:**

$$k = \frac{a \times b}{h \times (a + b)} + \frac{a' \times b'}{h \times (a' + b')} = \frac{1,58 \times 1,86}{1,72 \times (1,58 + 1,86)} + \frac{3,52 \times 4,81}{1,72 \times (3,52 + 4,81)} = 1,678$$

Utilizaremos el factor  $k=1,678$ . Por lo tanto obtendremos el valor del rendimiento interpolando en la tabla:

$$\eta = 0,35492$$

Obtenemos el flujo luminoso total

$$\Phi_T = \frac{E \times S}{\eta \times f_m} = \frac{300 \times 19,87}{0,35492 \times 0,8} = 20994,168$$

Finalmente sacamos el número de luminarias necesarias:

$$N = \frac{\Phi_T}{n \times \Phi_L} = \frac{20994,168}{4 \times 3325} = 1,579$$

Utilizaremos 2 luminarias y 8 lámparas.



**PASILLO 1:****Dimensiones del local:**

$$\begin{aligned}
 a \text{ (m)} &= 1,5 \text{ m} & b \text{ (m)} &= 4,78 \text{ m} & a' \text{ (m)} &= 0 \text{ m} & b' \text{ (m)} &= 0 \text{ m} & h' \text{ (m)} &= 3 \text{ m} \\
 h'' &= 0,85 \text{ m} & S \text{ (m}^2) &= 7,17 \text{ m}^2 & d' &= 0,43 \text{ m} & h &= 1,72 \text{ m} & n &= 2 & E &= 200 \text{ lux} \\
 \Phi_L &= 1200
 \end{aligned}$$

**Iluminancia media deseada:** 200 lux

**Tipo de iluminación:** Directa

**Tipo de lámpara:** Lámpara fluorescente; Marca Philips; MASTER PL-C 4P/18W

**Tipo de luminaria:** Marca Philips; Europa 2 FBS120 2XPL-C/4P18W/830 HF-H P CW2

**Flujo luminoso de la lámpara:** 1200 lúmenes

**Factor de mantenimiento:** 0,8

**Reflectancias efectivas:** Techo 70 %, Paredes 30 %

**Índice del local:**

$$k = \frac{a \times b}{h \times (a + b)} = \frac{1,5 \times 4,78}{1,72 \times (1,5 + 4,78)} = 0,664$$

Utilizaremos el factor  $k=0,664$ . Por lo tanto obtendremos el valor del rendimiento interpolando en la tabla:

$$\eta = 0,22$$

Obtenemos el flujo luminoso total

$$\Phi_T = \frac{E \times S}{\eta \times f_m} = \frac{200 \times 7,17}{0,22 \times 0,8} = 8147,727$$

Finalmente sacamos el número de luminarias necesarias:

$$N = \frac{\Phi_T}{n \times \Phi_L} = \frac{8147,727}{2 \times 1200} = 3,395$$

Utilizaremos 4 luminaria y 8 lámparas.



## PASILLO 2:

### Dimensiones del local:

$a$  (m) = 1,5 m     $b$  (m) = 12,23 m     $a'$  (m) = 0 m     $b'$  (m) = 0 m     $h'$  (m) = 3 m  
 $h''$  = 0,85 m     $S$  (m) = 18,345 m<sup>2</sup>     $d'$  = 0,43 m     $h$  = 1,72 m     $n$  = 2     $E$  = 200 lux  
 $\Phi_L$  = 5240

**Iluminancia media deseada:** 200 lux

**Tipo de iluminación:** Directa

**Tipo de lámpara:** Lámpara fluorescente; Marca Philips; MASTER TL-D Super 80 58W/840

**Tipo de luminaria:** Marca Philips; TCS 160 2xTL-D58W HF C3

**Flujo luminoso de la lámpara:** 5240 lúmenes

**Factor de mantenimiento:** 0,8

**Reflectancias efectivas:** Techo 70 %, Paredes 30 %

### Índice del local:

$$k = \frac{a \times b}{h \times (a + b)} = \frac{1,5 \times 12,23}{1,72 \times (1,5 + 12,23)} = 0,777$$

Utilizaremos el factor  $k=0,777$ . Por lo tanto obtendremos el valor del rendimiento interpolando en la tabla:

$$\eta = 0,22$$

Obtenemos el flujo luminoso total

$$\Phi_T = \frac{E \times S}{\eta \times f_m} = \frac{200 \times 18,345}{0,22 \times 0,8} = 20846,591$$

Finalmente sacamos el número de luminarias necesarias:

$$N = \frac{\Phi_T}{n \times \Phi_L} = \frac{20846,591}{2 \times 5240} = 1,989$$

Utilizaremos 3 luminarias y 6 lámparas.

**PASILLO 3:****Dimensiones del local:**

$$\begin{aligned}
 a \text{ (m)} &= 1 \text{ m} & b \text{ (m)} &= 3,53 \text{ m} & a' \text{ (m)} &= 0 \text{ m} & b' \text{ (m)} &= 0 \text{ m} & h' \text{ (m)} &= 3 \text{ m} \\
 h'' &= 0,85 \text{ m} & S \text{ (m}^2) &= 3,53 \text{ m}^2 & d' &= 0,43 \text{ m} & h &= 1,72 \text{ m} & n &= 2 & E &= 200 \text{ lux} \\
 \Phi_L &= 1200
 \end{aligned}$$

**Iluminancia media deseada:** 200 lux

**Tipo de iluminación:** Directa

**Tipo de lámpara:** Lámpara fluorescente; Marca Philips; MASTER PL-C 4P/18W

**Tipo de luminaria:** Marca Philips; Europa 2 FBS120 2XPL-C/4P18W/830 HF-H P CW2

**Flujo luminoso de la lámpara:** 1200 lúmenes

**Factor de mantenimiento:** 0,8

**Reflectancias efectivas:** Techo 70 %, Paredes 30 %

**Índice del local:**

$$k = \frac{a \times b}{h \times (a + b)} = \frac{1 \times 3,53}{1,72 \times (1 + 3,53)} = 0,453$$

Utilizaremos el factor  $k=0,453$ . Por lo tanto obtendremos el valor del rendimiento interpolando en la tabla:

$$\eta = 0,22$$

Obtenemos el flujo luminoso total

$$\Phi_T = \frac{E \times S}{\eta \times f_m} = \frac{200 \times 3,53}{0,22 \times 0,8} = 4011,364$$

Finalmente sacamos el número de luminarias necesarias:

$$N = \frac{\Phi_T}{n \times \Phi_L} = \frac{4011,364}{2 \times 1200} = 1,671$$

Utilizaremos 2 luminarias y 4 lámparas.



### SALA DE VISITAS:

#### Dimensiones del local:

$a$  (m) = 2,8 m     $b$  (m) = 3,59 m     $a'$  (m) = 0 m     $b'$  (m) = 0 m     $h'$  (m) = 3 m  
 $h''$  = 0,85 m     $S$  (m) = 10,052 m<sup>2</sup>     $d'$  = 0,43 m     $h$  = 1,72 m     $n$  = 4     $E$  = 500 lux  
 $\Phi_L$  = 3325

**Iluminancia media deseada:** 500 lux

**Tipo de iluminación:** Directa

**Tipo de lámpara:** Lámpara fluorescente; Marca Philips; MASTER TL5 HE Super 80 35W/840

**Tipo de luminaria:** Marca Philips; Modelo; TCS 165 4xTL5-35W HFP L

**Flujo luminoso de la lámpara:** 3325 lúmenes

**Factor de mantenimiento:** 0,8

**Reflectancias efectivas:** Techo 70 %, Paredes 30 %

#### Índice del local:

$$k = \frac{a \times b}{h \times (a + b)} = \frac{2,8 \times 3,59}{1,72 \times (3,74 + 7,52)} = 0,915$$

Utilizaremos el factor  $k=0,915$ . Por lo tanto obtendremos el valor del rendimiento interpolando en la tabla:

$$\eta = 0,22$$

Obtenemos el flujo luminoso total

$$\Phi_T = \frac{E \times S}{\eta \times f_m} = \frac{500 \times 10,052}{0,22 \times 0,8} = 28556,818$$

Finalmente sacamos el número de luminarias necesarias:

$$N = \frac{\Phi_T}{n \times \Phi_L} = \frac{28556,818}{4 \times 3325} = 2,147$$

Utilizaremos 3 luminarias y 12 lámparas.

**ASEO:****Dimensiones del local:**

**a (m) = 1,17 m    b (m) = 2,8 m    a'(m) = 0 m    b'(m) = 0 m    h' (m) = 3 m**  
**h'' = 0,85 m    S (m) = 3,27 m<sup>2</sup>    d' = 0,43 m    h = 1,72 m    n = 2    E = 150 lux**  
 **$\Phi_L = 1200$**

**Iluminancia media deseada:** 150 lux

**Tipo de iluminación:** Directa

**Tipo de lámpara:** Lámpara fluorescente; Marca Philips; MASTER PL-C 4P/18W

**Tipo de luminaria:** Marca Philips; Europa 2 FBS120 2XPL-C/4P18W/830 HF-H P CW2

**Flujo luminoso de la lámpara:** 1200 lúmenes

**Factor de mantenimiento:** 0,8

**Reflectancias efectivas:** Techo 70 %, Paredes 30 %

**Índice del local:**

$$k = \frac{a \times b}{h \times (a + b)} = \frac{1,17 \times 2,8}{1,72 \times (1,17 + 2,8)} = 0,480$$

Utilizaremos el factor  $k=0,480$ . Por lo tanto obtendremos el valor del rendimiento interpolando en la tabla:

$$\eta = 0,22$$

Obtenemos el flujo luminoso total

$$\Phi_T = \frac{E \times S}{\eta \times f_m} = \frac{150 \times 3,27}{0,22 \times 0,8} = 2792,045$$

Finalmente sacamos el número de luminarias necesarias:

$$N = \frac{\Phi_T}{n \times \Phi_L} = \frac{3722,727}{2 \times 1200} = 1,163$$

Utilizaremos 2 luminarias y 4 lámparas.



### ESCALERAS: (zonas 1 y 2)

#### Dimensiones del local:

$a$  (m) = 1,3 m     $b$  (m) = 2,24 m     $a'$  (m) = 0 m     $b'$  (m) = 0 m     $h'$  (m) = 3 m  
 $h''$  = 0,85 m     $S$  (m) = 2,912m<sup>2</sup>     $d'$  = 0,43 m     $h$  = 1,72 m     $n$  = 2     $E$  = 200 lux  
 $\Phi_L$  = 1200

**Iluminancia media deseada:** 200 lux

**Tipo de iluminación:** Directa

**Tipo de lámpara:** Lámpara fluorescente; Marca Philips; MASTER PL-C 4P/18W

**Tipo de luminaria:** Marca Philips; Europa 2 FBS120 2XPL-C/4P18W/830 HF-H P CW2

**Flujo luminoso de la lámpara:** 1200 lúmenes

**Factor de mantenimiento:** 0,8

**Reflectancias efectivas:** Techo 70 %, Paredes 30 %

#### Índice del local:

$$k = \frac{a \times b}{h \times (a + b)} = \frac{2,24 \times 1,3}{1,72 \times (1,3 + 2,24)} = 0,478$$

Utilizaremos el factor  $k=0,478$ . Por lo tanto obtendremos el valor del rendimiento interpolando en la tabla:

$$\eta = 0,22$$

Obtenemos el flujo luminoso total

$$\Phi_T = \frac{E \times S}{\eta \times f_m} = \frac{200 \times 2,912}{0,22 \times 0,8} = 3309,091$$

Finalmente sacamos el número de luminarias necesarias:

$$N = \frac{\Phi_T}{n \times \Phi_L} = \frac{3309,091}{2 \times 1200} = 1,379$$

Utilizaremos 2 luminarias y 4 lámparas por zona.



### ESCALERAS: (zonas 3)

#### Dimensiones del local:

**a (m)** = 1,2 m    **b (m)** = 2,9 m    **a' (m)** = 0 m    **b' (m)** = 0 m    **h' (m)** = 3 m  
**h''** = 0,85 m    **S (m<sup>2</sup>)** = 3,48m<sup>2</sup>    **d'** = 0,43 m    **h** = 1,72 m    **n** = 2    **E** = 200 lux  
**Φ<sub>L</sub>** = 1200

**Illuminancia media deseada:** 200 lux

**Tipo de iluminación:** Directa

**Tipo de lámpara:** Lámpara fluorescente; Marca Philips; MASTER PL-C 4P/18W

**Tipo de luminaria:** Marca Philips; Europa 2 FBS120 2XPL-C/4P18W/830 HF-H P CW2

**Flujo luminoso de la lámpara:** 1200 lúmenes

**Factor de mantenimiento:** 0,8

**Reflectancias efectivas:** Techo 70 %, Paredes 30 %

#### Índice del local:

$$k = \frac{a \times b}{h \times (a + b)} = \frac{1,2 \times 2,9}{1,72 \times (1,2 + 2,9)} = 0,493$$

Utilizaremos el factor  $k=0,493$ . Por lo tanto obtendremos el valor del rendimiento interpolando en la tabla:

$$\eta = 0,22$$

Obtenemos el flujo luminoso total

$$\Phi_T = \frac{E \times S}{\eta \times f_m} = \frac{200 \times 3,48}{0,22 \times 0,8} = 3954,545$$

Finalmente sacamos el número de luminarias necesarias:

$$N = \frac{\Phi_T}{n \times \Phi_L} = \frac{3954,545}{2 \times 1200} = 1,648$$

Utilizaremos 2 luminarias y 4 lámparas.

**ESPERA:****Dimensiones del local:**

$a$  (m) = 3,06 m     $b$  (m) = 5,49 m     $a'$  (m) = 0 m     $b'$  (m) = 0 m     $h'$  (m) = 3 m  
 $h''$  = 0,85 m     $S$  (m<sup>2</sup>) = 16,8 m<sup>2</sup>     $d'$  = 0,43 m     $h$  = 1,72 m     $n$  = 4     $E$  = 250 lux  
 $\Phi_L$  = 3325

**Iluminancia media deseada:** 250 lux

**Tipo de iluminación:** Directa

**Tipo de lámpara:** Lámpara fluorescente; Marca Philips; MASTER TL5 HE Super 80 35W/840

**Tipo de luminaria:** Marca Philips; Modelo; TCS 165 4xTL5-35W HFP L

**Flujo luminoso de la lámpara:** 3325 lúmenes

**Factor de mantenimiento:** 0,8

**Reflectancias efectivas:** Techo 70 %, Paredes 30 %

**Índice del local:**

$$k = \frac{a \times b}{h \times (a + b)} = \frac{3,06 \times 5,49}{1,72 \times (3,06 + 5,49)} = 1,142$$

Utilizaremos el factor  $k=1,142$ . Por lo tanto obtendremos el valor del rendimiento interpolando en la tabla:

$$\eta = 0,2555$$

Obtenemos el flujo luminoso total

$$\Phi_T = \frac{E \times S}{\eta \times f_m} = \frac{250 \times 16,8}{0,2555 \times 0,8} = 20547,211$$

Finalmente sacamos el número de luminarias necesarias:

$$N = \frac{\Phi_T}{n \times \Phi_L} = \frac{20547,211}{4 \times 3325} = 1,545$$

Utilizaremos 2 luminarias y 8 lámparas.



**ASEO 1:****Dimensiones del local:**

**a (m) = 1,6 m    b (m) = 2,42 m    a' (m) = 0 m    b' (m) = 0 m    h' (m) = 3 m**  
**h'' = 0,85 m    S (m) = 3,88 m<sup>2</sup>    d' = 0,43 m    h = 1,72 m    n = 2    E = 150 lux**  
 **$\Phi_L = 1200$**

**Iluminancia media deseada:** 150 lux

**Tipo de iluminación:** Directa

**Tipo de lámpara:** Lámpara fluorescente; Marca Philips; MASTER PL-C 4P/18W

**Tipo de luminaria:** Marca Philips; Europa 2 FBS120 2XPL-C/4P18W/830 HF-H P CW2

**Flujo luminoso de la lámpara:** 1200 lúmenes

**Factor de mantenimiento:** 0,8

**Reflectancias efectivas:** Techo 70 %, Paredes 30 %

**Índice del local:**

$$k = \frac{a \times b}{h \times (a + b)} = \frac{1,6 \times 2,42}{1,72 \times (1,6 + 2,42)} = 0,56$$

Utilizaremos el factor  $k=0,56$ . Por lo tanto obtendremos el valor del rendimiento interpolando en la tabla:

$$\eta = 0,22$$

Obtenemos el flujo luminoso total

$$\Phi_T = \frac{E \times S}{\eta \times f_m} = \frac{150 \times 3,88}{0,22 \times 0,8} = 3300$$

Finalmente sacamos el número de luminarias necesarias:

$$N = \frac{\Phi_T}{n \times \Phi_L} = \frac{3300}{2 \times 1200} = 1,375$$

Utilizaremos 2 luminarias y 4 lámparas.

**ASEO 2:****Dimensiones del local:**

**a (m)** = 1,6 m    **b (m)** = 2,42 m    **a' (m)** = 0 m    **b' (m)** = 0 m    **h' (m)** = 3 m  
**h''** = 0,85 m    **S (m<sup>2</sup>)** = 3,88 m<sup>2</sup>    **d'** = 0,43 m    **h** = 1,72 m    **n** = 2    **E** = 150 lux  
 **$\Phi_L$**  = 1200

**Iluminancia media deseada:** 150 lux

**Tipo de iluminación:** Directa

**Tipo de lámpara:** Lámpara fluorescente; Marca Philips; MASTER PL-C 4P/18W

**Tipo de luminaria:** Marca Philips; Europa 2 FBS120 2XPL-C/4P18W/830 HF-H P CW2

**Flujo luminoso de la lámpara:** 1200 lúmenes

**Factor de mantenimiento:** 0,8

**Reflectancias efectivas:** Techo 70 %, Paredes 30 %

**Índice del local:**

$$k = \frac{a \times b}{h \times (a + b)} = \frac{1,6 \times 2,42}{1,72 \times (1,6 + 2,42)} = 0,56$$

Utilizaremos el factor  $k=0,56$ . Por lo tanto obtendremos el valor del rendimiento interpolando en la tabla:

$$\eta = 0,22$$

Obtenemos el flujo luminoso total

$$\Phi_T = \frac{E \times S}{\eta \times f_m} = \frac{150 \times 3,88}{0,22 \times 0,8} = 3300$$

Finalmente sacamos el número de luminarias necesarias:

$$N = \frac{\Phi_T}{n \times \Phi_L} = \frac{3300}{2 \times 1200} = 1,375$$

Utilizaremos 2 luminarias y 4 lámparas.



## ADMINISTRACIÓN:

### Dimensiones del local:

$a$  (m) = 6,5 m     $b$  (m) = 7,74 m     $a'$  (m) = 0 m     $b'$  (m) = 0 m     $h'$  (m) = 3 m  
 $h''$  = 0,85 m     $S$  (m) = 50,31 m<sup>2</sup>     $d'$  = 0,43 m     $h$  = 1,72 m     $n$  = 4     $E$  = 600 lux  
 $\Phi_L$  = 3325

**Illuminancia media deseada:** 600 lux

**Tipo de iluminación:** Directa

**Tipo de lámpara:** Lámpara fluorescente; Marca Philips; MASTER TL5 HE Super 80 35W/840

**Tipo de luminaria:** Philips; TCS 165 4xTL5-35W HFP L

**Flujo luminoso de la lámpara:** 3325 lúmenes

**Factor de mantenimiento:** 0,8

**Reflectancias efectivas:** Techo 70 %, Paredes 30 %

### Índice del local:

$$k = \frac{a \times b}{h \times (a + b)} = \frac{4,59 \times 6,5}{1,72 \times (4,59 + 6,5)} = 1,564$$

Utilizaremos el factor  $k=1,564$ . Por lo tanto obtendremos el valor del rendimiento interpolando en la tabla:

$$\eta = 0,339$$

Obtenemos el flujo luminoso total

$$\Phi_T = \frac{E \times S}{\eta \times f_m} = \frac{600 \times 29,835}{0,339 \times 0,8} = 66014,426$$

Finalmente sacamos el número de luminarias necesarias:

$$N = \frac{\Phi_T}{n \times \Phi_L} = \frac{66014,426}{4 \times 3325} = 4,963$$

Utilizaremos 6 luminarias y 24 lámparas.



### SALA DE REUNIONES:

#### Dimensiones del local:

$a$  (m) = 4,59 m     $b$  (m) = 6,5 m     $a'$  (m) = 0 m     $b'$  (m) = 0 m     $h'$  (m) = 3 m  
 $h''$  = 0,85 m     $S$  (m) = 29,835 m<sup>2</sup>     $d'$  = 0,43 m     $h$  = 1,72 m     $n$  = 4     $E$  = 600 lux  
 $\Phi_L$  = 3325

**Iluminancia media deseada:** 600 lux

**Tipo de iluminación:** Directa

**Tipo de lámpara:** Lámpara fluorescente; Marca Philips; MASTER TL5 HE Super 80 35W/840

**Tipo de luminaria:** Marca Philips; Modelo; TCS 165 4xTL5-35W HFP L

**Flujo luminoso de la lámpara:** 3325 lúmenes

**Factor de mantenimiento:** 0,8

**Reflectancias efectivas:** Techo 70 %, Paredes 30 %

#### Índice del local:

$$k = \frac{a \times b}{h \times (a + b)} = \frac{4,59 \times 6,5}{1,72 \times (4,59 + 6,5)} = 1,564$$

Utilizaremos el factor  $k=1,564$ . Por lo tanto obtendremos el valor del rendimiento interpolando en la tabla:

$$\eta = 0,339$$

Obtenemos el flujo luminoso total

$$\Phi_T = \frac{E \times S}{\eta \times f_m} = \frac{600 \times 29,835}{0,339 \times 0,8} = 66014,426$$

Finalmente sacamos el número de luminarias necesarias:

$$N = \frac{\Phi_T}{n \times \Phi_L} = \frac{66014,426}{4 \times 3325} = 4,963$$

Utilizaremos 6 luminarias y 24 lámparas.

**ARCHIVO:****Dimensiones del local:**

$a$  (m) = 3,63 m     $b$  (m) = 4,88 m     $a'$  (m) = 0 m     $b'$  (m) = 0 m     $h'$  (m) = 3 m  
 $h''$  = 0,85 m     $S$  (m<sup>2</sup>) = 17,71 m<sup>2</sup>     $d'$  = 0,43 m     $h$  = 1,72 m     $n$  = 2     $E$  = 250 lux  
 $\Phi_L$  = 5240

**Illuminancia media deseada:** 250 lux

**Tipo de iluminación:** Directa

**Tipo de lámpara:** Lámpara fluorescente; Marca Philips; MASTER TL-D Super 80 58W/840

**Tipo de luminaria:** Marca Philips; TCS 160 2xTL-D58W HF C3

**Flujo luminoso de la lámpara:** 5240 lúmenes

**Factor de mantenimiento:** 0,8

**Reflectancias efectivas:** Techo 70 %, Paredes 30 %

**Índice del local:**

$$k = \frac{a \times b}{h \times (a + b)} = \frac{3,63 \times 4,88}{1,72 \times (3,63 + 4,88)} = 1,210$$

Utilizaremos el factor  $k=1,210$ . Por lo tanto obtendremos el valor del rendimiento interpolando en la tabla:

$$\eta = 0,272$$

Obtenemos el flujo luminoso total

$$\Phi_T = \frac{E \times S}{\eta \times f_m} = \frac{250 \times 17,71}{0,272 \times 0,8} = 20352,022$$

Finalmente sacamos el número de luminarias necesarias:

$$N = \frac{\Phi_T}{n \times \Phi_L} = \frac{20352,022}{2 \times 5240} = 1,942$$

Utilizaremos 2 luminarias y 4 lámparas.



### DESPACHO 1:

#### Dimensiones del local:

$a$  (m) = 4,57 m    $b$  (m) = 4,88 m    $a'$ (m) = 0,28 m    $b'$ (m) = 0,48 m    $h'$  (m) = 3 m  
 $h'' = 0,85$  m    $S$  (m<sup>2</sup>) = 22,17 m<sup>2</sup>    $d' = 0,43$  m    $h = 1,72$  m    $n = 4$     $E = 600$  lux  
 $\Phi_L = 3325$

**Iluminancia media deseada:** 600 lux

**Tipo de iluminación:** Directa

**Tipo de lámpara:** Lámpara fluorescente; Marca Philips; MASTER TL5 HE Super 80 35W/840

**Tipo de luminaria:** Marca Philips; Modelo; TCS 165 4xTL5-35W HFP L

**Flujo luminoso de la lámpara:** 3325 lúmenes

**Factor de mantenimiento:** 0,8

**Reflectancias efectivas:** Techo 70 %, Paredes 30 %

#### Índice del local:

$$k = \frac{a \times b}{h \times (a + b)} - \frac{a' \times b'}{h \times (a' + b')} = \frac{4,57 \times 4,88}{1,72 \times (4,57 + 4,88)} - \frac{0,28 \times 0,48}{1,72 \times (0,28 + 0,48)} = 1,475$$

Utilizaremos el factor  $k=1,475$ . Por lo tanto obtendremos el valor del rendimiento interpolando en la tabla:

$$\eta = 0,325$$

Obtenemos el flujo luminoso total

$$\Phi_T = \frac{E \times S}{\eta \times f_m} = \frac{600 \times 22,17}{0,325 \times 0,8} = 51155,077$$

Finalmente sacamos el número de luminarias necesarias:

$$N = \frac{\Phi_T}{n \times \Phi_L} = \frac{51155,077}{4 \times 3325} = 3,846$$

Utilizaremos 4 luminarias y 16 lámparas.



## DESPACHO 2:

### Dimensiones del local:

$a$  (m) = 3,62 m     $b$  (m) = 4,88 m     $a'$ (m) = 0,28 m     $b'$ (m) = 0,56 m     $h'$  (m) = 3 m  
 $h''$  = 0,85 m     $S$  (m<sup>2</sup>) = 17,51 m<sup>2</sup>     $d'$  = 0,43 m     $h$  = 1,72 m     $n$  = 4     $E$  = 600 lux  
 $\Phi_L$  = 3325

**Iluminancia media deseada:** 600 lux

**Tipo de iluminación:** Directa

**Tipo de lámpara:** Lámpara fluorescente; Marca Philips; MASTER TL5 HE Super 80 35W/840

**Tipo de luminaria:** Marca Philips; Modelo; TCS 165 4xTL5-35W HFP L

**Flujo luminoso de la lámpara:** 3325 lúmenes

**Factor de mantenimiento:** 0,8

**Reflectancias efectivas:** Techo 70 %, Paredes 30 %

### Índice del local:

$$k = \frac{a \times b}{h \times (a + b)} - \frac{a' \times b'}{h \times (a' + b')} = \frac{3,62 \times 4,88}{1,72 \times (3,62 + 4,88)} - \frac{0,28 \times 0,56}{1,72 \times (0,28 + 0,56)} = 1,317$$

Utilizaremos el factor  $k=1,617$ . Por lo tanto obtendremos el valor del rendimiento interpolando en la tabla:

$$\eta = 0,293$$

Obtenemos el flujo luminoso total

$$\Phi_T = \frac{E \times S}{\eta \times f_m} = \frac{600 \times 17,51}{0,293 \times 0,8} = 44756,646$$

Finalmente sacamos el número de luminarias necesarias:

$$N = \frac{\Phi_T}{n \times \Phi_L} = \frac{44756,646}{4 \times 3325} = 3,365$$

Utilizaremos 4 luminarias y 16 lámparas.



## CENTRO DE TRANSFORMACIÓN:

### Dimensiones del local:

$a$  (m) = 2,38 m    $b$  (m) = 4,46 m    $h'$  (m) = 2,585 m    $h''$  = 0,85 m  
 $S$  (m) = 10,6148 m<sup>2</sup>    $d'$  = 0,347 m    $h$  = 1,388 m    $n$  = 2    $E$  = 250 lux    $\Phi_L$  = 5240

**Iluminancia media deseada:** 250 lux

**Tipo de iluminación:** Directa

**Tipo de lámpara:** Lámpara fluorescente; Marca Philips; MASTER TL-D Super 80 58W/840

**Tipo de luminaria:** Marca Philips; TCS 160 2xTL-D58W HF C3

**Flujo luminoso de la lámpara:** 5240 lúmenes

**Factor de mantenimiento:** 0,8

**Reflectancias efectivas:** Techo 70 %, Paredes 30 %

### Índice del local:

$$k = \frac{a \times b}{h \times (a + b)} = \frac{2,38 \times 4,46}{1,388 \times (2,38 + 4,46)} = 1,118$$

Utilizaremos el factor  $k=1,118$ . Por lo tanto obtendremos el valor del rendimiento interpolando en la tabla:

$$\eta = 0,249$$

Obtenemos el flujo luminoso total

$$\Phi_T = \frac{E \times S}{\eta \times f_m} = \frac{250 \times 10,6148}{0,249 \times 0,8} = 13321,787$$

Finalmente sacamos el número de luminarias necesarias:

$$N = \frac{\Phi_T}{n \times \Phi_L} = \frac{13321,787}{2 \times 5240} = 1,271$$

Utilizaremos 2 luminarias y 4 lámparas.





### 2.3.4. Calculo de iluminación exterior

En el exterior de la nave industrial, la actividad será nula. Por ello, el nivel de iluminación que habrá en el exterior será bajo y muy pequeño en comparación del que se utilizará en el interior. Este nivel de iluminación será de 150 lux para zonas donde hay mucho tráfico, aparcamientos y las entradas, y para el resto, 15 lux.

La altura a la que colocaremos las luminarias será de 6,75 metros.

Utilizaremos lámparas exteriores de halogenuros metálicos de la marca Philips MASTER HPI-T Plus 250W-645 E40 empotradas en la pared para alumbrar las superficies donde habrá tránsito de vehículos y donde este la entrada.

Para las superficies donde no habrá tráfico de gente ni de vehículos, en cambio, utilizaremos lámparas de vapor de sodio de alta presión, MASTER SON-T PIA Plus 150W empotradas en la pared.

#### Exterior (Zona 1):

$$a = 8 \text{ m} \quad b = 22,52 \text{ m} \quad h' = 6,75 \text{ m} \quad h'' = 0 \text{ m} \quad n = 1 \quad E = 150 \text{ lux}$$

$$\Phi_L = 20500 \quad S \text{ (m)} = 180,16 \text{ m}^2$$

**Nivel de iluminación:** 150 lux

**Tipo de iluminación:** Directa

**Tipo de lámpara:** Lámpara de halogenuros metálicos; Marca Philips; MASTER HPI-T Plus 250W-645 E40

**Tipo de luminaria:** Philips; Modelo: Tempo 3 RVP351 HPI-TP250W K S

**Flujo luminoso de la lámpara:** 20500 lm

**Factor de mantenimiento:** 0,60

**Coefficiente de utilización:** 0.66

**Lámparas necesarias:**

$$N = \frac{E * S}{C_u * C_m * \phi} \rightarrow N = \frac{150 * 180,16}{0,6 * 0,66 * 20500} \rightarrow N = 3,33$$

Utilizaremos 4 luminarias.

Establecimiento del ángulo de inclinación del proyector:



$$H = a / \tan \alpha \rightarrow 6,75 = \frac{8}{\tan \alpha} \rightarrow \tan \alpha = \frac{8}{6,75} \rightarrow \alpha = 49,84^\circ$$

### **Exterior (Zona 2):**

$$a = 6 \text{ m} \quad b = 38,41 \text{ m} \quad h' = 6,75 \text{ m} \quad h'' = 0 \text{ m} \quad n = 1 \quad E = 150 \text{ lux} \quad \Phi_L = 20500 \quad S (\text{m}) = 230,52 \text{ m}^2$$

**Nivel de iluminación:** 150 lux

**Tipo de iluminación:** Directa

**Tipo de lámpara:** Lámpara de halogenuros metálicos; Marca Philips; MASTER HPI-T Plus 250W-645 E40

**Tipo de luminaria:** Philips; Modelo: Tempo 3 RVP351 HPI-TP250W K S

**Flujo luminoso de la lámpara:** 20500 lm

**Factor de mantenimiento:** 0,60

**Coefficiente de utilización:** 0.66

**Lámparas necesarias:**

$$N = \frac{E * S}{Cu * Cm * \phi} \rightarrow N = \frac{150 * 230,52}{0,6 * 0,66 * 20500} \rightarrow N = 4,259$$

Utilizaremos 5 luminarias.

**Establecimiento del ángulo de inclinación del proyector:**

$$H = a / \tan \alpha \rightarrow 6,75 = \frac{6}{\tan \alpha} \rightarrow \tan \alpha = \frac{6}{6,75} \rightarrow \alpha = 41,6^\circ$$

### **Exterior (Zona 3):**

$$a = 6 \text{ m} \quad b = 31,65 \text{ m} \quad h' = 6,75 \text{ m} \quad h'' = 0 \text{ m} \quad n = 1 \quad E = 150 \text{ lux} \\ \Phi_L = 20500 \quad S (\text{m}) = 189,9 \text{ m}^2$$

**Nivel de iluminación:** 150 lux

**Tipo de iluminación:** Directa



**Tipo de lámpara:** Lámpara de halogenuros metálicos; Marca Philips; MASTER HPI-T Plus 250W-645 E40

**Tipo de luminaria:** Philips; Modelo: Tempo 3 RVP351 HPI-TP250W K S

**Flujo luminoso de la lámpara:** 20500 lm

**Factor de mantenimiento:** 0,60

**Coefficiente de utilización:** 0.66

**Lámparas necesarias:**

$$N = \frac{E * S}{Cu * Cm * \phi} \rightarrow N = \frac{150 * 189,9}{0,6 * 0,66 * 20500} \rightarrow N = 3,509$$

Utilizaremos 4 luminarias.

**Establecimiento del ángulo de inclinación del proyector:**

$$H = a / \tan \alpha \rightarrow 6,75 = \frac{6}{\tan \alpha} \rightarrow \tan \alpha = \frac{6}{6,75} \rightarrow \alpha = 41,6^\circ$$

**Exterior (Zona 4):**

**a = 6 m      b = 61 m      h' = 6,75 m      h'' = 0 m      n = 1      E = 20 lux**

**$\Phi_L = 17500$     S (m) = 366 m<sup>2</sup>**

**Nivel de iluminación:** 15 lux

**Tipo de iluminación:** Directa

**Tipo de lámpara:** Lámpara de vapor de sodio de alta presión; Marca Philips; MASTER SON-T PIA Plus 150W

**Tipo de luminaria:** Philips; Modelo: Tempo 2 RVP251 SON-T Pro 150W K IC S

**Flujo luminoso de la lámpara:** 18000 lm

**Factor de mantenimiento:** 0,60

**Coefficiente de utilización:** 0.66

**Lámparas necesarias:**

$$N = \frac{E * S}{Cu * Cm * \phi} \rightarrow N = \frac{15 * 366}{0,6 * 0,66 * 18000} \rightarrow N = 0,77$$



Utilizaremos 1 luminarias.

**Establecimiento del ángulo de inclinación del proyector:**

$$H = a / \tan \alpha \rightarrow 6,75 = \frac{6}{\tan \alpha} \rightarrow \tan \alpha = \frac{6}{6,75} \rightarrow \alpha = 41,6^\circ$$

**Exterior (Zona 5):**

$$\mathbf{a} = 6 \text{ m} \quad \mathbf{b} = 24,8 \text{ m} \quad \mathbf{h}' = 6,75 \text{ m} \quad \mathbf{h}'' = 0 \text{ m} \quad \mathbf{n} = 1 \quad \mathbf{E} = 20 \text{ lux}$$

$$\mathbf{\Phi}_L = 17500 \quad \mathbf{S} \text{ (m)} = 148,8 \text{ m}^2$$

**Nivel de iluminación:** 15 lux

**Tipo de iluminación:** Directa

**Tipo de lámpara:** Lámpara de vapor de sodio de alta presión; Marca Philips; MASTER SON-T PIA Plus 150W

**Tipo de luminaria:** Philips; Modelo: Tempo 2 RVP251 SON-T Pro 150W K IC S

**Flujo luminoso de la lámpara:** 18000 lm

**Factor de mantenimiento:** 0,60

**Coefficiente de utilización:** 0.66

**Lámparas necesarias:**

$$N = \frac{E * S}{Cu * Cm * \phi} \rightarrow N = \frac{15 * 148,8}{0,6 * 0,66 * 18000} \rightarrow N = 0,313$$

Utilizaremos 1 luminarias.

**Establecimiento del ángulo de inclinación del proyector:**

$$H = a / \tan \alpha \rightarrow 6,75 = \frac{6}{\tan \alpha} \rightarrow \tan \alpha = \frac{6}{6,75} \rightarrow \alpha = 41,6^\circ$$



### 2.3.5. Cálculo de iluminación de emergencia

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

La colocación del alumbrado de emergencia y señalización se situarán a una altura de 2,30 m respecto del suelo, justo encima de los marcos de las puertas, excepto en el caso de usar proyectores de gran potencia. Estos se utilizarán en el taller y se colocarán a una altura de 3m.

Para el alumbrado de emergencia de las escaleras los cálculos indican que valdría con poner 1 luminaria, pero se pondrán 3 (una por zona) para en caso de emergencia asegurarse que cumplen su función correctamente.

### TALLER

**Área del local:** 1478,64 m<sup>2</sup>

**Proporción:** 5 lúmenes / m<sup>2</sup>

**Flujo necesario:** lm

**Tipo de lámpara:** Proyector de emergencia y señalización; Marca Legrand;  
Ref: 6608 43; 2x65 W;

**Flujo luminoso de la lámpara:** 1500 lm

**Tipo de lámpara:** lámpara de emergencia y señalización; Marca Legrand; Ref 6627 02;  
6W

**Flujo luminoso de la lámpara:** 100 lm

**Proyectores necesarios:** 5

**Lámparas necesarias:** 8(con cartel de salida).



### ALMACÉN

**Área del local:** 47,905 m<sup>2</sup>

**Proporción:** 5 lúmenes / m<sup>2</sup>

**Flujo necesario:** 239, 525 lm

**Tipo de lámpara:** lámpara de emergencia y señalización; Marca Legrand;  
Ref: 6627 05; 6W.

**Flujo luminoso de la lámpara:** 160 lm

**Lámparas necesarias:** 2(con cartel de salida).

### OFICINA

**Área del local:** 48,035 m<sup>2</sup>

**Proporción:** 15 lúmenes / m<sup>2</sup>

**Flujo necesario:** 720, 525 lm

**Tipo de lámpara:** lámpara de emergencia y señalización; Marca Legrand;  
Ref: 6622 24; 8W.

**Flujo luminoso de la lámpara:** 350 lm

**Lámparas necesarias:** 2(con cartel de salida).

### VESTUARIOS HOMBRES

**Área del local:** 20, 46 m<sup>2</sup>

**Proporción:** 5 lúmenes / m<sup>2</sup>

**Flujo necesario:** 102, 3 lm

**Tipo de lámpara:** lámpara de emergencia y señalización; Marca Legrand;  
Ref: 6627 02; 6W.

**Flujo luminoso de la lámpara:** 100 lm

**Lámparas necesarias:** 1(con cartel de salida).

**DUCHAS HOMBRES**

**Área del local:** 7, 18 m<sup>2</sup>

**Proporción:** 5 lúmenes / m<sup>2</sup>

**Flujo necesario:** 35, 9 lm

**Tipo de lámpara:** lámpara de emergencia y señalización; Marca Legrand;  
Ref: 6627 02; 6W.

**Flujo luminoso de la lámpara:** 100 lm

**Lámparas necesarias:** 1(con cartel de salida).

**ASEOS HOMBRES**

**Área del local:** 9, 53 m<sup>2</sup>

**Proporción:** 5 lúmenes / m<sup>2</sup>

**Flujo necesario:** 47, 65 lm

**Tipo de lámpara:** lámpara de emergencia y señalización; Marca Legrand;  
Ref: 6627 02; 6W.

**Flujo luminoso de la lámpara:** 100 lm

**Lámparas necesarias:** 1(con cartel de salida).

**VESTUARIOS MUJERES**

**Área del local:** 9,9792 m<sup>2</sup>

**Proporción:** 5 lúmenes / m<sup>2</sup>

**Flujo necesario:** 49, 896 lm

**Tipo de lámpara:** lámpara de emergencia y señalización; Marca Legrand;  
Ref: 6627 02; 6W.

**Flujo luminoso de la lámpara:** 100 lm

**Lámparas necesarias:** 1(con cartel de salida).



### **CUARTO 1**

**Área del local:** 22,62 m<sup>2</sup>

**Proporción:** 5 lúmenes / m<sup>2</sup>

**Flujo necesario:** 113,1 lm

**Tipo de lámpara:** lámpara de emergencia y señalización; Marca Legrand;  
Ref: 6627 02; 6W.

**Flujo luminoso de la lámpara:** 100 lm

**Lámparas necesarias:** 2(con cartel de salida).

### **CUARTO 2**

**Área del local:** 16,0125 m<sup>2</sup>

**Proporción:** 15 lúmenes / m<sup>2</sup>

**Flujo necesario:** 240, 1875 lm

**Tipo de lámpara:** lámpara de emergencia y señalización; Marca Legrand;  
Ref: 6622 22; 8W.

**Flujo luminoso de la lámpara:** 150 lm

**Lámparas necesarias:** 2(con cartel de salida).

### **CUARTO 3**

**Área del local:** 26 m<sup>2</sup>

**Proporción:** 15 lúmenes / m<sup>2</sup>

**Flujo necesario:** 390 lm

**Tipo de lámpara:** lámpara de emergencia y señalización; Marca Legrand;  
Ref: 6622 24; 8W.

**Flujo luminoso de la lámpara:** 350 lm

**Lámparas necesarias:** 1(con cartel de salida).





### **ÁREA DE DESCANSO**

**Área del local:** 22,62 m<sup>2</sup>

**Proporción:** 5 lúmenes / m<sup>2</sup>

**Flujo necesario:** 113,1 lm

**Tipo de lámpara:** lámpara de emergencia y señalización; Marca Legrand;  
Ref: 6627 02; 6W.

**Flujo luminoso de la lámpara:** 100 lm

**Lámparas necesarias:** 2(con cartel de salida).

### **ENTRADA**

**Área del local:** 19,87 m<sup>2</sup>

**Proporción:** 5 lúmenes / m<sup>2</sup>

**Flujo necesario:** 99, 35 lm

**Tipo de lámpara:** lámpara de emergencia y señalización; Marca Legrand;  
Ref: 6622 22; 8W.

**Flujo luminoso de la lámpara:** 150 lm

**Lámparas necesarias:** 2(con cartel de salida).

### **PASILLO 1**

**Área del local:** 7,17 m<sup>2</sup>

**Proporción:** 5 lúmenes / m<sup>2</sup>

**Flujo necesario:** 35, 85 lm

**Tipo de lámpara:** lámpara de emergencia y señalización; Marca Legrand;  
Ref: 6627 02; 6W.

**Flujo luminoso de la lámpara:** 100 lm

**Lámparas necesarias:** 1(con cartel de salida).

**PASILLO 2**

**Área del local:** 18,345 m<sup>2</sup>

**Proporción:** 5 lúmenes / m<sup>2</sup>

**Flujo necesario:** 91, 725 lm

**Tipo de lámpara:** lámpara de emergencia y señalización; Marca Legrand;  
Ref: 6627 02; 6W.

**Flujo luminoso de la lámpara:** 100 lm

**Lámparas necesarias:** 1(con cartel de salida).

**PASILLO 3**

**Área del local:** 3,53 m<sup>2</sup>

**Proporción:** 5 lúmenes / m<sup>2</sup>

**Flujo necesario:** 17, 65 lm

**Tipo de lámpara:** lámpara de emergencia y señalización; Marca Legrand;  
Ref: 6627 02; 6W.

**Flujo luminoso de la lámpara:** 100 lm

**Lámparas necesarias:** 1(con cartel de salida).

**SALA DE VISITAS**

**Área del local:** 10,052 m<sup>2</sup>

**Proporción:** 5 lúmenes / m<sup>2</sup>

**Flujo necesario:** lm

**Tipo de lámpara:** Proyector de emergencia y señalización; Marca Legrand; Ref: 6608  
43; 2x65 W;

**Flujo luminoso de la lámpara:** lm

**Lámparas necesarias:** (con cartel de salida).

**ASEO**

**Área del local:** 3,276 m<sup>2</sup>

**Proporción:** 5 lúmenes / m<sup>2</sup>

**Flujo necesario:** 50, 26 lm

**Tipo de lámpara:** lámpara de emergencia y señalización; Marca Legrand;  
Ref: 6627 02; 6W.

**Flujo luminoso de la lámpara:** 100 lm

**Lámparas necesarias:** 1(con cartel de salida).

**ESCALERAS (zonas 1 y 2)**

**Área del local:** 2,912 m<sup>2</sup>

**Proporción:** 5 lúmenes / m<sup>2</sup>

**Flujo necesario:** 14, 56 lm

**Tipo de lámpara:** lámpara de emergencia y señalización; Marca Legrand;  
Ref: 6627 02; 6W;

**Flujo luminoso de la lámpara:** 100 lm

**Lámparas necesarias:** 2(con cartel de salida).

**ESCALERAS (zona 3)**

**Área del local:** 3,48 m<sup>2</sup>

**Proporción:** 5 lúmenes / m<sup>2</sup>

**Flujo necesario:** 17, 4 lm

**Tipo de lámpara:** lámpara de emergencia y señalización; Marca Legrand;  
Ref: 6627 02; 6W;

**Flujo luminoso de la lámpara:** 100 lm

**Lámparas necesarias:** 2(con cartel de salida).

**ESPERA**

**Área del local:** 16,7994 m<sup>2</sup>

**Proporción:** 15 lúmenes / m<sup>2</sup>

**Flujo necesario:** 251, 991 lm

**Tipo de lámpara:** lámpara de emergencia y señalización; Marca Legrand;  
Ref: 6622 22; 8W;

**Flujo luminoso de la lámpara:** 150 lm

**Lámparas necesarias:** 2(con cartel de salida).

**ASEO 1**

**Área del local:** 3,872 m<sup>2</sup>

**Proporción:** 5 lúmenes / m<sup>2</sup>

**Flujo necesario:** 19, 36 lm

**Tipo de lámpara:** lámpara de emergencia y señalización; Marca Legrand;  
Ref: 6627 02; 6W.

**Flujo luminoso de la lámpara:** 100 lm

**Lámparas necesarias:** 1(con cartel de salida).

**ASEO 2**

**Área del local:** 3,872 m<sup>2</sup>

**Proporción:** 5 lúmenes / m<sup>2</sup>

**Flujo necesario:** 19, 36 lm

**Tipo de lámpara:** lámpara de emergencia y señalización; Marca Legrand;  
Ref: 6627 02; 6W.

**Flujo luminoso de la lámpara:** 100 lm

**Lámparas necesarias:** 1(con cartel de salida).



### **SALA DE REUNIONES**

**Área del local:** 29,835 m<sup>2</sup>

**Proporción:** 15 lúmenes / m<sup>2</sup>

**Flujo necesario:** 447, 525 lm

**Tipo de lámpara:** lámpara de emergencia y señalización; Marca Legrand;  
Ref: 6622 24; 8W.

**Flujo luminoso de la lámpara:** 350 lm

**Lámparas necesarias:** 2(con cartel de salida).

### **ARCHIVO**

**Área del local:** 17,7144 m<sup>2</sup>

**Proporción:** 5 lúmenes / m<sup>2</sup>

**Flujo necesario:** 88, 572 lm

**Tipo de lámpara:** lámpara de emergencia y señalización; Marca Legrand;  
Ref: 6622 22; 8W.

**Flujo luminoso de la lámpara:** 150 lm

**Lámparas necesarias:** 1(con cartel de salida).

### **DESPACHO 1**

**Área del local:** 22,1672 m<sup>2</sup>

**Proporción:** 15 lúmenes / m<sup>2</sup>

**Flujo necesario:** 332, 508 lm

**Tipo de lámpara:** lámpara de emergencia y señalización; Marca Legrand;  
Ref: 6622 24; 8W.

**Flujo luminoso de la lámpara:** 350 lm

**Lámparas necesarias:** 1(con cartel de salida).

**DESPACHO 2**

**Área del local:** 17,5088 m<sup>2</sup>

**Proporción:** 15 lúmenes / m<sup>2</sup>

**Flujo necesario:** 262, 632 lm

**Tipo de lámpara:** lámpara de emergencia y señalización; Marca Legrand;  
Ref: 6622 24; 8W.

**Flujo luminoso de la lámpara:** 350 lm

**Lámparas necesarias:** 1(con cartel de salida).

**CENTRO DE TRANSFORMACIÓN**

**Área del local:** 10, 6148 m<sup>2</sup>

**Proporción:** 5 lúmenes / m<sup>2</sup>

**Flujo necesario:** 53, 074 lm

**Tipo de lámpara:** lámpara de emergencia y señalización; Marca Legrand; Ref: 6627  
02; 6 W;

**Flujo luminoso de la lámpara:** 100 lm

**Lámparas necesarias:** 1 (con cartel de salida).



### 3. Cálculos eléctricos de la instalación

#### 3.1. Ordenación de los circuitos interiores

A continuación se dividirán los diferentes circuitos de la instalación interior en distintos cuadros.

En las siguientes tablas se muestra la composición de los distintos cuadros de baja tensión repartidos por la nave.

#### CGP:

CUADRO	CIRCUITO	UTILIZACIÓN
		<b>Alumbrado</b>
CGP	1	Taller de mecanizado
		<b>Alumbrado-Fuerza</b>
CGP	2	Oficinas, vestuarios y almacén planta baja
CGP	3	Oficinas y salas primera planta
CGP	4	Exteriores + taller de mecanizado
		<b>Fuerza</b>
CGP	5	Taller de mecanizado
CGP	6	Taller de mecanizado
CGP	7	Taller de mecanizado

#### Cuadro Auxiliar 1: Taller de mecanizado.

CUADRO AUXILIAR 1	CIRCUITO	UTILIZACIÓN
		<b>Alumbrado</b>
Alumbrado taller de mecanizado	1.1	Encendido 1
Alumbrado taller de mecanizado	1.2	Encendido 2
Alumbrado taller de mecanizado	1.3	Encendido 3
Alumbrado taller de mecanizado	1.4	Encendido 4
Alumbrado taller de mecanizado	1.5	Encendido 5
Alumbrado taller de mecanizado	1.6	Encendido 6
Alumbrado taller de mecanizado	1.7	Encendido 7
Alumbrado taller de mecanizado	1.8	Encendido 8
Alumbrado taller de	1.9	Encendido 9



mecanizado		
Alumbrado taller de mecanizado	1.10	Emergencias 1
Alumbrado taller de mecanizado	1.11	Emergencias 2
Alumbrado taller de mecanizado	1.12	Maniobra encendidos

### Cuadro Auxiliar 2: Oficinas, vestuarios y almacén planta baja

CUADRO AUXILIAR 4	CIRCUITO	UTILIZACIÓN
		<b>Alumbrado</b>
Oficinas, vestuarios y almacén planta baja	2.1	Encendido 1
Oficinas, vestuarios y almacén planta baja	2.2	Emergencias 1
Oficinas, vestuarios y almacén planta baja	2.3	Encendido 2
Oficinas, vestuarios y almacén planta baja	2.4	Emergencias 2
Oficinas, vestuarios y almacén planta baja	2.5	Encendido 3
Oficinas, vestuarios y almacén planta baja	2.6	Emergencias 3
		<b>Fuerza</b>
Oficinas, vestuarios y almacén planta baja	2.7	Tomas de corriente
Oficinas, vestuarios y almacén planta baja	2.8	Tomas de corriente
Oficinas, vestuarios y almacén planta baja	2.9	Tomas SAI

### Cuadro Auxiliar 3: Oficinas y salas primera planta

CUADRO AUXILIAR 5	CIRCUITO	UTILIZACIÓN
		<b>Alumbrado</b>
Oficinas y salas primera planta	3.1	Encendido 1
Oficinas y salas primera planta	3.2	Emergencias 1
Oficinas y salas primera planta	3.3	Encendido 2
Oficinas y salas primera planta	3.4	Emergencias 2
Oficinas y salas primera planta	3.5	Encendido 3
Oficinas y salas primera planta	3.6	Emergencias 3





planta		
		<b>Fuerza</b>
Oficinas y salas primera planta	3.7	Tomas de corriente
Oficinas y salas primera planta	3.8	Tomas de corriente
Oficinas y salas primera planta	3.9	Tomas SAI

#### Cuadro Auxiliar 4: Iluminación exterior + taller de mecanizado

CUADRO AUXILIAR 6	CIRCUITO	UTILIZACIÓN
		<b>Alumbrado</b>
Iluminación exterior	4.5	Alumbrado exterior 1
Iluminación exterior	4.6	Alumbrado exterior 2
Iluminación exterior + taller mecanizado	4.7	Maniobra encendidos
		<b>FUERZA</b>
Taller de mecanizado	4.1	Cuadro T.C. 1
Taller de mecanizado	4.2	Cuadro T.C. 2
Taller de mecanizado	4.3	Cuadro T.C. 3
Taller de mecanizado	4.4	Puerta taller

#### Cuadro Auxiliar 5: Maquinaria 1

CUADRO AUXILIAR 5	CIRCUITO	UTILIZACIÓN
		<b>FUERZA</b>
Taller de mecanizado	5.1	Sierra 1
Taller de mecanizado	5.2	Sierra 2
Taller de mecanizado	5.3	Sierra 3
Taller de mecanizado	5.4	Esmeriladora 1
Taller de mecanizado	5.5	Esmeriladora 2
Taller de mecanizado	5.6	Esmeriladora 3
Taller de mecanizado	5.7	Torno 1
Taller de mecanizado	5.8	Torno 2

#### Cuadro Auxiliar 6: Maquinaria 2



CUADRO AUXILIAR 6	CIRCUITO	UTILIZACIÓN
		<b>FUERZA</b>
Taller de mecanizado	6.1	Taladro 1
Taller de mecanizado	6.2	Taladro 2
Taller de mecanizado	6.3	Taladro 3
Taller de mecanizado	6.4	Taladro 4
Taller de mecanizado	6.5	Pulidora
Taller de mecanizado	6.6	Retestadora
Taller de mecanizado	6.7	Mortajadora
Taller de mecanizado	6.8	Tronzadora
Taller de mecanizado	6.9	Cizalla 1
Taller de mecanizado	6.10	Cizalla 2

### Cuadro Auxiliar 7: Maquinaria 3

CUADRO AUXILIAR 7	CIRCUITO	UTILIZACIÓN
		<b>FUERZA</b>
Taller de mecanizado	7.1	Fresadora 1
Taller de mecanizado	7.2	Fresadora 2
Taller de mecanizado	7.3	Fresadora 3
Taller de mecanizado	7.4	Torno 3
Taller de mecanizado	7.5	Compresor
Taller de mecanizado	7.6	Rectificador

### 3.2. Potencia de la instalación

Una vez que tenemos la distribución por líneas de los distintos receptores lo que vamos a realizar es el cálculo de la potencia eléctrica que necesitaremos y mediante unos coeficientes obtendremos la dimensión aproximada del transformador que necesitamos, de las líneas, y de las protecciones. Los circuitos que posteriormente no tienen la potencia se numeran para ponerles protecciones (es el caso de las luces de emergencia, que consumen poco y en determinados momentos puntuales, es el caso de las líneas de maniobra,..).

Para ello utilizaremos las siguientes ecuaciones:

$$P_{calculo} = P \times k_m$$

$P$  = Potencia de cada receptor.

$k_m$  = Coeficiente (1.8 para los fluorescentes, según la ITC-RBT 44 y 1.25 para los motores según la ITC-RBT 47).

Carga	Circuito	Potencia	km	Pcalc
Encendido taller 1	1.1	2000	1,8	3600



<b>Encendido taller 2</b>	1.2	2000	1,8	3600
<b>Encendido taller 3</b>	1.3	2000	1,8	3600
<b>Encendido taller 4</b>	1.4	2000	1,8	3600
<b>Encendido taller 5</b>	1.5	2000	1,8	3600
<b>Encendido taller 6</b>	1.6	2000	1,8	3600
<b>Encendido taller 7</b>	1.7	2000	1,8	3600
<b>Encendido taller 8</b>	1.8	2000	1,8	3600
<b>Encendido taller 9</b>	1.9	2000	1,8	3600
<b>Emergencias 1</b>	1.10	520	1,8	936
<b>Emergencias 2</b>	1.11	474	1,8	853,2
<b>Maniobra de encendidos</b>	1.12	-	-	-
<b>Encendido planta baja 1</b>	2.1	1684	1,8	3031,2
<b>Emergencias 1</b>	2.2	46	1,8	82,8
<b>Encendido planta baja 2</b>	2.3	1316	1,8	2368,8
<b>Emergencias 2</b>	2.4	38	1,8	68,4
<b>Encendido planta baja 3</b>	2.5	1476	1,8	2656,8
<b>Emergencias 3</b>	2.6	34	1,8	61,2
<b>Tomas de corriente</b>	2.7	3450	1	3450
<b>Tomas de corriente</b>	2.8	3450	1	3450
<b>Tomas SAI</b>	2.9	1725	1	1725
<b>Encendido primera planta 1</b>	3.1	1544	1,8	2779,2
<b>Emergencias 1</b>	3.2	36	1,8	64,8
<b>Encendido primera planta 2</b>	3.3	1680	1,8	3024
<b>Emergencias 2</b>	3.4	40	1,8	72
<b>Encendido primera planta 3</b>	3.5	1984	1,8	3571,2
<b>Emergencias 3</b>	3.6	64	1,8	115,2
<b>Tomas de corriente</b>	3.7	3450	1	3450
<b>Tomas de corriente</b>	3.8	3450	1	3450
<b>Tomas SAI</b>	3.9	1725	1	1725
<b>Cuadro T.C.1</b>	4.1	11085	1	11085
<b>Cuadro T.C.2</b>	4.2	11085	1	11085
<b>Cuadro T.C.3</b>	4.3	11085	1	11085
<b>Puerta taller</b>	4.4	750	1,25	937,5
<b>Alumbrado exterior 1</b>	4.5	2250	1,8	4050
<b>Alumbrado exterior 2</b>	4.6	1300	1,8	2340
<b>Maniobra de encendidos</b>	4.7	-	-	-
<b>Sierra 1</b>	5.1	4000	1,25	5000
<b>Sierra 2</b>	5.2	4000	1,25	5000
<b>Sierra 3</b>	5.3	4000	1,25	5000
<b>Esmeriladora 1</b>	5.4	5294	1,25	6617,5
<b>Esmeriladora 2</b>	5.5	5294	1,25	6617,5
<b>Esmeriladora 3</b>	5.6	5294	1,25	6617,5
<b>Torno 1</b>	5.7	15000	1,25	18750



<b>Torno 2</b>	5.8	15000	1,25	18750
<b>Taladro 1</b>	6.1	1500	1,25	1875
<b>Taladro 2</b>	6.2	1500	1,25	1875
<b>Taladro 3</b>	6.3	1500	1,25	1875
<b>Taladro 4</b>	6.4	1500	1,25	1875
<b>Pulidora</b>	6.5	3000	1,25	3750
<b>Retestadora</b>	6.6	1471	1,25	1838,75
<b>Mortajadora</b>	6.7	2237	1,25	2796,25
<b>Tronzadora</b>	6.8	2237	1,25	2796,25
<b>Cizalla 1</b>	6.9	15000	1,25	18750
<b>Cizalla 2</b>	6.10	15000	1,25	18750
<b>Fresadora 1</b>	7.1	7500	1,25	9375
<b>Fresadora 2</b>	7.2	7500	1,25	9375
<b>Fresadora 3</b>	7.3	7500	1,25	9375
<b>Torno 3</b>	7.4	15000	1,25	18750
<b>Compresor</b>	7.5	7500	1,25	9375
<b>Rectificador</b>	7.6	10440	1,25	13050

Una vez finalizado este cálculo, sumaremos la potencia que afecta a cada cuadro y lo multiplicaremos por un coeficiente de simultaneidad para cada cuadro.

$$Potencia = P_{total} \times k_s$$

$k_s$  = Coeficiente de simultaneidad (porcentaje de utilización simultánea de los circuitos, entre 0 y 1).

CUADROS	POTENCIA TOTAL (W)	INTENSIDAD TOTAL (A)	COEFICIENTE SIMULTANEIDAD	POTENCIA (W)	INTENSIDAD (A)
<b>cuadro 1</b>	34189,20	165,17	1	34189,20	165,17
<b>cuadro 2</b>	16894,20	147,77	0,5	8447,10	73,89
<b>cuadro 3</b>	18251,40	145,03	0,7	12775,98	101,52
<b>cuadro 4</b>	40582,50	128,03	0,5	20291,25	64,02
<b>cuadro 5</b>	72352,50	122,09	1	72352,50	122,09
<b>cuadro 6</b>	56181,25	105,03	1	56181,25	105,03
<b>cuadro 7</b>	69300,00	100,47	1	69300,00	100,47

<b>TOTAL</b>	<b>273537,28</b>	<b>732,17</b>
--------------	------------------	---------------

Finalmente aplicaremos un coeficiente de simultaneidad al total y una vez obtenida la potencia, obtendremos la aparente:

$$Pot. = Potencia \times k_s'$$

$k_s'$  = Coeficiente de simultaneidad total (en este caso también 0.9).



$$S_{calc} = \frac{Pot.}{\cos\phi} \times F_c$$

$Pot.$  = Potencia activa (W).

$S_{calc}$  = Potencia aparente (VA).

$\cos\phi$  = Factor de potencia compensado por la batería de condensadores (0.97)

$F_c$  = Factor de crecimiento (1.25).

POTENCIA (W)	Ks'	POT. (W)	cosφ	Fc	Scalc (VA)
273537,28	0,9	246183,55	0,97	1,25	<b>317246,8454</b>

### 3.3. Potencia contratada

Para la 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, como se ha visto en la memoria, el cálculo debe ser:

- Si sobrepasamos 1.05 veces la potencia contratada aplicará la siguiente fórmula:

$$P_F = P_R + 2 \times (P_R - 1.05 \times P_C)$$

Donde:

$P_F$  = Potencia facturada.

$P_R$  = Potencia registrada por el máximo.

$P_C$  = Potencia contratada.

- Si el medidor marca entre 0.85 veces y 1.05 veces la potencia contratada nos aplicará esta:

$$P_F = P_R$$

- Si no llegamos a 0.85 veces la potencia contratada nos aplicará esta:

$$P_F = 0.85 \times P_C$$

### 3.4. Cálculo de secciones

Lo primero que vamos a realizar es el cálculo de secciones de cada línea, y posteriormente realizaremos el cálculo de las protecciones para dichas líneas. Para la realización del cálculo primero haremos un ejemplo paso a paso y posteriormente resumiremos todas las líneas en tablas con todos los parámetros calculados.

Para calcular la sección de una línea lo primero que necesitamos conocer es los siguientes datos de partida:

- Previsión de potencia de los receptores.
- Tipo de receptor (monofásico o trifásico).
- Factor de potencia de los receptores.



- Longitud de las líneas
- Tensión de las líneas.

Para el cálculo vamos a utilizar dos criterios:

### 1. Criterio de la caída de tensión

- a. Para líneas trifásicas

$$S = \frac{2 \times L \times P}{c \times u \times V}$$

$S$  = Sección (mm<sup>2</sup>)

$L$  = Longitud de la línea (m)

$P$  = Potencia conectada (W)

$c$  = Conductividad del cobre (S/m=56)

$u$  = Caída de tensión admisible (5% para fuerza y 3% para alumbrado)

$V$  = Tensión nominal (V)

- b. Para líneas monofásicas

$$S = \frac{L \times P}{c \times u \times V}$$

### 2. Criterio térmico

- a. Para líneas trifásica

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

$I$  = Intensidad (A)

$P$  = Potencia conectada (W)

$V$  = Tensión nominal (V)

- b. Para líneas monofásicas

$$I = \frac{P}{V \times \cos\phi}$$

Con este segundo criterio, obtendremos la intensidad que circulará por la línea y tendremos que ir a la ITC-REBT 07 si se trata de una instalación subterránea o a la ITC-REBT 19 si se trata de alguna de las instalaciones que se especifican en esta ITC, y buscar la sección de cable adecuada para que soporte la intensidad calculada. Cuando los receptores sean motores la potencia se multiplica por 1.25, ya que según dicta el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión en su ITC-BT 47, los conductores que alimenta a motores deben estar dimensionados para una intensidad del 125% de la intensidad a plena carga del motor. Y en el caso en que una línea alimente varios



motores, la línea se dimensiona para una intensidad no inferior a la suma del 125% de la intensidad de plena carga del motor de mayor potencia, más la intensidad a plena carga de todos los demás.

En los conductores que suministran corriente a lámparas de descarga se calculara para una carga total de 1.8 veces la potencia nominal.

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

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

Por otro lado, hay que tener mucho cuidado con cómo hacer el reparto de las líneas, ya que no es conveniente por ejemplo alimentar la iluminación de la zona de las oficinas con la misma línea que alimenta algún tipo de maquinaria, ya que podrían crearse picos de corriente que harían altibajos en la intensidad de las luces de las oficinas.

Por último, tendremos que tomar ciertas decisiones para elegir el tipo de conductor que vamos a utilizar y por donde lo vamos a llevar, es decir, los siguientes condicionamientos:

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

Calculamos la Derivación Individual, es decir, la línea que va desde el Centro de Transformación hasta el cuadro C.G.P. que hemos denominado en la empresa.

$$L = 52,11 \text{ m.} \quad u = 1,5\% \times V \quad P = 307751,05 \text{ W} \quad V = 400 \text{ V}$$

#### Criterio de la caída de tensión

$$S = \frac{2 \times L \times P}{c \times u \times V} = \frac{2 \times 52,11 \times 307751,05}{56 \times \frac{1,5}{100} \times 400 \times 400} = 238,64 \text{ mm}^2$$

Normalizamos esta sección y obtenemos que debiéramos poner una sección de 240 mm<sup>2</sup>.

#### Criterio térmico



$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times \cos\phi} = \frac{307751,05}{\sqrt{3} \times 400 \times 0,97} = 457,94 \text{ A}$$

La línea irá enterrada en zanja en el interior de tubo. Según el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión se debe aplicar un factor de corrección de 0,8 por ir en el interior de tubo y un factor de corrección de 0,8 por haber 3 ternas de cables unipolares separados entre sí  $d=0,25$  m. En total se aplicara un factor de corrección de  $0,8 \times 0,8 = 0,64$ .

$$I_{calc} = \frac{I}{F_c} = \frac{457,94}{0,64} = 715,53 \text{ A}$$

Con esta intensidad ya iremos a la tabla de la ITC-REBT 07 y veremos que sección es necesaria ( $500 \text{ mm}^2$ ).

En este caso vemos que la sección por el criterio térmico es menor que la obtenida por el criterio de caída de tensión, entonces deberíamos de utilizar la del criterio térmico. Pero un conductor de  $500 \text{ mm}^2$  de sección nos parece excesivamente grande, pesado y poco manejable. Por eso, optamos la solución de utilizar tres conductores unipolares para que las secciones sean más pequeñas y los cables sean más manejables. Esta nueva solución adoptada, cumple con los criterios y con la intensidad máxima admisibles.

**Derivación Individual 3x (3x185 mm<sup>2</sup> Cu + 1x95 mm<sup>2</sup> Cu + 1x95 mm<sup>2</sup> Cu)**  
**Fases                      Neutro                      C.P.**

**El aislamiento será XLPE y el diámetro exterior de los tubos será de 225 y de 180 mm (ITC-REBT 21).**

El resto de los cálculos de las distintas líneas lo reflejaremos en las siguientes tablas. Los aislamientos para los circuitos serán de XLPE, excepto los circuitos de alumbrado y de tomas de corriente de la planta baja y primera planta que serán de PVC.

CUADRO	CIRCUITO	P. RECEPTOR (W)	DISTANCIA (m)	Cu	CDT (V)	TENSIÓN	Cosφ	RAÍZ DE 3	INTENSIDAD	Fc	INTENSIDAD CALC.
	D.1	307751,05	52,11	56	6	400	0,97	1,73	457,94	0,64	715,53
	C.A.1	34189,2	22,92	56	26	400	0,9	1,73	54,83		165,17
	C.A.2	16894,2	15,26	56	26	400	0,9	1,73	27,09		73,89
	C.A.3	18251,4	14,26	56	26	400	0,9	1,73	29,27		101,52
	C.A.4	40582,5	33,19	56	26	400	0,8	1,73	73,22		64,02
	C.A.5	72352,5	49,8	56	26	400	0,8	1,73	130,54		122,09
	C.A.6	56181,25	74,7	56	26	400	0,85	1,73	95,40		105,03
	C.A.7	69300	70,66	56	26	400	0,7	1,73	142,89		100,47
C.A.1	1.1	2000	55,75	56	6,9	230	0,9	1,73	9,66	1,80	17,39
C.A.1	1.2	2000	49,69	56	6,9	230	0,9	1,73	9,66	1,80	17,39





C.A.1	1.3	2000	43,63	56	6,9	230	0,9	1,73	9,66	1,80	17,39
C.A.1	1.4	2000	37,57	56	6,9	230	0,9	1,73	9,66	1,80	17,39
C.A.1	1.5	2000	31,5	56	6,9	230	0,9	1,73	9,66	1,80	17,39
C.A.1	1.6	2000	25,45	56	6,9	230	0,9	1,73	9,66	1,80	17,39
C.A.1	1.7	2000	21,28	56	6,9	230	0,9	1,73	9,66	1,80	17,39
C.A.1	1.8	2000	27,35	56	6,9	230	0,9	1,73	9,66	1,80	17,39
C.A.1	1.9	2000	33,38	56	6,9	230	0,9	1,73	9,66	1,80	17,39
C.A.1	1.10	520	84,92	56	6,9	230	0,9	1,73	2,51	1,80	4,52
C.A.1	1.11	474	92,17	56	6,9	230	0,9	1,73	2,29	1,80	4,12
C.A.2	2.1	1164	47,29	56	6,9	230	0,9	1,73	5,62	1,80	10,12
C.A.2	2.2	30	53,92	56	6,9	230	0,9	1,73	0,14	1,80	0,26
C.A.2	2.3	1212	42,84	56	6,9	230	0,9	1,73	5,86	1,80	10,54
C.A.2	2.4	34	24,97	56	6,9	230	0,9	1,73	0,16	1,80	0,30
C.A.2	2.5	1328	48,7	56	6,9	230	0,9	1,73	6,42	1,80	11,55
C.A.2	2.6	48	32,84	56	6,9	230	0,9	1,73	0,23	1,80	0,42
C.A.2	2.7	3680	40,96	56	11,5	230	0,8	1,73	20,00	1,00	20,00
C.A.2	2.8	3680	65,6	56	11,5	230	0,8	1,73	20,00	1,00	20,00
C.A.2	2.9	1840	40	56	11,5	230	0,8	1,73	10,00	1,00	10,00
C.A.3	3.1	1584	49,4	56	6,9	230	0,9	1,73	7,65	1,80	13,77
C.A.3	3.2	64	32,68	56	6,9	230	0,9	1,73	0,31	1,80	0,56
C.A.3	3.3	1724	47,9	56	6,9	230	0,9	1,73	8,33	1,80	14,99
C.A.3	3.4	44	38,56	56	6,9	230	0,9	1,73	0,21	1,80	0,38
C.A.3	3.5	1960	44,36	56	6,9	230	0,9	1,73	9,47	1,80	17,04
C.A.3	3.6	32	46,62	56	6,9	230	0,9	1,73	0,15	1,80	0,28
C.A.3	3.7	3680	65,22	56	11,5	230	0,8	1,73	20,00	1,00	20,00
C.A.3	3.8	3680	76,55	56	11,5	230	0,8	1,73	20,00	1,00	20,00
C.A.3	3.9	1840	75	56	11,5	230	0,8	1,73	10,00	1,00	10,00
C.A.4	4.1	11085	170	56	20	400	0,85	1,73	18,82	1,00	18,82
C.A.4	4.2	11085	170	56	20	400	0,85	1,73	18,82	1,00	18,82
C.A.4	4.3	11085	170	56	20	400	0,85	1,73	18,82	1,00	18,82
C.A.4	4.4	750	38,7	56	20	400	0,9	1,73	1,20	1,25	1,50
C.A.4	4.5	2250	70,13	56	6,9	230	0,9	1,73	10,87	1,80	19,57
C.A.4	4.6	1300	124,58	56	6,9	230	0,9	1,73	6,28	1,80	11,30
C.A.5	5.1	4000	12,04	56	20	400	0,85	1,73	6,79	1,25	8,49
C.A.5	5.2	4000	10	56	20	400	0,85	1,73	6,79	1,25	8,49
C.A.5	5.3	4000	10	56	20	400	0,85	1,73	6,79	1,25	8,49
C.A.5	5.4	5294	16,59	56	20	400	0,87	1,73	8,78	1,25	10,98
C.A.5	5.5	5294	10,03	56	20	400	0,87	1,73	8,78	1,25	10,98
C.A.5	5.6	5294	10,03	56	20	400	0,87	1,73	8,78	1,25	10,98
C.A.5	5.7	15000	12,3	56	20	400	0,89	1,73	24,33	1,25	30,41
C.A.5	5.8	15000	22,3	56	20	400	0,89	1,73	24,33	1,25	30,41
C.A.6	6.1	1500	10	56	20	400	0,87	1,73	2,49	1,25	3,11
C.A.6	6.2	1500	10	56	20	400	0,87	1,73	2,49	1,25	3,11



C.A.6	6.3	1500	10,08	56	20	400	0,87	1,73	2,49	1,25	3,11
C.A.6	6.4	1500	10	56	20	400	0,87	1,73	2,49	1,25	3,11
C.A.6	6.5	3000	10	56	20	400	0,88	1,73	4,92	1,25	6,15
C.A.6	6.6	1471	10	56	20	400	0,9	1,73	2,36	1,25	2,95
C.A.6	6.7	2237	11,42	56	20	400	0,9	1,73	3,59	1,25	4,48
C.A.6	6.8	2237	12,74	56	20	400	0,86	1,73	3,75	1,25	4,69
C.A.6	6.9	15000	24,47	56	20	400	0,85	1,73	25,47	1,25	31,84
C.A.6	6.10	15000	30,51	56	20	400	0,85	1,73	25,47	1,25	31,84
C.A.7	7.1	7500	9,48	56	20	400	0,87	1,73	12,44	1,25	15,55
C.A.7	7.2	7500	10	56	20	400	0,87	1,73	12,44	1,25	15,55
C.A.7	7.3	7500	10	56	20	400	0,87	1,73	12,44	1,25	15,55
C.A.7	7.4	15000	30,09	56	20	400	0,89	1,73	24,33	1,25	30,41
C.A.7	7.5	7500	17,12	56	20	400	0,9	1,73	12,03	1,25	15,04
C.A.7	7.6	10440	39,89	56	20	400	0,86	1,73	17,52	1,25	21,90

Continuación de la tabla:

SECCIÓN Criterio térmico	SECCIÓN cdt	SECCIÓN cdt normalizada	SECCIÓN
500	238,64	240	<b>500</b>
50	2,69	4	<b>70</b>
16	0,89	1,5	<b>16</b>
25	0,89	1,5	<b>35</b>
10	4,63	6	<b>16</b>
35	12,37	16	<b>35</b>
25	14,41	16	<b>35</b>
25	16,82	25	<b>35</b>
1,5	1,25	1,5	<b>2,5</b>
1,5	1,12	1,5	<b>2,5</b>
1,5	0,98	1,5	<b>2,5</b>
1,5	0,85	1,5	<b>2,5</b>
1,5	0,71	1,5	<b>1,5</b>
1,5	0,57	1,5	<b>1,5</b>
1,5	0,48	1,5	<b>1,5</b>
1,5	0,62	1,5	<b>1,5</b>
1,5	0,75	1,5	<b>2,5</b>
1,5	0,50	1,5	<b>2,5</b>
1,5	0,49	1,5	<b>1,5</b>
1,5	0,62	1,5	<b>2,5</b>
1,5	0,02	1,5	<b>1,5</b>
1,5	0,58	1,5	<b>1,5</b>
1,5	0,01	1,5	<b>1,5</b>
1,5	0,73	1,5	<b>1,5</b>
1,5	0,02	1,5	<b>1,5</b>



2,5	1,02	1,5	4
2,5	1,63	2,5	6
1,5	0,50	1,5	2,5
1,5	0,88	1,5	2,5
1,5	0,02	1,5	1,5
2,5	0,93	1,5	2,5
1,5	0,02	1,5	1,5
2,5	0,98	1,5	2,5
1,5	0,02	1,5	1,5
2,5	1,62	2,5	6
2,5	1,90	2,5	10
1,5	0,93	1,5	4
1,5	8,41	10	10
1,5	8,41	10	10
1,5	8,41	10	10
1,5	0,13	1,5	1,5
1,5	1,78	2,5	4
1,5	1,82	2,5	4
1,5	0,22	1,5	1,5
1,5	0,18	1,5	1,5
1,5	0,18	1,5	1,5
1,5	0,39	1,5	1,5
1,5	0,24	1,5	1,5
1,5	0,24	1,5	1,5
4	0,82	1,5	4
4	1,49	1,5	4
1,5	0,07	1,5	1,5
1,5	0,07	1,5	1,5
1,5	0,07	1,5	1,5
1,5	0,07	1,5	1,5
1,5	0,13	1,5	1,5
1,5	0,07	1,5	1,5
1,5	0,11	1,5	1,5
1,5	0,13	1,5	1,5
4	1,64	2,5	4
4	2,04	2,5	4
1,5	0,32	1,5	1,5
1,5	0,33	1,5	1,5
1,5	0,33	1,5	1,5
4	2,01	2,5	4
1,5	0,57	1,5	1,5
2,5	1,86	2,5	2,5



Resultados obtenidos finalmente:

CGP

LÍNEA	FASES (mm2)	NEUTRO (mm2)	C.P. (mm2)	CANALIZACIÓN	DESIGNACIÓN
1	70	35	35	Bandeja	3x70/35 + 35 TT
2	16	10	16	Bandeja	3x16/10 + 16 TT
3	35	16	16	Bandeja	3x25/16 + 16 TT
4	16	10	16	Bandeja	3x16/10 + 16 TT
5	35	16	16	Bandeja	3x35/16 + 16 TT
6	35	16	16	Bandeja	3x35/16 + 16 TT
7	35	16	16	Bandeja	3x35/16 + 16 TT

CUADRO 1

LÍNEA	FASES (mm2)	NEUTRO (mm2)	C.P. (mm2)	CANALIZACIÓN	DESIGNACIÓN
1	2,5	2,5	2,5	Bandeja	2x2,5 + 2,5 TT
2	2,5	2,5	2,5	Bandeja	2x2,5 + 2,5 TT
3	2,5	2,5	2,5	Bandeja	2x2,5 + 2,5 TT
4	2,5	2,5	2,5	Bandeja	2x2,5 + 2,5 TT
5	1,5	1,5	1,5	Bandeja	2x1,5 + 1,5 TT
6	1,5	1,5	1,5	Bandeja	2x1,5 + 1,5 TT
7	1,5	1,5	1,5	Bandeja	2x1,5 + 1,5 TT
8	1,5	1,5	1,5	Bandeja	2x1,5 + 1,5 TT
9	2,5	2,5	2,5	Bandeja	2x2,5 + 2,5 TT
10	2,5	2,5	2,5	Bandeja	2x2,5 + 2,5 TT
11	1,5	1,5	1,5	Bandeja	2x1,5 + 1,5 TT
12	-	-	-	-	-

CUADRO 2

LÍNEA	FASES (mm2)	NEUTRO (mm2)	C.P. (mm2)	CANALIZACIÓN	Diametro tubo (mm <sup>2</sup> )	DESIGNACIÓN
1	2,5	2,5	2,5	Bajo tubo en falso techo	16	2x2,5 + 2,5 TT
2	1,5	1,5	1,5	Bajo tubo en falso techo	16	2x1,5 + 1,5 TT
3	1,5	1,5	1,5	Bajo tubo en falso techo	16	2x1,5 + 1,5 TT
4	1,5	1,5	1,5	Bajo tubo en falso techo	16	2x1,5 + 1,5 TT
5	1,5	1,5	1,5	Bajo tubo en falso techo	16	2x1,5 + 1,5 TT
6	1,5	1,5	1,5	Bajo tubo en falso techo	16	2x1,5 + 1,5 TT
7	4	4	4	Bajo tubo en falso techo	20	2x4 + 4 TT
8	6	6	6	Bajo tubo en falso techo	20	2x6 + 6 TT
9	2,5	2,5	2,5	Bajo tubo en falso techo	16	2x2,5 + 2,5 TT

CUADRO 3



LÍNEA	FASES (mm <sup>2</sup> )	NEUTRO (mm <sup>2</sup> )	C.P. (mm <sup>2</sup> )	CANALIZACIÓN	Diametro tubo (mm)	DESIGNACIÓN
1	2,5	2,5	2,5	Bajo tubo en falso techo	16	2x2,5 + 2,5 TT
2	1,5	1,5	1,5	Bajo tubo en falso techo	16	2x1,5 + 1,5 TT
3	2,5	2,5	2,5	Bajo tubo en falso techo	16	2x2,5 + 2,5 TT
4	1,5	1,5	1,5	Bajo tubo en falso techo	16	2x1,5 + 1,5 TT
5	2,5	2,5	2,5	Bajo tubo en falso techo	16	2x2,5 + 2,5 TT
6	1,5	1,5	1,5	Bajo tubo en falso techo	16	2x1,5 + 1,5 TT
7	6	6	6	Bajo tubo en falso techo	20	2x6 + 6 TT
8	10	10	10	Bajo tubo en falso techo	20	2x10 + 10 TT
9	4	4	4	Bajo tubo en falso techo	20	2x4 + 4 TT

CUADRO 4

LÍNEA	FASES (mm <sup>2</sup> )	NEUTRO (mm <sup>2</sup> )	C.P. (mm <sup>2</sup> )	CANALIZACIÓN	DESIGNACIÓN
1	10	10	10	Bandeja	3x10/10 + 10 TT
2	10	10	10	Bandeja	3x10/10 + 10 TT
3	10	10	10	Bandeja	3x10/10 + 10 TT
4	1,5	1,5	1,5	Bandeja	3x1,5/1,5 + 1,5 TT
5	4	4	4	Bandeja	2x4 + 4 TT
6	4	4	4	Bandeja	2x4 + 4 TT
7	-	-	-	-	-

CUADRO 5

LÍNEA	FASES (mm <sup>2</sup> )	NEUTRO (mm <sup>2</sup> )	C.P. (mm <sup>2</sup> )	CANALIZACIÓN	DESIGNACIÓN
1	1,5	1,5	1,5	Bandeja	3x1,5/1,5 + 1,5 TT
2	1,5	1,5	1,5	Bandeja	3x1,5/1,5 + 1,5 TT
3	1,5	1,5	1,5	Bandeja	3x1,5/1,5 + 1,5 TT
4	1,5	1,5	1,5	Bandeja	3x1,5/1,5 + 1,5 TT
5	1,5	1,5	1,5	Bandeja	3x1,5/1,5 + 1,5 TT
6	1,5	1,5	1,5	Bandeja	3x1,5/1,5 + 1,5 TT
7	4	4	4	Bandeja	3x4/4 + 4 TT
8	4	4	4	Bandeja	3x4/4 + 4 TT

CUADRO 6

LÍNEA	FASES (mm <sup>2</sup> )	NEUTRO (mm <sup>2</sup> )	C.P. (mm <sup>2</sup> )	CANALIZACIÓN	DESIGNACIÓN
1	1,5	1,5	1,5	Bandeja	3x1,5/1,5 + 1,5 TT
2	1,5	1,5	1,5	Bandeja	3x1,5/1,5 + 1,5 TT
3	1,5	1,5	1,5	Bandeja	3x1,5/1,5 + 1,5 TT
4	1,5	1,5	1,5	Bandeja	3x1,5/1,5 + 1,5 TT



5	1,5	1,5	1,5	Bandeja	3x1,5/1,5 + 1,5 TT
6	1,5	1,5	1,5	Bandeja	3x1,5/1,5 + 1,5 TT
7	1,5	1,5	1,5	Bandeja	3x1,5/1,5 + 1,5 TT
8	1,5	1,5	1,5	Bandeja	3x1,5/1,5 + 1,5 TT
9	4	4	4	Bandeja	3x4/4 + 4 TT
10	4	4	4	Bandeja	3x4/4 + 4 TT

CUADRO 7

LÍNEA	FASES (mm2)	NEUTRO (mm2)	C.P. (mm2)	CANALIZACIÓN	DESIGNACIÓN
1	1,5	1,5	1,5	Bandeja	3x1,5/1,5 + 1,5 TT
2	1,5	1,5	1,5	Bandeja	3x1,5/1,5 + 1,5 TT
3	1,5	1,5	1,5	Bandeja	3x1,5/1,5 + 1,5 TT
4	4	4	4	Bandeja	3x4/4 + 4 TT
5	1,5	1,5	1,5	Bandeja	3x1,5/1,5 + 1,5 TT
6	2,5	2,5	2,5	Bandeja	3x2,5/2,5 + 2,5 TT

Algunas de las secciones resultantes han tenido que ser modificadas debido a cálculos de las protecciones. Las secciones que han tenido que ser modificadas son las siguientes: cuadro auxiliar 1, cuadro auxiliar 3, cuadro auxiliar 4, cuadro auxiliar 6, cuadro auxiliar 7, encendido 1, encendido primera planta 1, sierra 2, sierra 3, taladro 1, taladro 2, taladro 4, pulidora, retestadora, fresadora 2 y fresadora 3.

Después del cálculo de cada sección, hemos tenido en cuenta si cumplía o no la caída de tensión admisible para cada circuito, y hemos que tenido que subir algunas secciones para que cumplieran esta condición. Las fórmulas utilizadas para ver su cumplimiento son:

$$Cdt = \frac{P.Receptor \times L}{Cu \times U \times S} = [V] \text{ (Trifásica)}$$

$$Cdt = \frac{2 \times P.Receptor \times L}{Cu \times U \times S} = [V] \text{ (Monofásica)}$$

$$Cdt\% = \frac{[V] \times 100}{U}$$

Todos los resultados de Cdt% eran menores que 3% para las líneas tanto de alumbrado como de fuerza y menores de 1.5% para la DI.

## SOLUCIÓN ADOPTADA:

Línea	Intensidad Admisible (A)	Tipo Instalación	Conductores	Aislamiento	Sección Fase (mm2)	Sección Neutro (mm2)	Sección CP (mm2)	Tipo	Longitud (m)
Derivación individual	715,53	Enterrado a 0,7m	Unipolares	XLPE	185	95	95	Trifásica	52,11
Cuadro Auxiliar 1	175	Bandeja	Multiconductores	XLPE	70	35	35	Trifásica	22,92
Cuadro Auxiliar	91	Bandeja	Multiconductores	XLPE	16	10	16	Trifásica	15,26



2									
<b>Cuadro Auxiliar 3</b>	116	Bandeja	Multiconductores	XLPE	35	16	16	Trifásica	14,26
<b>Cuadro Auxiliar 4</b>	68	Bandeja	Multiconductores	XLPE	16	10	16	Trifásica	33,19
<b>Cuadro Auxiliar 5</b>	144	Bandeja	Multiconductores	XLPE	35	16	16	Trifásica	49,8
<b>Cuadro Auxiliar 6</b>	116	Bandeja	Multiconductores	XLPE	35	16	16	Trifásica	74,7
<b>Cuadro Auxiliar 7</b>	116	Bandeja	Multiconductores	XLPE	35	16	16	Trifásica	70,66
<b>Encendido taller 1</b>	24	Bandeja	Multiconductores	XLPE	2,5	2,5	2,5	Monofásica	55,75
<b>Encendido taller 2</b>	24	Bandeja	Multiconductores	XLPE	2,5	2,5	2,5	Monofásica	49,69
<b>Encendido taller 3</b>	24	Bandeja	Multiconductores	XLPE	2,5	2,5	2,5	Monofásica	43,63
<b>Encendido taller 4</b>	24	Bandeja	Multiconductores	XLPE	2,5	2,5	2,5	Monofásica	37,57
<b>Encendido taller 5</b>	24	Bandeja	Multiconductores	XLPE	1,5	1,5	1,5	Monofásica	31,5
<b>Encendido taller 6</b>	24	Bandeja	Multiconductores	XLPE	1,5	1,5	1,5	Monofásica	25,45
<b>Encendido taller 7</b>	24	Bandeja	Multiconductores	XLPE	1,5	1,5	1,5	Monofásica	21,28
<b>Encendido taller 8</b>	24	Bandeja	Multiconductores	XLPE	1,5	1,5	1,5	Monofásica	27,35
<b>Encendido taller 9</b>	24	Bandeja	Multiconductores	XLPE	2,5	2,5	2,5	Monofásica	33,38
<b>Emergencias 1</b>	24	Bandeja	Multiconductores	XLPE	2,5	2,5	2,5	Monofásica	84,92
<b>Emergencias 2</b>	24	Bandeja	Multiconductores	XLPE	1,5	1,5	1,5	Monofásica	92,17
<b>Encendido planta baja 1</b>	15	Bajo tubo en falso techo	Unipolares	PVC	2,5	2,5	2,5	Monofásica	47,29
<b>Emergencias 1</b>	15	Bajo tubo en falso techo	Unipolares	PVC	1,5	1,5	1,5	Monofásica	53,92
<b>Encendido planta baja 2</b>	15	Bajo tubo en falso techo	Unipolares	PVC	1,5	1,5	1,5	Monofásica	42,84
<b>Emergencias 2</b>	15	Bajo tubo en falso techo	Unipolares	PVC	1,5	1,5	1,5	Monofásica	24,97
<b>Encendido planta baja 3</b>	15	Bajo tubo en falso techo	Unipolares	PVC	1,5	1,5	1,5	Monofásica	48,7
<b>Emergencias 3</b>	15	Bajo tubo en falso techo	Unipolares	PVC	1,5	1,5	1,5	Monofásica	32,84
<b>Tomas de corriente</b>	21	Bajo tubo en falso techo	Unipolares	PVC	4	4	4	Monofásica	40,96
<b>Tomas de corriente</b>	21	Bajo tubo en falso techo	Unipolares	PVC	6	6	6	Monofásica	65,6
<b>Tomas SAI</b>	15	Bajo tubo en falso techo	Unipolares	PVC	2,5	2,5	2,5	Monofásica	40
<b>Encendido primera planta 1</b>	15	Bajo tubo en falso techo	Unipolares	PVC	2,5	2,5	2,5	Monofásica	49,4



<b>Emergencias 1</b>	15	Bajo tubo en falso techo	Unipolares	PVC	1,5	1,5	1,5	Monofásica	32,68
<b>Encendido primera planta 2</b>	21	Bajo tubo en falso techo	Unipolares	PVC	2,5	2,5	2,5	Monofásica	47,9
<b>Emergencias 2</b>	15	Bajo tubo en falso techo	Unipolares	PVC	1,5	1,5	1,5	Monofásica	38,56
<b>Encendido primera planta 3</b>	21	Bajo tubo en falso techo	Unipolares	PVC	2,5	2,5	2,5	Monofásica	44,36
<b>Emergencias 3</b>	15	Bajo tubo en falso techo	Unipolares	PVC	1,5	1,5	1,5	Monofásica	46,62
<b>Tomas de corriente</b>	21	Bajo tubo en falso techo	Unipolares	PVC	6	6	6	Monofásica	65,22
<b>Tomas de corriente</b>	21	Bajo tubo en falso techo	Unipolares	PVC	10	10	10	Monofásica	76,55
<b>Tomas SAI</b>	15	Bajo tubo en falso techo	Unipolares	PVC	4	4	4	Monofásica	75
<b>Cuadro T.C.1</b>	68	Bandeja	Multiconductores	XLPE	10	10	10	Trifásica	170
<b>Cuadro T.C.2</b>	68	Bandeja	Multiconductores	XLPE	10	10	10	Trifásica	170
<b>Cuadro T.C.3</b>	68	Bandeja	Multiconductores	XLPE	10	10	10	Trifásica	170
<b>Puerta taller</b>	21	Bandeja	Multiconductores	XLPE	1,5	1,5	1,5	Trifásica	38,7
<b>Alumbrado exterior 1</b>	33	Bandeja	Multiconductores	XLPE	4	4	4	Monofásica	70,13
<b>Alumbrado exterior 2</b>	33	Bandeja	Multiconductores	XLPE	4	4	4	Monofásica	124,58
<b>Sierra 1</b>	21	Bandeja	Multiconductores	XLPE	1,5	1,5	1,5	Trifásica	12,04
<b>Sierra 2</b>	21	Bandeja	Multiconductores	XLPE	1,5	1,5	1,5	Trifásica	10
<b>Sierra 3</b>	21	Bandeja	Multiconductores	XLPE	1,5	1,5	1,5	Trifásica	10
<b>Esmeriladora 1</b>	21	Bandeja	Multiconductores	XLPE	1,5	1,5	1,5	Trifásica	16,59
<b>Esmeriladora 2</b>	21	Bandeja	Multiconductores	XLPE	1,5	1,5	1,5	Trifásica	10,03
<b>Esmeriladora 3</b>	21	Bandeja	Multiconductores	XLPE	1,5	1,5	1,5	Trifásica	10,03
<b>Torno 1</b>	38	Bandeja	Multiconductores	XLPE	4	4	4	Trifásica	12,3
<b>Torno 2</b>	38	Bandeja	Multiconductores	XLPE	4	4	4	Trifásica	22,3
<b>Taladro 1</b>	21	Bandeja	Multiconductores	XLPE	1,5	1,5	1,5	Trifásica	10
<b>Taladro 2</b>	21	Bandeja	Multiconductores	XLPE	1,5	1,5	1,5	Trifásica	10
<b>Taladro 3</b>	21	Bandeja	Multiconductores	XLPE	1,5	1,5	1,5	Trifásica	10,08
<b>Taladro 4</b>	21	Bandeja	Multiconductores	XLPE	1,5	1,5	1,5	Trifásica	10
<b>Pulidora</b>	21	Bandeja	Multiconductores	XLPE	1,5	1,5	1,5	Trifásica	10
<b>Retestadora</b>	21	Bandeja	Multiconductores	XLPE	1,5	1,5	1,5	Trifásica	10
<b>Mortajadora</b>	21	Bandeja	Multiconductores	XLPE	1,5	1,5	1,5	Trifásica	11,42
<b>Tronzadora</b>	21	Bandeja	Multiconductores	XLPE	1,5	1,5	1,5	Trifásica	12,74
<b>Cizalla 1</b>	38	Bandeja	Multiconductores	XLPE	4	4	4	Trifásica	24,47





<b>Cizalla 2</b>	38	Bandeja	Multiconductores	XLPE	4	4	4	Trifásica	30,51
<b>Fresadora 1</b>	21	Bandeja	Multiconductores	XLPE	1,5	1,5	1,5	Trifásica	9,48
<b>Fresadora 2</b>	21	Bandeja	Multiconductores	XLPE	1,5	1,5	1,5	Trifásica	10
<b>Fresadora 3</b>	21	Bandeja	Multiconductores	XLPE	1,5	1,5	1,5	Trifásica	10
<b>Torno 3</b>	38	Bandeja	Multiconductores	XLPE	4	4	4	Trifásica	30,09
<b>Compresor</b>	21	Bandeja	Multiconductores	XLPE	1,5	1,5	1,5	Trifásica	17,12
<b>Rectificador</b>	29	Bandeja	Multiconductores	XLPE	2,5	2,5	2,5	Trifásica	39,89

### 3.5. Cálculo de las protecciones magnetotérmicas

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

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

La primera protección que vamos a calcular es el I.C.P. que colocaremos en la entrada del cuadro C.G.P. para proteger la nave frente a sobrecarga. Para calcular las protecciones debemos calcular primero las impedancias de la red de baja tensión, del transformador, la apartamenta,...

Así pues, calcularemos los datos necesarios para todas las protecciones también pondremos los datos que utilizamos.

Lo primero pondremos las fórmulas que usaremos comunes para todos los circuitos. La apartamenta habrá que ir aumentándola a medida que bajemos en el circuito, ya que se añaden protecciones. No obstante, estos cálculos se realizarán por medio de una tabla Excel, lo que facilitará el cálculo.

$$Z_{M.T.}(j) = \frac{u_{M.T.}^2}{S_{cc}}$$

$$Z_{B.T.}(j) = Z_{M.T.}(j) \times \frac{u_{B.T.}^2}{u_{M.T.}^2}$$

$$Z_{Trafo}(j) = U_{cc} \times \frac{u_{B.T.}^2}{S_n}$$

$$Z_{Apartamenta}(j) = n^9 \times 0.00015$$

$$I_{cc \max} = \frac{c \times u_{B.T.}}{\sqrt{3} \times |Z_d|} Z_{DI} = \phi \times \frac{L}{s}$$

$$|Z_d| = \sqrt{(Z_{Lineas})^2 + (Z(j))^2}$$

$$I_{cc \min} = \frac{c \times u_{B.T.} \times \sqrt{3}}{|2 \times Z_d + Z_o|}$$

$$|Z_o| = \sqrt{(3 \times Z'_{Lineas})^2 + (Z_{Trafo}(j) + 3 \times Z_{Apar}(j))^2}$$

$$t_{mcicc} = \frac{C_c \times S^2}{I_{ccf}^2}$$



Definición de las abreviaturas:

$Z_{M.T.}(j)$  = Impedancia de Media Tensión.

$Z_{B.T.}(j)$  = Impedancia de Baja Tensión.

$Z_{Trafo}(j)$  = Impedancia del transformador.

$Z_{Aparamenta}(j)$  = Impedancia de la Aparamenta hasta el cuadro C.G.P.

$Z_{DI}$  = Impedancia de la Derivación Individual. Esta fórmula se utilizará para todas las líneas que calculemos.

$|Z_d|$  = Impedancia directa.

$|Z_o|$  = Impedancia homopolar.

$u_{M.T.}$  = Tensión en Media Tensión (13200 V).

$S_{cc}$  = Corriente de cortocircuito al principio de la línea dada por la compañía eléctrica (400000000 VA).

$u_{B.T.}$  = Tensión en Baja Tensión (400 V ó 230 V).

$U_{cc}$  (%) = Tensión de cortocircuito que se rige por la siguiente tabla:

	$U_{cc}$
$S_n \leq 630KVA$	4%
$630KVA \leq S_n \leq 800KVA$	4.5%
$800KVA \leq S_n \leq 1000KVA$	5%
$1000KVA \leq S_n \leq 1600KVA$	6%

$S_n$  = Potencia del transformador (400000 VA).

$n^o$  = Número de aparatos o protecciones.

$\phi$  = Resistividad del cobre (0.018).

$L$  = Longitud de la línea.

$s$  = Sección de la línea.

$I_{cc\ max}$  = Calculamos la intensidad de cortocircuito máxima para el punto en el que nos encontramos y puede ser calculada con tres fórmulas.

Cortocircuito trifásico	$I_{cc\ max} = \frac{c \times u_{B.T.}}{\sqrt{3} \times  Z_d }$
Cortocircuito bifásico	$I_{cc\ max} = \frac{c \times u_{B.T.}}{2 \times  Z_d }$
Cortocircuito Fase-Tierra	$I_{cc\ max} = \frac{c \times u_{B.T.} \times \sqrt{3}}{ 2 \times Z_d + Z_o }$

$I_{cc\ min}$  = Corriente de cortocircuito mínima, suele ser el cortocircuito fase-tierra.

$c$  = Se rige por la siguiente tabla:

	$I_{cc\ max}$	$I_{cc\ min}$
230/400 V	1	0.95
Otras tensiones	1.05	1



$t_{mcicc}$  = Tiempo máximo que el conductor es capaz de soportar la intensidad de cortocircuito.

$C_c$  = Coeficiente del conductor. Ser rige por la siguiente tabla:

	PVC	XLPE/EPR
Cu	135	135
Al	57	57

	PVC	XLPE/EPR
Cu	90	160
Al	90	160

$$I_{ccf} = I_{cc \min}$$

Calculamos para unos cuadros como ejemplo ya a continuación resumiremos en unas tablas las características de las proyecciones de todos los circuitos:

$$Z_{M.T.}(j) = \frac{u_{M.T.}^2}{S_{cc}} = \frac{13200^2}{400000000} = 0.4356j\Omega$$

$$Z_{B.T.}(j) = Z_{M.T.}(j) \times \frac{u_{B.T.}^2}{u_{M.T.}^2} = 0.4356 \times \frac{400^2}{13200^2} = 0.0004j\Omega$$

$$Z_{Trafo}(j) = U_{cc} \times \frac{u_{B.T.}^2}{S_n} = \frac{4}{100} \times \frac{400^2}{400000} = 0.016j\Omega$$

$$Z_{Aparamenta}(j) = n^0 \times 0.00015 = 1 \times 0.00015 = 0.00015j\Omega$$

$$Z_{DI} = \phi \times \frac{L}{s} = 0.018 \times \frac{52,11}{555} = 0.00169\Omega$$

### 3.5.1. En cuadro C.G.P.

#### 3.5.1.1. Interruptor magnetotérmico general

Este elemento va a proteger frente a sobrecarga por lo que debemos calcular únicamente el poder de corte y el calibre:

$$|Z_d| = \sqrt{(Z_{Lineas})^2 + (Z(j))^2} = \sqrt{(0.002535)^2 + (0.0004 + 0.016 + 0.00015)^2} = 0,01674$$



$$I_{cc\ max} = \frac{c \times u_{B.T.}}{\sqrt{3} \times |Z_d|} = \frac{1 \times 400}{\sqrt{3} \times 0.01674} = 13793,21\ A$$

El Poder de Corte de este magnetotérmico tendrá que ser superior a la  $I_{cc\ max}$  calculada, por lo tanto podría ser de 15 KA. Pero a la hora de escoger la protección en el catalogo de Schneider Electric, nos vemos obligados a coger un interruptor automático regulable de 50 KA.

Para calcular el calibre debemos ver la intensidad nominal que circula por el conductor, ver la intensidad que admite el cable y poner una intensidad nominal normalizada que se encuentre entre ambas. Si no hubiera ninguna, deberemos subir la sección para que con ella aumente la intensidad que admite el cable. La intensidad nominal es la misma que la “intensidad” de las tablas de cálculo de las secciones.

$$I_{calc} < I_n < I_{adm}; \quad 735,58 < I_n < 1440$$

$$I_{adm} = 480 \times 3 = 1440\ A$$

Deberíamos coger un interruptor automático magnetotérmico de intensidad nominal 800 A y regularlo a la intensidad máxima a la que no se produzcan recargos en la factura.

No obstante, cogeremos un interruptor automático magnetotérmico que nos permita aumentar la corriente que reciba la empresa hasta la máxima intensidad que nos aporta el Centro de Transformación, cálculo que observamos en el apartado 5.1.1. Intensidad en el primario y en el secundario:

$$569.368\ A$$

Así pues, colocaremos un interruptor magnetotérmico regulable de 630 A de intensidad nominal, y para que esto pueda producirse cogeremos un cable para la Derivación Individual de  $3 \times (3 \times 185/95)\ mm^2$ .

### 3.5.1.2. Magnetotérmico para C.A.1.

Este elemento va a proteger frente a sobrecarga y cortocircuito por lo que debemos calcular el poder de corte, el calibre y su curva:

$$Z_{Aparamenta}(j) = n^0 \times 0.00015 = 1 \times 0.00015 = 0.00015j\ \Omega$$

$$|Z_d| = \sqrt{(Z_{Líneas})^2 + (Z(j))^2} = \sqrt{(0.00169)^2 + (0.0004 + 0.016 + 0.00015)^2}$$

$$= 0.016636$$

$$I_{cc\ max} = \frac{c \times u_{B.T.}}{\sqrt{3} \times |Z_d|} = \frac{1 \times 400}{\sqrt{3} \times 0.016636} = 13881,89\ A$$

El Poder de Corte de este magnetotérmico será de cómo mínimo de 15 KA. No obstante, le asignaremos un poder de corte de 25 KA a este interruptor magnetotérmico.

Para calcular el calibre:



$$I_{calc} < I_n < I_{adm}; 165.17 < I_n < 224$$

Vamos a coger un interruptor automático magnetotérmico de intensidad nominal 200 A, que es la intensidad normalizada, y para ello hemos tenido que subir la sección que íbamos a poner al conductor que iba hasta el cuadro C.A.1 hasta 70 mm<sup>2</sup>.

Calculamos la curva del magnetotérmico:

$$Z_{Línea C.A.1.} = \phi \times \frac{L}{S} = 0.018 \times \frac{22.92}{70} = 0.0058937\Omega$$

Para este cálculo, debemos hallar las impedancias de las líneas a temperatura de cortocircuito:

$$\begin{aligned} Z'_{Línea C.A.1.}(250^\circ) &= Z_{Línea C.A.1.} \times (1 + \alpha \times \Delta T) \\ &= 0.0058937 \times (1 + 0.004 \times 230) = 0.01131\Omega \end{aligned}$$

$$Z'_{DI}(250^\circ) = Z_{DI} \times (1 + \alpha \times \Delta T) = 0.00169 \times (1 + 0.004 \times 230) = 0.003244\Omega$$

Cogemos toda la Aparamenta de la línea

$$Z_{Aparametna}(j) = n^\circ \times 0.00015 = 1 \times 0.00015 = 0.00015j\Omega$$

$$\begin{aligned} Z_d &= Z'_{Líneas} + Z(j) \\ &= 0.0113 + 0.0032499 + (0.0004 + 0.016 + 0.00030)j \\ &= 0.01456 + (0.0167)j \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_o &= 3 \times Z'_{Líneas} + Z_{Trafo}(j) + 3 \times Z_{Aparametna}(j) \\ &= 3 \times (0.0113 + 0.0032499) + (0.016 + 3 \times 0.00030)j \\ &= 0.04368 + 0.0169j \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} |2 \times Z_d + Z_o| &= \sqrt{(2 \times 0.01456 + 0.04368)^2 + ((2 \times 0.0167 + 0.0169)j)^2} \\ &= 0.08849 \end{aligned}$$

$$I_{cc min} = \frac{c \times u_{B.T.} \times \sqrt{3}}{|2 \times Z_d + Z_o|} = \frac{0.95 \times 400 \times \sqrt{3}}{0.08849} = 7437.87 A$$

$$I_{ccF} = I_{cc min} \geq 5 \times I_n = 800 \rightarrow \text{Curva B}$$

$$I_{ccF} = I_{cc min} \geq 10 \times I_n = 1600 \rightarrow \text{Curva C}$$

$$I_{ccF} = I_{cc min} \geq 20 \times I_n = 3200 \rightarrow \text{Curva D}$$

La curva que elegiremos para el magnetotérmico será la curva D.

Comprobamos que el tiempo que soporta el conductor la intensidad de cortocircuito es válido:

$$t_{mcicc} = \frac{C_c \times S^2}{I_{ccf}^2} = \frac{135 \times 160 \times 70^2}{7437.87^2} = 1.91s > 0.1s \rightarrow \text{Válido}$$



### 3.5.2. Resumen de las protecciones magnetotérmica

Las protecciones magnetotérmicas las hemos calculado con las fórmulas y los métodos explicados anteriormente. Una vez calculados el Interruptor magnetotérmico general y el C.A.1 del Cuadro General de Protección y Mando, con la intención de facilitar los cálculos, hemos hecho estas operaciones con una hoja Excel y el resumen lo podemos encontrar en el apartado 3.6 junto con el resumen de la protecciones diferenciales.

### 3.6. Cálculo de las protecciones diferenciales

Las protecciones diferenciales las calcularemos a partir de los calibres calculados anteriormente para los interruptores magnetotérmicos y teniendo en cuenta la solución adoptada para la protección de las instalaciones de la nave.

Las intensidades de los diferenciales tendrán que ser como mínimo del mismo valor que el calibre del interruptor magnetotérmico al que protege y el número de polos será el mismo que el de los magnetotérmicos, es decir, 2 polos para líneas monofásicas y 4 polos para líneas trifásicas.

En cuanto a la sensibilidad de los diferenciales adoptaremos por norma general, 30mA para los circuitos de alumbrado y tomas de corriente y 300mA para los circuitos de maquinaria y motores. Además de esto, utilizaremos una selectividad diferencial vertical para garantizar la máxima protección tanto en los circuitos corrientes aguas arriba, como en las líneas particulares. Para ello, emplearemos diferenciales con rangos de operación separados entre sí (con una relación de 3 por lo menos) y con tiempos de operación mayores para los circuitos que estén aguas arriba.

Resumen de los diferenciales y magnetotérmicos de cada cuadro:

#### C.G.P

Circuito	Receptor	MAGNETOTÉRMICOS			DIFERENCIALES		
		PdC(KA)	Calibre	Curva	I(A)	Sensibilidad	Polos
C.G.P	Derivación individual	50	630		630	300	4
C.G.P	Cuadro Auxiliar 1	25	200	D	200	300	4
C.G.P	Cuadro Auxiliar 2	25	80	D	80	300	4
C.G.P	Cuadro Auxiliar 3	25	125	D	125	300	4
C.G.P	Cuadro Auxiliar 4	25	80	D	80	300	4
C.G.P	Cuadro Auxiliar 5	25	125	C			4
C.G.P	Cuadro Auxiliar 6	25	125	C			4
C.G.P	Cuadro Auxiliar 7	25	125	C			4



## C.A.1

Circuito	Receptor	MAGNETOTÉRMICOS			DIFERENCIALES		
		PdC(KA)	Calibre	Curva	I(A)	Sensibilidad	Polos
	Cabecera del C.A.1		400				
1.1	Encendido taller 1	15	20	B	25	30	2
1.2	Encendido taller 2	15	20	B	25	30	2
1.3	Encendido taller 3	15	20	C	25	30	2
1.4	Encendido taller 4	15	20	C	25	30	2
1.5	Encendido taller 5	15	20	B	25	30	2
1.6	Encendido taller 6	15	20	C	25	30	2
1.7	Encendido taller 7	15	20	C	25	30	2
1.8	Encendido taller 8	15	20	C	25	30	2
1.9	Encendido taller 9	15	20	C	25	30	2
1.10	Emergencias 1	15	6	C	25	30	2
1.11	Emergencias 2	15	6	C	25	30	2

## C.A.2

Circuito	Receptor	MAGNETOTÉRMICOS			DIFERENCIALES		
		PdC(KA)	Calibre	Curva	I(A)	Sensibilidad	Polos
	Cabecera del C.A.2		160				
2.1	Encendido planta baja 1	10	16	C	25	30	2
2.2	Emergencias 1	10	6	C	25	30	2
2.3	Encendido planta baja 2	10	16	B	25	30	2
2.4	Emergencias 2	10	6	D	25	30	2
2.5	Encendido planta baja 3	10	16	B	25	30	2
2.6	Emergencias 3	10	6	D	25	30	2
2.7	Tomas de corriente	10	20	C	25	30	2
2.8	Tomas de corriente	10	20	B	25	30	2
2.9	Tomas SAI	10	10	C	25	30	2

## C.A.3

Circuito	Receptor	MAGNETOTÉRMICOS			DIFERENCIALES		
		PdC(KA)	Calibre	Curva	I(A)	Sensibilidad	Polos



	Cabecera del C.A.3		250				
3.1	Encendido primera planta 1	15	16	C	25	30	2
3.2	Emergencias 1	15	6	D	25	30	2
3.3	Encendido primera planta 2	15	16	C	25	30	2
3.4	Emergencias 2	15	6	D	25	30	2
3.5	Encendido primera planta 3	15	20	C	25	30	2
3.6	Emergencias 3	15	6	D	25	30	2
3.7	Tomas de corriente	15	20	B	25	30	2
3.8	Tomas de corriente	15	20	B	25	30	2
3.9	Tomas SAI	15	10	B	25	30	2

## C.A.4

Circuito	Receptor	MAGNETOTÉRMICOS			DIFERENCIALES		Polos
		PdC(KA)	Calibre	Curva	I(A)	Sensibilidad	
	Cabecera del C.A.4		160				
4.1	Cuadro T.C.1	6	20	C	25	30	4
4.2	Cuadro T.C.2	6	20	C	25	30	4
4.3	Cuadro T.C.3	6	20	C	25	30	4
4.4	Puerta taller	6	6	D	25	300	4
4.5	Alumbrado exterior 1	6	20	B	25	30	2
4.6	Alumbrado exterior 2	6	16	B	25	30	2

## C.A.5

Circuito	Receptor	MAGNETOTÉRMICOS			DIFERENCIALES		Polos
		PdC(KA)	Calibre	Curva	I(A)	Sensibilidad	
	Cabecera del C.A.5		250				
5.1	Sierra 1	10	16	D	25	300	4
5.2	Sierra 2	10	16	D	25	300	4
5.3	Sierra 3	10	16	D	25	300	4
5.4	Esmeriladora 1	10	16	D	25	300	4
5.5	Esmeriladora 2	10	16	D	25	300	4
5.6	Esmeriladora 3	10	16	D	25	300	4
5.7	Torno 1	10	32	D	40	300	4
5.8	Torno 2	10	32	D	40	300	4





## C.A.6

Circuit o	Receptor	MAGNETOTÉRMICOS			DIFERENCIALES		
		PdC(KA)	Calibre	Curv a	I(A)	Sensibilidad	Polos
	Cabecera del C.A.6		250				
6.1	Taladro 1	6	16	D	25	300	4
6.2	Taladro 2	6	16	D	25	300	4
6.3	Taladro 3	6	16	D	25	300	4
6.4	Taladro 4	6	16	D	25	300	4
6.5	Pulidora	6	16	D	25	300	4
6.6	Retestadora	6	16	D	25	300	4
6.7	Mortajadora	6	16	D	25	300	4
6.8	Tronzadora	6	16	D	25	300	4
6.9	Cizalla 1	6	32	C	40	300	4
6.10	Cizalla 2	6	32	C	40	300	4

## C.A.7

Circuito	Receptor	MAGNETOTÉRMICOS			DIFERENCIALES		
		PdC(KA)	Calibre	Curva	I(A)	Sensibilidad	Polos
	Cabecera del C.A.7		250				
7.1	Fresadora 1	6	16	D	25	300	4
7.2	Fresadora 2	6	16	D	25	300	4
7.3	Fresadora 3	6	16	D	25	300	4
7.4	Torno 3	6	32	C	40	300	4
7.5	Compresor	6	16	D	25	300	4
7.6	Rectificador	6	25	C	25	300	4

## C.C.T

Circuito	Receptor	MAGNETOTÉRMICOS			DIFERENCIALES		
		PdC(KA)	Calibre	Curva	I(A)	Sensibilidad	Polos
	Cabecera del C.C.T.	25	25	C	25	30	2
L.CT.1	Alumbrado C.T.	6	10	C			2
L.CT.2	Alumbrado emergencia	6	10	C			2
L.CT.3	Tomas de corriente	6	16	C			2



## 4. Compensación de la reactiva

### 4.1. Dimensiones de la batería

Para calcular la potencia reactiva que vamos a consumir, primero tendremos que calcular el coseno de fi medio de la instalación:

Carga	Circuito	Potencia (W)	Cos Fi	Potencia (VA)
Encendido taller 1	1.1	2000	0,9	2222,22
Encendido taller 2	1.2	2000	0,9	2222,22
Encendido taller 3	1.3	2000	0,9	2222,22
Encendido taller 4	1.4	2000	0,9	2222,22
Encendido taller 5	1.5	2000	0,9	2222,22
Encendido taller 6	1.6	2000	0,9	2222,22
Encendido taller 7	1.7	2000	0,9	2222,22
Encendido taller 8	1.8	2000	0,9	2222,22
Encendido taller 9	1.9	2000	0,9	2222,22
Emergencias 1	1.10	520	0,9	577,78
Emergencias 2	1.11	474	0,9	526,67
Maniobra de encendidos	1.12	-	-	
Encendido planta baja 1	2.1	1684	0,9	1871,11
Emergencias 1	2.2	46	0,9	51,11
Encendido planta baja 2	2.3	1316	0,9	1462,22
Emergencias 2	2.4	38	0,9	42,22
Encendido planta baja 3	2.5	1476	0,9	1640,00
Emergencias 3	2.6	34	0,9	37,78
Tomas de corriente	2.7	3450	0,8	4312,50
Tomas de corriente	2.8	3450	0,8	4312,50
Tomas SAI	2.9	1725	0,8	2156,25
Encendido primera planta 1	3.1	1544	0,9	1715,56
Emergencias 1	3.2	36	0,9	40,00
Encendido primera planta 2	3.3	1680	0,9	1866,67
Emergencias 2	3.4	40	0,9	44,44
Encendido primera planta 3	3.5	1984	0,9	2204,44
Emergencias 3	3.6	64	0,9	71,11
Tomas de corriente	3.7	3450	0,8	4312,50
Tomas de corriente	3.8	3450	0,8	4312,50
Tomas SAI	3.9	1725	0,8	2156,25



<b>Cuadro T.C.1</b>	4.1	11085	0,85	13041,18
<b>Cuadro T.C.2</b>	4.2	11085	0,85	13041,18
<b>Cuadro T.C.3</b>	4.3	11085	0,85	13041,18
<b>Puerta taller</b>	4.4	750	0,9	833,33
<b>Alumbrado exterior 1</b>	4.5	2250	0,9	2500,00
<b>Alumbrado exterior 2</b>	4.6	1300	0,9	1444,44
<b>Maniobra de encendidos</b>	4.7	-	-	
<b>Sierra 1</b>	5.1	4000	0,85	4705,88
<b>Sierra 2</b>	5.2	4000	0,85	4705,88
<b>Sierra 3</b>	5.3	4000	0,85	4705,88
<b>Esmeriladora 1</b>	5.4	5294	0,87	6085,06
<b>Esmeriladora 2</b>	5.5	5294	0,87	6085,06
<b>Esmeriladora 3</b>	5.6	5294	0,87	6085,06
<b>Torno 1</b>	5.7	15000	0,89	16853,93
<b>Torno 2</b>	5.8	15000	0,89	16853,93
<b>Taladro 1</b>	6.1	1500	0,87	1724,14
<b>Taladro 2</b>	6.2	1500	0,87	1724,14
<b>Taladro 3</b>	6.3	1500	0,87	1724,14
<b>Taladro 4</b>	6.4	1500	0,87	1724,14
<b>Pulidora</b>	6.5	3000	0,88	3409,09
<b>Retestadora</b>	6.6	1471	0,9	1634,44
<b>Mortajadora</b>	6.7	2237	0,9	2485,56
<b>Tronzadora</b>	6.8	2237	0,86	2601,16
<b>Cizalla 1</b>	6.9	15000	0,85	17647,06
<b>Cizalla 2</b>	6.10	15000	0,85	17647,06
<b>Fresadora 1</b>	7.1	7500	0,87	8620,69
<b>Fresadora 2</b>	7.2	7500	0,87	8620,69
<b>Fresadora 3</b>	7.3	7500	0,87	8620,69
<b>Torno 3</b>	7.4	15000	0,89	16853,93
<b>Compresor</b>	7.5	7500	0,9	8333,33
<b>Rectificador</b>	7.6	10440	0,86	12139,53
<b>TOTAL</b>		<b>242008</b>		<b>279205,40</b>

La potencia total prevista en la nave es de 242008 W, y aplicando un factor de simultaneidad de 0.9, obtenemos una potencia total de 217807,2 W.

Hallamos el ángulo  $\varphi$  del circuito a partir de la siguiente fórmula:

$$\cos\varphi = \frac{P}{S} = \frac{217807,2}{279205,4} = 0.7801$$

Por lo que con este valor obtenemos que  $\varphi$  es:

$$\varphi = 38,73^\circ$$

Teniendo en cuenta el ángulo de desfase hallado mediante el factor de potencia, la potencia reactiva será:



$$Q = S \times \text{Sen}\varphi = 279205,4 \times 0,62566 = 174687,37 \text{ VAr}$$

Lo que queremos es obtener un factor de potencia cercano a 1, en nuestro caso, hemos elegido 0.97. Entonces, con este factor, la potencia reactiva será:

$$\begin{aligned} \text{Cos } \varphi' &= 0,97 \rightarrow \varphi' = 14,0698 \rightarrow \text{Sen}\varphi' = 0,243 \\ Q' &= S \times \text{Sen}\varphi' = 279205,4 \times 0,243 = 67876,205 \text{ VAr} \end{aligned}$$

Por lo tanto, la potencia reactiva a compensar será:

$$Q_{\text{Comp}} = Q - Q' = 106811,16 \text{ VAr}$$

Esta potencia será la que tengan que suministrar nuestros condensadores. Por lo que colocaremos al lado del Cuadro General de BT una batería automática de condensadores con interruptor automático de 125 KVAR. Exactamente, una batería automática de condensadores de 125 KVAR M12540 de Legrand de 400V. Estas son sus características principales:

- Potencia nominal: 15 kVAr
- Tensión máxima admisible: 470 V
- Grado de polución armónica: SH/ST ≤ 15%
- Pasos: 5
- Composición: 25+50+50
- Dimensiones (mm):
  - Alto: 1000
  - Ancho 350
  - Profundidad: 500
- Peso (kg): 90

Esta dispone de 5 pasos, los cuales saltarán en función de la potencia reactiva que se esté consumiendo en cada momento.

El equipo de compensación de esta gama consiste en una batería compuesta por tres condensadores.

#### 4.2. Cálculo de la conexión de las baterías

Para dimensionar la línea que conectará las baterías a la salida de los contadores debemos introducir unos datos de partida, tales como la tensión (400V), la longitud (49m), la potencia reactiva máxima que nos darán las baterías (125 KVAR) y el  $\text{sen}\varphi$  de los condensadores (que será  $\text{sen}\varphi = 1$ ).

##### Criterio térmico



$$I = \frac{Q}{\sqrt{3} \times V \times \text{Sen}\varphi} = \frac{125000}{\sqrt{3} \times 400 \times 1} = 180,42 \text{ A}$$

#### Criterio de caída de tensión

$$S = \frac{2 \times L \times I \times \text{Cos}\varphi}{c \times V} = \frac{2 \times 49 \times 180,42 \times 0,97}{56 \times 400} = 0,76 \text{ mm}^2$$

Con esta intensidad ya iremos a la tabla de la ITC-REBT 07 y veremos que sección es necesaria ( $50 \text{ mm}^2$ ). Elegiremos una línea subterránea de aislamiento XLPE con una tensión de aislamiento de 0,6/1kV y con un neutro y conductor de protección de  $25 \text{ mm}^2$  de sección. El diámetro exterior de los tubos será de 110 mm según la ITC-RBT 21.

### 4.3. Cálculo de la protección de las batería de condensadores

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

$$I_n = 180,42 \text{ A}$$

La intensidad de cortocircuito será la de la entrada al C.G.P.

$$I_{cc} = 13881,89 \text{ A}$$

Se elige un interruptor magnetotérmico con poder de corte 25 kA y calibre 200 A.

## 5. Cálculo del centro de transformación

### 5.1. Datos del fabricante

Un vez que tenemos la potencia  $Scalc$ , calculada en el apartado 3.2 y cuyo valor es 317246,845VA debemos adoptar el transformador y pedir sus datos al fabricante. Adoptaremos el transformador inmediatamente superior al valor de la potencia, que será el de 400 KVA. El transformador que escogemos es un transformador ORMAZABAL de 400 KVA, aislado mediante aceite y con un nivel de aislamiento de 24KV. El transformador elegido será de “llenado integral”.

	Datos del Transformador
Potencia del transformador (KVA)	400
Pérdidas en el hierro (W)	750



Pérdidas en el cobre (W)	4600
Pérdidas del transformador (W)	5350
Porcentaje de tensión de cortocircuito (%)	4
Potencia de cortocircuito de la red (MVA)	400
Dieléctrico (Aceite) (L)	330

### 5.1.1. Intensidad en el primario y en el secundario

La intensidad de cortocircuito se puede calcular tanto en el primario como en el secundario utilizando las siguientes expresiones:

$$I_p = \frac{S}{\sqrt{3} \times U_p} \quad I_s = \frac{S - P_{fe} - P_{cu}}{\sqrt{3} \times U_s}$$

$I_p$  = Intensidad en el primario (A).

$S$  = Potencia del transformador (KVA).

$U_p$  = Tensión primaria (KV).

$I_s$  = Intensidad de secundario (A).

$P_{fe}$  = Pérdidas en el hierro (KW).

$P_{cu}$  = Pérdidas en el cobre (KW).

$U_s$  = Tensión secundaria (KV).

$$I_p = \frac{S}{\sqrt{3} \times U_p} = \frac{400}{\sqrt{3} \times 13.2} = 17.495 \text{ A}$$

$$I_s = \frac{S - P_{fe} - P_{cu}}{\sqrt{3} \times U_s} = \frac{400 - 0.75 - 4.6}{\sqrt{3} \times 0.4} = 569.628 \text{ A}$$

### 5.1.2. Corriente de cortocircuito en el lado baja y en el alta

La intensidad de cortocircuito se puede calcular tanto en el primario como en el secundario utilizando las siguientes expresiones:

$$I_{ccp} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \times U_p} \quad I_{ccs} = \frac{S}{\sqrt{3} \times \left(\frac{U_{cc}}{100}\right) \times U_s}$$

$I_{ccp}$  = Intensidad de cortocircuito de la red (KA).

$S_{cc}$  = Potencia de cortocircuito de la red (MVA).

$U_p$  = Tensión primaria (KV).

$S$  = Potencia del transformador (MVA).

$I_{ccs}$  = Intensidad de cortocircuito secundaria (KA).

$U_{cc}$  = Tensión de cortocircuito en carga (KV).

$U_s$  = Tensión secundaria en carga (KV).



$$I_{ccp} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \times U_p} = \frac{400}{\sqrt{3} \times 13.2} = 17.495 \text{ KA}$$

$$I_{ccs} = \frac{S}{\sqrt{3} \times \left(\frac{U_{cc}}{100}\right) \times U_s} = \frac{0.4}{\sqrt{3} \times \left(\frac{4}{100}\right) \times 0.4} = 14.433 \text{ KA}$$

## 5.2. Dimensiones del embarrado

### 5.2.1. Celdas

Las celdas a emplear serán de la marca Ormazabal y serán celdas prefabricadas. Las celdas serán de la gama CGMCOSMOS con sistema modular de aislamiento integral en gas y tensión de aislamiento de 24 kV. Las características generales de las celdas de esta gama vienen citadas en el apartado 3.11.7.2 de la memoria.

### 5.2.2. Comprobación por densidad de corriente

La comprobación por densidad de corriente tiene por objeto verificar que el conductor que constituye el embarrado es capaz de conducir la corriente nominal máxima sin sobrepasar la densidad de corriente máxima en régimen permanente. Dado que se utilizan celdas bajo envoltorio metálica fabricadas por SchneSM6 conforme a la normativa vigente, se garantiza lo indicado para la intensidad asignada 630 A.

### 5.2.3. Comprobación por sollicitación electrodinámica

Según la MIE-RAT 05, la resistencia mecánica de los conductores deberá verificar, en caso de cortocircuito que:

$$\sigma_{m\acute{a}x} \geq \frac{(I_{ccp}^2 \times L^2)}{60 \times d \times W}$$

$\sigma_{m\acute{a}x}$  = Valor de la carga de rotura de tracción del material de los conductores.

Para cobre semiduro 2800Kg/cm<sup>2</sup>

$I_{ccp}$  = Intensidad de cortocircuito de la red (KA).

$L$  = Separación longitudinal entre apoyos, en cm.

$d$  = Separación entre fases, en cm.

$W$  = Módulo resistente de los conductores en cm<sup>3</sup>.

Dado que se utilizan celdas bajo envoltorio metálica fabricadas por SchneSM6 conforme a la normativa vigente se garantiza el cumplimiento de la expresión anterior.

### 5.2.4. Comprobación por sollicitación térmica a cortocircuito



La sobreintensidad máxima admisible en cortocircuito para el embarrado se determina:

$$I_{th} = a \times S \times \sqrt{\frac{DT}{t}}$$

$I_{th}$  = Intensidad eficaz (A)

$a$  = 13 para el cobre.

$S$  = Sección del embarrado (mm<sup>2</sup>)

$DT$  = Elevación o incremento máximo de temperatura, 150°C para el cobre

$t$  = Tiempo de duración del cortocircuito (s).

Puesto que se utilizan celdas bajo envolvente metálicas CGMCOSMOS fabricadas por Ormazabal conforme a la normativa vigente, se garantiza que:

$I_{th}$  = 12.5 KA durante 1s.

### 5.3. Protecciones de Media y Baja Tensión.

#### 5.3.1. Media tensión

La protección se realiza utilizando una celda de ruptofusibles cuya señal alimentará a un disparador de un seccionador de puesta a tierra, que efectuará la protección a sobrecargas, cortocircuitos.

#### 5.3.2. Baja tensión

En el circuito de baja tensión del transformador según RU6302 se instalará una caja de protección. Se instalarán fusibles, con una intensidad nominal igual al valor de la intensidad exigida a esa salida, y un poder de corte mayor o igual a la corriente de cortocircuito en el lado de baja tensión.

La descarga del transformador al cuadro de Baja Tensión se realizará con conductores XLPE 0.6/1 KV 400 mm<sup>2</sup> unipolares en instalación enterrada cuya intensidad admisible a 25°C de temperatura del terreno será de 705 A.

### 5.4. Dimensión de la ventilación del Centro de Transformación

La ventilación del Centro de Transformación se llevará a cabo por medio de ventilación natural en las paredes del mismo, y para evitar la entrada de elementos al interior se instalarán unas rejillas. Entonces, vamos a calcular el caudal de aire necesario:

$$Q = \frac{W_{cu} + W_{fe}}{1.16 \times \Delta T}$$

$W_{cu}$  = Pérdidas en cortocircuito del transformado (4.6 KW).





$W_{fe}$  = Pérdidas en vacío del transformador (0.75 KW).

$\Delta t$  = Diferencia de temperatura entre la masa de aire que entra y la que sale (15°C).

Calculamos la superficie de la rejilla, pero para ello debemos calcular la velocidad del aire:

$$v_s = 4.6 \times \frac{\sqrt{H}}{\Delta T}$$

$H$  = Distancia entre los centros de las rejillas de entrada y salida (1.9m).

$\Delta t$  = Diferencia de temperatura entre la masa de aire que entra y la que sale (15°C).

$v_s$  = Velocidad del aire (m/s).

$$S_{eficaz\ rejilla} = \frac{Q}{v_s}$$

$S_{eficaz\ rejilla}$  = Superficie mínima de la rejilla de ventilación (m<sup>2</sup>).

$v_s$  = Velocidad del aire (m/s).

$$S_{rejilla} = 1.4 \times S_{eficaz\ rejilla}$$

$S_{rejilla}$  = Superficie de la rejilla

1.4 = Coeficiente de mayoración de la rejilla del 40% debido a que es el espacio que ocupan las lamas.

Sustituyendo los distintos valores en la fórmula obtenemos la superficie de la rejilla:

$$Q = \frac{W_{cu} + W_{fe}}{1.16 \times \Delta T} = \frac{4.6 + 0.75}{1.16 \times 15} = 0.3074 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$v_s = 4.6 \times \frac{\sqrt{H}}{\Delta T} = 4.6 \times \frac{\sqrt{1.9}}{15} = 0.42271 \text{ m/s}$$

$$S_{eficaz\ rejilla} = \frac{Q}{v_s} = \frac{0.3074}{0.42271} = 0.7274 \text{ m}^2$$

$$S_{rejilla} = 1.4 \times S_{eficaz\ rejilla} = 1.4 \times 0.7274 = 1.0183 \text{ m}^2$$

### 5.5. Dimensión del pozo apagafuegos

El pozo de recogida de aceite será capaz de alojar la totalidad del volumen que contiene el transformador. En este caso, al tratarse de un edificio prefabricado, el fabricante ya ha dimensionado dicho pozo para que pueda almacenar los 350 litros de dieléctrico que tiene según los datos dados por el mismo fabricante.

En la parte superior del depósito colector del dieléctrico se instalará un dispositivo apagallamas que consiste en unas rejillas metálicas que producen la autoextinción del aceite.

### 5.6. Cálculo de la puesta a tierra



### 5.6.1. Terreno

El terreno en el que se prevé construir la nave se trata de un terreno cultivable poco fértil por lo que su resistividad media es de  $500 \Omega \cdot m$ . Como el Centro de Transformación se quiere instalar en la misma parcela, la resistividad que consideraremos será la misma.

### 5.6.2. Corrientes máximas de puesta a tierra y tiempo máximo de eliminación de defecto para esas corrientes

En instalaciones de Alta Tensión de tensión igual o inferior a 30 KV (de tercera categoría) los aspectos a tener en cuenta para los cálculos de falta a tierra son:

- Tipo de neutro:  
Los cálculos variarán si el neutro de la red está aislado, directamente unido a tierra o unido a través de una impedancia.
- Tipo de protecciones de la línea en la subestación más cercana:  
Si se produce un fallo en la red, éste se elimina con la apertura de un elemento de corte que se dispara por la indicación de un medidor de corriente.

Además se pueden producir reenganches posteriores al primer disparo que sólo influirán en los cálculos si se producen en un tiempo inferior a medio segundo.

El tiempo máximo de eliminación del defecto es de 1 segundo, y los valores de la impedancia de puesta a tierra del neutro son de  $38.49 \Omega$ .

Con estos datos y la normativa MIE-RAT 13 podemos obtener los datos de “K y n” para así poder calcular la intensidad máxima de puesta a tierra.

$$V_{ca} = K / t^n$$

Donde:

$V_{ca}$ : Tensión aplicada en V.

t: Duración de la falta en segundos.

K y n: Constantes, en función del tiempo:

Para:

$$0,9 \geq t > 0,1 \rightarrow K = 72 \text{ y } n = 1.$$

$$3 \geq t > 0,9 \rightarrow K = 78,5 \text{ y } n = 0,18.$$

$$5 \geq t > 3 \rightarrow V_{ca} = 64V.$$

$$t > 5 \rightarrow V_{ca} = 50V.$$



En nuestro caso  $K = 78.5$  y  $n = 0.18$ .

Así pues, la intensidad máxima de defecto la podremos calcular introduciendo los datos en la siguiente fórmula:

$$I_{d_{m\acute{a}x}} = \frac{U_{p\ m\acute{a}x}}{\sqrt{3} \times Z_n}$$

$I_{d_{m\acute{a}x}}$  = Intensidad de defecto máxima (A).

$U_{p\ m\acute{a}x}$  = Tensión del primario máxima (V).

$Z_n$  = Valor de la impedancia de puesta a tierra del neutro ( $\Omega$ ).

En un futuro próximo se prevé que la tensión de servicio de Media Tensión pase de 13.2 KV a 20 KV, y al producirse esta circunstancia, la instalación de tierra deberá cumplir la normativa para seguir en funcionamiento, por lo que deberemos dimensionarla para la situación más desfavorable. Por lo tanto, los cálculos se deberán realizar para una tensión de 20 KV.

$$I_{d_{m\acute{a}x}} = \frac{U_{p\ m\acute{a}x}}{\sqrt{3} \times Z_n} = \frac{20000}{\sqrt{3} \times 38.49} = 300\ A$$

### 5.6.3. Diseño de la instalación de tierra

Para los cálculos a realizar se emplearán las expresiones y procedimientos del “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 de cálculo.

#### 5.6.3.1. Tierra de protección

A este sistema se conectarán 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, carcasas de los transformadores, edificio prefabricado, puertas de acceso, rejillas de ventilación,...

- Código 50-40/5/46 del método de cálculo de tierras de UNESA. Este código indica:
  - Con los 2 primeros números (50), el largo de la tierra de protección en dm.
  - Con los 2 siguientes números (40), el ancho de la tierra de protección en dm.
  - Con el número entre barras (5), la profundidad a la que se instalarán las picas de la tierra de protección en dm.



- Con el penúltimo número (4), se indica el número de picas que se pondrán.
- Con el último número (6), se indica la longitud de las picas en metros.
- Parámetros característicos:

$$Kr = 0.061 \left( \frac{\Omega}{\Omega \times m} \right)$$

$$Kp = 0.0126 \left( \frac{V}{\Omega \times A} \right)$$

- Descripción

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

Las picas tendrán un diámetro de 14 mm y una longitud de 6 m. Se enterrarán verticalmente a una profundidad de 0.5 m y la separación entre cada pica y la siguiente será de 4 y 5 m, dependiendo del lado. Con esta configuración, la longitud de conductor desde la primera pica a la última será de 18m.

Se puede utilizar otras configuraciones siempre y cuando los parámetros Kp y Kr de la configuración escogida sean inferiores o iguales a los indicados anteriormente.

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

### 5.6.3.2. 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.

Las características de las picas serán las mismas que las indicadas para la tierra de protección. La configuración escogida se describe a continuación.

- Código 5/44 del método de cálculo de tierras de UNESA.
  - Con el primer número (5), se indica la profundidad a la que se instalarán las picas de la tierra de servicio en dm.
  - Con el penúltimo número (4), se indica el número de picas que se pondrán.
  - Con el último número (4), se indica la longitud de las picas en metros.
- Parámetros característicos:

$$Kr = 0.0572 \left( \frac{\Omega}{\Omega \times m} \right)$$

$$Kp = 0.00919 \left( \frac{V}{\Omega \times A} \right)$$

- Descripción

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

Las picas tendrán un diámetro de 14 mm y una longitud de 4 m. Se enterrarán verticalmente a una profundidad de 0.5 m y la separación entre cada pica y la siguiente



será de 6m. Con esta configuración, la longitud de conductor desde la primera pica a la última será de 18m, dimensión que tendrá que haber disponible en el terreno.

Se puede utilizar otras configuraciones siempre y cuando los parámetros  $K_p$  y  $K_r$  de la configuración escogida sean inferiores o iguales a los indicados anteriormente.

La conexión desde el Centro de Transformación hasta la primera pica se realizará con cable de cobre de 50 mm<sup>2</sup> aislado de 0.6/1KV bajo tubo de plástico con grado de protección contra daños mecánicos de 7 como mínimo.

El valor de la resistencia de puesta a tierra de este electrodo deberá ser inferior a 37Ω. Con este criterio se consigue que un defecto a tierra en una instalación de Baja Tensión protegida contra contactos indirectos por un interruptor diferencial de sensibilidad 300 mA no ocasione en el electrodo de puesta a tierra una tensión superior a 24 V (=37 x 300).

Existirá una separación mínima entre picas de la 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.

#### 5.6.4. Cálculo de la resistencia de la instalación de tierra

##### 5.6.4.1. Tierra de protección

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

$$R_t = Kr \times \rho$$

$$I_d = \frac{U_p \text{ máx}}{\sqrt{3} \times \sqrt{(R_n + R_t)^2 + X_n^2}}$$

$$U_d = I_d \times R_t$$

$R_t$  = Resistencia de puesta a tierra (Ω)

$$Kr = 0.061 \left( \frac{\Omega}{\Omega \times m} \right)$$

$$\rho = 500 (\Omega \times m)$$

$I_d$  = Intensidad de defecto (A)

$U_p \text{ máx}$  = Tensión del primario máxima (V).

$R_n$  y  $X_n$  = Dan valor a la impedancia de puesta a tierra del neutro:

$$Z_n = \sqrt{R_n^2 + X_n^2} = \sqrt{38.49^2 + 0^2} = 38.49\Omega$$

$U_d$  = Tensión de defecto (V)



Cálculo:

$$R_t = Kr \times \rho = 0.061 \times 500 = 30,5\Omega$$

$$Id = \frac{U_{p \text{ máx}}}{\sqrt{3} \times \sqrt{(R_n + R_t)^2 + X_n^2}} = \frac{13200}{\sqrt{3} \times \sqrt{(38.49 + 30,5)^2 + 0^2}} = 110,46 \text{ A}$$

$$Ud = Id \times R_t = 110,46 \times 30,5 = 3369,2016 \text{ V}$$

El aislamiento de las instalaciones de Baja Tensión del Centro de Transformación deberá ser mayor o igual que la tensión máxima de defecto calculada (Ud), por lo que deberá ser como mínimo 10000V.

De esta manera se evitará que las sobretensiones que aparezcan al producirse un defecto en la parte de Alta Tensión deterioren los elementos de Baja Tensión del Centro.

Comprobamos además que la intensidad de defecto calculada es superior a 100A, lo que permitirá que pueda ser detectada por las protecciones normales.

Resumiendo:

- Configuración: 50-40/5/46
- Geometría: Anillo
- Dimensiones: 5x4 metros
- Profundidad del electrodo: 0.5 metros
- Número de picas: 4
- Resistencia  $Kr=0.061 \left( \frac{\Omega}{\Omega \times m} \right)$
- Tensión de paso  $Kp=0.0126 \left( \frac{V}{\Omega \times A} \right)$
- Tensión de contacto  $Kc=0.0239 \left( \frac{V}{\Omega \times m \times A} \right)$

#### 5.6.4.2. Tierra de servicio

Con el valor correspondiente al electrodo elegido y multiplicando por la resistividad del terreno, se obtiene el valor de la resistencia de tierra de servicio.

$$R_t = Kr \times \rho$$

Cálculo:

$$R_t = Kr \times \rho = 0.0572 \times 500 = 28.6\Omega < 37\Omega$$

Resumiendo:

- Configuración: 5/44
- Geometría: picas en hilera
- Profundidad del electrodo: 0.5 metros.
- Número de picas: 4



- Longitud de las picas: 4 metros
- Distancia entre picas: 6 metros
- Resistencia  $K_r = 0.0572 \left( \frac{\Omega}{\Omega \times m} \right)$
- Tensión de paso  $K_p = 0.00919 \left( \frac{V}{\Omega \times A} \right)$

### 5.6.5. Cálculo de las tensiones exteriores de la instalación

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

Los muros, entre sus parámetros tendrán una resistencia de  $100000\Omega$ .

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

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

$$U_{p \text{ ext}} = K_p \times \rho \times Id = 0.0126 \times 500 \times 110.46 = 695.898 \text{ V}$$

### 5.6.6. Cálculo de las tensiones en el interior de la instalación

En el piso del Centro de Transformación se instalará un mallazo electro-soldado, con redondos de diámetro no inferior a 4 mm, formando una retícula no superior a  $0,30 \times 0,30$  m. Este mallazo se conectará como mínimo en dos puntos opuestos de la puesta a tierra de protección del Centro de Transformación. Dicho mallazo estará cubierto por una capa de hormigón de 10 cm. como mínimo.

Con esta medida se consigue que la persona que deba acceder a una parte que pueda quedar en tensión, de forma eventual, esté sobre una superficie equipotencial, con lo que desaparece el riesgo de la tensión de contacto y de paso interior.

De esta forma no será necesario el cálculo de las tensiones de contacto y de paso en el interior, ya que su valor será prácticamente cero.

No obstante, la existencia de una superficie equipotencial conectada al electrodo de tierra, hace que la tensión de paso en el acceso sea equivalente al valor de la tensión de contacto exterior:

$$U_{p \text{ acceso}} = K_c \times Id \times \rho = 0.0239 \times 110.46 \times 500 = 1319.997 \text{ V}$$

### 5.6.7. Cálculo de las tensiones máximas aplicadas

La tensión máxima de contacto aplicada que puede aceptarse según el reglamento MIE-RAT 13 es:

$$U_{ca} = \frac{K}{t^n}$$

$U_{ca}$  = Tensión máxima de contacto aplicada (V).

$K = 78.5$



$t = 1s$ . Duración de la falta en segundos

$n = 0.18$

Cálculo:

$$U_{ca} = \frac{K}{t^n} = \frac{78.5}{1^{0.18}} = 78.5 V$$

Para la determinación de los valores máximos admisibles de la tensión de paso en el exterior, y en el acceso al Centro de Transformación, emplearemos las siguientes expresiones:

$$U_{p \text{ exterior}} = 10 \times \frac{K}{t^n} \times \left(1 + \frac{6 \times \rho}{1000}\right)$$

$$U_{p \text{ exterior}} = 10 \times \frac{K}{t^n} \times \left(1 + \frac{3 \times \rho + 3 \times \rho_H}{1000}\right)$$

$U_p$  = Tensión de paso (V).

$K = 78.5$

$n = 0.18$

$t = 1$  Duración de la falta (segundos).

$\rho = 500$  Resistividad del terreno ( $\Omega\text{m}$ ).

$\rho_H = 3000$  Resistividad del terreno ( $\Omega\text{m}$ ).

Calculamos:

$$U_{p \text{ exterior}} = 10 \times \frac{K}{t^n} \times \left(1 + \frac{6 \times \rho}{1000}\right) = 10 \times \frac{78.5}{1^{0.18}} \times \left(1 + \frac{6 \times 500}{1000}\right) = 3140 V$$

$$U_{p \text{ acceso}} = 10 \times \frac{K}{t^n} \times \left(1 + \frac{3 \times \rho + 3 \times \rho_H}{1000}\right)$$

$$= 10 \times \frac{78.5}{1^{0.18}} \times \left(1 + \frac{3 \times 500 + 3 \times 3000}{1000}\right) = 6672.5 V$$

Comprobamos que los valores calculados son inferiores a los admisibles por reglamento:

$$U_{p \text{ ext}} = 695.898 V < U_{p \text{ exterior}} (MIE - RAT) = 3140 V$$

$$U_{p \text{ acceso}} = 1319.997 V < U_{p \text{ acceso}} (MIE - RAT) = 6672.5 V$$

### 5.6.8. Investigación de tensiones transferibles al exterior.

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

No obstante, con el objeto de garantizar que el sistema de puesta a tierra de servicio no alcance tensiones elevadas que puedan afectar a las instalaciones de los usuarios, cuando se produce un defecto, existirá una distancia de separación mínima  $D_{\text{mín}}$ , entre los electrodos de los sistemas de puesta a tierra de protección y de servicio, determinada por la expresión:





$$D_{\min} = \frac{\rho \times Id}{2 \times 1000 \times \pi} = \frac{500 \times 110.46}{2000 \times \pi} = 8,79 \text{ m}$$

### 5.6.9. Corrección y ajuste del diseño inicial estableciendo el definitivo.

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

## 6. 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-REBT 18 como con la ITC-REBT 24.

La tensión de contacto que estableceremos como la máxima  $f$ , por lo que la resistencia de tierra calculada multiplicada por la corriente máxima que permite los dispositivos de protección no debe sobrepasar dicho valor.

$$Ra \times Ia < U=24V$$

$Ra$ = Resistencia de puesta a tierra junto con los conductores de protección.

$Ia$ = Intensidad máxima que soporta el dispositivo de protección.

$U$ = Tensión de contacto máxima permitida.

### 6.1. Red de tierra

Para el cálculo de la resistencia de tierra tendremos en cuenta las siguientes ecuaciones:

- Para las picas

$$R_p = \frac{\rho}{L_1} \quad R_{pt} = n \times R_p$$

$R_p$ =Resistencia de una pica.

$R_{pt}$  = Resistencia de las picas usadas.

$n$  = Número de picas.

$\rho$  = Resistividad del terreno ( $\Omega \times m$ ).

$L_1$ = Longitud de pica (m).



- Para el conductor desnudo

$$R_c = \frac{2\rho}{L_2}$$

$R_c$  = Resistencia del cable ( $\Omega$  x m).

$L_2$  = Longitud del conductor (m).

Una vez que tenemos las expresiones debemos saber la longitud de las picas que vamos a utilizar, la longitud del cable desnudo de  $50 \text{ mm}^2$  de sección y la resistividad del terreno:

$\rho = 500 \Omega \cdot m$  (Terreno cultivable poco fértil).

Longitud cable enterrado (m) = 203,5 m.

Número de picas de 2 m = 6.

$$R_p = \frac{\rho}{L_1} = \frac{500}{2} = 250 \Omega$$

$$R_{pt} = n \times R_p = 6 \times 250 = 1500 \Omega$$

$$R_c = \frac{2\rho}{L_2} = \frac{2 \times 500}{203,5} = 4,914 \Omega$$

La resistencia total de tierra la hallaremos mediante el paralelo entre la resistencia de las picas y la del cable:

$$\frac{1}{R_a} = \frac{1}{R_{pt}} + \frac{1}{R_c} = \frac{1}{1500} + \frac{1}{4,914} = 0.204 \Omega$$

$$R_a = 4.898 \Omega$$

Una vez calculada la resistencia de tierra debemos ver si se cumple el reglamento:

$$U_c = R_a \times I_a = 4.898 \times 0.3 = 1.469 \text{ V} < 24 \text{ V} \rightarrow \text{Se cumple el reglamento.}$$

## 7. Resumen secciones y protecciones

Secciones de la instalación:

LÍNEA	Conductor (mm <sup>2</sup> )	Neutro (mm <sup>2</sup> )	C.P. (mm <sup>2</sup> )	DESIGNACIÓN
<b>D.I</b>	185	95	95	3x(3x185/95 + 95 TT)
<b>C.A.1</b>	70	35	35	3x70/35 + 35 TT
<b>C.A.2</b>	16	10	16	3x16/10 + 16 TT
<b>C.A.3</b>	35	16	16	3x35/16 + 16 TT
<b>C.A.4</b>	16	10	16	3x16/10 + 16 TT



<b>C.A.5</b>	35	16	16	$3 \times 35/16 + 16$ TT
<b>C.A.6</b>	35	16	16	$3 \times 35/16 + 16$ TT
<b>C.A.7</b>	35	16	16	$3 \times 35/16 + 16$ TT
<b>1.1</b>	2,5	2,5	2,5	$2 \times 2,5 + 2,5$ TT
<b>1.2</b>	2,5	2,5	2,5	$2 \times 2,5 + 2,5$ TT
<b>1.3</b>	2,5	2,5	2,5	$2 \times 2,5 + 2,5$ TT
<b>1.4</b>	2,5	2,5	2,5	$2 \times 2,5 + 2,5$ TT
<b>1.5</b>	1,5	1,5	1,5	$2 \times 1,5 + 1,5$ TT
<b>1.6</b>	1,5	1,5	1,5	$2 \times 1,5 + 1,5$ TT
<b>1.7</b>	1,5	1,5	1,5	$2 \times 1,5 + 1,5$ TT
<b>1.8</b>	1,5	1,5	1,5	$2 \times 1,5 + 1,5$ TT
<b>1.9</b>	2,5	2,5	2,5	$2 \times 2,5 + 2,5$ TT
<b>1.10</b>	2,5	2,5	2,5	$2 \times 2,5 + 2,5$ TT
<b>1.11</b>	1,5	1,5	1,5	$2 \times 1,5 + 1,5$ TT
<b>2.1</b>	2,5	2,5	2,5	$2 \times 2,5 + 2,5$ TT
<b>2.2</b>	1,5	1,5	1,5	$2 \times 1,5 + 1,5$ TT
<b>2.3</b>	1,5	1,5	1,5	$2 \times 1,5 + 1,5$ TT
<b>2.4</b>	1,5	1,5	1,5	$2 \times 1,5 + 1,5$ TT
<b>2.5</b>	1,5	1,5	1,5	$2 \times 1,5 + 1,5$ TT
<b>2.6</b>	1,5	1,5	1,5	$2 \times 1,5 + 1,5$ TT
<b>2.7</b>	4	4	4	$2 \times 4 + 4$ TT
<b>2.8</b>	6	6	6	$2 \times 6 + 6$ TT
<b>2.9</b>	2,5	2,5	2,5	$2 \times 2,5 + 2,5$ TT
<b>3.1</b>	2,5	2,5	2,5	$2 \times 2,5 + 2,5$ TT
<b>3.2</b>	1,5	1,5	1,5	$2 \times 1,5 + 1,5$ TT
<b>3.3</b>	2,5	2,5	2,5	$2 \times 2,5 + 2,5$ TT
<b>3.4</b>	1,5	1,5	1,5	$2 \times 1,5 + 1,5$ TT
<b>3.5</b>	2,5	2,5	2,5	$2 \times 2,5 + 2,5$ TT
<b>3.6</b>	1,5	1,5	1,5	$2 \times 1,5 + 1,5$ TT
<b>3.7</b>	6	6	6	$2 \times 6 + 6$ TT
<b>3.8</b>	10	10	10	$2 \times 10 + 10$ TT
<b>3.9</b>	4	4	4	$2 \times 4 + 4$ TT
<b>4.1</b>	10	10	10	$3 \times 10/10 + 10$ TT
<b>4.2</b>	10	10	10	$3 \times 10/10 + 10$ TT
<b>4.3</b>	10	10	10	$3 \times 10/10 + 10$ TT
<b>4.4</b>	1,5	1,5	1,5	$3 \times 1,5/1,5 + 1,5$ TT
<b>4.5</b>	4	4	4	$2 \times 4 + 4$ TT
<b>4.6</b>	4	4	4	$2 \times 4 + 4$ TT
<b>5.1</b>	1,5	1,5	1,5	$3 \times 1,5/1,5 + 1,5$ TT
<b>5.2</b>	1,5	1,5	1,5	$3 \times 1,5/1,5 + 1,5$ TT
<b>5.3</b>	1,5	1,5	1,5	$3 \times 1,5/1,5 + 1,5$ TT
<b>5.4</b>	1,5	1,5	1,5	$3 \times 1,5/1,5 + 1,5$ TT
<b>5.5</b>	1,5	1,5	1,5	$3 \times 1,5/1,5 + 1,5$ TT



5.6	1,5	1,5	1,5	3x1,5/1,5 + 1,5 TT
5.7	4	4	4	3x4/4 + 4 TT
5.8	4	4	4	3x4/4 + 4 TT
6.1	1,5	1,5	1,5	3x1,5/1,5 + 1,5 TT
6.2	1,5	1,5	1,5	3x1,5/1,5 + 1,5 TT
6.3	1,5	1,5	1,5	3x1,5/1,5 + 1,5 TT
6.4	1,5	1,5	1,5	3x1,5/1,5 + 1,5 TT
6.5	1,5	1,5	1,5	3x1,5/1,5 + 1,5 TT
6.6	1,5	1,5	1,5	3x1,5/1,5 + 1,5 TT
6.7	1,5	1,5	1,5	3x1,5/1,5 + 1,5 TT
6.8	1,5	1,5	1,5	3x1,5/1,5 + 1,5 TT
6.9	4	4	4	3x4/4 + 4 TT
6.10	4	4	4	3x4/4 + 4 TT
7.1	1,5	1,5	1,5	3x1,5/1,5 + 1,5 TT
7.2	1,5	1,5	1,5	3x1,5/1,5 + 1,5 TT
7.3	1,5	1,5	1,5	3x1,5/1,5 + 1,5 TT
7.4	4	4	4	3x4/4 + 4 TT
7.5	1,5	1,5	1,5	3x1,5/1,5 + 1,5 TT
7.6	2,5	2,5	2,5	3x2,5/2,5 + 2,5 TT

Protecciones diferenciales y magnetotérmicas de los cuadros:

Circuito	Receptor	MAGNETOTÉRMICOS			DIFERENCIALES		
		PdC(KA)	Calibre	Curva	I(A)	Sensibilidad	Polos
C.G.P	C.G.P.	50	630		630	300	4
C.G.P	Cuadro Auxiliar 1	25	200	D	200	300	4
C.G.P	Cuadro Auxiliar 2	25	80	D	80	300	4
C.G.P	Cuadro Auxiliar 3	25	125	D	125	300	4
C.G.P	Cuadro Auxiliar 4	25	80	D	80	300	4
C.G.P	Cuadro Auxiliar 5	25	125	C			4
C.G.P	Cuadro Auxiliar 6	25	125	C			4
C.G.P	Cuadro Auxiliar 7	25	125	C			4
	<b>Cabecera del C.A.1</b>		400				
1.1	Encendido taller 1	15	20	B	25	30	2
1.2	Encendido taller 2	15	20	B	25	30	2
1.3	Encendido taller 3	15	20	C	25	30	2
1.4	Encendido taller 4	15	20	C	25	30	2
1.5	Encendido taller 5	15	20	B	25	30	2
1.6	Encendido taller 6	15	20	C	25	30	2
1.7	Encendido taller 7	15	20	C	25	30	2
1.8	Encendido taller 8	15	20	C	25	30	2



1.9	Encendido taller 9	15	20	C	25	30	2
1.10	Emergencias 1	15	6	C	25	30	2
1.11	Emergencias 2	15	6	C	25	30	2
	<b>Cabecera del C.A.2</b>		160				
2.1	Encendido planta baja 1	10	16	C	25	30	2
2.2	Emergencias 1	10	6	C	25	30	2
2.3	Encendido planta baja 2	10	16	B	25	30	2
2.4	Emergencias 2	10	6	D	25	30	2
2.5	Encendido planta baja 3	10	16	B	25	30	2
2.6	Emergencias 3	10	6	D	25	30	2
2.7	Tomas de corriente	10	20	C	25	30	2
2.8	Tomas de corriente	10	20	B	25	30	2
2.9	Tomas SAI	10	10	C	25	30	2
	<b>Cabecera del C.A.3</b>		250				
3.1	Encendido primera planta 1	15	16	C	25	30	2
3.2	Emergencias 1	15	6	D	25	30	2
3.3	Encendido primera planta 2	15	16	C	25	30	2
3.4	Emergencias 2	15	6	D	25	30	2
3.5	Encendido primera planta 3	15	20	C	25	30	2
3.6	Emergencias 3	15	6	D	25	30	2
3.7	Tomas de corriente	15	20	B	25	30	2
3.8	Tomas de corriente	15	20	B	25	30	2
3.9	Tomas SAI	15	10	B	25	30	2
	<b>Cabecera del C.A.4</b>		160				
4.1	Cuadro T.C.1	6	20	C	25	30	4
4.2	Cuadro T.C.2	6	20	C	25	30	4
4.3	Cuadro T.C.3	6	20	C	25	30	4
4.4	Puerta taller	6	6	D	25	300	4
4.5	Alumbrado exterior 1	6	20	B	25	30	2
4.6	Alumbrado exterior 2	6	16	B	25	30	2
	<b>Cabecera del C.A.5</b>		250				
5.1	Sierra 1	10	16	D	25	300	4
5.2	Sierra 2	10	16	D	25	300	4
5.3	Sierra 3	10	16	D	25	300	4
5.4	Esmeriladora 1	10	16	D	25	300	4
5.5	Esmeriladora 2	10	16	D	25	300	4
5.6	Esmeriladora 3	10	16	D	25	300	4



5.7	Torno 1	10	32	D	40	300	4
5.8	Torno 2	10	32	D	40	300	4
	<b>Cabecera del C.A.6</b>		250				
6.1	Taladro 1	6	16	D	25	300	4
6.2	Taladro 2	6	16	D	25	300	4
6.3	Taladro 3	6	16	D	25	300	4
6.4	Taladro 4	6	16	D	25	300	4
6.5	Pulidora	6	16	D	25	300	4
6.6	Retestadora	6	16	D	25	300	4
6.7	Mortajadora	6	16	D	25	300	4
6.8	Tronzadora	6	16	D	25	300	4
6.9	Cizalla 1	6	32	C	40	300	4
6.10	Cizalla 2	6	32	C	40	300	4
	<b>Cabecera del C.A.7</b>		250				
7.1	Fresadora 1	6	16	D	25	300	4
7.2	Fresadora 2	6	16	D	25	300	4
7.3	Fresadora 3	6	16	D	25	300	4
7.4	Torno 3	6	32	C	40	300	4
7.5	Compresor	6	16	D	25	300	4
7.6	Rectificador	6	25	C	25	300	4
	<b>Cabecera del C.C.T.</b>	25	25	C	25	30	2
L.CT.1	Alumbrado C.T.	6	10	C			2
L.CT.2	Alumbrado emergencia	6	10	C			2
L.CT.3	Tomas de corriente	6	16	C			2

PAMPLONA, 11 DE ENERO DEL 2013

ATARRATZE ROTA VILLANUEVA



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

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

DOCUMENTO 3: PLANOS

Alumno: Atarratze Rota Villanueva

Tutor: Rafael Gonzaga Jarquin

Pamplona, 11/01/2013

## **INDICE**

### **PLANOS**

### **PÁGINA.**

1. SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO	2
2. SUPERFICIES DE LA NAVE	3
3. ALUMBRADO INTERIOR Y EXTERIOR	4
4. ALUMBRADO DE EMERGENCIA	5
5. INTERRUPTORES Y TOMAS DE CORRIENTE	6
6. CANALIZACIONES EN BANDEJA	7
7. SITUACIÓN DE LOS CUADROS ELÉCTRICOS	8
8. DISTRIBUCIÓN DE LA MAQUINARIA	9
9. DISTRIBUCIÓN DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	10
10. UNIFILAR CUADRO GENERAL DE DISTRIBUCIÓN	11
11. UNIFILAR CUADRO AUXILIAR 1	12
12. UNIFILAR CUADRO AUXILIAR 2	13
13. UNIFILAR CUADRO AUXILIAR 3	14
14. UNIFILAR CUADRO AUXILIAR 4	15
15. UNIFILAR CUADRO AUXILIAR 5	16
16. UNIFILAR CUADRO AUXILIAR 6	17
17. UNIFILAR CUADRO AUXILIAR 7	18
18. UNIFILAR CUADRO DE BAJA TENSIÓN DEL C.T.	19
19. UNIFILAR CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	20
20. PUESTA A TIERRA DE LA NAVE	21
21. PUESTA A TIERRA DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	22



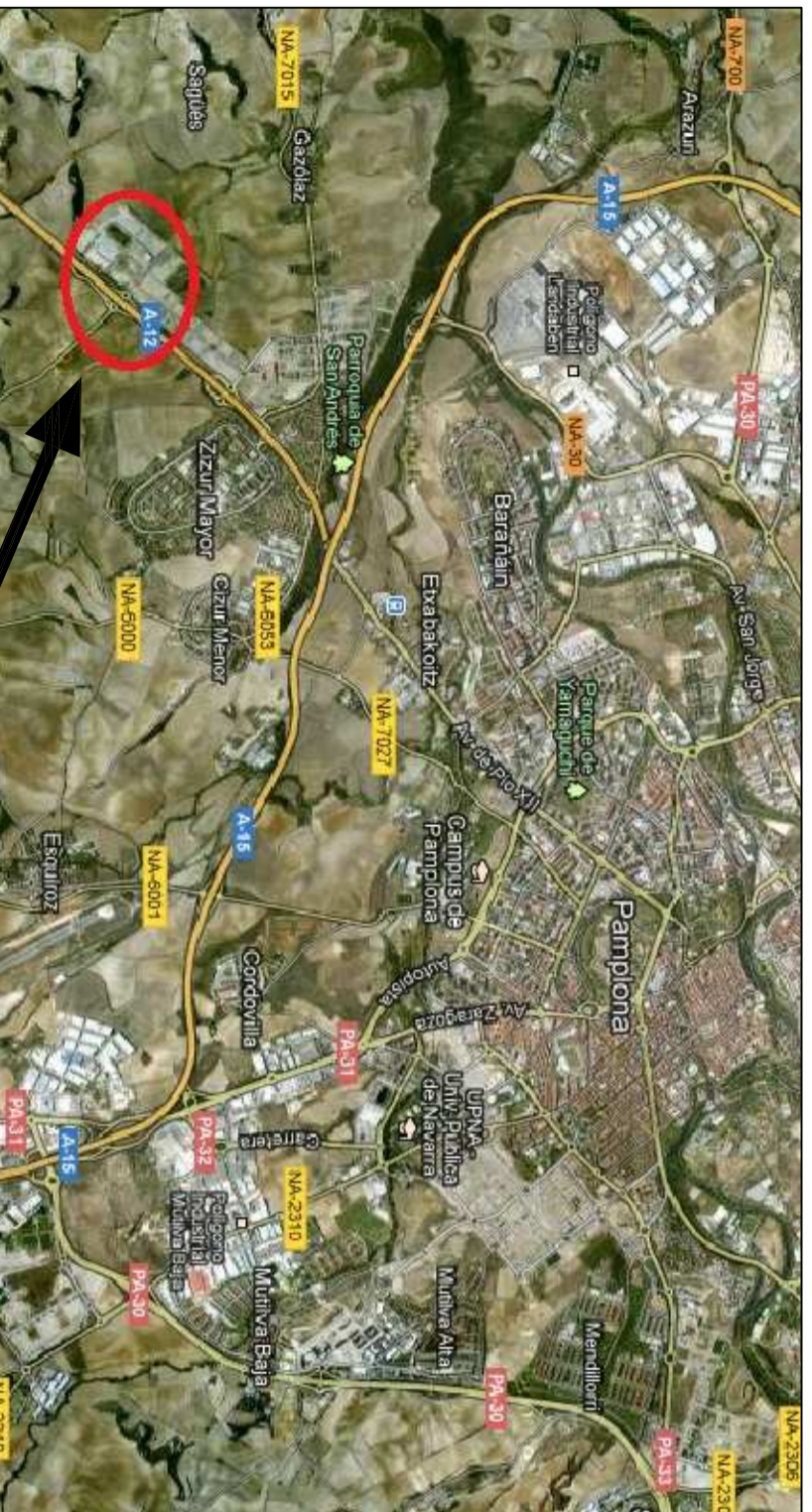
## SITUACIÓN DE LA NAVE



ESCALA 1:6664


LA PARCELA EN LA QUE SE CONSTRUIRÁ LA NAVE ESTÁ SITUADA EN LA POBLACIÓN DE GAZÓLAZ, EN EL POLÍGONO INDUSTRIAL 3. PARCELA 449

## EMPLAZAMIENTO DE LA NAVE



ESCALA 1:60000

LA NAVE SE ENCUENTRA SITUADA EN EL MUNICIPIO DE CIZUR

 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>E.T.S.I.I.T.</b>	DEPARTAMENTO:
	INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL
PROYECTO: INSTALACION ELECTRICA EN BAJA TENSION DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACION	REALIZADO: ROTA VILLANUEVA, ATARRAITZE	
PLANO: SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO DE LA NAVE	FIRMA:	
	FECHA: 11/01/13	ESCALA: S/E
		Nº PLANO: 1



Centro de transformación  
área 10,61 m<sup>2</sup>

Exterior  
Zona 4  
área 366 m<sup>2</sup>

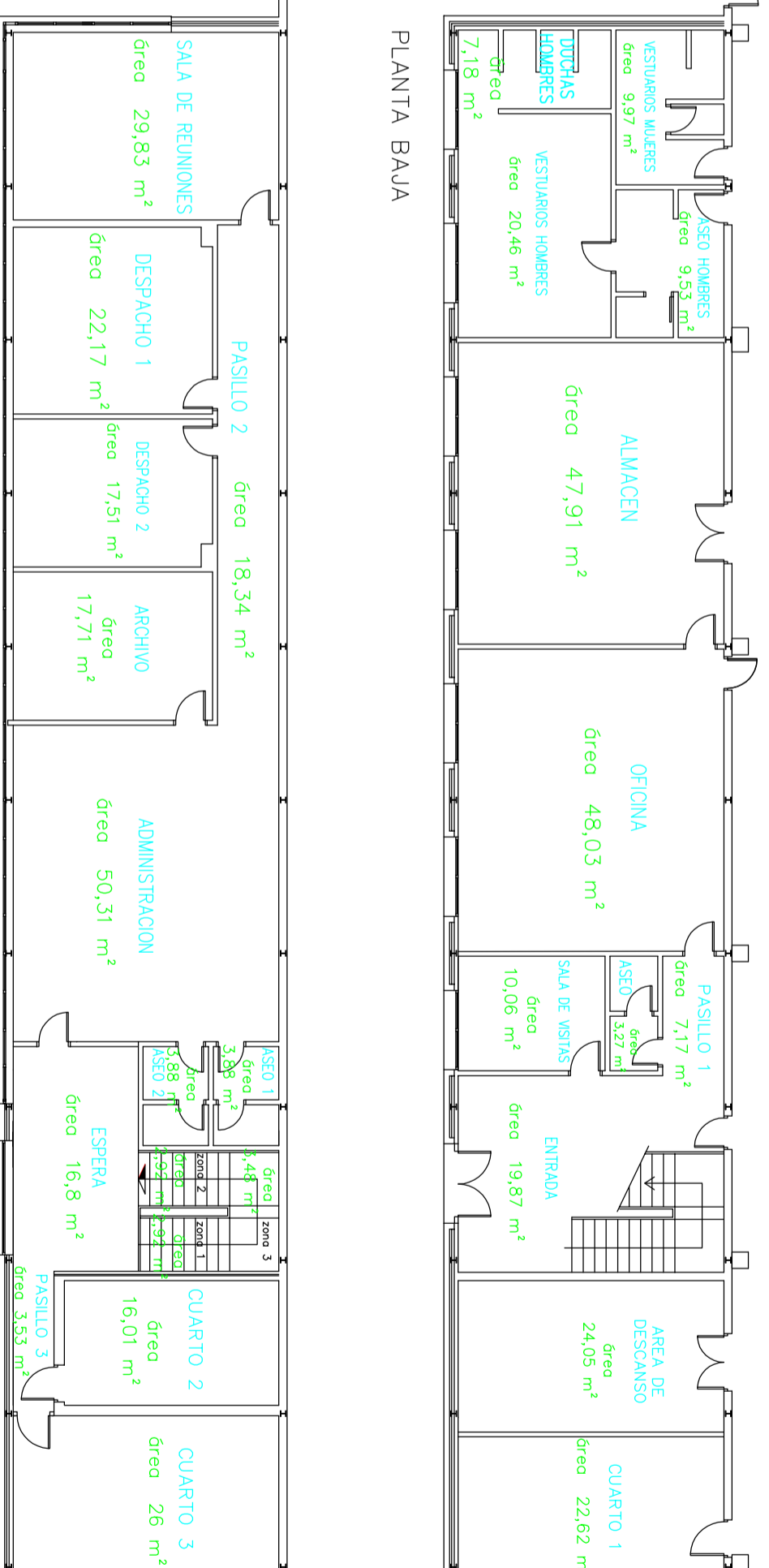
TALLER  
área 1478,64 m<sup>2</sup>

Exterior  
Zona 5  
área 148,8 m<sup>2</sup>

Exterior  
Zona 3  
área 139,9 m<sup>2</sup>

Exterior  
Zona 1  
área 180,16 m<sup>2</sup>

### PLANTA BAJA



### PLANTA PRIMERA

Exterior  
Zona 2  
área 230,46 m<sup>2</sup>

Universidad Pública  
de Navarra  
Nafarroako  
Unibertsitate Publikoa

**E.T.S.I.I.T.**  
INGENIERO  
TECNICO INDUSTRIAL E.

DEPARTAMENTO:  
DEPARTAMENTO DE  
PROYECTOS E ING. RURAL

REALIZADO:  
ROTA VILLANUEVA,  
ATARRATZE

PROYECTO:  
INSTALACION ELECTRICA EN BAJA TENSION  
DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE  
TRANSFORMACION

FIRMA:

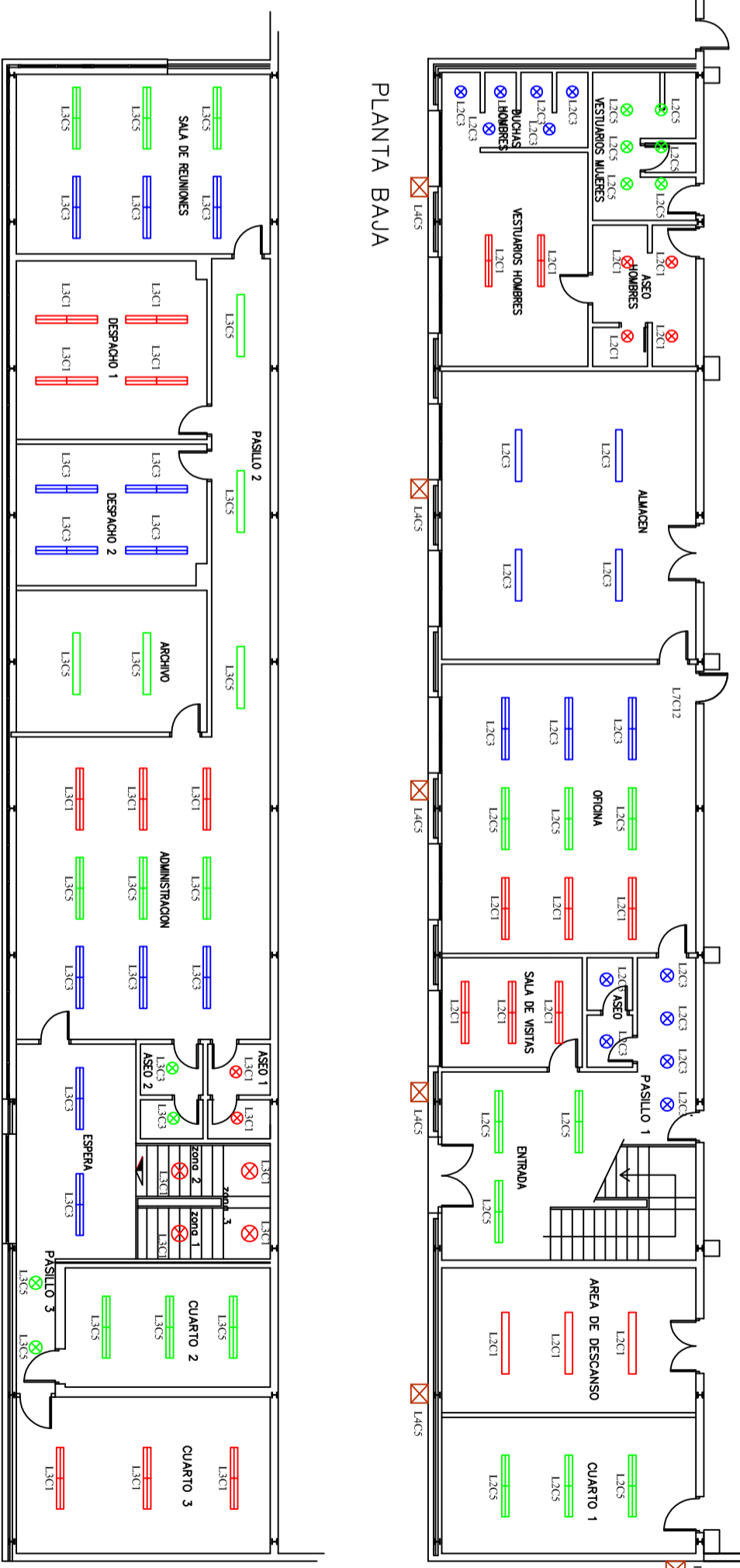
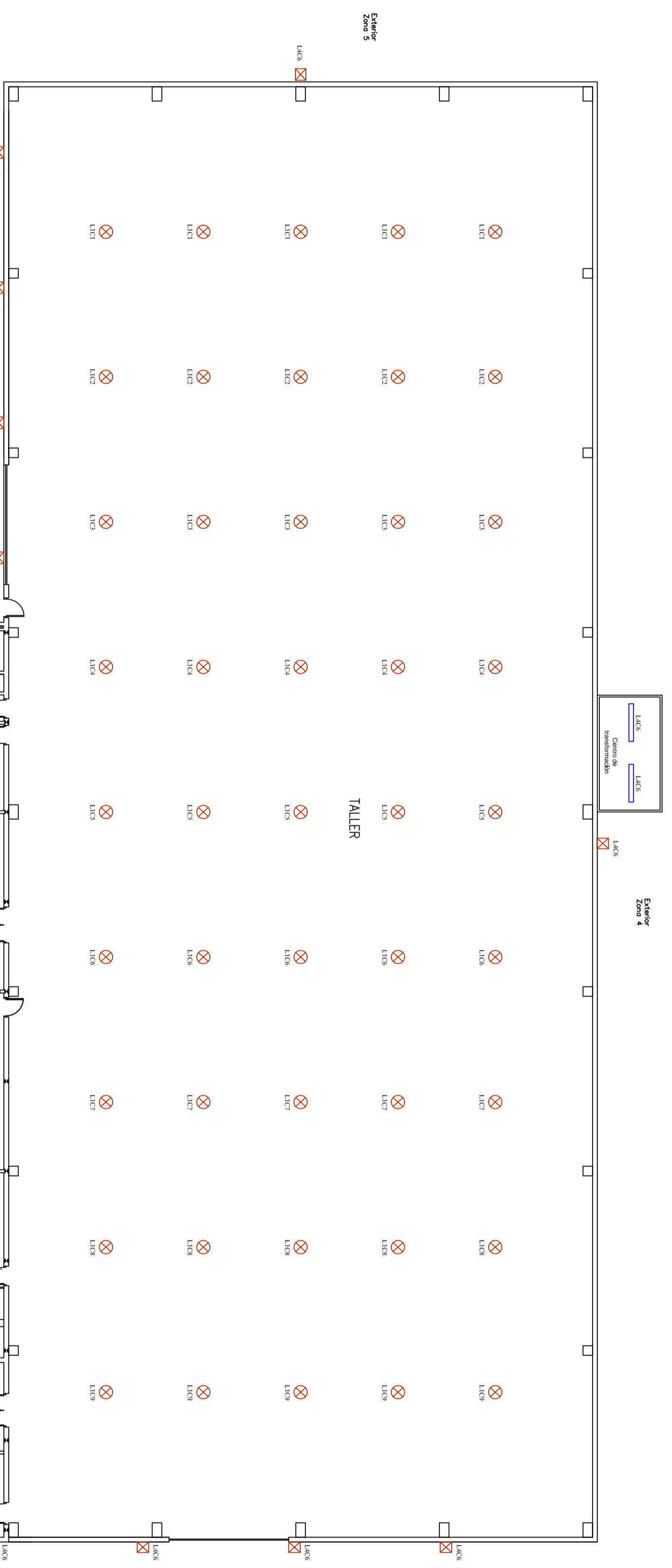
PLANO:

SUPERFICIES DE LA NAVE

FECHA:  
11/01/13

ESCALA:  
1:150

Nº PLANO:  
2




LEYENDA

- ▬ Circuito 1
- ▬ Circuito 3
- ▬ Circuito 5
- Lámpara fluorescente cuadrado 4x35W de Philips
- Lámpara fluorescente rectangular 2x38W de Philips
- Lámpara de halógenos metálicos de Philips
- Lámpara de vapor de sodio de alta presión de Philips
- Lámpara de Halógenos Metálicos de Philips
- Lámpara Downlight de 18W de Philips






PLANTA PRIMERA


PLANTA BAJA

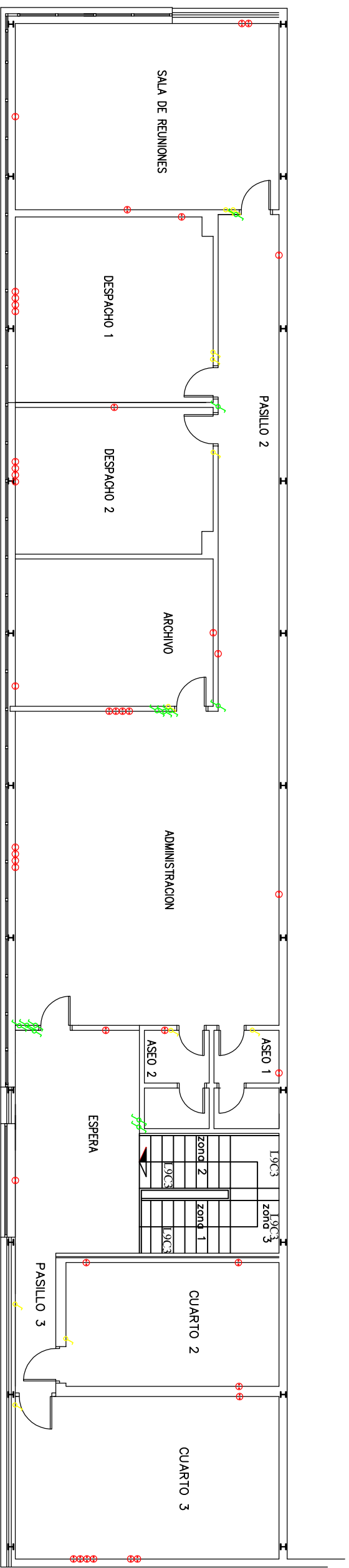
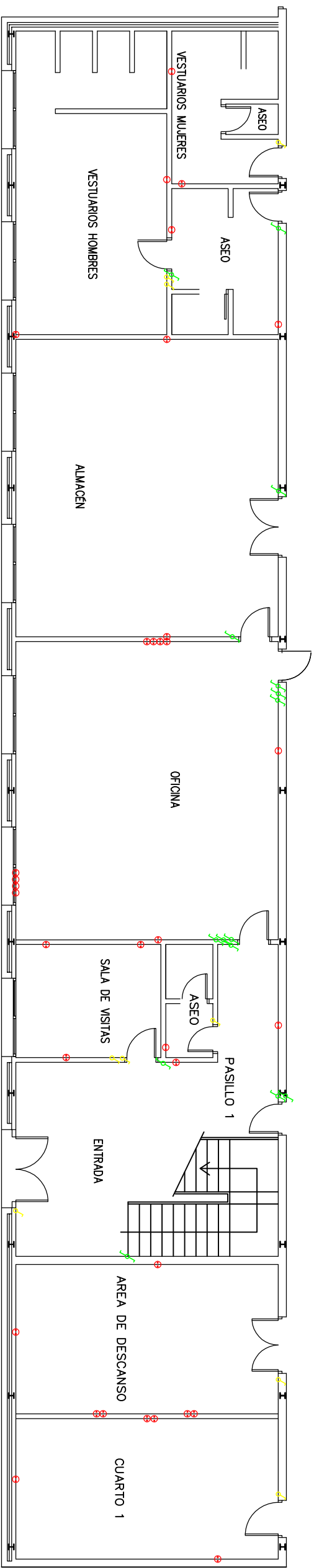
 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>E.T.S.I.I.T.</b> INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL
		REALIZADO: <b>ROTA VILLANUEVA, ATARRATZE</b>
PROYECTO: <b>INSTALACION ELECTRICA EN BAJA TENSION DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACION</b>	FIRMA:	DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL
PLANO: <b>ALUMBRADO INTERIOR Y EXTERIOR</b>	FECHA: 11/01/13	ESCALA: 1:150
		Nº PLANO: <b>3</b>



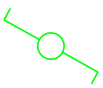


## LEYENDA


-  LUMINARIA + LAMPARA DE EMERGENCIA
-  CARTEL CON FLECHA
-  SALIDA
-  LX CY
-  NUMERO CIRCUITO

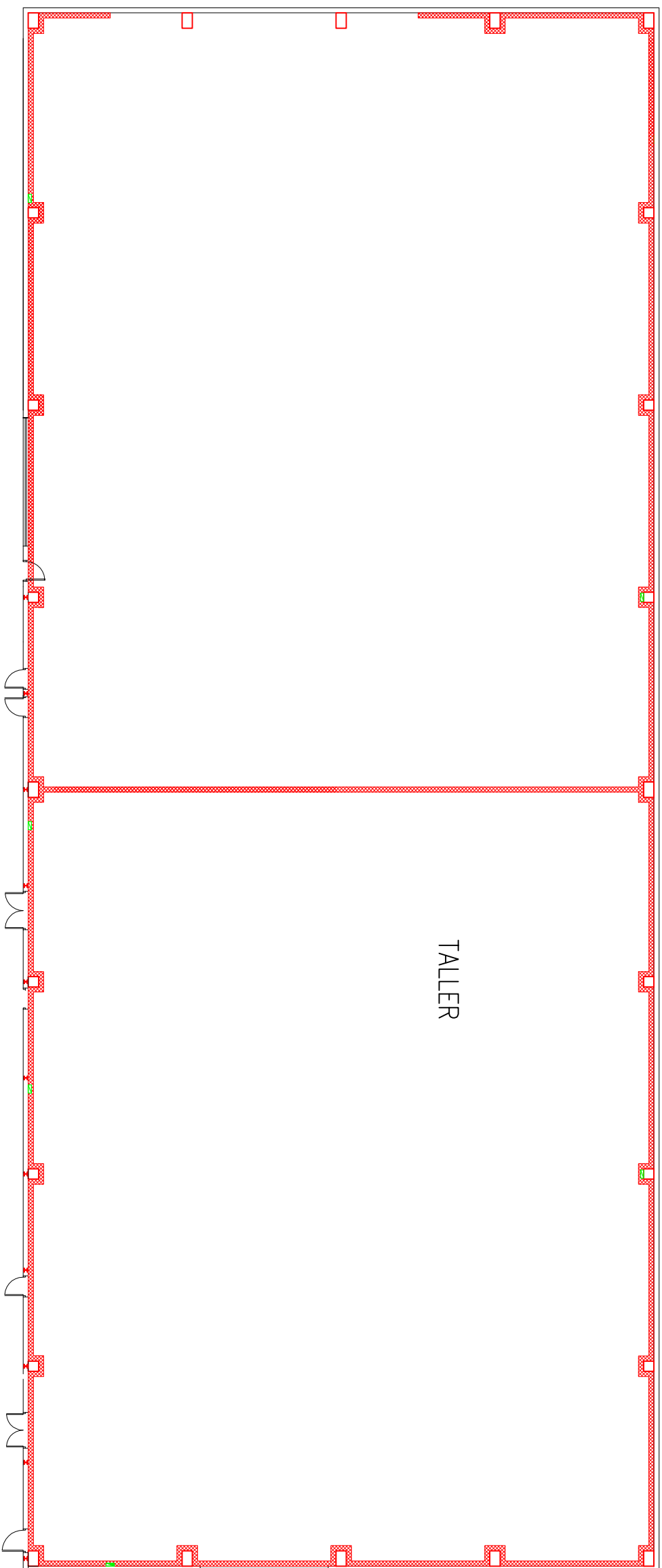
 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>E.T.S.I.I.T.</b> INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	DEPARTAMENTO:
		DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL
PROYECTO: <b>INSTALACION ELECTRICA EN BAJA TENSION DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACION</b>		REALIZADO:
PLANO: <b>ALUMBRADO DE EMERGENCIA</b>		ROTAZ VILLANUEVA, ATARRATZE
FECHA:	ESCALA:	Nº PLANO:
11/01/13	1:150	4



LEYENDA

-  Comutador
-  Interruptor
-  Toma de corriente

 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>E.T.S.I.I.T.</b> INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	DEPARTAMENTO: <b>PLANTA PRIMERA DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL</b>
PLANO: <b>TOMAS DE CORRIENTE Y INTERRUPTORES</b>	FIRMA:	FECHA: 11/01/13
		ESCALA: 1:75
		Nº PLANO: 5



Bandeja portacables de malla Pensaband Standard SX, acabado galvanizado  
Sendzimir GS, referencia 75522200, de dimensiones 200x60 mm



Cuadros auxiliares



Cuadro General de Protección y Mando



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:

**INSTALACION ELECTRICA EN BAJA TENSION  
DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE  
TRANSFORMACION**

REALIZADO:

**ROTA VILLANUEVA,  
ATARATZE**

FIRMA:

PLANO:

**CANALIZACIONES EN BANDEJA**

FECHA:

**11/01/13**

ESCALA:

**1:200**

Nº PLANO:

**6**



PLANTA PRIMERA

PLANTA BAJA


LEYENDA

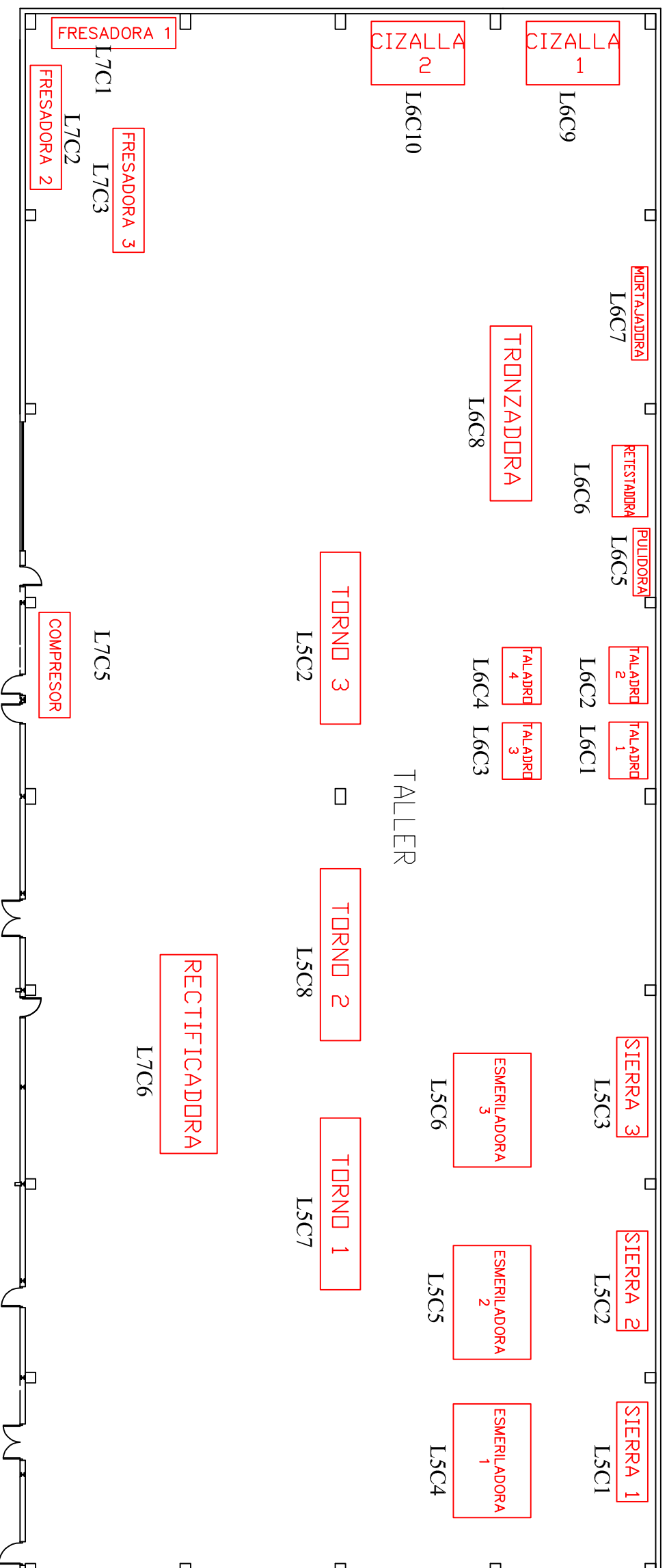


Cuadros auxiliares




Cuadro general de distribución

 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>INSTALACION ELECTRICA EN BAJA TENSION          DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE          TRANSFORMACION</b>	REALIZADO: <b>ROTA VILLANUEVA,          ATARRATZE</b>
PLANO: <b>SITUACION DE LOS CUADROS ELÉCTRICOS</b>	FIRMA:	FECHA: <b>11/01/13</b>
		ESCALA: <b>1:250</b>
		Nº PLANO: <b>7</b>



## MAQUINARIA

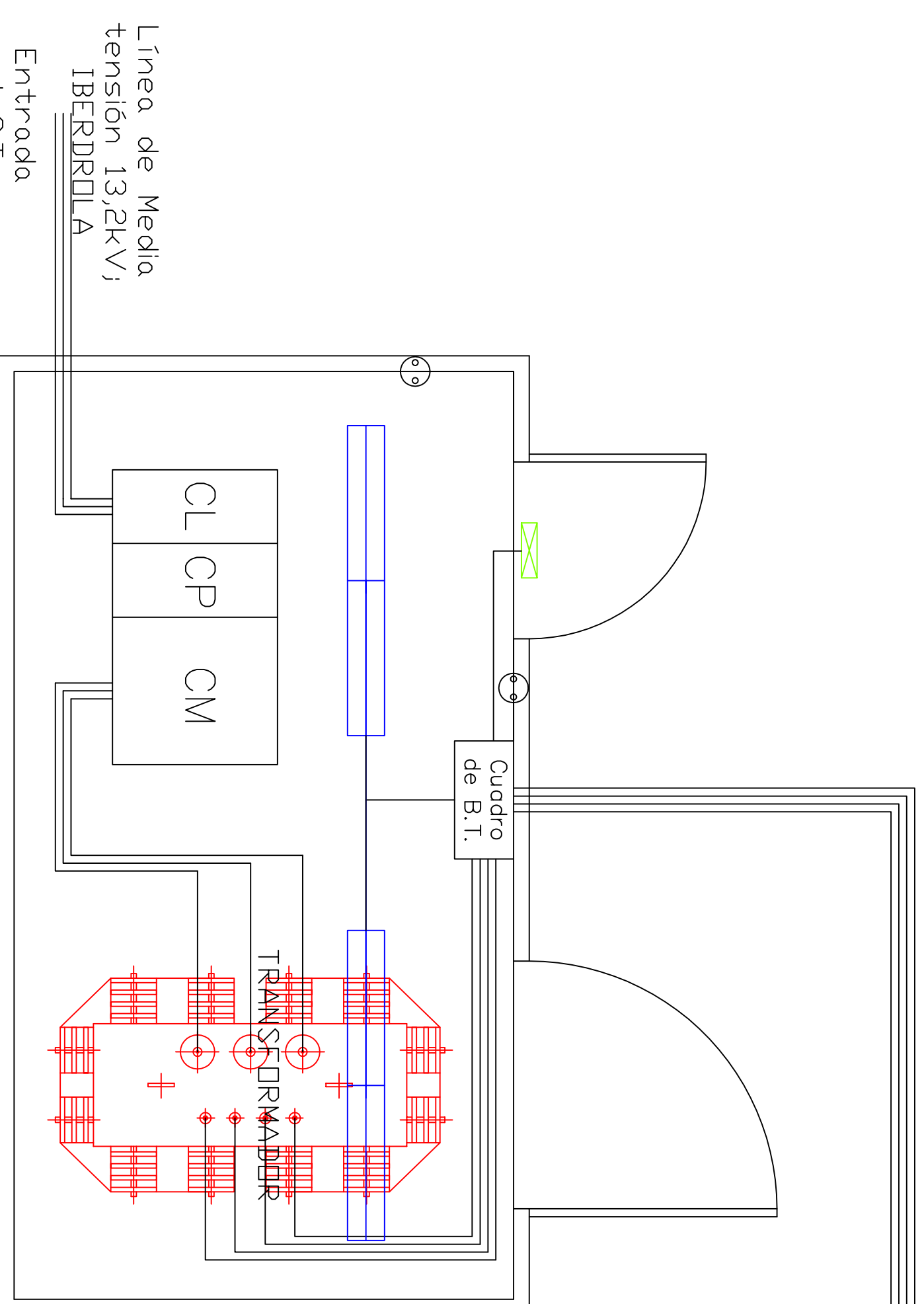
SIERRA: P=4000W; cosφ=0,85; Trifásica  
 ESMERILADORA: P=5294W; cosφ=0,87; Trifásica  
 TALADRO: P=1500W; cosφ=0,87; Trifásica  
 PULIDORA: P=3000W; cosφ=0,88; Trifásica  
 RETESTADORA: P=1471W; cosφ=0,9; Trifásica  
 MORTAJADORA: P=2237W; cosφ=0,9; Trifásica  
 TRONZADORA: P=2237W; cosφ=0,86; Trifásica  
 CIZALLA: P=15000W; cosφ=0,85; Trifásica  
 FRESADORA: P=7500W; cosφ=0,87; Trifásica  
 COMPRESOR: P=7500W; cosφ=0,9; Trifásica  
 RECTIFICADORA: P=10440W; cosφ=0,86; Trifásica  
 TORNO: P=15000W; cosφ=0,89; Trifásica

 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>E.T.S.I.I.T.</b>	DEPARTAMENTO:
	INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL
PROYECTO:	REALIZADO: <b>ROTA VILLANUEVA,          ATARRATZE</b>	
PLANO:	FIRMA:	
DISTRIBUCIÓN DE LA MAQUINARIA	FECHA:	ESCALA:
	11/01/13	1:200
	Nº PLANO:	8



DERIVACION INDIVIDUAL: 3x(185/95 + TT95)mm<sup>2</sup>  
 L = 52,11 m; Enterrada a 0,7m de profundidad;

CUADRO  
 GENERAL DE  
 DISTRIBUCION




LEYENDA

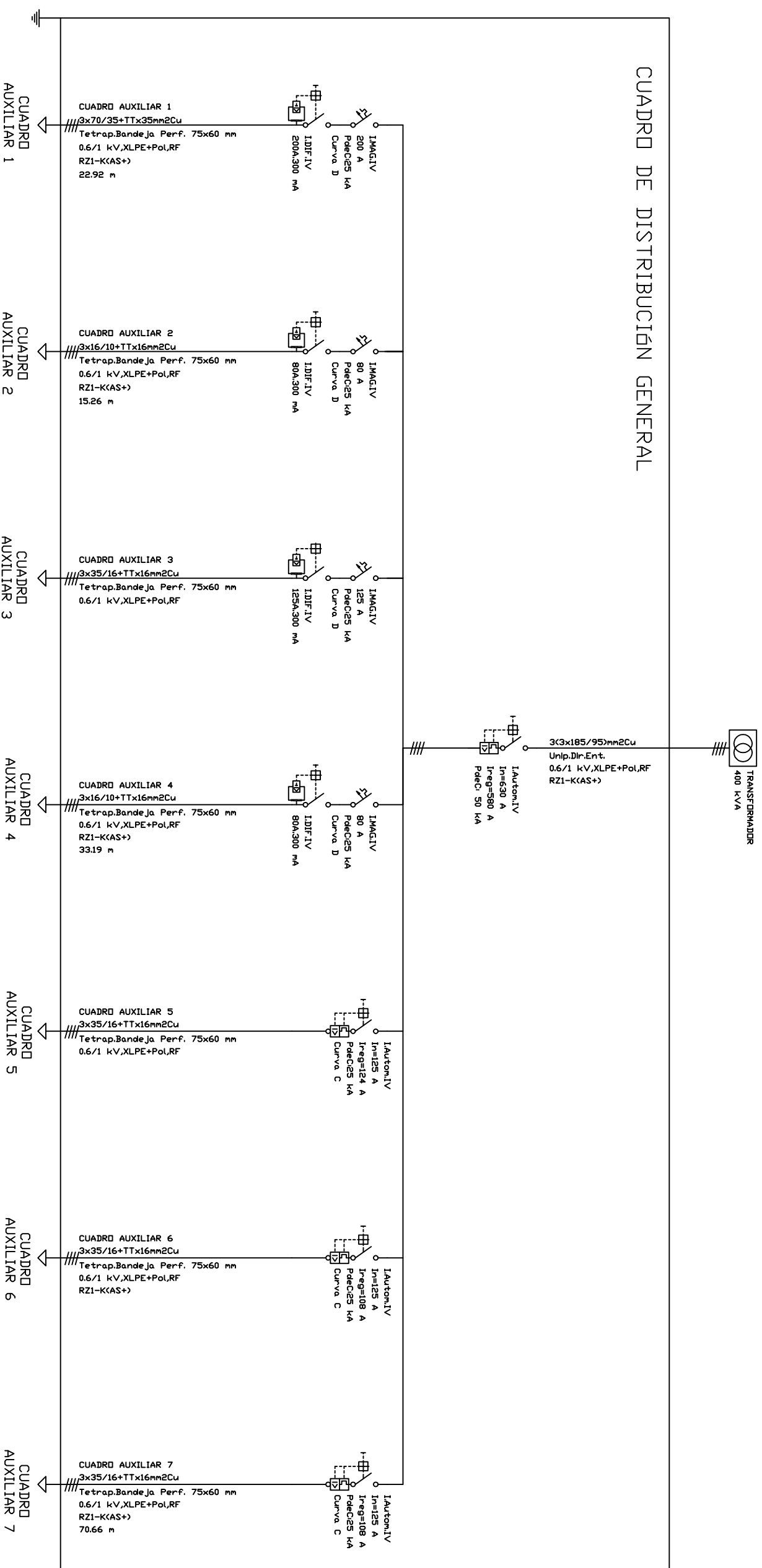
Lámpara fluorescente de 2x58W de Philips

Lámpara + luminaria de emergencia Legrand de 6W

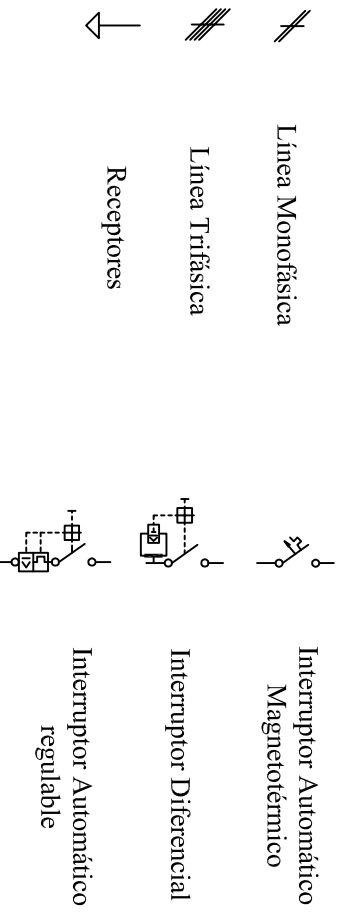
Toma de corriente monofásica


 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>INSTALACION ELECTRICA EN BAJA TENSION          DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE          TRANSFORMACION</b>	REALIZADO: <b>ROTA VILLANUEVA,          ATARRATZE</b>
PLANO: <b>DISTRIBUCIÓN DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN</b>	FIRMA:	FECHA: 11/01/13
		ESCALA: 1:25
		Nº PLANO: 9

# CUADRO DE DISTRIBUCIÓN GENERAL

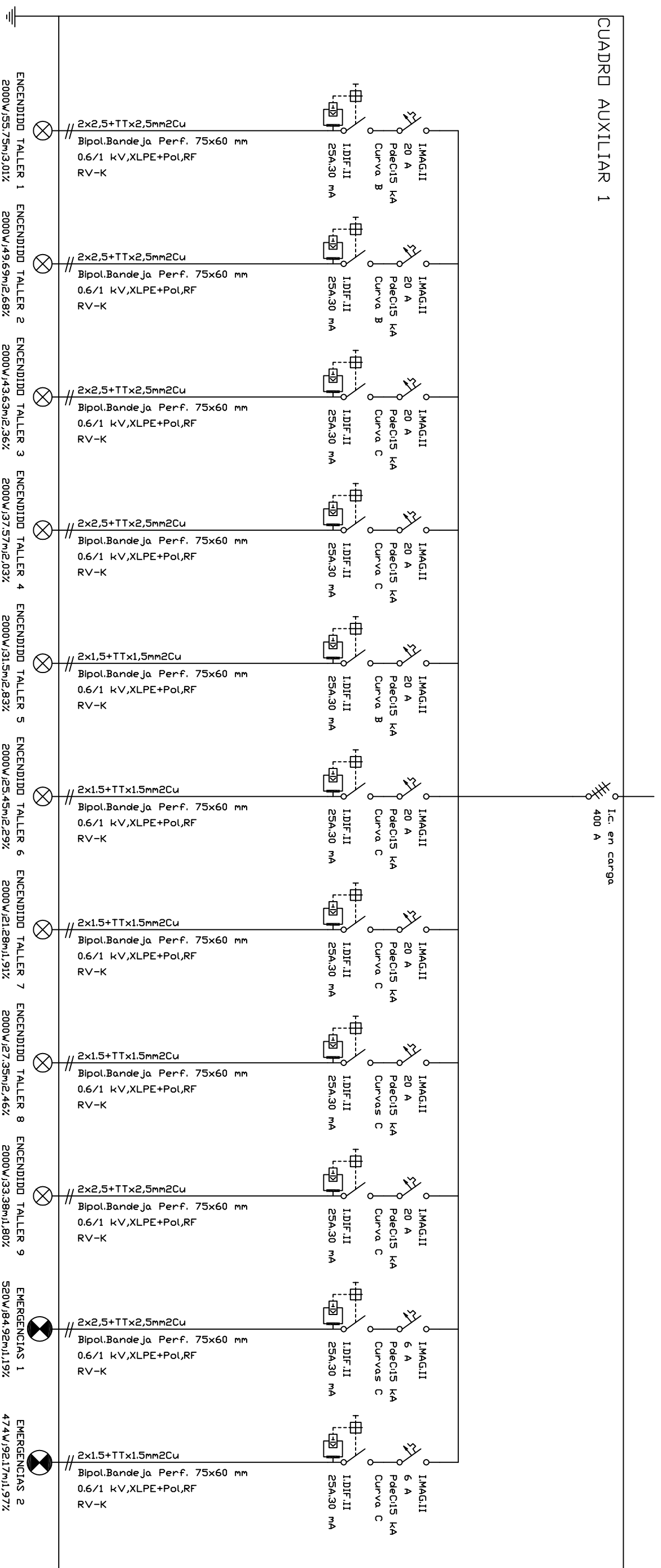


## LEYENDA

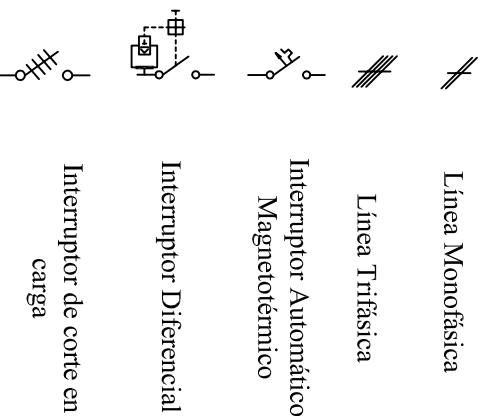



 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>E.T.S.I.I.T.</b> INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL
		REALIZADO: ROTA VILLANUEVA, ATARRATZE
PROYECTO: INSTALACION ELECTRICA EN BAJA TENSION DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACION	PLANO: CUADRO GENERAL DE DISTRIBUCIÓN	FIRMA: FECHA: 11/01/13
	ESCALA: Nº PLANO: 10	

CUADRO AUXILIAR 1

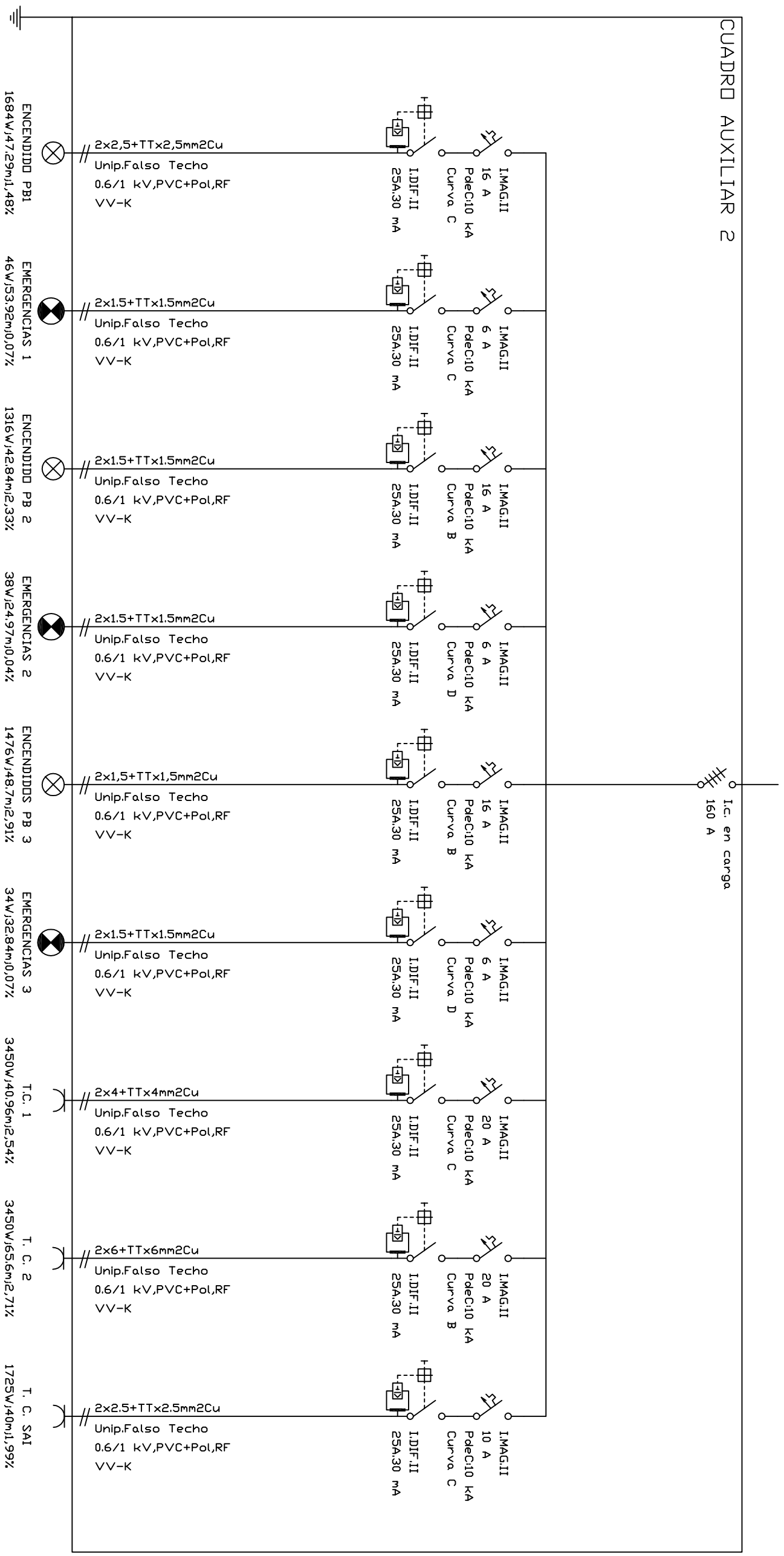


LEYENDA

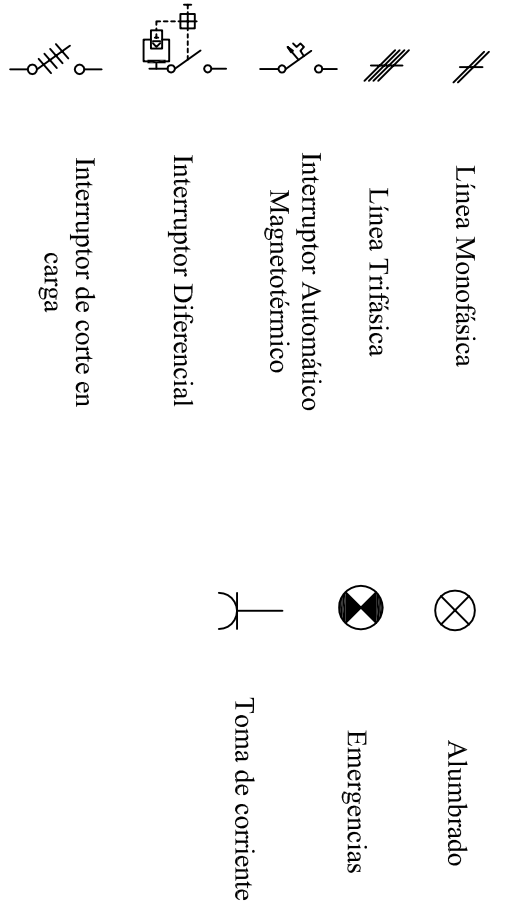


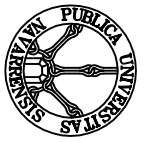
 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>E.T.S.I.I.T.</b>	
	INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	
PROYECTO: <b>INSTALACION ELECTRICA EN BAJA TENSION                  DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE                  TRANSFORMACION</b>	DEPARTAMENTO DE: <b>DEPARTAMENTO DE                  PROYECTOS E ING. RURAL</b>	
PLANO: <b>CUADRO AUXILIAR 1</b>	REALIZADO: <b>ROTA VILLANUEVA,                  ATARRATZE</b>	FIRMA:
FECHA: <b>11/01/13</b>	ESCALA:	Nº PLANO: <b>11</b>

CUADRO AUXILIAR 2

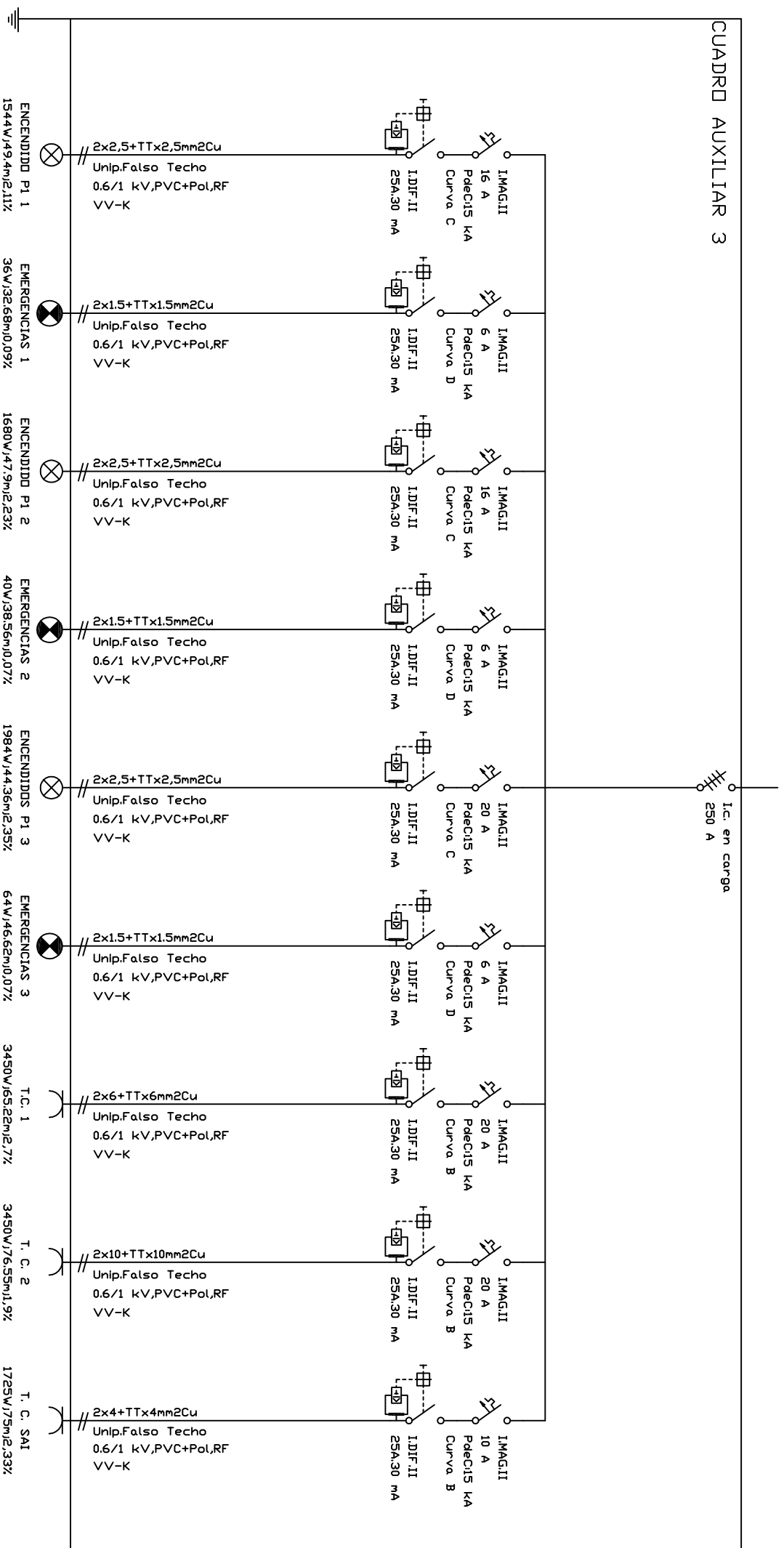


LEYENDA

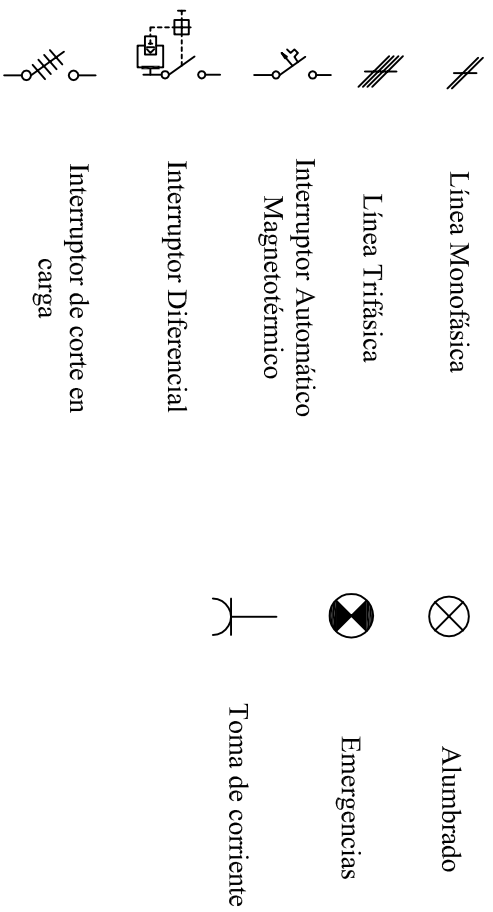



 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa		<b>E.T.S.I.I.T.</b> INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	
		DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL	
PROYECTO: <b>INSTALACION ELECTRICA EN BAJA TENSION DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACION</b>		REALIZADO: <b>ROTA VILLANUEVA, ATARRATZE</b>	
PLANO: <b>CUADRO AUXILIAR 2</b>		FIRMA:	ESCALA:
FECHA: <b>11/01/13</b>		Nº PLANO:	<b>125</b>

CUADRO AUXILIAR 3

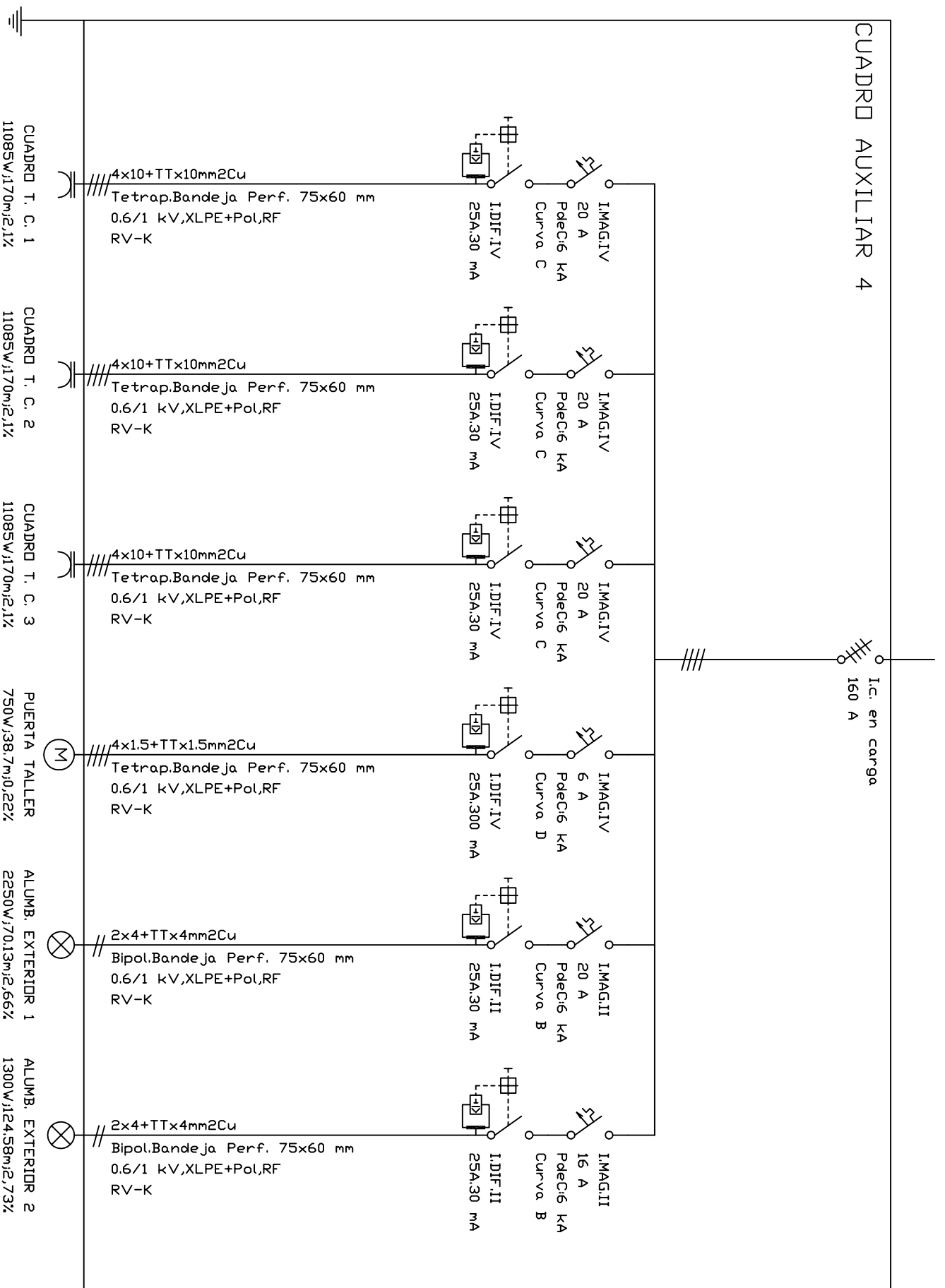


LEYENDA

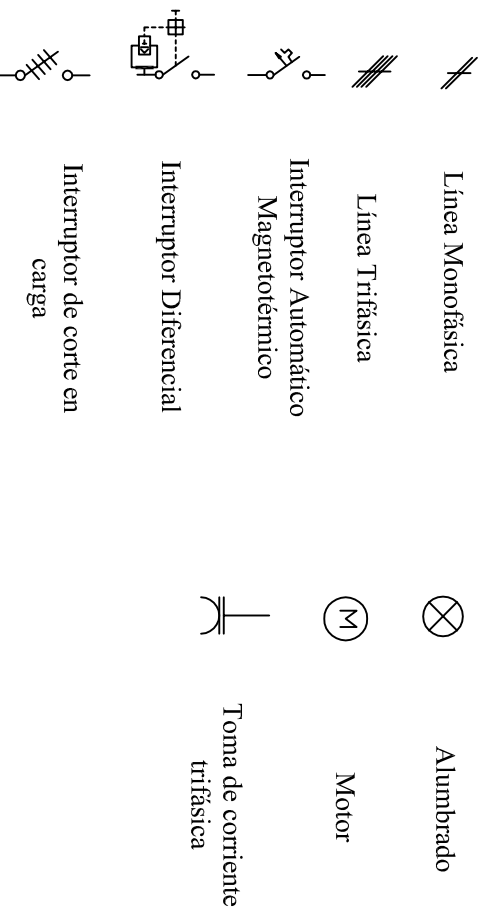


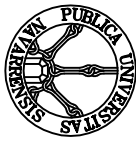
 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>E.T.S.I.I.T.</b>		DEPARTAMENTO:
	INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.		DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL
PROYECTO:	<b>INSTALACION ELECTRICA EN BAJA TENSION DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACION</b>		REALIZADO:
PLANO:	<b>CUADRO AUXILIAR 3</b>		ROTA VILLANUEVA, ATARRATZE
FIRMA:	FECHA:	ESCALA:	Nº PLANO:
	11/01/13		13

CUADRO AUXILIAR 4

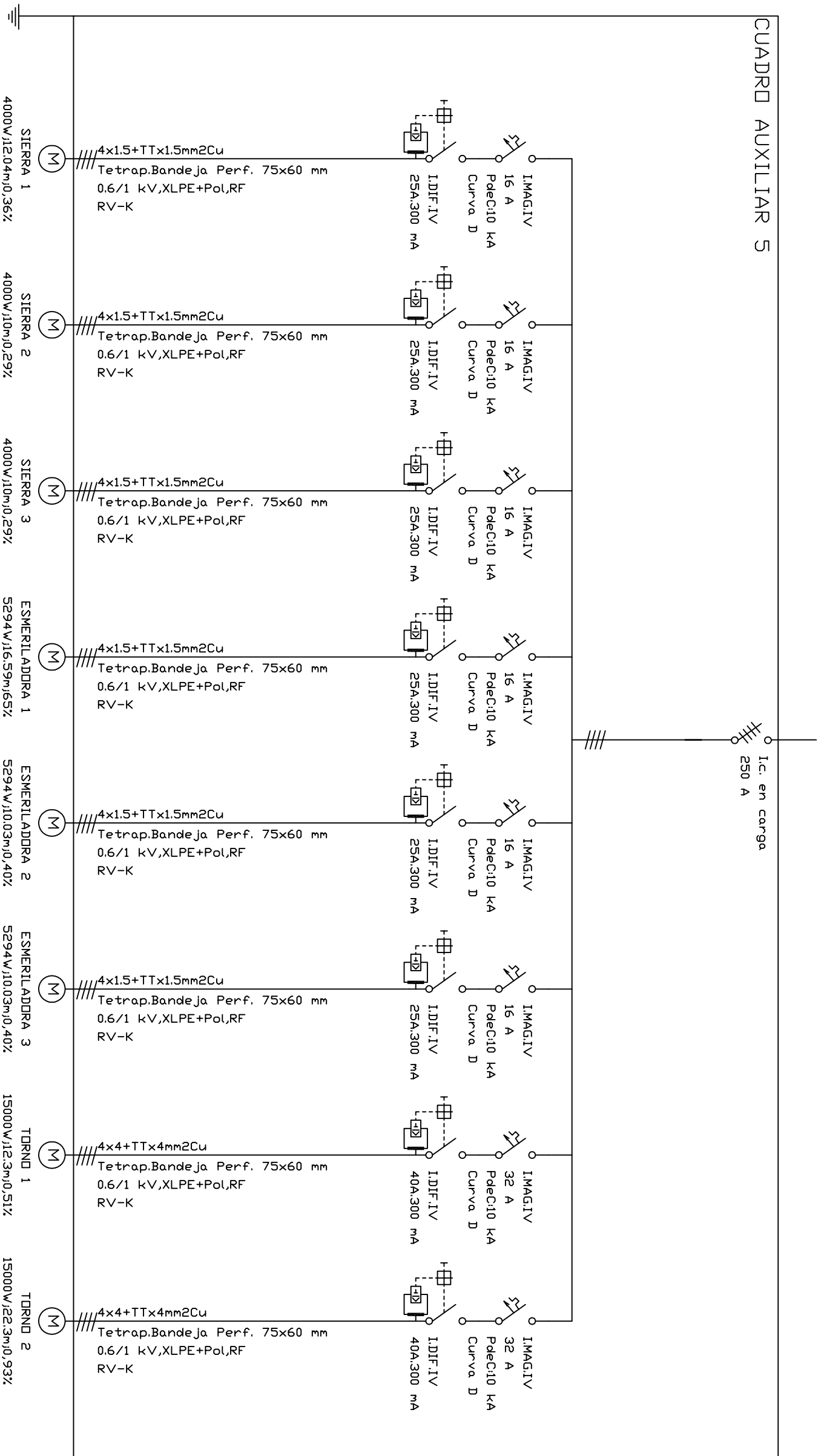


LEYENDA

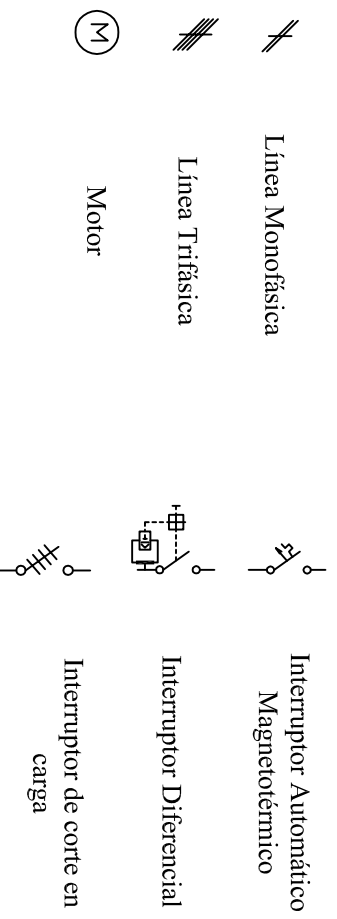



 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>E.T.S.I.I.T.</b>		DEPARTAMENTO:
	INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.		DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL
PROYECTO: <b>INSTALACION ELECTRICA EN BAJA TENSION DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACION</b>	REALIZADO: <b>ROTA VILLANUEVA, ATARRATZE</b>		
PLANO: <b>CUADRO AUXILIAR 4</b>	FIRMA:	FECHA: <b>11/01/13</b>	ESCALA: Nº PLANO <b>14</b>

CUADRO AUXILIAR 5



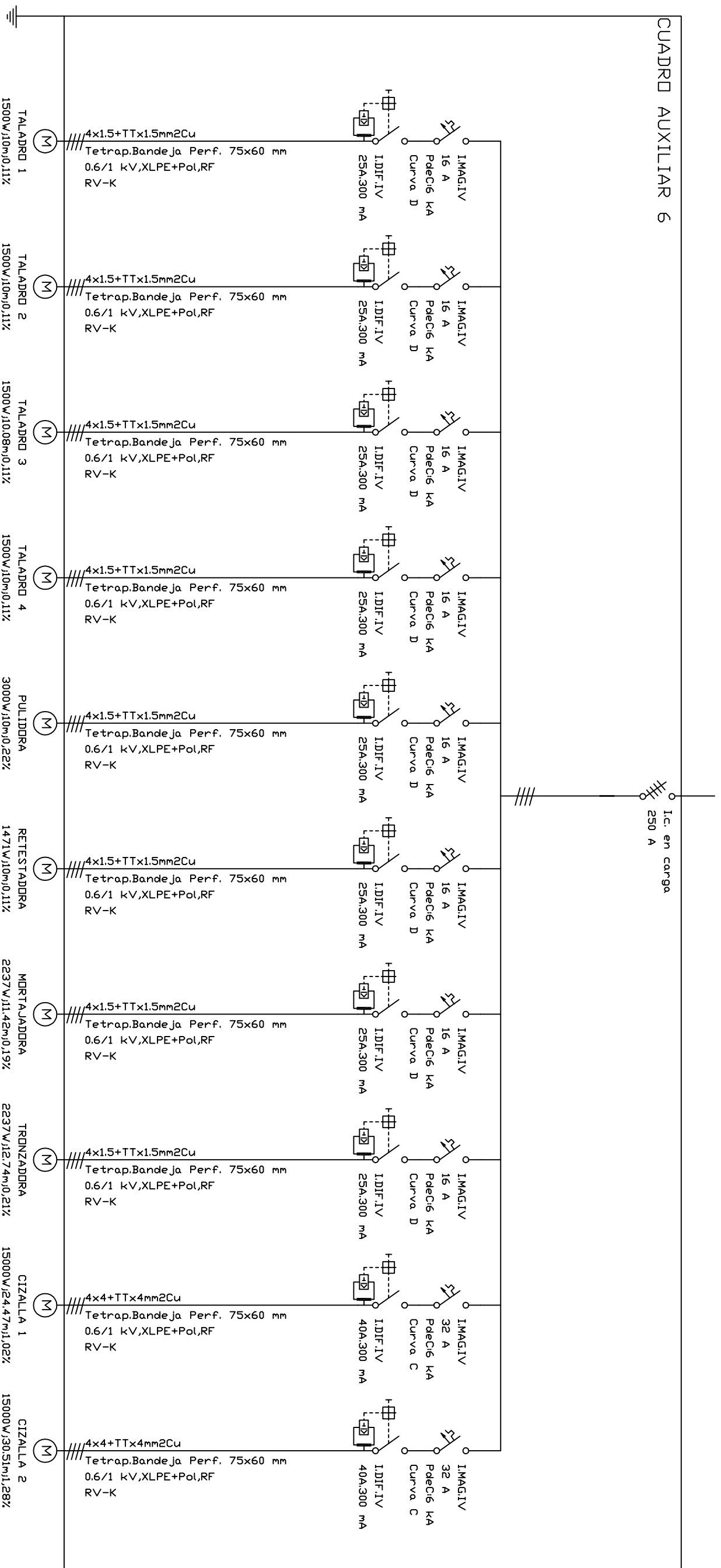
LEYENDA



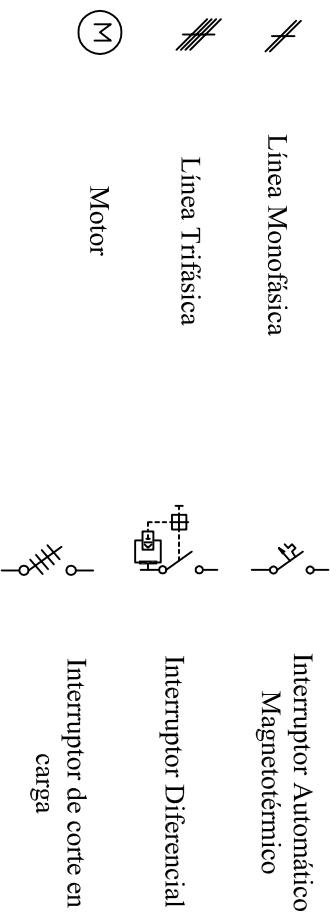
 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa		<b>E.T.S.I.I.T.</b> INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	
DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL		DEPARTAMENTO DE ROTAS VILLANUEVA, ATARRATZE	
PROYECTO: <b>INSTALACION ELECTRICA EN BAJA TENSION DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACION</b>		REALIZADO: <b>ROTA VILLANUEVA, ATARRATZE</b>	
PLANO: <b>CUADRO AUXILIAR 5</b>		FIRMA:	ESCALA: Nº PLANO
FECHA: <b>11/01/13</b>		Nº PLANO: <b>15</b>	




CUADRO AUXILIAR 6



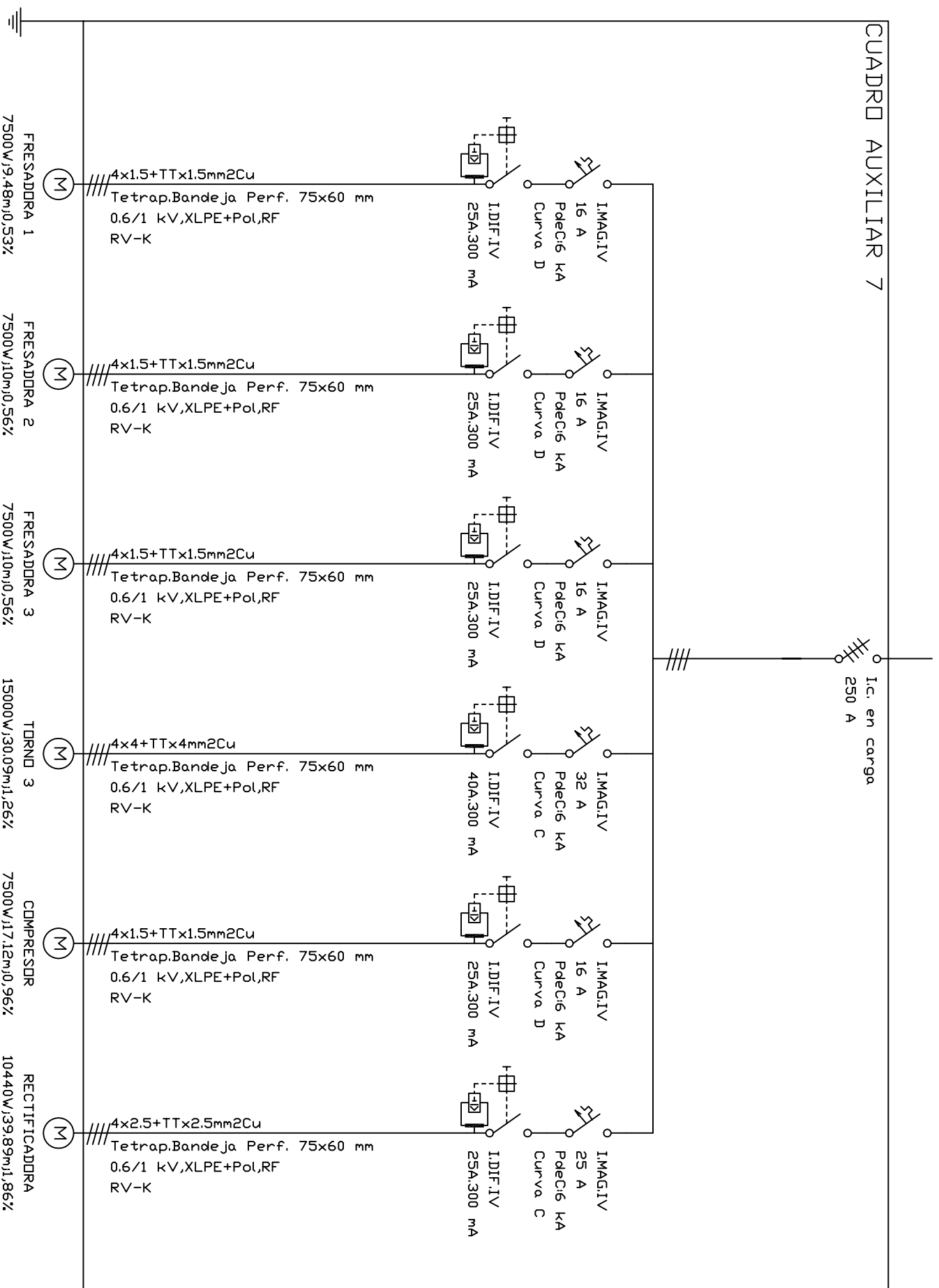
LEYENDA



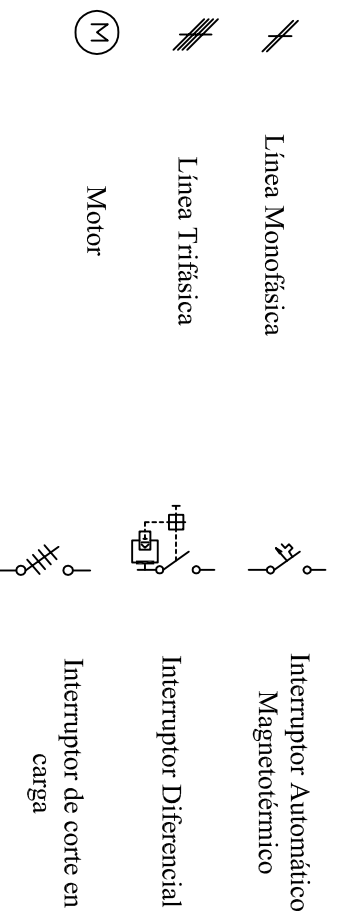
 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>E.T.S.I.I.T.</b>		DEPARTAMENTO:
	INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.		DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL
PROYECTO: <b>INSTALACION ELECTRICA EN BAJA TENSION DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACION</b>	REALIZADO: <b>ROTA VILLANUEVA, ATARRATZE</b>		
PLANO: <b>CUADRO AUXILIAR 6</b>	FIRMA:	FECHA:	ESCALA:
		11/01/13	Nº PLANO




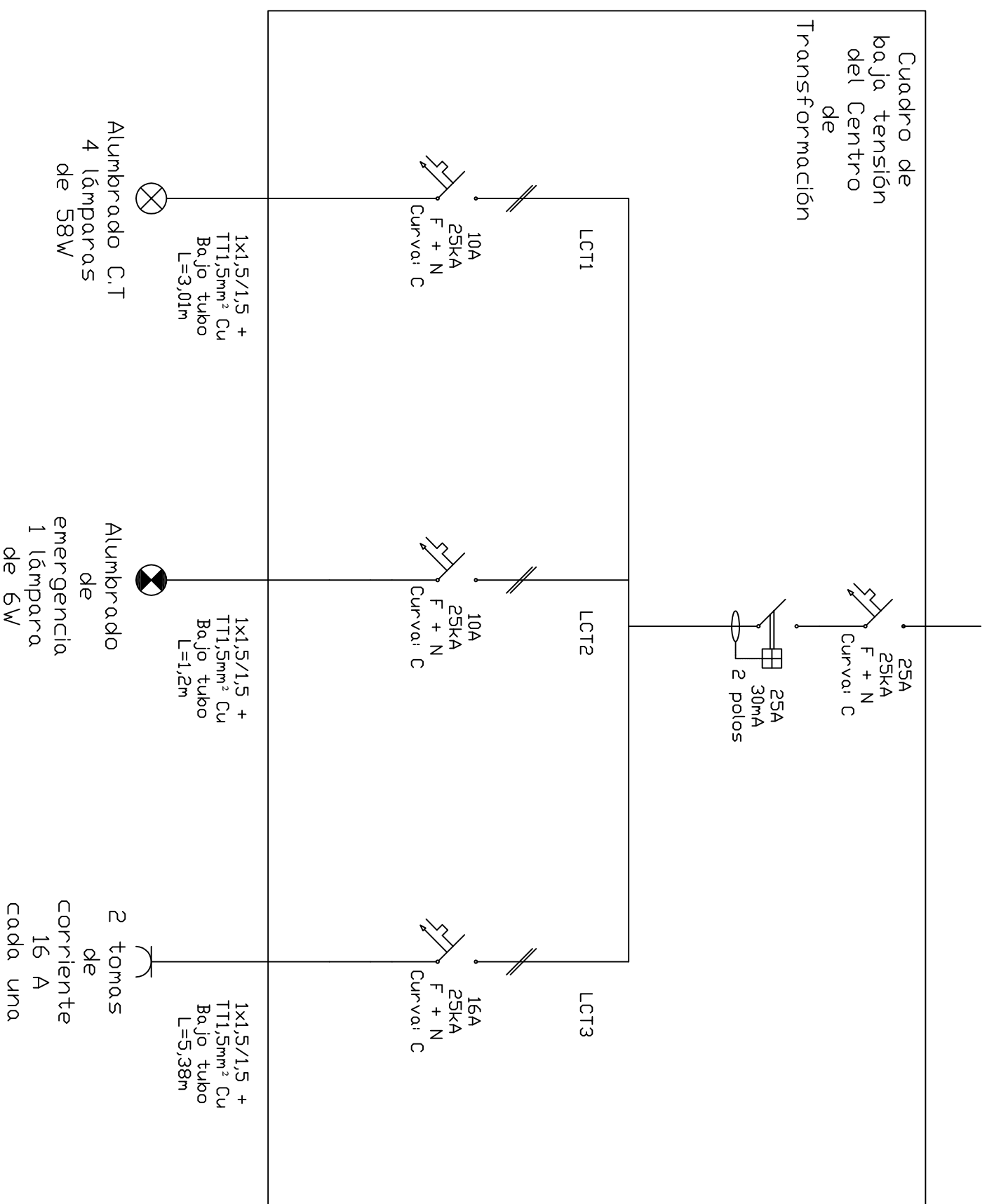
CUADRO AUXILIAR 7








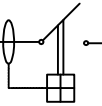
LEYENDA




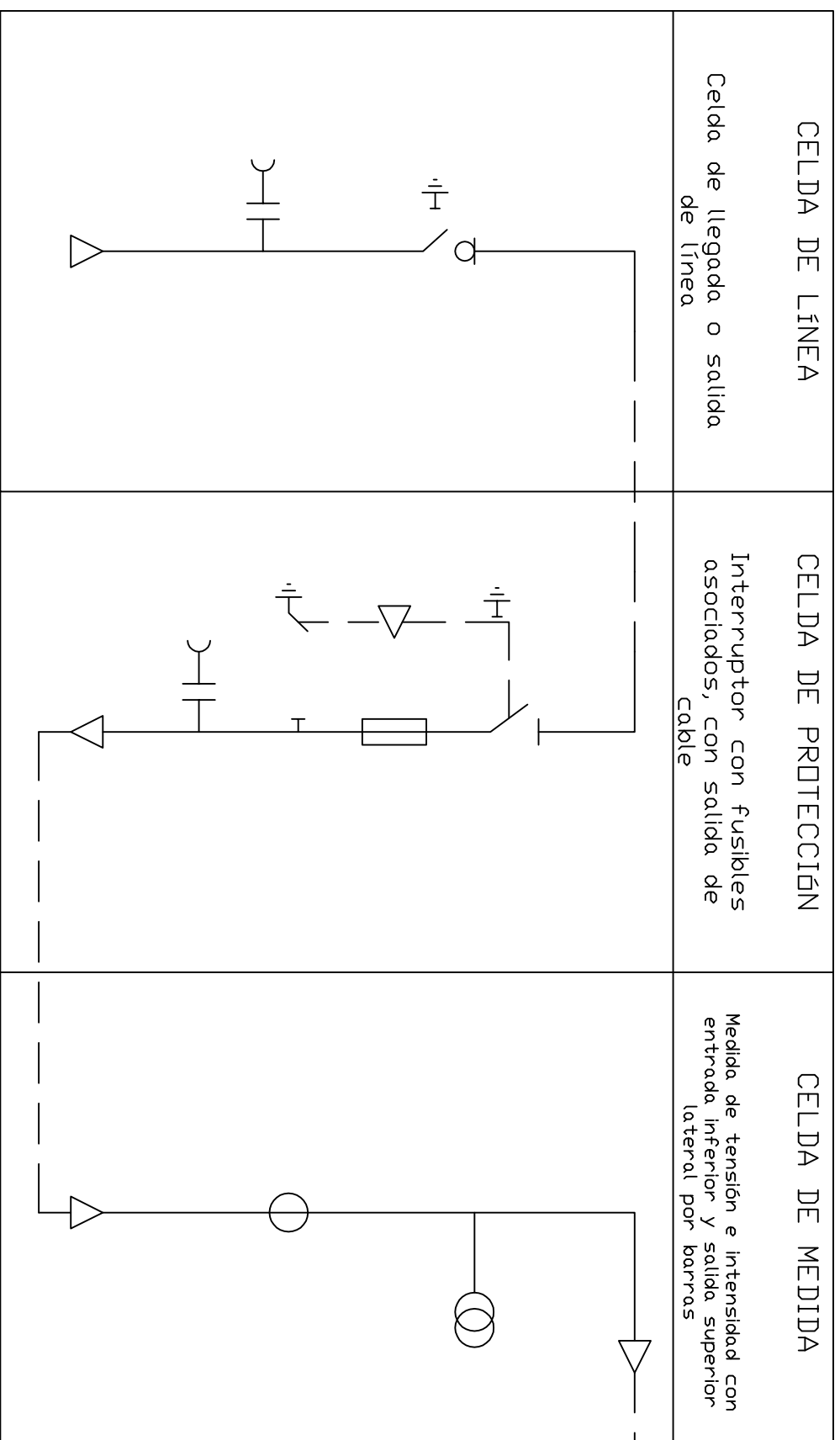
 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>E.T.S.I.I.T.</b>		DEPARTAMENTO:
	INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.		DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL
PROYECTO: <b>INSTALACION ELECTRICA EN BAJA TENSION DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACION</b>	REALIZADO: <b>ROTA VILLANUEVA, ATARRATZE</b>		
PLANO: <b>CUADRO AUXILIAR 7</b>	FIRMA:	FECHA: <b>11/01/13</b>	ESCALA: Nº PLANO <b>1/25</b>



**LEYENDA**

-  Línea Monofásica
-  Alumbrado
-  Alumbrado de emergencia
-  Toma de corriente
-  Interruptor Automático Magnetotérmico
-  Interruptor Diferencial

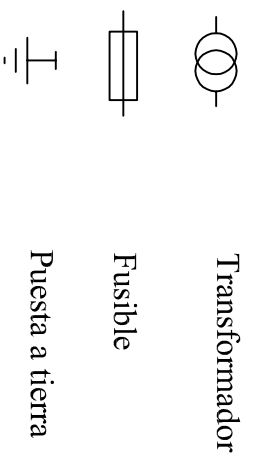
 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>E.T.S.I.I.T.</b> INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	DEPARTAMENTO: <b>DEPARTAMENTO DE          PROYECTOS E ING. RURAL</b>
		REALIZADO: <b>ROTA VILLANUEVA,          ATARRATZE</b>
PROYECTO: <b>INSTALACION ELECTRICA EN BAJA TENSION          DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE          TRANSFORMACION</b>		FIRMA:
PLANO: <b>CUADRO DE BAJA TENSION DEL C.T.</b>	FECHA: <b>11/01/13</b>	ESCALA: Nº PLANO <b>185</b>

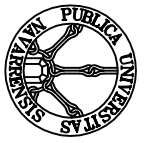



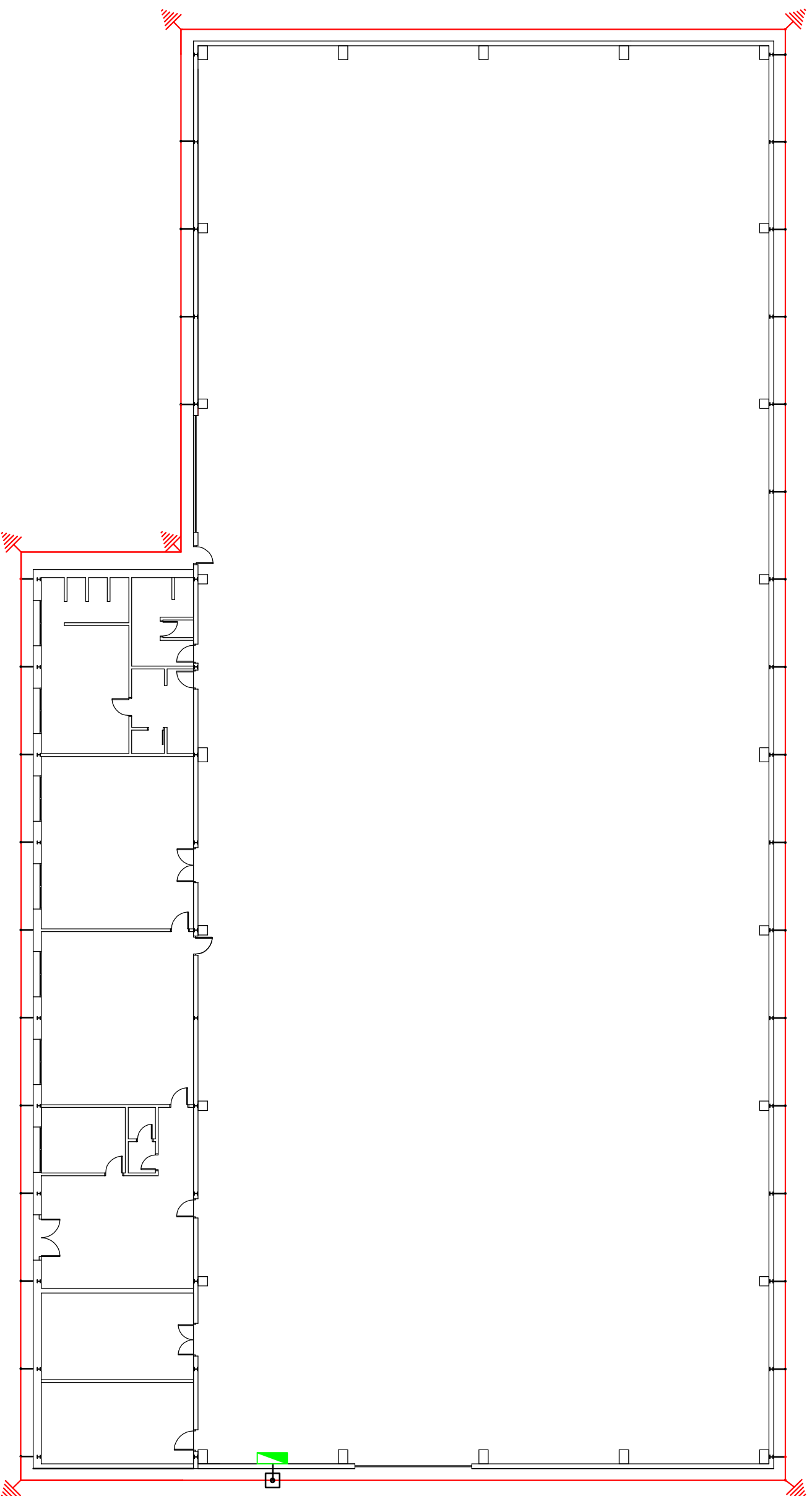
TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCIÓN  
13200 V / 400

CUADRO DE BAJA TENSION

## LEYENDA



 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>E.T.S.I.I.T.</b> INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL
	PROYECTO: <b>INSTALACION ELECTRICA EN BAJA TENSION DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACION</b>	REALIZADO: <b>ROTA VILLANUEVA, ATARRATZE</b>
PLANO: <b>CENTRO DE TRANSFORMACION (unifilar)</b>	FIRMA:	FECHA: <b>11/01/13</b>
	ESCALA: Nº PLANO <b>19</b>	



LEYENDA



Picas de acero



Cuadro general de distribución



Punto de puesta a tierra



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:

**INSTALACION ELECTRICA EN BAJA TENSION  
DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE  
TRANSFORMACION**

REALIZADO:

**ROTA VILLANUEVA,  
ATARATZE**

FIRMA:

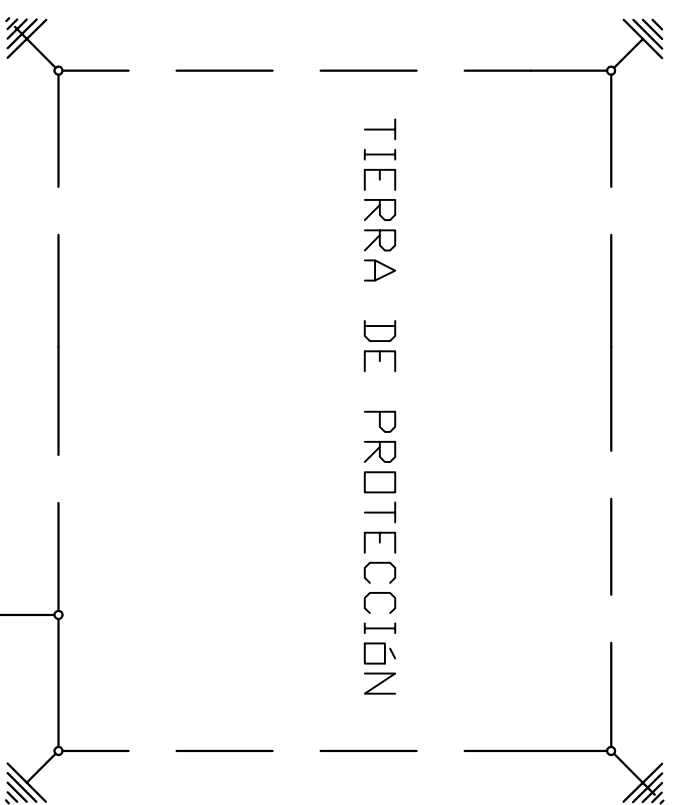
PLANO:

**PUESTA A TIERRA DE LA NAVE**

FECHA:  
FECHA

ESCALA: 1:200

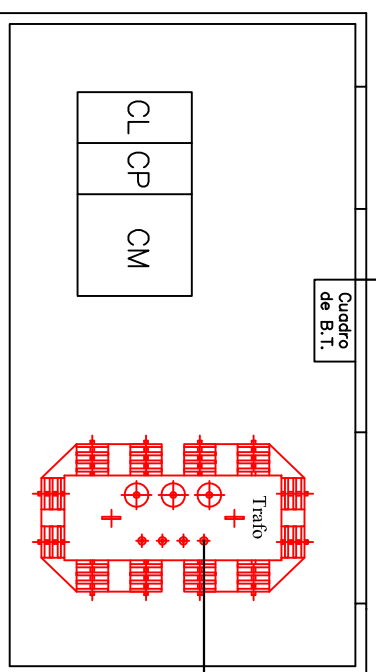
Nº PLANO:  
**205**



TIERRA DE PROTECCION



TIERRA DE SERVICIO



Centro de B.T.

CL CP CM

Trafo

LEYENDA

Tierra de Protección (masas):

Picas de acero  
Longitud: 6m  
Diámetro: 14mm  
Geometría del sistema: Anillo  
Dimensiones de la red: 5x4m  
Profundidad del electrodo horizontal: 0,5m  
Nº de picas: 4  
Unidades mediante Cu desnudo de 50mm² de sección

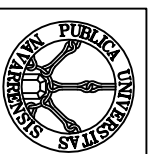
50-40/5/46

LEYENDA

Tierra de Servicio (neutro del transformador):

Picas de acero  
Longitud: 4 m  
Diámetro: 14 mm  
Distancia entre picas: 6 m  
Profundidad del electrodo horizontal: 0,5m  
Nº de picas: 4  
Unidades mediante Cu desnudo de 50mm² de sección

5/44



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:

**INSTALACION ELECTRICA EN BAJA TENSION  
DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CENTRO DE  
TRANSFORMACION**

REALIZADO:

**ROTA VILLANUEVA,  
ATARATZE**

FIRMA:

PLANO:

**PUESTA A TIERRA DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN**

FECHA:

11/01/13

ESCALA:

1:75

Nº PLANO:

215



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

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

DOCUMENTO 4: PLIEGO DE CONDICIONES

Alumno: Atarratze Rota Villanueva

Tutor: Rafael Gonzaga Jarquin

Pamplona, 11/01/2013



## ÍNDICE

<u>PLIEGO DE CONDICIONES</u>	<u>Pág.</u>
<b>1.Objeto</b>	3
<b>2.Condiciones de índole facultativa</b>	3
2.1.General	3
2.2.Legalidad	3
2.3.Al finalizar la obra	4
<b>3.Condiciones económicas</b>	4
3.1.Contrato	4
3.2.Derechos y obligaciones del Instalador	5
3.2.1.En la ejecución de obra	5
3.2.2.Incumplimiento del plazo de ejecución	6
3.2.3.En materia social	6
3.2.4.En relación a los materiales	7
3.2.5.Una vez finalizada la obra	7
3.3.A cargo de la Propiedad	7
3.4.Fianza	8
3.5.Rescisión del contrato (Reglamento de la Ley de Obras Públicas y Servicios)	8
3.6.Pago de la obra	11
<b>4.Condiciones Técnicas</b>	12
4.1.Calidad de los materiales	12
4.1.1.Todos en general	12
4.1.2.Los materiales eléctricos	13
4.1.2.1.Código de identificación de los conductores	13
4.1.2.2.Conductores activos	13
4.1.2.3.Conductores de protección	14
4.1.2.4.Tubos protectores	14
4.1.2.5.Conmutadores, interruptores y tomas de corriente	14
4.1.2.6.Cajas de empalmes y derivaciones	15
4.1.2.7.Aparatos de protección	15
4.1.2.8.Cuadros de protección y maniobra	15
4.1.2.9.Alumbrado	16
4.1.2.10.Alumbrados especiales	16
Alumbrado de seguridad	16
Alumbrado de evacuación	17



Alumbrado ambiente	17
<b>4.2. Normas de ejecución</b>	17
4.2.1 En general	17
4.2.2 Instalación eléctrica	18
4.2.2.1 Canalizaciones con tubos protectores en montaje interior	18
4.2.2.2 Canalizaciones con tubos protectores en montaje superficial	18
4.2.2.3 Conductores en bandejas	19
4.2.2.4 Normas de instalación en presencia de otras canalizaciones no eléctricas	19
4.2.2.5 Acceso a las instalaciones	19
4.2.2.6 Alumbrado	20
4.2.2.7 Motores	20
4.2.2.8 Puesta a tierra	21
4.2.2.9 Uniones a tierra	22
<b>4.3. Centro de transformación</b>	22
4.3.1 Obra civil	22
4.3.2 Aparata de Alta Tensión	23
4.3.3 Características constructivas	23
4.3.3.1 Compartimento de aparallaje	23
4.3.3.2 Compartimento de juego de barras	24
4.3.3.3 Compartimento de conexión de cables	24
4.3.3.4 Compartimento de mando	24
4.3.3.5 Compartimento de control	24
4.3.3.6 Fusibles	24
4.3.4 Transformador	24
4.3.4.1 Normas de ejecución de las instalaciones	25
4.3.4.2 Pruebas reglamentarias	25
4.3.5 Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad	25
4.3.5.1 Prevenciones generales	25
4.3.5.2 Puesta en servicio	26
4.3.5.3 Separación de servicio	26
4.3.5.4 Prevenciones especiales	26
<b>5. Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad</b>	27
<b>6. Certificado y documentación que debe disponer el titular</b>	27





## PLIEGO DE CONDICIONES

### 1. OBJETO

Este documento tiene por finalidad la ordenación de las condiciones técnicas, generales, económicas y legales en que han de regir la contratación de los trabajos a realizar y de los requisitos técnicos para llevar a buen fin la instalación objeto de este proyecto.

### 2. CONDICIONES DE ÍNDOLE FACULTATIVA

#### 2.1. General

Este pliego de condiciones, junto con la memoria, cálculos, presupuesto y planos, son los documentos que han servido de base para la total realización de las unidades de la Instalación y por consiguiente, son de obligada observancia por el Instalador quién sin embargo podrá proponer las modificaciones que considere oportunas.

Todas las condiciones de ejecución y calidad, así como las condiciones de recepción de materiales y características de los mismos que figuran en la memoria del presente proyecto han de considerarse condiciones facultativas y técnicas del presente pliego de condiciones.

La oferta que presente la empresa instaladora o el Instalador deberá ajustarse a las especificaciones técnicas del Proyecto, entendiéndose que de no requerir variaciones, se declaran de acuerdo con el mismo, tomando plena responsabilidad en cuanto a un correcto funcionamiento se refiere.

#### 2.2. Legalidad

La realización del proyecto deberá regirse por lo presente en este pliego y por las normativas específicas para cada actividad:

- Instalación eléctrica

Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación.	RD 3275/1982
Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.	RD 842/2002
Construcción y ensayo de material eléctrico de seguridad aumentada.	UNE 20.328

- Protección contra incendios



Reglamento de instalaciones de protección contra incendios. Reglamento de Seguridad contra incendios en los establecimientos instaladores.	RD 1942/1993 RD 786/2001
---	-----------------------------

- Seguridad y salud

La normativa que se refiere a este apartado aparece detallada en el Estudio Básico de Seguridad y Salud que se realiza a continuación.

### 2.3. Al finalizar la obra

Durante la obra o al finalizar el director de obra podrá revisar todos los trabajos e instalaciones para verificar que cumplen tanto el proyecto como las especificaciones de calidad.

Cuando se finaliza la obra, es deber del contratista solicitar la recepción del trabajo, en el cuál se incluyen las mediciones de conductividad de la tierra y el aislamiento de los cables. Al acabar también se le entregará el plano de final de obra, en el que aparece la obra y todos los edificios, carreteras, aceras que están junto a él. Junto con el plano se otorga el certificado de finalización de obra para que esta pueda legalizarse.

## 3. CONDICIONES ECONÓMICAS

### 3.1. Contrato

El contrato será un documento de carácter privado en el que se establecerán las condiciones económicas generales de común acuerdo entre la Propiedad y el Instalador. El carácter del contrato puede ser cambiado a público a petición de una de las partes, corriendo todos los gastos que ello ocasione a cuenta del que lo solicite.

En el Contrato Privado de Adjudicación de Obra se establecerán los plazos de ejecución de la obra de mutuo acuerdo entre la Propiedad y el Instalador. Como fecha de comienzo se cogerá aquella que el Instalador comunique a la Propiedad en un plazo no superior a 90 días a partir de la fecha en la que se firme el contrato.

Tras la firma del contrato, dado el carácter de la instalación que se pretende con este proyecto, no se admitirán revisiones de los precios en los materiales.

Solamente en el caso de que en el transcurso de la obra se aprobasen oficialmente aumentos de precio de jornales se admitirá revisión en la cantidad contratada para mano de obra y en la parte proporcional en que ésta se pudiera ver afectada.

### 3.2. Derechos y obligaciones del Instalador

#### 3.2.1. En la ejecución de obra



La instalación se llevará a efecto, ateniéndose a las condiciones generales, al proyecto de detalles indicados en el mismo y a cuantas operaciones sean indispensables para que la instalación quede completamente bien acabada aunque no se indique expresamente en estos documentos.

Para resolver cualquier duda en la interpretación de los documentos, el Instalador, consultará al respecto al autor del proyecto, obligándose a rehacer cuantas partes del trabajo no se hubiesen realizado de acuerdo con lo estipulado.

Hasta la recepción definitiva, el Instalador es exclusivamente responsable de la ejecución de la instalación contratada y de las faltas que en ella puedan existir.

El Instalador deberá presentarse en la obra siempre que sea convocado por la Dirección Facultativa o la Propiedad y especialmente asistirá a todas las visitas de obra oficiales, durante el periodo en que se desarrollen los trabajos.

La interpretación de los trabajos realizados corresponde a la Dirección Facultativa por lo que el Instalador se verá obligado a demoler y rehacer todos aquellos trabajos que la dirección considere defectuosos.

En el caso de que el instalador propusiera alguna modificación, habrá de presentarla detalladamente antes de realizar ningún trabajo o encargo de materiales y con tiempo suficiente para que no se altere el plan de obra y reservando a la Dirección Facultativa un plazo suficiente para estudiar la propuesta y que nunca será inferior a quince días.

Junto con la oferta económica, el Instalador presentará unos plazos mínimos de ejecución de cada una de las partes y fases de su trabajo. Después de la adjudicación el Instalador y el Constructor, llegarán a un acuerdo sobre los plazos ofertados dentro del plan general de la obra.

El plazo global de ejecución será el que se determine en el Contrato Privado de Adjudicación de Obra y establecido, de común acuerdo, entre la Propiedad y la Empresa Instaladora.

La Dirección Facultativa puede, si lo considera necesario para la buena ejecución de la instalación, varar parcialmente el proyecto para lo cual se establecerá contratación separada y fijada por medio de precios contradictorios, previamente aprobados por las partes.

La instalación será ejecutada por operarios de aptitud reconocida, pudiendo la dirección Facultativa exigir la separación de aquellos que, a su juicio, no reúnan los conocimientos necesarios.

### **3.2.2. Incumplimiento del plazo de ejecución**

En caso de retraso injustificado el cumplimiento de las fechas de ejecución, el Instalador incurrirá en las penalidades establecidas en el Contrato, pudiéndosele imputar el total o parte de las penalidades en que hayan incurrido el resto de los oficios así como el Constructor, a causa del retraso del Instalador.



En el caso de que el Instalador se viera, por causa justificada, obligado a retrasar los plazos de ejecución, deberá comunicarlo por escrito a la Propiedad y a la Dirección Facultativa, alegando las causas que determinan el retraso.

Si el Instalador se negase a realizar por su cuenta los trabajos para ultimar la instalación en las condiciones contratadas o los demorase indefinidamente, se podrá ordenar su ejecución a un tercero, o directamente por administración, abonando su importe con la retención en concepto de fianza sin perjuicio de las acciones legales a que tenga derecho la Propiedad en el caso de que el importe de la fianza no bastase para abonar el importe de los gastos efectuados en las unidades.

### 3.2.3. En materia social

Se supone que el Instalador está enterado de lo que dispone la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo, aprobado por Orden de 9 de Marzo de 1971, y el vigente Reglamento de Seguridad del Trabajo en la Industria de la Construcción y Siderometalúrgica, según las Ordenes del Ministerio de Obras Públicas de 20 de Mayo de 1952 y complementarias.

El Instalador será responsable de todos los accidentes, daños o perjuicios que puedan ocurrir o sobrevenir como consecuencia directa o indirecta de la ejecución de la instalación debiendo tener presente todo cuanto se determina en las Ordenanzas de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

El Instalador es responsable de las condiciones de seguridad e higiene en el trabajo, debiendo éste adoptar y aplicar las disposiciones y medidas que dicte la Inspección de Trabajo, los organismos competentes y la normativa vigente.

El Instalador deberá establecer un plan de seguridad e higiene que especifique las formas de aplicación de las medidas necesarias con el fin de asegurar eficazmente al personal que pueda estar en la obra, la higiene y primeros auxilios de enfermos o accidentados y la seguridad de las instalaciones. El plan debe ser entregado a la Propiedad en un tiempo máximo de 90 días después de la firma del contrato. La ausencia de este documento puede o su incumplimiento puede ser motivo de ruptura de contrato. Si este documento se ve modificado por las circunstancias de la obra, se le deberá comunicar con la mayor rapidez posible a la Propiedad. Los gastos debidos a la puesta en funcionamiento del plan corren a cargo del Instalador, y se consideran incluidos en los precios del contrato. Las medidas de este plan podrían ser: formación del personal en materia de seguridad e higiene, carteles y señales de riesgo en la obra, mantenimiento de limpieza y seguridad en la obra, protecciones de las distintas instalaciones, suministro de Equipos de Protección Individual (EPIs) y Colectiva,...

En la ejecución del proyecto se debe fundar un Comité de Seguridad compuesto por una persona de cada empresa participante en la obra (carpinteros, electricistas, fontaneros,... si cada gremio fuera de empresas distintas), que se debe encargar de aplicar las medidas adoptadas por el Comité en su empresa y en la obra. Los gastos de este Comité se repartirán entre las distintas empresas proporcionalmente. Este Comité



además se encargará de pasar los partes de accidentes que causen baja en el empleo a la Propiedad.

El incumplimiento de las obligaciones del Instalador o del Comité en cuestión de Seguridad e Higiene no implicará responsabilidad alguna sobre la Propiedad.

#### **3.2.4. En relación a los materiales**

El Instalador tiene la obligación de saber la procedencia de todos los materiales y deberá presentar los albaranes de entrega de los materiales que constituyen la instalación si así se lo requieren. Además, todos los materiales que instale llevarán impreso en un lugar visible la marca y el modelo que deberán coincidir con las referencias que se dan en los documentos del proyecto.

#### **3.2.5. Una vez finalizada la obra**

Al finalizar la instalación, el Instalador entregará a la Propiedad los diversos certificados de garantía de los equipos, así como los documentos de Recepción que se reseñan en las normativas correspondientes.

Una vez terminadas las instalaciones, la empresa instaladora realizará ante la Dirección Facultativa las pertinentes pruebas de funcionamiento, durante el tiempo necesario para comprobar que la instalación se ha ejecutado correctamente. Durante la ejecución de las pruebas el Instalador queda obligado a reparar, a su costa, cuantos defectos y deformaciones se pudieran apreciar.

Se establece un periodo de garantía mínima de un año para todos los elementos de la instalación que comenzará a contarse a partir del momento en que terminen las pruebas con el visto bueno de la Dirección Facultativa.

Transcurrido el plazo de garantía se procederá a realizar la recepción definitiva de las instalaciones, quedando revelado, el Instalador, de toda responsabilidad.

### **3.3. A cargo de la propiedad**

El Instalador, durante la ejecución de los trabajos tendrá derecho a disponer de un local suficientemente amplio para almacenamiento de sus materiales y herramientas, provisto de cerradura o candado, de manera que, tan sólo él, tenga acceso al mismo y siendo de su responsabilidad el extravío o robo de materiales.

Asimismo, se le suministrará por cuenta de la Propiedad energía eléctrica y agua durante el tiempo de montaje.

Podrá disponer de los elementos de transporte horizontal y vertical que existan en obra para cuya utilización deberá previamente ponerlo en conocimiento de la Propiedad.

### **3.4. Fianza**



La fianza que, en concepto de garantía, se retendrá al Instalador será de un 7% de los pagos que se establezcan en contrato. Dicha fianza se le devolverá una vez finalizado el plazo de garantía.

Dicha fianza sería retenida o utilizada por la Propiedad en caso que el Instalador se negase a realizar por su cuenta los trabajos para ultimar la instalación en las condiciones o en caso de su demora indefinida. Esta utilización de la fianza no perjudica a las acciones legales que la Propiedad tenga derecho.

### **3.5. Rescisión del contrato (Reglamento de la Ley de Obras Públicas y Servicios)**

**Artículo 124.-** La rescisión administrativa de los contratos deberá ser el último medio que las dependencias y entidades utilicen, ya que en todos los casos, previamente, deberán promover la ejecución total de los trabajos y el menor retraso posible.

En el caso de rescisión, las dependencias y entidades optarán por aplicar retenciones o penas convencionales antes de iniciar el procedimiento de rescisión, cuando el incumplimiento del contrato derive del atraso en la ejecución de los trabajos.

**Artículo 125.-** Cuando la Propiedad sea la que determine rescindir un contrato, dicha rescisión operará de pleno derecho y sin necesidad de declaración judicial, bastando para ello que se cumpla el procedimiento que para tal efecto se establece en la Ley; en tanto que si es el Instalador quien decide rescindir, será necesario que acuda ante la autoridad judicial federal y obtenga la declaración correspondiente.

**Artículo 126.-** Cuando se obtenga la resolución judicial que determine la rescisión del contrato por incumplimiento de alguna de las obligaciones, imputables a la Propiedad, se estará a lo que resuelva la autoridad judicial.

**Artículo 127.-** La Propiedad procederá a la rescisión administrativa del contrato cuando se presente alguna de las siguientes causas:

- I. Si el Instalador, por causas imputables a él, no inicia los trabajos objeto del contrato dentro de los quince días siguientes a la fecha convenida sin causa justificada conforme a la Ley y este Reglamento;
- II. Si interrumpe injustificadamente la ejecución de los trabajos o se niega a reparar o reponer alguna parte de ellos, que hubiere sido detectada como defectuosa por la Propiedad o la Dirección Facultativa;
- III. Si no ejecuta los trabajos de conformidad con lo estipulado en el contrato o sin motivo justificado no acata las órdenes dadas por el residente de obra o por el supervisor;
- IV. Si no da cumplimiento a los programas de ejecución por falta de materiales, trabajadores o equipo de construcción y, que a juicio de la Propiedad, el atraso pueda dificultar la terminación satisfactoria de los trabajos en el plazo estipulado. No implicará retraso en el programa de ejecución de la obra y, por tanto, no se considerará como incumplimiento del contrato y causa de su rescisión, cuando el atraso tenga lugar por la falta de información referente a planos, especificaciones o normas de calidad, de entrega física de las áreas de trabajo y de entrega oportuna de



- materiales y equipos de instalación permanente, de licencias, y permisos que deba proporcionar o suministrar la Propiedad, así como cuando la Propiedad hubiere ordenado la suspensión de los trabajos;
- V. Si es declarado en concurso mercantil en los términos de la Ley de Concursos Mercantiles;
  - VI. Si subcontrata partes de los trabajos objeto del contrato, sin contar con la autorización por escrito de la Propiedad;
  - VII. Si cede los derechos de cobro derivados del contrato, sin contar con la autorización por escrito de la Propiedad;
  - VIII. Si el Instalador no da a la Propiedad y a las dependencias que tengan facultad de intervenir, las facilidades y datos necesarios para la inspección, vigilancia y supervisión de los materiales y trabajos;
  - IX. Si el Instalador cambia su nacionalidad por otra, en el caso de que haya sido establecido como requisito, tener una determinada nacionalidad;
  - X. Si siendo extranjero, invoca la protección de su gobierno en relación con el contrato, y en general, por el incumplimiento de cualquiera de las obligaciones derivadas del contrato, las leyes, tratados y demás aplicables.

Las dependencias y entidades, atendiendo a las características, magnitud y complejidad de los trabajos, podrán establecer en los contratos otras causas de rescisión.

**Artículo 128.-** En la notificación que la Propiedad realicen al Instalador respecto del inicio del procedimiento de rescisión, se señalarán los hechos que motivaron la determinación de dar por rescindido el propio contrato, relacionándolos con las estipulaciones específicas que se consideren han sido incumplidas.

**Artículo 129.-** Si transcurrido el plazo que señala la fracción I del artículo 61 de la Ley, el Instalador no manifiesta nada en su defensa o si después de analizar las razones aducidas por éste, la Propiedad estima que las mismas no son satisfactorias, emitirá por escrito la determinación que proceda.

Los trámites para hacer efectivas las garantías se iniciarán a partir de que se dé por rescindido el contrato.

**Artículo 130.-** El acta circunstanciada de la rescisión deberá contener, como mínimo, lo siguiente:

- I. Lugar, fecha y hora en que se levanta;
- II. Nombre y firma del residente de obra de la Propiedad y, en su caso, del supervisor y del superintendente de construcción del Instalador;
- III. Descripción de los trabajos y de los datos que se consideren relevantes del contrato que se pretende rescindir;
- IV. Importe contractual considerando, en su caso, los convenios de modificación;
- V. Descripción breve de los motivos que dieron origen al procedimiento de rescisión, así como de las estipulaciones en las que el Instalador incurrió en incumplimiento del contrato;
- VI. Relación de las estimaciones o de gastos aprobados con anterioridad al inicio del procedimiento de rescisión, así como de aquellas pendientes de autorización;
- VII. Descripción pormenorizada del estado que guardan los trabajos;
- VIII. Periodo de ejecución de los trabajos, precisando la fecha de inicio y terminación contractual y el plazo durante el cual se ejecutaron los trabajos;





IX. Relación pormenorizada de la situación legal, administrativa, técnica y económica en la que se encuentran los trabajos realizados, y los pendientes por ejecutar, y constancia de que el Instalador entregó toda la documentación necesaria para que la Propiedad pueda hacerse cargo y, en su caso, continuar con los trabajos.

La determinación de dar por rescindido administrativamente el contrato, no podrá ser revocada o modificada por la Propiedad.

**Artículo 131.-** La Propiedad podrá, junto con el Instalador, dentro del finiquito, conciliar los saldos derivados de la rescisión con el fin de preservar los intereses de las partes.

**Artículo 132.-** La Propiedad podrá hacer constar en el finiquito, la recepción de los trabajos que haya realizado el Instalador hasta la rescisión del contrato, así como de los equipos, materiales que se hubieran instalado en la obra o servicio o se encuentren en proceso de fabricación, siempre y cuando sean susceptibles de utilización dentro de los trabajos pendientes de realizar, debiendo en todo caso ajustarse a lo siguiente:

- I. Sólo podrá reconocerse el pago de aquellos materiales y equipos que cumplan con las especificaciones particulares de construcción, normas de calidad y hasta por la cantidad requerida para la realización de los trabajos faltantes de ejecutar, de acuerdo con el programa de ejecución vigente, a la fecha de rescisión;
- II. El reconocimiento de los materiales y equipos de instalación permanente se realizará invariablemente a los precios estipulados en los análisis de precios del contrato o, en su caso, a los precios de mercado; afectándose los primeros con los ajustes de costos que procedan; no se deberá considerar ningún cargo adicional por indirectos, financiamiento, fletes, almacenajes y seguros. Se entenderá por precio de mercado, el precio del fabricante o proveedor, en el momento en que se formalizó el pedido correspondiente, entre el Instalador y el proveedor;
- III. Se deberán reconocer al Instalador los anticipos amortizados, así como los pagos que a cuenta de materiales y fabricación de equipos haya realizado el Instalador al fabricante o proveedor de los mismos, siempre y cuando éste se comprometa a entregarlos, previo el pago de la diferencia a su favor, y en el caso de que existan fabricantes o proveedores que tengan la posesión o propiedad de los equipos y materiales que la Propiedad necesite, ésta bajo su responsabilidad, podrá subrogarse en los derechos que tenga el Instalador, debiendo seguir los criterios señalados en las fracciones anteriores.

**Artículo 133.-** El sobrecosto es la diferencia entre el importe que le representaría a la Propiedad concluir con otro Instalador los trabajos pendientes, y el costo de la obra no ejecutada al momento de rescindir el contrato.

El sobrecosto que se determine al elaborar el finiquito, será independiente de las garantías, penas convencionales y demás cargos que deban considerarse en la rescisión administrativa.

**Artículo 134.-** Para la determinación del sobrecosto y su importe, la Propiedad procederá conforme a lo siguiente:

- I. Cuando la Propiedad rescinda un contrato y exista una propuesta solvente susceptible de adjudicarse, el sobrecosto será la diferencia entre el precio de la siguiente propuesta más baja y el importe de la obra no ejecutada conforme al programa





vigente, aplicando los ajustes de costos que procedan, y cuando una propuesta no sea susceptible de adjudicarse, la determinación del sobrecosto deberá reflejar el impacto inflacionario en el costo de la obra no ejecutada conforme al programa vigente, hasta el momento en que se notifique la rescisión, calculado conforme al procedimiento de ajustes de costos pactado en el contrato, debiendo agregarse un importe equivalente al diez por ciento de los trabajos faltantes por ejecutar.

### **3.6. Pago de la obra**

Para realizar el pago del coste de la obra se realizarán certificaciones mensuales. Para ello se medirán mensualmente sobre las partes realmente ejecutadas del proyecto las unidades de obra. La medición de la obra realizada en un mes se llevará a cabo en los ocho primeros días siguientes a la fecha de cierre de certificaciones, estableciendo el periodo de un mes a partir de la fecha de comienzo de la obra.

Las mediciones y valoraciones efectuadas serán utilizadas para la redacción de las certificaciones mensuales, y éstas son la base para calcular el precio que debe pagar la Propiedad al Instalador. La redacción de las certificaciones corresponde a la Propiedad.

Las certificaciones y los pagos no implican la recepción de las obras ni tienen carácter definitivo, pudiendo ser modificadas en certificaciones posteriores o definitivamente en el pago final.

El Instalador puede no estar conforme con alguna certificación, y para su modificación deberá exponer por escrito y en un tiempo máximo de diez días a partir de la fecha de entrega de la certificación por parte de la Propiedad los motivos de su reclamación y el coste de la misma. Entonces la Propiedad verá si considera o no dicha reclamación y en cualquier caso, el retraso en el pago por ésta no se considerará como demora y por lo tanto no podrá ser utilizada para incrementar el precio de la certificación. Una vez pasado el plazo de diez días o si no se pudiera realizar la medición de las unidades de obra tal y como se realizó en su momento por el avance de las obras se considerará la validez de la certificación y por lo tanto no se admitirá ningún tipo de reclamación.

Los precios de unidades de obra, así como los de los materiales, maquinaria y mano de obra que no figuren entre los contratados, se fijarán entre el Director de Obra y el Instalador. Estos precios deberán ser presentados por el Instalador debidamente especificados.

Los precios deberán ser presentados por el Contratista debidamente especificados, y la negociación de ellos será independiente de la ejecución de la unidad de obra, por lo que deberá realizar dicha obra una vez recibida la orden. Mientras no haya acuerdo o entendimiento entre las partes se certificará la base de los precios establecidos por la Propiedad. Cuando haya acuerdo, el precio podrá certificarse a cuenta de acopios de materiales en la cantidad que la Dirección de Obra estime oportuno. En la liquidación



final no podrán darse pagos por excesos de materiales, ya que estos correrán siempre a costa del Instalador.

Las certificaciones por revisión irán separadas de las mensuales y el abono de dichas certificaciones no presupone la aceptación de los materiales en cuanto a su calidad, ya que la comprobación se realizará en el momento de puesta en obra. Del importe de certificaciones será descontado el porcentaje previamente fijado para el fondo de garantía.

Las certificaciones serán abonadas en el plazo de 120 días siguientes desde la fecha en que quede firmada cada una de las certificaciones, y el abono será por transferencia bancaria. Si no se cumplen los plazos de pago, el Instalador mediante una solicitud de demora podrá solicitar intereses por retraso, que serán proporcionales a la tardanza. El tipo de interés por el retraso quedará impuesto por el Banco de España como tipo de descuento comercial para dicho periodo.

## **4. CONDICIONES TÉCNICAS**

### **4.1. Calidad de los materiales**

#### **4.1.1. Todos en general**

Los materiales que intervengan en la instalación serán nuevos, de reciente fabricación y no habrán sido utilizados en ensayos o en otras instalaciones.

Los materiales a suministrar por la Empresa Instaladora serán los reseñados en el presupuesto y en los planos, en todo cuanto concierne a la parte mecánica, no siendo de su incumbencia el suministro de los materiales de obra civil, que correrán por cargo de la Propiedad.

Los materiales se deberán utilizar e instalar de acuerdo con las recomendaciones del fabricante correspondiente, siempre que no haya contradicciones con los documentos del proyecto.

#### **4.1.2. Los materiales eléctricos**

##### **4.1.2.1. Código de identificación de los conductores**

El color de su aislamiento es la base del código que diferencia a unos conductores de otros:

- Azul claro: conductor de neutro.
- Amarillo-Verde: conductor de tierra y protección.
- Marrón, negro y gris: conductores activos.

Todos los cables que pertenezcan a un circuito deberán ir rotulados con su identificación sobre el propio cable.



#### 4.1.2.2. Conductores activos

Los cables utilizados para la instalación eléctrica deberán ser de cobre y la proporción mínima en cobre electrolítico será del 99%.

Las conexiones se efectuarán, siempre que sea posible, mediante terminales de presión, y únicamente se retirará la envoltura (del cable) indispensable para realizar la unión, es decir, sin que el cable pelado sobresalga del borne.

Las derivaciones se realizarán siempre con bornes o en cajas especializadas, jamás se harán empalmes de torsión con cubrimiento de cinta.

Para la selección de los conductores activos del cable adecuado a cada carga se usará el más desfavorable entre los siguientes criterios, es decir, escogeremos el que nos dé una mayor sección:

- Intensidad máxima admisible. Como intensidad se tomará la propia de cada carga. Partiendo de las intensidades nominales así establecidas, se elegirá la sección del cable que admita esa intensidad de acuerdo a las prescripciones del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión ITC-19 o las recomendaciones del fabricante, adoptando los oportunos coeficientes correctores según las condiciones de la instalación. En cuanto a coeficientes de mayoración de la carga, se deberán tener presentes la ITC-REBT-44 para receptores de alumbrado y la ITC-REBT-47 para receptores de motor.
- Caída de tensión en servicio. La sección de los conductores a utilizar se determinará de forma que la caída de tensión entre el origen de la instalación y cualquier punto de utilización, sea menor del 3% de la tensión nominal para alumbrado, y menor del 5% para los demás usos, considerando alimentados todos los receptores susceptibles de funcionar simultáneamente. Para la derivación individual la caída de tensión máxima admisible será del 1.5%. El valor de la caída de tensión podrá compensarse entre la de la instalación interior y la de la derivación individual, de forma que la caída de tensión total sea inferior a la suma de los valores límites especificados para ambas.

Deberá tenerse en cuenta la caída de tensión en todo el sistema durante el arranque de motores, no debiendo provocar estas condiciones que impidan el arranque de los mismos, desconexión de contactores, parpadeo de alumbrado,...

La sección del conductor de neutro será la especificada en la ITC-REBT-07, que se establece en función de la sección de los conductores de fase de la instalación.

#### 4.1.2.3. Conductores de protección

Estos conductores sirven para unir eléctricamente las masas de la instalación y la conexión de estas al conductor de tierra con el fin de asegurar la protección contra contactos indirectos.

La sección de los conductores de protección será la indicada en la tabla 19.1 de la ITC-REBT 19. Si la indicación conduce a valores no normalizados, se utilizará la



sección superior más cercana. Esta sección puede ser utilizada siempre y cuando el conductor de protección esté realizado del mismo material que los conductores activos.

Cuando el conductor de protección este fuera de la canalización de alimentación la sección de dichos conductores será de 2.5 mm<sup>2</sup> (si disponen de protección mecánica) ó de 4 mm<sup>2</sup> (si no disponen de protección mecánica).

#### **4.1.2.4. Tubos protectores**

Los tubos protectores serán distintos si van empotrados o por falso techo que serán de PVC no propagadores de llamas normales o si van por montaje superficial, que serán rígidos blindados estancos de PVC.

El diámetro de los tubos deberemos sacarlo a partir de las diferentes tablas de la ITC-REBT 21.

#### **4.1.2.5. Interruptores, conmutadores y tomas de corriente**

Los interruptores y conmutadores cortarán la corriente máxima del circuito en que estén colocados sin dar lugar a la formación de arco permanente, abriendo o cerrando los circuitos sin posibilidad de tomar una posición intermedia. Serán de material aislante y permitirán como mínimo un total de 10000 maniobras de apertura y cierre con su carga nominal. Además tendrán el espacio suficiente para que ninguna de sus piezas supere los 65 °C de temperatura. Deberán llevar marcada la tensión y la corriente nominal.

Las tomas de corriente serán de material aislante, llevarán marcadas su intensidad y tensión nominal y dispondrán de puesta a tierra.

Todos ellos irán instalados en el interior de cajas empotradas en las paredes, de forma que al exterior sólo podrá aparecer el mando totalmente aislado. En caso de que existan más de una toma colindante deberán alojarse en la misma caja, la cual deberá estar suficientemente dimensionada para que no se produzcan contactos.

#### **4.1.2.6. Cajas de empalmes y derivaciones**

Las conexiones entre conductores se realizarán en el interior de cajas apropiadas de material aislante y no propagador de la llama. Las dimensiones de estas cajas serán tales que permitan alojar holgadamente todos los conductores que deban contener. La profundidad mínima será de 40 mm y su diámetro o lado interior mínimo de 60 mm. Si se desea que estas cajas sean estancas, se utilizara para empalmar los cables prensaestopas o recubrimiento de cola especial. La tapa de las cajas irá atornillada por lo menos en dos puntos.

Las dimensiones mínimas de caja a utilizar serán de 100 x 100 mm. Las cajas que se instalen superficialmente deberán estar unidas en dos puntos como mínimo. Los agujeros de las paredes de la caja para la entrada de los tubos serán ajustados al diámetro de ellos.



#### **4.1.2.7. Aparatos de protección**

Los interruptores magnetotérmicos serán de accionamiento manual y podrán cortar la corriente máxima del circuito en el que se coloquen sin sufrir ningún tipo de daño por temperatura. Solo tendrán 2 posiciones, y no permitirán la formación de arcos eléctricos permanentes.

Los interruptores serán de corte omnipolar y cuando los magnetotérmicos o los diferenciales no aguanten las corrientes de cortocircuito irán protegidos con fusibles calibrados, que serán distintos dependiendo del circuito que protejan.

#### **4.1.2.8. Cuadros de protección y maniobra**

Los cuadros serán metálicos contruidos con chapa de acero y del color que la Dirección Técnica decida. Los paneles estarán elevados respecto al suelo, y si se encuentran en talleres, por seguridad, se encontrarán como mínimo a 60 cm.

Los cuadros estarán debidamente puestos a tierra mediante cobre electrolítico y los cables que entren y salgan de él deberán hacerlo por debajo, salvo contraindicación de la Dirección Técnica.

El cierre de la puerta podrá ser con cerradura o a presión, pero se suele utilizar este segundo método a no ser que se especifique lo contrario.

El conexionado entre los dispositivos de protección situados en los cuadros se ejecutará ordenadamente, disponiendo de regletas de conexionado para los conductores activos y para el conductor de protección.

#### **4.1.2.9. Alumbrado**

Las lámparas y tubos de descarga deberán cumplir las siguientes condiciones:

- Deberán quedar fuera del alcance de la mano tanto las lámparas como las conexiones.
- Los interruptores destinados a estas lámparas estarán previstos para cargas inductivas o en su defecto, tendrán una capacidad de corte no inferior a dos veces la intensidad del receptor o receptores.
- Los circuitos de alimentación a lámparas o tubos de descarga estarán previstos para transportar las cargas previstas para los receptores, a los elementos asociados y a sus correspondientes armónicos. La carga mínima prevista será 1.8 la potencia de los receptores.
- Todas las partes bajo tensión, excepto las partes destinadas a iluminar, estarán protegidas con elementos aislantes o metálicos puestos a tierra.

#### **4.1.2.10. Alumbrados especiales**



Las instalaciones destinadas a alumbrado de emergencia tienen por objeto asegurar, en caso de fallo de la alimentación del alumbrado normal, la iluminación en los locales y accesos hasta las salidas para una eventual evacuación del público o iluminar otros puntos que se señalen.

La alimentación del alumbrado de emergencia será automática en el momento que se produzca un corte breve.

#### Alumbrado de seguridad

Es el alumbrado de emergencia previsto para garantizar la seguridad de las personas que evacuen una zona o que tienen que terminar un trabajo potencialmente peligroso antes de abandonar la zona.

El alumbrado de seguridad estará previsto para entrar en funcionamiento automáticamente cuando se produce el fallo del alumbrado general o cuando la tensión de éste baje a menos del 70% de su valor nominal.

La instalación de este alumbrado será fija y estará provista de fuentes propias de energía. Sólo se podrá utilizar el suministro exterior para proceder a su carga, cuando la fuente propia de energía esté constituida por baterías de acumuladores o aparatos autónomos automáticos.

#### Alumbrado de evacuación

Es la parte del alumbrado de seguridad previsto para garantizar el reconocimiento y la utilización de los medios o rutas de evacuación cuando los locales estén o puedan estar ocupados.

En rutas de evacuación, el alumbrado de evacuación debe proporcionar, a nivel del suelo y en el eje de los pasos principales, una iluminancia horizontal mínima de 1 lux.

El alumbrado de evacuación deberá poder funcionar cuando se produzca el fallo de la alimentación normal, como mínimo durante una hora, proporcionando la iluminancia prevista.

#### Alumbrado ambiente

Es la parte del alumbrado de seguridad previsto para evitar todo riesgo de pánico y proporcionar una iluminación ambiente adecuada que permita a los ocupantes identificar y acceder a las rutas de evacuación e identificar obstáculos.

El alumbrado ambiente debe proporcionar una iluminancia horizontal mínima de 0.5 lux en todo el espacio considerado, desde el suelo hasta una altura de 1 metro.

El alumbrado ambiente deberá poder funcionar, cuando se produzca el fallo de la alimentación normal, como mínimo durante una hora, proporcionando la iluminación prevista.



## 4.2. Normas de ejecución

### 4.2.1. En general

Se realizará la instalación de forma que permita la fácil introducción y retirada de los conductores, tanto en las bandejas como en los tubos, siempre, que estos estén colocados previamente.

No se permitirán más de tres conductores en los bornes por cada extremo de conexión.

Es preferible la utilización de interruptores omnipolares, pero en el caso de utilizarse unipolares, este deberá seccionar el conductor activo.

No se utilizará un mismo conductor de neutro para varios circuitos. Cualquier conductor, activo o no, podrá seccionarse en cualquier punto de la instalación.

Las tomas de corriente de una habitación deben estar conectadas a una misma fase, y si esto no fuera así, las tomas con distintas fases deberían estar separadas al menos 1.5 metros. Todas las tomas deberán tener un contacto de toma a tierra, ya que es obligatorio que los aparatos de uso en la actividad lleven enchufes con dispositivos de toma a tierra.

Todos los interruptores o pulsadores de maniobra deberán ser de material aislante.

Los circuitos eléctricos deberán ir protegidos contra sobretensiones (interruptores automáticos) o cortocircuito (fusibles), que irán dispuestos sobre el conductor activo.

Deberá disponerse de un punto de puesta a tierra accesible y señalizado para poder medir la resistencia de tierra.

### 4.2.2. Instalación eléctrica

#### 4.2.2.1. Canalizaciones con tubos protectores en montaje interior

Para las canalizaciones bajo tubos protectores se tendrán en cuenta las siguientes preinscripciones:

- Las canalizaciones se harán siguiendo líneas verticales y horizontales o paralelas a las paredes que limitan el local donde se realiza la instalación
- Los tubos deberán unirse entre sí mediante los accesorios adecuados para que se asegure la continuidad de la protección que dan a los conductores. Si los tubos deberían ser estancos, los empalmes se podrán recubrir con cola.
- Las curvas en los tubos no reducirán la sección mínima que especifica el fabricante.
- Deberá ser fácil la introducción de los conductores después de estar montados los tubos, por lo que se disponen de registros a 15 metros como máximo si son tramos rectos, y pudiendo haber 3 curvas como máximo entre registros. Dichos





registros pueden servir además como cajas de derivación o empalme, siempre que las conexiones se realicen con los bornes de conexión adecuados.

- Si se colocan tubos metálicos deberá tenerse en cuenta los fenómenos de condensación que se pueden dar en ellos, asegurando la evacuación del agua que se cree y su ventilación adecuada. Además se deberá tener en cuenta que los bordes no tengan rebabas que puedan dañar los conductores. Los conductores metálicos que sean accesibles deben ponerse a tierra, con una distancia máxima entre puestas a tierra de diez metros, y jamás se podrá utilizar los tubos como conductor de protección o neutro.
- Para evitar los efectos del frío y el calor por instalaciones colindantes se protegerán las canalizaciones con pantallas de protección de calor, con distancia suficiente entre las distintas instalaciones o con materiales aislantes adecuados.

#### **4.2.2.2. Canalizaciones con tubos protectores en montaje superficial**

Cuando las canalizaciones se coloquen en montaje superficial se tendrán en cuenta también las siguientes preinscripciones:

- Los tubos se colocarán adaptándose a la superficie sobre la que se instalan, curvándose y usando las bridas o abrazaderas necesarias, siempre que estas estén protegidas contra corrosión y sólidamente sujetas.
- La altura de los tubos deberá ser superior a los 2.50 metros, siempre que sea posible, para evitar daños mecánicos.

#### **4.2.2.3. Conductores en bandeja**

Sólo se utilizan conductores aislados con cubierta, unipolares o multipolares. La anchura de las bandejas será de 100 mm como mínimo, con incrementos de 100 en 100 mm. La longitud de los tramos rectos será de dos metros. El fabricante indicará en su catálogo la carga máxima admisible por la bandeja en función de la anchura y de la distancia entre soportes. Todos los accesorios como codos, cambios de plano, reducciones, tes, uniones, soportes,... tendrán la misma calidad y características que la bandeja.

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

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

#### **4.2.2.4. Normas de instalación en presencia de otras canalizaciones no eléctricas**





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

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

#### **4.2.2.5. Acceso a las instalaciones**

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

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

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

#### **4.2.2.6. Alumbrado**

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

Las partes metálicas accesibles de las luminarias deberán tener un elemento de conexión para su puesta a tierra, que irá conectado de manera fiable y permanente al conductor de protección.

El uso de lámparas de gases con descargas a Alta Tensión, como por ejemplo las de neón, se permitirá cuando su ubicación esté fuera del local o cuando se instalen envolventes separadoras.

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



Los circuitos de alimentación estarán previstos para transportar la carga debida a los propios receptores, a sus elementos asociados y a sus corrientes armónicas y de arranque.

Para receptores con lámparas de descarga, la carga mínima prevista en voltiamperios será de 1.8 veces la potencia en vatios de las lámparas. En el caso de distribuciones monofásicas, el conductor de neutro tendrá la misma sección que los de fase. Será aceptable un coeficiente diferente para el cálculo de la sección de los conductores siempre y cuando el factor de potencia de cada receptor sea mayor o igual a 0.9.

#### 4.2.2.7. Motores

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

Los conductores de conexión que alimentan a un solo motor deben estar dimensionados para una intensidad del 125% de la intensidad a plena carga del motor. Los conductores de conexión que alimentan a varios motores deben estar dimensionados para una intensidad no inferior a la suma del 125% de la intensidad a plena carga del motor de mayor potencia más la intensidad a plena carga de todos los demás.

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

Los motores deben estar protegidos contra la falta de tensión por un dispositivo de corte automático de la alimentación, cuando el arranque espontáneo del motor como consecuencia del restablecimiento de la tensión pueda provocar accidentes o perjudicar al motor.

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

En general, los motores de potencia superior a 0.75 KW deben estar previstos de reóstatos de arranque o dispositivos equivalentes que no permitan que la relación de corriente entre el periodo de arranque y el de marcha normal que corresponda a su plena carga, según las características del motor que debe indicar su placa, sea superior a la señalada en el cuadro siguiente:

De 0,75 KW a 1,5 KW	4,5
De 1,5 KW a 5 KW	3
De 5 KW a 15 KW	2



Más de 15 KW

1,5

#### 4.2.2.8. Puesta a tierra

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

La puesta o conexión a tierra es la unión eléctrica directa de una parte del circuito o de una parte conductora mediante una toma de tierra con un electrodo o grupo de ellos.

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

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

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

#### 4.2.2.9. Uniones a tierra

Para la toma de tierra se pueden utilizar electrodos formados por: barras, tubos, pletinas, conductores desnudos (de cobre), placas, anillos o mallas metálicas, armaduras de hormigón enterradas (excepto las pretensadas) u otras estructuras que se demuestre que son apropiadas.

El tipo y la profundidad de enterramiento de las tomas de tierra deben ser tales que la posible pérdida de humedad del suelo, la presencia del hielo u otros efectos climáticos, no aumenten la resistencia de la toma de tierra por encima del valor previsto. La profundidad nunca será inferior a 0.5 m.

La sección de los conductores de tierra cuando están enterrados debe estar acorde con la tabla 2 de la ITC-REBT-18.

### 4.3. Centro de Transformación



### 4.3.1. Obra civil

Los Centros estarán constituidos enteramente con material no combustible, y los elementos delimitadores del Centro (muros exteriores, cubierta, puertas,...) deberán tener una resistencia al fuego de acuerdo con la norma NBE CPI-96.

Los muros del Centro deberán tener entre sus parámetros una resistencia mínima de  $100000\Omega$ . La medición de esta resistencia se realizará aplicando una tensión de 500 V entre dos placas de  $100\text{ cm}^2$  cada una.

El Centro de Transformación tendrá un aislamiento acústico de forma que no transmita niveles sonoros superiores a 30 dB durante la noche y de 55 dB durante el día.

Ninguna de las aberturas del centro (rejillas) permitirá el paso de un objeto de 12 mm de diámetro, y las rejillas que den a partes con tensión no dejarán pasar objetos de más de 2.5 mm de diámetro.

### 4.3.2. Aparamenta de Alta Tensión

La Aparamenta de Alta Tensión estará constituida por conjuntos compactos que se encontrarán bajo envolventes metálicas, y estarán diseñados para una tensión admisible de 36 KV.

El interruptor y el seccionador de puesta a tierra será un único aparato que tenga tres posiciones (abierto, cerrado y puesto a tierra), con el fin de imposibilitar el cierre simultáneo del interruptor y del seccionador de puesta a tierra. Dicho elemento deberá ser capaz de soportar la intensidad nominal que vaya a circular por él y de soportar más de 100 maniobras de apertura y cierre.

### 4.3.3. Características constructivas

Los conjuntos compactos deberán tener una envolvente única con dieléctrico de hexafluoruro de azufre ( $\text{SF}_6$ ). Toda la Aparamenta estará agrupada en el interior de una cuba metálica estanca rellena de hexafluoruro de azufre. En la cuba habrá una sobrepresión de 0.3 bar sobre la presión atmosférica. Se deberá encontrar sellada de tal forma que garantice que al menos durante 30 años no sea necesaria la reposición de gas. La cuba cumplirá la norma CEI 56. En la parte posterior se dispondrá de un sistema que asegure la evacuación de las eventuales sobrepresiones que puedan producirse sin daño ni para el operario ni para las instalaciones.

La seguridad de explotación será completada por los dispositivos de enclavamiento por candados existentes en cada uno de los ejes de accionamiento. Los cables se conectarán desde la parte frontal de las cabinas y los accionamientos manuales irán reagrupados en el frontal de la celda a una altura cómoda.

El interruptor-seccionador tendrá un esquema del circuito principal donde se vea su eje de accionamiento. También se añadirá a este esquema la posición en la que se encuentre el interruptor-seccionador.



#### **4.3.3.1. Compartimento de aparallaje**

Estará relleno de SF<sub>6</sub> y sellado de por vida. El sistema de sellado será comprobado individualmente en fabricación y no se requerirá ninguna manipulación del gas durante toda la vida útil de la instalación. La presión relativa de llenado será de 0.3 bar.

Toda sobrepresión accidental originada en el interior del compartimento estará limitada por la apertura de la parte posterior del cárter. Los gases serán canalizados hacia la parte posterior de la cabina sin ninguna manifestación o proyección a la parte frontal. Las maniobras de cierre y apertura de los interruptores y cierre de los seccionadores de puesta a tierra se efectuarán con la ayuda de un mecanismo de acción brusca independiente del operador. El seccionador de puesta a tierra dentro del SF<sub>6</sub>, deberá tener un poder de cierre en cortocircuito de 40 KA. El interruptor realizará las funciones de corte y seccionamiento.

#### **4.3.3.2. Compartimento de juego de barras**

Se compondrá de tres barras aisladas de cobre conexionadas mediante tornillos de cabeza Allen de métrica 8.

#### **4.3.3.3. Compartimento de conexión de cables**

Se podrán conectar cables ecos y cables con aislamiento de papel impregnado. Las extremidades de los cables serán simplificadas para cables secos o termorretráctiles para cables de papel impregnado.

#### **4.3.3.4. Compartimento de mando**

Contiene los mandos del interruptor y del seccionador de puesta a tierra, así como la señalización de presencia de tensión. Se podrán montar en obra los siguientes accesorios si se requieren posteriormente:

- Motorizaciones
- Bobinas de cierre y/o apertura
- Contactos auxiliares

Este compartimento deberá ser accesible en tensión, pudiéndose motorizar, añadir accesorios o cambiar mandos manteniendo la tensión en el Centro.

#### **4.3.3.5. Compartimento de control**



Si se trata de mandos motorizados, el compartimento estará equipado de bornas de conexión y fusibles de baja tensión. En cualquier caso, este compartimento será accesible con tensión tanto en barras como en los cables.

#### **4.3.3.6. Fusibles**

En la protección ruptofusible se utilizarán fusibles del modelo y calibre indicados en el capítulo de Cálculos de este proyecto. Se instalarán en tres compartimentos individuales estancos, cuya apertura estará enclavada con el seccionador de puesta a tierra, el cuál pondrá a tierra ambos extremos de los fusibles.

#### **4.3.4. Transformador**

El transformador a instalar será trifásico con neutro accesible en Baja Tensión, refrigeración natural en baño de aceite, con regulación de tensión primaria mediante conmutador accionable estando el transformador desconectado, servicio continuo y demás características detalladas en la memoria. La colocación del transformador se realizará de forma que éste quede correctamente instalado sobre vigas de apoyo.

##### **4.3.4.1. Normas de ejecución de las instalaciones**

Todas las normas de construcción e instalación del Centro se ajustarán, en todo caso, a los planos, mediciones y calidades que se expresan, así como a las directrices que la Dirección Facultativa estime oportunas. Además del cumplimiento de lo expuesto, las instalaciones se ajustarán a las normativas que le pudieran afectar, emanadas por organismos oficiales y en particular las de la propia compañía eléctrica.

Deberá tenerse cuidado con los materiales, de forma que estos no sufran alteraciones durante su depósito en la obra, debiendo quitar y reemplazar todos los que hubieran sufrido algún desperfecto.

##### **4.3.4.2. Pruebas reglamentarias**

La Aparamenta eléctrica que compone la instalación deberá ser sometida a los diferentes ensayos de tipo y de serie que contemplen las normas UNE o recomendaciones UNESA conforme a las cuales esté fabricada. Asimismo, una vez ejecutada la instalación, se procederá, por parte de una entidad acreditada por los organismos públicos competentes al efecto, a la medición reglamentaria de los siguientes valores: resistencia de aislamiento de la instalación y del sistema de puesta a tierra y la tensión de paso y de contacto.

#### **4.3.5. Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad**

##### **4.3.5.1. Prevenciones generales**



- Queda prohibida la entrada en el Centro a toda persona ajena al servicio y siempre que el encargado del mismo se ausente, deberá dejarlo cerrado con llave.
- Se instalarán en sitios visibles y en su entrada placas con el símbolo de “Peligro de muerte”.
- No está permitido tener en el interior del local nada más excepto lo destinado al servicio del Centro (banqueta, guantes,...).
- No está permitido fumar ni encender ningún tipo de combustible en el local, y en caso de incendio no se utilizará agua.
- No se tocará ninguna parte de la instalación en tensión sin encontrarse sobre la banqueta, aunque se esté aislado.
- En un sitio visible, en el interior del Centro, deberá estar el presente reglamento y el esquema de todas las conexiones de la instalación.

#### **4.3.5.2. Puesta en servicio**

Se conectarán primero los seccionadores de Alta Tensión, y a continuación el interruptor de Alta Tensión, dejando de esta forma el transformador en vacío. Seguido se conectará el interruptor general de Baja Tensión, y por último a la maniobra de la red de Baja Tensión.

Si al poner en servicio una línea se disparase el interruptor automático o se fundiera un fusible, antes de volver a conectar se reconocerá detenidamente la instalación y si se observase alguna irregularidad, se notificará en ese instante a la empresa suministradora (Iberdrola).

#### **4.3.5.3. Separación de servicio**

Se procederá en orden inverso al del párrafo uno del apartado anterior.

Si el interruptor fuera automático, sus relés deben regularse por disparo instantáneo con sobrecarga proporcional a la potencia del transformador, según la clase de la instalación.

Con el propósito de asegurar un buen contacto en las mordazas de los fusibles y cuchillas de los interruptores así como en las bornas de fijación de las líneas de Alta y Baja tensión, la limpieza se efectuará con la debida asiduidad. Si se tuviera que intervenir en la parte de la línea comprendida entre la celda de entrada y el seccionador aéreo exterior, se avisará por escrito a la compañía suministradora de la electricidad para que corte la corriente en la línea alimentadora. Los trabajos no podrán comenzar sin la conformidad de la compañía, que no restablecerá el servicio hasta recibir, con las debidas garantías, notificación de que la línea de Alta se encuentra en perfectas condiciones, para garantizar la seguridad de personas e instrumentos.



La limpieza se hará sobre banqueta y con trapos perfectamente secos. El aislamiento necesario para garantizar la seguridad personal sólo se consigue teniendo la banqueta en perfectas condiciones y sin apoyar en otros objetos que estén puestos a tierra.

#### **4.3.5.4. Previsiones especiales**

No se modificarán los fusibles y al cambiarlos se emplearán de las mismas características de resistencia y curva de fusión.

No debe de sobrepasar los 60 °C la temperatura del líquido refrigerante en los aparatos que lo tuvieran, y cuando se precise cambiarlo, se empleará de la misma calidad y características.

Deben humedecerse con frecuencia las tomas de tierra, y se vigilará el buen estado de los aparatos, poniendo en conocimiento de la compañía suministradora cualquier anomalía en el funcionamiento del Centro para su corrección.

## **5. CONDICIONES DE USO, MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD**

El usuario de las instalaciones, a fin de disponer de plenas garantías de seguridad en el uso de las mismas, deberá conectar los receptores en las condiciones de seguridad a la que está preparada la instalación:

- Las máquinas portátiles y otros aparatos que deban conectar deberán disponer de clavijas adecuadas para la conexión de dicha maquinaria tanto a los conductores de fase y neutro como al de protección o tierra.
- No sustituir ninguna lámpara ni realizar operación alguna en los receptores sin haberse antes cerciorado de que no hay posibilidad de existencia de corriente en el punto de manipulación, para lo cual lo más seguro será desconectar el interruptor Magnetotérmico del circuito al que pertenece dicho punto o desconectar el interruptor general.

## **6. CERTIFICADO Y DOCUMENTACIÓN QUE DEBE DISPONER EL TITULAR**

A efectos de legalizar las instalaciones, se deberá disponer de la siguiente documentación:

- Empresa Promotora
  - Nombre de la empresa
  - CIF y domicilio fiscal
  - Nombre, apellidos y DNI del representante legal
- Instalador autorizado
  - Nombre de la empresa instaladora





- Número de Carnet de Instalador Autorizado
- Categoría y especialidad del Instalador
- Domicilio fiscal
- Certificados de Instalación Eléctrica en Baja Tensión
- Director de la Instalación Eléctrica:
  - Certificado de final de obra

PAMPLONA, 11 DE ENERO DEL 2013

ATARRATZE ROTA VILLANUEVA



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

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

DOCUMENTO 5: PRESUPUESTO

Alumno: Atarratze Rota Villanueva

Tutor: Rafael Gonzaga Jarquin

Pamplona, 11/01/2013



## ÍNDICE

### PRESUPUESTO

pág.

1. Capítulo 1: Derivación individual	2
2. Capítulo 2: Protecciones	3
2.1. C.G.P:	3
2.2. C.A.1:	4
2.3. C.A.2:	5
2.4. C.A.3:	7
2.5. C.A.4:	8
2.6. C.A.5:	10
2.7. C.A.6:	11
2.8. C.A.7:	12
3. Capítulo 3: Alumbrado	14
4. Capítulo 4: Cables, tubos y canales	17
5. Capítulo 5: Tomas a Tierra	20
6. Capítulo 6: Tomas, contactores y varios	21
7. Capítulo 7: Compensación de energía reactiva	22
8. Capítulo 8: Centro de Transformación	23
8.1. Obra civil	23
8.2. Caseta C.T.	23
8.3. Transformador	23
8.4. Aparamenta media tensión	24
8.5. Aparamenta baja tensión	25
8.6. Puesta a tierra	26
9. Resumen presupuesto	28
9.1. Resumen presupuesto nave	28
9.2. Resumen presupuesto C.T.	28
10. Presupuesto total de la instalación	29



## PRESUPUESTO

### 1. CAPITULO 1: DERIVACIÓN INDIVIDUAL

Unidad	Concepto	Cantidad	Precio unidad (€)	Precio total(€)
Metro lineal	Cable RZ1-K(AS) 0,6/ 1 kV Flexible Marca: General cable (1x185 mm <sup>2</sup> ) Cobre	468,99	72,942	34209,068
Metro lineal	Cable RZ1-K(AS) 0,6/ 1 kV Flexible Marca: General cable (1x95 mm <sup>2</sup> ) Cobre	312,66	39,194	12254,396
Unidad	Arqueta troncopiramidal de 1x1m <sup>2</sup> de base y 1m de profundidad. El cierre será con marco y tapa de fundición 0,60x0,60 m <sup>2</sup> . Totalmente instalada.	1	145	145
Metro lineal	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.	52,11	5,25	273,577
Metro lineal	Tubo de PVC corrugado de doble pared, de 180 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.	52,11	5,25	273,577
Metro lineal	Zanja sobre tierra de 40x80 cm. Con arena lavada debajo del tubo y relleno de tierra excavada.	53	3,15	166,95
Horas	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje. Totalmente instalado.	21	17,99	377,79

**TOTAL Derivación individual:**

**47700,35962**

### 2. CAPITULO 2: PROTECCIONES



## 2.1. C.G.P:

Unidad	Concepto	Cantidad	Precio unidad (€)	Precio total(€)
Unidad	Armario Schneider Electric, Prisma G, de medidas 1530x595x250 mm incluyendo todos los complementos necesarios. 30 % de reserva	1	746,97	746,97
Unidad	Interruptor magnetotérmico Marca: Schneider Electric Modelo: Compact NSX630N Poder de corte: 50 KA, curva C, III+N Calibre 630 A	1	3572,87	3572,87
Unidad	Interruptor magnetotérmico Marca: Schneider Electric Poder de corte: 25 KA, curva D, III+N Calibre 200 A	1	531,48	531,48
Unidad	Interruptor magnetotérmico Marca: Schneider Electric Poder de corte: 25 KA, curva D, III+N Calibre 125 A	1	461,21	461,21
Unidad	Interruptor magnetotérmico Marca: Schneider Electric Poder de corte: 25 KA, curva C, III+N Calibre 125 A	3	377,32	1131,96
Unidad	Interruptor magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Poder de corte: 25 KA, curva D, III+N Calibre 80 A	2	442,93	885,86
Unidad	Interruptor diferencial Marca: Schneider Electric Calibre: 80A Sensibilidad: 300 mA 4 polos	2	536,57	1073,14



Unidad	Interruptor diferencial Marca: Schneider Electric Calibre: 125A Sensibilidad: 300 mA 4 polos	1	293,45	293,45
Unidad	Interruptor diferencial Marca: Schneider Electric Calibre: 200A Sensibilidad: 300 mA 4 polos	1	549,45	549,45
Unidad	Unidades Extintor de CO2, material extintor no conductor de la corriente eléctrica.	1	36,12	36,12
Horas	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje. Totalmente instalado	10	18	180

<b>TOTAL</b>	<b>9462,51</b>
--------------	----------------

## 2.2. C.A.1:

Unidad	Concepto	Cantidad	Precio unidad (€)	Precio total(€)
Unidad	Armario Cofret Schneider Electric, Pragma 24, de medidas 900x550x148 mm 120 módulos incluyendo todos los complementos necesarios. 30 % de reserva	1	369	369
Unidad	Interruptor de corte en carga, seccionador. Modelo: Interpact INS400 Marca: Schneider Electric Calibre: 400 A 4 polos	1	357,26	357,26
Unidad	Interruptor magnetotérmico Marca: Schneider Electric Poder de corte: 15 KA, curva B, F+N Calibre 20 A	3	100,47	301,41



Unidad	Interrupor magnetotérmico Marca: Schneider Electric Poder de corte: 15 KA, curva C, F+N Calibre 20 A	6	87,36	524,16
Unidad	Interrupor magnetotérmico Marca: Schneider Electric Poder de corte: 15 KA, curva C, F+N Calibre 6 A	2	91,09	182,18
Unidad	Interrupor diferencial Marca: Schneider Electric Calibre: 25A Sensibilidad: 30 mA 2 polos	11	153,32	1686,52
Unidad	Unidades Extintor de CO2, material extintor no conductor de la corriente eléctrica.	1	36,12	36,12
Horas	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje. Totalmente instalado	10	18	180

<b>TOTAL</b>	<b>3636,65</b>
--------------	----------------

## 2.3. C.A.2:

Unidad	Concepto	Cantidad	Precio unidad (€)	Precio total(€)
Unidad	Armario Cofret Schneider Electric, Pragma 24, de medidas 750x550x148 mm 96 módulos incluyendo todos los complementos necesarios. 30 % de reserva	1	323,64	323,64



Unidad	Interrupor de corte en carga, seccionador. Modelo: Interpact INS160 Marca: Schneider Electric Calibre: 160 A 4 polos	1	138,14	138,14
Unidad	Interrupor magnetotérmico Marca: Schneider Electric Poder de corte: 10 KA, curva C, F+N Calibre 16 A	1	53,5	53,5
Unidad	Interrupor magnetotérmico Marca: Schneider Electric Poder de corte: 10 KA, curva B, F+N Calibre 16 A	2	61,19	122,38
Unidad	Interrupor magnetotérmico Marca: Schneider Electric Poder de corte: 10 KA, curva C, F+N Calibre 6 A	1	57,34	57,34
Unidad	Interrupor magnetotérmico Marca: Schneider Electric Poder de corte: 10 KA, curva C, F+N Calibre 20 A	1	55,1	55,1
Unidad	Interrupor magnetotérmico Marca: Schneider Electric Poder de corte: 10 KA, curva C, F+N Calibre 10 A	1	52,46	52,46
Unidad	Interrupor magnetotérmico Marca: Schneider Electric Poder de corte: 10 KA, curva B, F+N Calibre 20 A	1	63,04	63,04
Unidad	Interrupor magnetotérmico Marca: Schneider Electric Poder de corte: 10 KA, curva D, F+N Calibre 6 A	2	69,49	138,98





Unidad	Interruptor diferencial Marca: Schneider Electric Calibre: 25A Sensibilidad: 30 mA 2 polos	9	153,32	1379,88
Unidad	Unidades Extintor de CO2, material extintor no conductor de la corriente eléctrica.	1	36,12	36,12
Horas	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje. Totalmente instalado	10	18	180

<b>TOTAL</b>	<b>2600,58</b>
--------------	----------------

## 2.4. C.A.3

Unidad	Concepto	Cantidad	Precio unidad (€)	Precio total(€)
Unidad	Armario Cofret Schneider Electric, Pragma 24, de medidas 750x550x148 mm 96 módulos incluyendo todos los complementos necesarios. 30 % de reserva	1	323,64	323,64
Unidad	Interruptor de corte en carga, seccionador. Modelo: Interpact INS250 Marca: Schneider Electric Calibre: 250 A 4 polos	1	259,33	259,33
Unidad	Interruptor magnetotérmico Marca: Schneider Electric Poder de corte: 15 KA, curva B, F+N Calibre 20 A	2	100,47	200,94
Unidad	Interruptor magnetotérmico Marca: Schneider Electric Poder de corte: 15 KA, curva C, F+N Calibre 20 A	1	87,36	87,36



Unidad	Interruptor magnetotérmico Marca: Schneider Electric Poder de corte: 15 KA, curva C, III+N Calibre 16 A	2	84,88	169,76
Unidad	Interruptor magnetotérmico Marca: Schneider Electric Poder de corte: 15 KA, curva D, F+N Calibre 6 A	3	99,92	299,76
Unidad	Interruptor magnetotérmico Marca: Schneider Electric Poder de corte: 15 KA, curva B, F+N Calibre 10 A	1	95,75	95,75
Unidad	Interruptor diferencial Marca: Schneider Electric Calibre: 25A Sensibilidad: 30 mA 2 polos	9	153,32	1379,88
Unidad	Unidades Extintor de CO2, material extintor no conductor de la corriente eléctrica.	1	36,12	36,12
Horas	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje. Totalmente instalado	10	18	180

<b>TOTAL</b>	<b>3032,54</b>
--------------	----------------

## 2.5. C.A.4:

Unidad	Concepto	Cantidad	Precio unidad (€)	Precio total(€)
Unidad	Armario Cofret Schneider Electric, Pragma 24, de medidas 600x550x148 mm 72 módulos incluyendo todos los complementos necesarios. 30 % de reserva	1	242,91	242,91



Unidad	<p>Interruptor de corte en carga, seccionador. Modelo: Interpact INS160 Marca: Schneider Electric Calibre: 160 A 4 polos</p>	1	138,14	138,14
Unidad	<p>Interruptor magnetotérmico Marca: Schneider Electric Poder de corte: 6 KA, curva B, F+N Calibre 20 A</p>	1	50,99	50,99
Unidad	<p>Interruptor magnetotérmico Marca: Schneider Electric Poder de corte: 6 KA, curva C, III+N Calibre 20 A</p>	3	102,91	308,73
Unidad	<p>Interruptor magnetotérmico Marca: Schneider Electric Poder de corte: 6 KA, curva B, III+N Calibre 16 A</p>	1	120,04	120,04
Unidad	<p>Interruptor magnetotérmico Marca: Schneider Electric Poder de corte: 6 KA, curva D, F+N Calibre 6 A</p>	1	111,01	111,01
Unidad	<p>Interruptor diferencial Marca: Schneider Electric Calibre: 25A Sensibilidad: 30 mA 2 polos</p>	2	153,32	306,64
Unidad	<p>Interruptor diferencial Marca: Schneider Electric Calibre: 25A Sensibilidad: 30 mA 4 polos</p>	3	175,79	527,37
Unidad	<p>Interruptor diferencial Marca: Schneider Electric Calibre: 25A Sensibilidad: 300 mA 4 polos</p>	1	156,11	156,11



Unidad	Unidades Extintor de CO2, material extintor no conductor de la corriente eléctrica.	1	36,12	36,12
Horas	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje. Totalmente instalado	10	18	180

<b>TOTAL</b>	<b>2178,06</b>
--------------	----------------

## 2.6. C.A.5:

Unidad	Concepto	Cantidad	Precio unidad (€)	Precio total(€)
Unidad	Armario Cofret Schneider Electric, Pragma 24, de medidas 750x550x148 mm 96 módulos incluyendo todos los complementos necesarios. 30 % de reserva	1	323,64	323,64
Unidad	Interruptor de corte en carga, seccionador. Modelo: Interpact INS250 Marca: Schneider Electric Calibre: 250 A 4 polos	1	259,33	259,33
Unidad	Interruptor magnetotérmico Marca: Schneider Electric Poder de corte: 10 KA, curva D, III+N Calibre 16 A	6	133,32	799,92
Unidad	Interruptor magnetotérmico Marca: Schneider Electric Poder de corte: 10 KA, curva D, III+N Calibre 32 A	2	148,19	296,38
Unidad	Interruptor diferencial Marca: Schneider Electric Calibre: 25A Sensibilidad: 300 mA 4 polos	6	156,11	936,66



Unidad	Interruptor diferencial Marca: Schneider Electric Calibre: 40A Sensibilidad: 300 mA 4 polos	2	170,85	341,7
Unidad	Unidades Extintor de CO2, material extintor no conductor de la corriente eléctrica.	1	36,12	36,12
Horas	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje. Totalmente instalado	10	18	180

<b>TOTAL</b>	<b>3173,75</b>
--------------	----------------

## 2.7. C.A.6:

Unidad	Concepto	Cantidad	Precio unidad (€)	Precio total(€)
Unidad	Armario Cofret Schneider Electric, Pragma 24, de medidas 900x550x148 mm 120 módulos incluyendo todos los complementos necesarios. 30 % de reserva	1	369,00	369,00
Unidad	Interruptor de corte en carga, seccionador. Modelo: Interpact INS250 Marca: Schneider Electric Calibre: 250 A 4 polos	1	259,33	259,33
Unidad	Interruptor magnetotérmico Marca: Schneider Electric Poder de corte: 6 KA, curva D, III+N Calibre 16 A	8	200,96	1607,68
Unidad	Interruptor magnetotérmico Marca: Merlin Gerin Poder de corte: 6 KA, curva C, III+N Calibre 32 A	2	111,29	222,58



Unidad	Interrupor diferencial Marca: Schneider Electric Calibre: 25A Sensibilidad: 300 mA 4 polos	8	156,11	1248,88
Unidad	Interrupor diferencial Marca: Schneider Electric Calibre: 40 A Sensibilidad: 300 mA 4 polos	2	170,85	341,7
Unidad	Unidades Extintor de CO2, material extintor no conductor de la corriente eléctrica.	1	36,12	36,12
Horas	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje. Totalmente instalado	10	18	180

<b>TOTAL</b>	<b>4265,29</b>
--------------	----------------

## 2.8. C.A.7:

Unidad	Concepto	Cantidad	Precio unidad (€)	Precio total(€)
Unidad	Armario Cofret Schneider Electric, Pragma 24, de medidas 600x550x148 mm 72 módulos incluyendo todos los complementos necesarios. 30 % de reserva	1	242,91	242,91
Unidad	Interrupor de corte en carga, seccionador. Modelo: Interpact INS250 Marca: Schneider Electric Calibre: 250 A 4 polos	1	259,33	259,33
Unidad	Interrupor magnetotérmico Marca: Schneider Electric Poder de corte: 6 KA, curva C, III+N Calibre 32 A	1	111,29	111,29



Unidad	Interrupor magnetotérmico Marca: Schneider Electric Poder de corte: 6 KA, curva D, III+N Calibre 16 A	4	200,96	803,84
Unidad	Interrupor magnetotérmico Marca: Schneider Electric Poder de corte: 6 KA, curva C, III+N Calibre 25 A	1	106,72	106,72
Unidad	Interrupor diferencial Marca: Schneider Electric Calibre: 25 A Sensibilidad: 300 mA 4 polos	5	156,11	780,55
Unidad	Interrupor diferencial Marca: Schneider Electric Calibre: 40A Sensibilidad: 300 mA 4 polos	1	170,85	170,85
Unidad	Unidades Extintor de CO2, material extintor no conductor de la corriente eléctrica.	1	36,12	36,12
Horas	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje. Totalmente instalado	10	18	180

<b>TOTAL</b>	<b>2691,61</b>
--------------	----------------

Presupuesto total capítulo II	Importe (€)
Cuadro general de distribución (C.G.P)	9462,51
Cuadro auxiliar 1	3636,65
Cuadro auxiliar 2	2600,58
Cuadro auxiliar 3	3032,54
Cuadro auxiliar 4	2178,06
Cuadro auxiliar 5	3173,75
Cuadro auxiliar 6	4265,29
Cuadro auxiliar 7	2691,61

<b>TOTAL</b>	<b>31040,99</b>
--------------	-----------------



### 3. CAPITULO 3: ALUMBRADO

Alumbrado interior:

Unidad	Concepto	Cantidad	Precio unidad (€)	Precio total(€)
Unidad	Lámpara de Halogenuros Metálicos; Marca Philips, MASTER HPI-T Plus 400W/645 E40	45	51,49	2317,05
Unidad	Luminaria; Marca Philips, Cabana 2 BY150P 1xHPI-P400W-BU K IC	45	321,00	14445,00
Unidad	Lámpara fluorescente; Marca Philips; MASTER TL-D Super 80 58W/840	14	4,59	64,26
Unidad	Luminaria; Marca Philips; TCS 160 2xTL-D58W HF L	14	74,00	1036,00
Unidad	Lámpara fluorescente; Marca Philips; MASTER TL5 HE Super 80 35W/840	67	7,05	472,35
Unidad	Luminaria; Marca Philips; TCS 165 4xTL5-35W HFP L	67	80,00	5360,00
Unidad	Lámpara fluorescente; Marca Philips; MASTER PL-C 4P/18W	26	5,7	148,20
Unidad	Luminaria; Marca Philips; Europa 2 FBS120 2XPL-C/4P18W/830 HF-H P CW2	26	95	2470,00
Horas	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje. Totalmente instalado	40	24,8	992,00

<b>TOTAL iluminación interior:</b>	<b>26312,86</b>
------------------------------------	-----------------





Alumbrado exterior:

Unidad	Concepto	Cantidad	Precio unidad (€)	Precio total(€)
Unidad	Lámpara de halogenuros metálicos; Marca Philips; MASTER HPI-T Plus 250W-645 E40	13	51,49	669,37
Unidad	Luminaria; Marca Philips; Tempo 3 RVP351 HPI-TP250W K S	13	174,00	2262,00
Unidad	Lámpara de vapor de sodio de alta presión; Marca Philips; MASTER SON-T PIA Plus 150W	2	22,99	45,98
Unidad	Luminaria; Marca Philips; Tempo 2 RVP251 SON-T Pro 150W K IC S	2	136,00	272,00
Horas	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje. Totalmente instalado	32	24,8	793,60

<b>TOTAL iluminación exterior:</b>	<b>4042,95</b>
------------------------------------	----------------



Alumbrado de emergencia:

Unidad	Concepto	Cantidad	Precio unidad (€)	Precio total(€)
Unidad	Proyector de emergencia y señalización; Marca Legrand; Ref: 6608 43; 2x65 W;	5	955,95	4779,75
Unidad	Lámpara de emergencia y señalización; Marca Legrand; Ref 6627 02; 6W	17	82,98	1410,66
Unidad	Lámpara de emergencia y señalización; Marca Legrand; Ref: 6627 05; 6W	26	95,36	2479,36
Unidad	Lámpara de emergencia y señalización; Marca Legrand; Ref: 6622 24; 8W	10	150,73	1507,30
Unidad	Lámpara de emergencia y señalización; Marca Legrand; Ref: 6622 22; 8W	8	126,33	1010,64
Unidad	Carteles de señalización con la palabra "SALIDA"	24	2,29	54,96
Unidad	Carteles de señalización con la flecha "→"	37	2,29	84,73
Horas	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje. Totalmente instalado	40	24,8	992,00

<b>TOTAL iluminación interior:</b>	<b>12319,40</b>
------------------------------------	-----------------

Presupuesto total capítulo 3	Importe (€)
Luminarias interior nave	26312,86
Luminarias de emergencia	12319,40
Luminarias exterior nave	4042,95

<b>TOTAL</b>	<b>42675,21</b>
--------------	-----------------



#### 4. CAPITULO 4: CABLES, TUBOS Y CANALES

Cables:

Unidad	Concepto	Cantidad	Precio unidad (€)	Precio total(€)
Metro lineal	Cable RZ1-K(AS) 0,6/ 1 kV Flexible Marca: General Cable (1x70 mm <sup>2</sup> ) Cobre	210	29,776	6252,96
Metro lineal	Cable RZ1-K(AS) 0,6/ 1 kV Flexible Marca: General Cable (1x35 mm <sup>2</sup> ) Cobre	674,1	15,108	10184,30
Metro lineal	Cable RZ1-K(AS) 0,6/ 1 kV Flexible Marca: General Cable (1x16 mm <sup>2</sup> ) Cobre	612,64	7,034	4309,31
Metro lineal	Cable RZ1-K(AS) 0,6/ 1 kV Flexible Marca: General Cable (1x10 mm <sup>2</sup> ) Cobre	48,45	4,822	233,63
Metro lineal	Cable RV-K 0,6/ 1 kV Flexible Marca: General Cable (1x10 mm <sup>2</sup> ) Cobre	2550	4,2	10710,00
Metro lineal	Cable VV-K 0,6/ 1 kV Flexible Marca: General Cable (1x10 mm <sup>2</sup> ) Cobre	229,65	4,582	1052,26
Metro lineal	Cable VV-K 0,6/ 1 kV Flexible Marca: General cable (1x6 mm <sup>2</sup> ) Cobre	654,1	2,924	1912,59
Metro lineal	Cable VV-K 0,6/ 1 kV Flexible Marca: General Cable (1x4 mm <sup>2</sup> ) Cobre	347,88	2,21	768,81



Metro lineal	Cable RV-K 0,6/ 1 kV Flexible Marca: General Cable (1x4 mm <sup>2</sup> ) Cobre	1182,48	2,21	2613,28
Metro lineal	Cable VV-K 0,6/ 1 kV Flexible Marca: General Cable (1x2,5 mm <sup>2</sup> ) Cobre	784,89	1,662	1304,49
Metro lineal	Cable RV-K 0,6/ 1 kV Flexible Marca: General Cable (1x2,5 mm <sup>2</sup> ) Cobre	1114,27	1,662	1851,92
Metro lineal	Cable VV-K 0,6/ 1 kV Flexible Marca: General Cable (1x1,5 mm <sup>2</sup> ) Cobre	963,39	1,446	1393,06
Metro lineal	Cable RV-K 0,6/ 1 kV Flexible Marca: General Cable (1x1,5 mm <sup>2</sup> ) Cobre	1784,4	1,446	2580,24
Horas	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje. Totalmente instalado	85	24,8	2108,00

<b>TOTAL cables:</b>	<b>47274,85</b>
----------------------	-----------------

Tubos:

Unidad	Concepto	Cantidad	Precio unidad (€)	Precio total(€)
Metro lineal	Tubo de termoplástico de PVC corrugado, de 16 mm de color negro, temperatura máxima de instalación 20° C.	580,72	0,25	145,18
Metro lineal	Tubo de termoplástico de PVC corrugado, de 20 mm de color negro, temperatura máxima de instalación 20° C.	292,69	0,35	102,4415



Horas	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje. Totalmente instalado	25	24,8	620
-------	--	----	------	-----

**TOTAL tubos: 867,6215**

Canales:

Unidad	Concepto	Cantidad	Precio unidad (€)	Precio total(€)
Unidad	Bandeja portacables de malla Pemsaband Standard SX perforada click, referencia 75522200, de dimensiones 200x60 mm y 3m de longitud. Acabado galvanizada Sendzimir (GS). Totalmente instalada, incluso p.p. de uniones, soportes, fijaciones y mano de obra de instalación.	57,67	40,18	2317,047

**TOTAL canales: 2317,04666**

Presupuesto total capítulo 4	Importe (€)
Conductores	47274,85
Tubos	867,62
Canalizaciones	2317,05

<b>TOTAL</b>	<b>50459,52</b>
--------------	-----------------



## 5. CAPITULO 5: PUESTA A TIERRA

Unidad	Concepto	Cantidad	Precio unidad (€)	Precio total(€)
Unidad	Pica de tierra de acero y recubierta de cobre, de 2 m de longitud, de la marca Klk. Ref: 20NU183. Totalmente instalada.	6	19,29	115,74
Unidad	Arqueta de hierro fundido para pica. Marca Klk. Ref: AC-M 200 FE. Totalmente instalada.	6	38,06	228,36
Metros lineales	Red de tierra constituida con cable de cobre desnudo de 1x50 mm2 de sección. Totalmente instalado.	203,5	6,95	1414,325
Unidad	Grapa para la conexión de picas, de aleación de cobre, de la marca Klk. Ref: KU-1625 Ix (incluye tornillería de acero inoxidable). Totalmente instalada.	6	5,93	35,58
Unidad	Punto de puesta a tierra, de la marca Klk. Ref: PT-4, (incluye tornillería de acero inoxidable). Totalmente instalado.	1	14,52	14,52
Unidad	Terminales, de la marca Klk. Ref: TK 150 T (incluye tornillería de acero inoxidable). Totalmente instalado.	4	4,95	19,8
Unidad	Kits de soldadura aluminotérmica. Totalmente instalada.	20	7,36	147,2
Unidad	Material aleatorio a la instalación y medios auxiliares	7	4,52	31,64

<b>TOTAL puesta a tierra:</b>	<b>2007,165</b>
-------------------------------	-----------------



## 6. CAPITULO 6: TOMAS, CONTACTORES Y VARIOS

Unidad	Concepto	Cantidad	Precio unidad (€)	Precio total(€)
Unidad	Base de enchufe con placa y marco incorporados, 2P + T 16A, 230V. Marca: BJC; Modelo: Ibiza, blanco; Ref: 10032. Totalmente instalada.	47	8,34	391,98
Unidad	Toma de corriente trifásica de 16 A. 3P + N + T. Marca Legrand; IP 44, Ref. 576 23. Totalmente instalada.	15	6,71	100,65
Unidad	2 T.C. 16A (blancas) + 2 T.C. SAI 16A (rojas) + voz + datos con caja para empotrar. Marca: SIMON; Modelo: 500 Cima, blanco; Ref: 51010103-030 Colocado y conexionado.	7	24,98	174,86
Unidad	Interruptor unipolar. Marca: NIESSEN; Modelo: Arco basico blanco alpino; Ref: 8101. Colocado y conexionado.	13	7,1	92,3
Unidad	Interruptor doble. Marca: NIESSEN; Modelo; Arco basico blanco alpino; Ref: 8111. Colocado y conexionado.	5	7,6	38
Unidad	Conmutador de empotrar completo. Marca: NIESSEN. Modelo: Arco blanco alpino; Ref: 8102. Colocado y conexionado.	26	8,2	213,2
Unidad	Pulsador luminoso de empotrar completo. Marca: NIESSEN; Modelo: Arco blanco alpino; Ref: 8104. Colocado y conexionado.	2	11,25	22,5

<b>TOTAL T.C., interruptores...</b>	<b>1033,49</b>
-------------------------------------	----------------

**7. CAPITULO 7: COMPENSACIÓN DE ENERGÍA REACTIVA**

<b>Unidad</b>	<b>Concepto</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unidad (€)</b>	<b>Precio total (€)</b>
Unidad	Batería de compensación automática, 125 KVA Incluido conexionado y puesta en marcha. Marca: Legrand Modelo: M12540, 400V.	1	4056,04	4056,04

<b>TOTAL condensadores:</b>	<b>4056,04</b>
-----------------------------	----------------





## 8. CAPITULO 8: CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

### 8.1. Obra civil:

Unidad	Concepto	Cantidad	Precio unidad (€)	Precio total (€)
Horas	Excavación en el lugar de emplazamiento del edificio prefabricado de 4,46 m de largura, 2,38 m de anchura y 0,7 m de profundidad. Retirada de los productos de la excavación y transporte a vertedero. Incluido accesorios y mano de obra.	26	32,3	839,8

**TOTAL :** **839,8**

### 8.2. Caseta CT:

Unidad	Concepto	Cantidad	Precio unidad (€)	Precio total (€)
Unidad	Centro de Transformación de hormigón prefabricado Marca: ORMAZABAL Modelo: PFU-4. Incluyendo transporte y montaje.	1	8250,4	8250,4

**TOTAL :** **8250,4**

### 8.3. Transformador:

Unidad	Concepto	Cantidad	Precio unidad (€)	Precio total (€)
Unidad	Transformador trifásico de 400KVA 13 kV / 400 V Marca: Ormazabal Peso: 1330 Kg, longitud: 1537 mm, anchura 941 mm, altura 1004 mm. Tensión de aislamiento: 24 kV Conexionado: Dyn11 Refrigeración: ONAN. Aislamiento: aceite mineral. Incluye los gastos de montaje y transporte	1	7666,07	7666,07

**TOTAL :** **7666,07**



## 8.4. Aparamenta media tensión:

Unidad	Concepto	Cantidad	Precio unidad (€)	Precio total (€)
Unidad	<p><b>CELDA DE LÍNEA:</b>            Celda CGMCOSMOS-L            Marca: ORMAZABAL.            Características eléctricas:  <math>V_n = 24 \text{ kV}</math>, <math>I_n = 400 \text{ V}</math>            Características físicas:            Ancho = 365 mm, Alto = 1740 mm,            Fondo = 735 mm, Peso = 100kg            Celda modular que consta de un interruptor seccionador de tres posiciones que 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.            Se incluye en el precio: transporte, montaje y conexión.</p>	1	1975,32	1975,32
Unidad	<p><b>CELDA DE MEDIDA:</b>            Celda CGMCOSMOS-M            Marca: ORMAZABAL.            Características eléctricas:  <math>V_n = 24 \text{ KV}</math>, <math>I_n = 400 \text{ V}</math>            Características físicas:            Ancho = 800 mm, Alto = 1740 mm,            Fondo = 1025 mm, Peso = 165 Kg.            Celda modular con función de medida.            Se incluye en el precio: transporte, montaje y conexión.</p>	1	5550,06	5550,06
Unidad	<p><b>CELDA DE PROTECCIÓN:</b>            Celda CGMCOSMOS-P            Marca: ORMAZABAL.            Características eléctricas:  <math>V_n = 24 \text{ kV}</math>, <math>I_n = 400 \text{ A}</math>            Características físicas:            Ancho = 470 mm, Alto = 1740 mm,            Fondo = 735 mm, Peso = 150 Kg.            Celda modular con función de protección con fusibles limitadores, provista de un interruptor-seccionador de tres posiciones . Se incluye en el precio: transporte, montaje y conexión.</p>	1	3720,96	3720,96

<b>TOTAL :</b>	<b>11246,34</b>
----------------	-----------------



## 8.5. Aparamenta baja tensión:

Unidad	Concepto	Cantidad	Precio unidad (€)	Precio total (€)
Unidad	Armario Cofret metálico de distribución Schneider Electric, Pragma 24, de medidas 300 x 550 x 148 mm 24 módulos incluyendo todos los complementos necesarios. 30 % de reserva	1	190,9	190,9
Unidad	Interruptor magnetotérmico Marca: Schneider Electric Poder de corte: 25 KA, curva C, F+N Calibre 25 A	1	152,18	152,18
Unidad	Interruptor magnetotérmico Marca: Schneider Electric Poder de corte: 25 KA, curva C, F+N Calibre 16 A	1	140,03	140,03
Unidad	Interruptor magnetotérmico Marca: Schneider Electric Poder de corte: 25 KA, curva C, F+N Calibre 10 A	2	137,35	274,7
Unidad	Interruptor diferencial Marca: Schneider Electric Calibre: 25A Sensibilidad: 30 mA 2 polos	1	153,32	153,32
Metro lineal	Cable VV-K 0,6/ 1 kV Flexible Marca: General Cable (1x1,5 mm <sup>2</sup> ) Cobre	19,18	1,446	27,73428
Metro lineal	Tubo de termoplástico de PVC corrugado, de 16 mm de color negro, temperatura máxima de instalación 20° C.	19,18	0,25	4,795
Unidad	Extintor	1	195,85	195,85
Unidad	Par de guantes aislantes hasta 24 kV	1	113,75	113,75
Unidad	Taburete aislante hasta 24 kV	1	68,47	68,47



Unidad	Placa con simbología: "peligro de muerte"	1	27,18	27,18
Unidad	Placa con simbología: "primeros auxilios"	1	17,38	17,38
Unidad	Cuadro de baja tensión	1	490,51	490,51
Unidad	Cuadro de contadores	1	4234,51	4234,51
Horas	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje. Totalmente instalado.	8	14,3	114,4

<b>TOTAL :</b>	<b>6205,70928</b>
----------------	-------------------

## 8.6. Puesta a tierra del C.T:

Unidad	Concepto	Cantidad	Precio unidad (€)	Precio total (€)
Unidad	Tierra de protección del centro de transformación: estara constituida por 4 picas de 14 mm de diámetro y una longitud de 6m en anillo unidas por un conductor horizontal de cobre desnudo de 50 mm <sup>2</sup> . Incluye arquetas de registro y caja de seccionamiento, soldadura aluminotérmica y otros elementos para conexión. El precio incluye la instalación y el conexionado.	1	1550	1550
Unidad	Tierra de servicio del centro de transformación: constituida por 4 picas de 14 mm de diámetro y 4 m de longitud en hilera, unidas por un conductor de cobre desnudo de 50 mm <sup>2</sup> . Se enterrarán a una profundidad de 5 m y la separación entre picas será de 3 m. Incluye arquetas de registro, caja de seccionamiento y los elementos de conexión. El precio incluye la instalación y el conexionado.	1	1759	1759

<b>TOTAL :</b>	<b>3309</b>
----------------	-------------



<b>Presupuesto total capítulo</b>	<b>Importe (€)</b>
Obra civil	839,8
Caseta centro de transformación	8250,4
Transformador	7666,07
Media tensión	11246,34
Baja tensión	6205,70928
Puesta a tierra	3309
<b>TOTAL</b>	<b>37517,31928</b>



## 9. RESUMEN PRESUPUESTO :

### 9.1. Resumen presupuesto nave:

CAPITULO 1: Derivación individual	47700,36 €
CAPITULO 2: Protecciones	31040,99 €
CAPITULO 3: Alumbrado	42675,21 €
CAPITULO 4: Cables, tubos y canales	50459,52 €
CAPITULO 5: Tomas a tierra	2007,17 €
CAPITULO 6: Tomas, contactores y varios	1033,49 €
CAPITULO 7: Compensación de energía reactiva	4056,04 €

**TOTAL PRESUPUESTO DE LA NAVE 178972, 77 €**

### 9.2. Resumen presupuesto C.T:

Obra civil	839,8 €
Caseta C.T.	8250,4 €
Transformador	7666,07 €
Aparamenta media tensión	11246,34 €
Aparamenta baja tensión	6205,71 €
Puesta a tierra del C.T.	3309 €

**TOTAL PRESUPUESTO DEL C.T. 37517,32 €**



## **10. PRESUPUESTO TOTAL DE LA INSTALACIÓN**

1)	PRESUPUESTO DE LA NAVE	178972,77 €
2)	PRESUPUESTO DEL C.T.	37517,32 €

**PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL 216490,09 €**

El presupuesto total de la ejecución material de la instalación asciende a la cantidad de doscientos dieciséis mil cuatrocientos noventa Euros, con nueve céntimos.

3)	GASTOS GENERALES 5%	10824,50 €
4)	BENEFICIO INDUSTRIAL 8 %	17319,21 €

**PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA SIN I.V.A: 244633,81 €**

5)	IVA 21%	51373,10 €
----	---------	------------

**PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA CON I.V.A: 296006,91 €**

El presupuesto total de la ejecución por contrata de la instalación asciende a la cantidad de doscientos noventa y seis mil seis Euros, con noventa y un céntimos.

6)	REDACCION PROYECTO (4% ejecución material)	9785,35 €
----	--	-----------

7)	DIRECCIÓN DE OBRA (4% ejecución material)	9785,35 €
----	---	-----------



8) I.V.A. HONORARIOS (21%) 4109,85 €

**TOTAL PRESUPUESTO:** 319687,46 €

El presupuesto total de la instalación asciende a la cantidad de trescientos diecinueve mil seiscientos ochenta y siete Euros, con cuarenta y seis céntimos.

PAMPLONA, 11 DE ENERO DEL 2013

ATARRATZE ROTA VILLANUEVA





# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

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

DOCUMENTO 6: ESTUDIO BÁSICO DE  
SEGURIDAD Y SALUD

Alumno: Atarratze Rota Villanueva

Tutor: Rafael Gonzaga Jarquin

Pamplona, 11/01/2013



## ÍNDICE

<u>ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD</u>	<u>pág.</u>
1. OBJETO	2
2. REAL DECRETO 1627/1997	2
3. DATOS DE LA OBRA	3
3.1. Situación	3
3.2. Características del local	3
3.3. Descripción de la obra	3
3.3.1. Peligrosidad de las tecnologías	3
3.3.2. Manejo y empleo de materiales	4
3.3.3. Equipos previstos	4
3.3.4. Datos más relevantes	4
4. FASES DE LA OBRA	4
4.1. Actuaciones previas	4
4.2. Trabajos estructurales	5
4.3. Montaje de instalaciones y acabados	5
5. RIESGOS LABORALES EVITABLES COMPLETAMENTE	5
6. RIESGOS LABORALES NO ELIMINABLES COMPLETAMENTE	5
7. PRIMEROS AUXILIOS	9
8. NORMAS DE SEGURIDAD APLICABLES A LA OBRA GENERAL	10



# ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD

## DATOS GENERALES DE LA OBRA

**SITUACIÓN:** Municipio de Cizur, población de Gazólaz, polígono 3, parcela 449.

**TÉCNICO REDACTOR DEL ESTUDIO:** Atarratze Rota Villanueva

## MEMORIA INFORMATIVA:

### 1. OBJETO

El Estudio Básico de seguridad y salud se realiza para identificar los riesgos laborales que pueden ser evitados, así como las disposiciones mínimas generales que se deben tomar para evitar los riesgos que entraña la ejecución de este proyecto.

Además, debe establecer el vestuario laboral de los trabajadores acorde a las homologaciones del Real Decreto de las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.

### 2. REAL DECRETO 1627/1997

El Real Decreto 1627/1997, de 24 de Octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción expresa lo siguiente en el artículo 4:

1. *El promotor estará obligado a que en la fase de redacción del proyecto se elabore un estudio de seguridad y salud en los proyectos de obras en que se den alguno de los supuestos siguientes:*
  - a) *Que el presupuesto de ejecución por contrata incluido en el proyecto sea igual o superior a 75 millones de pesetas (450.759,08 €).*
  - b) *Que la duración estimada sea superior a 30 días laborables, empleándose en algún momento a más de 20 trabajadores simultáneamente.*
  - c) *Que el volumen de mano de obra estimada, entendiéndose por tal la suma de los días de trabajo del total de los trabajadores en la obra, sea superior a 500.*
  - d) *Las obras de túneles, galerías, conducciones subterráneas y presas.*
2. *En los proyectos de obras no incluidos en ninguno de los supuestos previstos en el apartado anterior, el promotor estará obligado a que en la fase de redacción del proyecto se elabore un estudio básico de seguridad y salud.*



### 3. DATOS DE LA OBRA

#### 3.1. Situación

El lugar en la que se va a realizar el proyecto está en el polígono 3 del municipio de Cizur y población de Gazolaz, en la parcela 449 que queda colindante con la calle de dicho polígono. El área total de la parcela es de 5464.51 m<sup>2</sup>.

Se trata de una nave industrial nueva que no comparte medianiles.

DATOS DEL EMPLAZAMIENTO	
Accesos a la obra	Los propios del local
Edificaciones colindantes	Una nave industrial
Suministro de energía eléctrica	Enterrada desde arqueta
Suministro de agua	Acometida del polígono industrial
Sistema de saneamiento	El de la nave
Servidumbres y condicionantes	Saneamientos

#### 3.2. Características del local

La nave tiene una superficie de 1951, 739 m<sup>2</sup> distribuida la mayor parte en planta baja y con zona de oficinas en baja más una altura.

#### 3.3. Descripción de la obra

Se pretende dotar a la nave de la instalación eléctrica necesaria para llevar a cabo su trabajo de elaboración de todo tipo de materiales metalúrgicos y el tratado y corrección de dichos materiales.

##### 3.3.1. Peligrosidad de las tecnologías

Esta obra, además de las peligrosidades propias de las técnicas habituales de la construcción por sistema tradicional presenta peligrosidades especiales que están incluidas en el Anexo II del Real Decreto 1627/97:

- Graves caídas de altura, sepultamientos y hundimientos.
- En proximidad de líneas eléctricas de alta tensión, se debe señalar y respetar la distancia de seguridad (5m) y llevar el calzado de seguridad.
- Montaje y desmontaje de elementos prefabricados pesados, como es el caso de las paredes de la nave.



### 3.3.2. Manejo y empleo de materiales

Los usuales en este tipo de obras: áridos, cemento, acero, materiales cerámicos, yeso, terrazo, azulejo,... No necesitarán atenciones ni técnicas especiales.

### 3.3.3. Equipos previstos

Se prevé la utilización de los equipos clásicos: hormigonera, sierras de disco, herramientas manuales (taladro, radial,...), puntales metálicos de altura regulable, andamios metálicos, tablonas, carretillas, calderetas...

MEDIOS	CARACTERÍSTICAS
Andamios metálicos tubulares apoyados	Deberán montarse bajo la supervisión de una persona competente. Se apoyarán sobre base sólida y preparada adecuadamente. Las cruces de San Andrés se colocan por ambos lados. Correcta disposición de los accesos a los distintos niveles de trabajo. Uso de cinturón de seguridad de sujeción.
Escaleras de mano	Zapatitas antideslizantes. Deben sobrepasar 1 metro el punto de trabajo.
Instalación eléctrica	Cuadro general en caja estanca de doble aislamiento y a una altura mayor de 1 metro. Int. Diferencial de 0,3 A para líneas de fuerza. Int. Diferencial de 0,03 A para líneas de alumbrado a tensión mayor de 24 V. Int. Magnetotérmico general omnipolar accesible desde el exterior. Int. Magnetotérmicos en líneas de máquinas, tomas de corriente y alumbrado. La puesta a tierra se utilizará la del edificio.

### 3.3.4. Datos más relevantes

El precio de ejecución material de la obra asciende a la cantidad de 216490,09€. Para llevar a cabo el proyecto harán falta 4 empleados durante un periodo cercano a las 5 semanas.

## 4. FASES DE LA OBRA

### 4.1. Actuaciones previas

Esta fase comprende las labores previas a la ejecución de la obra.



#### 4.2. Trabajos estructurales

Comprende esta fase los derribos y levantes necesarios para permitir los trabajos que llevarán a conseguir la correcta instalación eléctrica definida en este proyecto. Tendrán lugar tanto en la superficie exterior como en la interior, definidas anteriormente.

#### 4.3. Montaje de instalaciones y acabados

Se encuentra en esta fase, que se solapa en parte con la anterior, el montaje de las instalaciones de fontanería, electricidad, prevención de incendios,... así como la última etapa de acabados que comprende en general aquellos trabajos de terminación tales como montaje de puertas, vidrios, pintura,... En este apartado nos referimos a la instalación de electricidad, objeto de este proyecto.

### 5. 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:

<b>RIESGOS EVITABLES</b>	<b>MEDIDAS TÉCNICAS ADOPTADAS</b>
Derivados de la rotura de instalaciones existentes.	Neutralización de dichas instalaciones.
Presencia de líneas eléctricas de alta tensión aéreas o subterráneas.	Corte del suministro, puesta a tierra y cortocircuito de los cables.
Derivados de la colocación de andamios para la realización de estructura de la nave.	Se realizarán las paredes con bloques de hormigón.

### 6. RIESGOS LABORALES NO ELIMINABLES COMPLETAMENTE

Este apartado contiene la identificación de los riesgos laborales que no pueden ser completamente evitados, 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 afectan a toda la obra, y las restantes a los aspectos específicos de cada una de las fases en las que ésta pueda dividirse.



<b><u>TODA LA OBRA</u></b>		
<b>RIESGOS</b>		
	Caídas de operarios al mismo nivel.	
	Caídas de operarios a distinto nivel.	
	Caídas de objetos sobre operarios.	
	Caídas de objetos sobre terceros.	
	Choques o golpes contra objetos.	
	Fuertes vientos.	
	Trabajos en condiciones de humedad.	
	Contactos eléctricos directos e indirectos.	
	Cuerpos extraños en los ojos.	
	Sobreesfuerzos.	
<b>MEDIDAS PREVENTIVAS Y PROTECCIONES COLECTIVAS</b>	<b>GRADO ADOPCIÓN</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 (1 m) a líneas eléctricas de B.T.	Permanente
	Iluminación adecuada y suficiente.	Permanente
	No permanecer en el radio de acción de las máquinas.	Permanente
	Puesta 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 m de distancia.	Alternativa al vallado
	Vallado del perímetro completo de la obra, resistente y de más altura de 2 m.	Permanente
	Pantalla inclinada rígida sobre aceras, vías de circulación o colindantes.	Permanente
	Extintor de polvo seco, de eficacia 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>EQUIPS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL (EPIs)</b>	<b>EMPLEO</b>	
	Cascos de seguridad	Permanente
	Calzado protector	Permanente
	Ropa de trabajo	Permanente



	Ropa impermeable o de protección	Con mal tiempo
	Gafas de seguridad	Frecuente
	Cinturones de protección del tronco	Ocasional
<b><u>FASE: ALBAÑILERÍA Y CERRAMIENTOS</u></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 mano.	
	Lesiones, pinchazos y cortes en pies.	
	Dermatitis por contacto con hormigones, morteros y otros materiales.	
	Incendios por almacenamiento de productos combustibles.	
	Golpes o cortes con herramientas.	
	Electrocuciones.	
	Proyecciones de partículas al cortar materiales.	
<b>MEDIDAS PREVENTIVAS Y PROTECCIONES COLECTIVAS</b>		<b>GRADO ADOPCIÓN</b>
	Apuntalamientos y apeos.	Permanente
	Pasos o pasarelas.	Permanente
	Redes verticales.	Permanente
	Redes horizontales.	Frecuente
	Plataforma de carga y descarga de material.	Permanente
	Barandillas rígidas a 0,9 m con listón intermedio y rodapié.	Permanente
	Tableros o planchas rígidas en huecos horizontales.	Permanente
	Escaleras peldañeadas y protegidas.	Permanente
	Evitar trabajos superpuestos.	Permanente
	Bajante de escombros adecuadamente sujetas.	Permanente
	Protección de huecos de entrada de material en plantas.	Permanente
<b>EQUIPOS PROTECCIÓN INDIVIDUAL (EPIs)</b>		<b>EMPLEO</b>
	Gafas de seguridad.	Frecuente
	Guantes de cuero o goma.	Frecuente
	Botas de seguridad.	Permanente
	Cinturones y arneses de seguridad.	Frecuente
	Mástiles y cables fiadores.	Frecuente
<b><u>FASE: ACABADOS</u></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.	
	Incendio por almacenamiento de productos combustibles.	
	Inhalación por almacenamiento de productos combustibles.	
	Quemaduras.	
	Electrocución.	
	Atrapamientos con o entre objetos o herramientas.	
	Deflagraciones, explosiones e incendios.	
<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 PROTECCIÓN INDIVIDUAL (EPIs)</b>	<b>EMPLEO</b>	
	Gafas de seguridad.	Ocasional
	Guantes de cuero o goma.	Frecuente
	Botas de seguridad.	Frecuente
	Cinturones y arneses de seguridad.	Ocasional
	Mástiles y cables fiadores.	Ocasional
	Mascarilla filtrante.	Ocasional
	Equipos autónomos de respiración.	Ocasional
<b><u>FASE: INSTALACIONES</u></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.	



	Incendio por almacenamiento de productos combustibles.	
	Electrocuciones.	
	Contactos eléctricos directos e indirectos.	
	Ambiente pulvígeno.	
<b>MEDIDAS PREVENTIVAS Y PROTECCIONES COLECTIVAS</b>		<b>GRADO ADOPCIÓN</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 las 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
	Guantes aislantes.	Ocasional
	Botas de seguridad.	Ocasional
	Cinturones y arneses de seguridad.	Ocasional
	Mástiles y cables fiadores.	Ocasional
	Mascarilla filtrante.	Ocasional

## 7. PRIMEROS AUXILIOS

De acuerdo con el apartado A 3 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 APROX. (Km)</b>
Primeros auxilios	Botiquín portátil	En la obra
Asistencia Primaria - Urgencias	Hospital de Navarra	10
Asist. Especializada - Hospital	Hospital de Navarra	10



## 8. NORMAS DE SEGURIDAD APLICABLES A LA OBRA GENERAL

_Ley de prevención de Riesgos Laborales.	Ley 31/95	08/11/1995	J.Estado	10/11/1995
_Reglamento de los Servicios de Prevención.	RD 39/97	17/01/1997	M.Trab.	31/01/1997
_Disposiciones mínimas de seguridad y salud en obras de construcción.	RD 1627/97	24/10/1997	Varios	25/10/1997
_Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud.	RD 485/97	14/04/1997	M.Trab.	23/04/1997
_Modelo de libro de incidencias. Corrección de errores.	Orden	20/09/1986	M.Trab.	13/10/1986 31/10/1986
_Modelo de notificación de accidentes de trabajo.	Orden	16/12/1987		29/12/1987
_Reglamento Seguridad e Higiene en el Trabajo de la Construcción. Modificación.	Orden	20/05/1952	M.Trab.	15/06/1952
Complementario.	Orden	19/12/1953	M.Trab.	22/12/1953
	Orden	02/09/1966	M.Trab.	01/10/1966
_Cuadro de enfermedades profesionales.	RRD 1995/78			25/08/1978
_Ordenanza general de seguridad e higiene en el trabajo. Corrección de errores.	Orden	09/03/1971	M.Trab.	16/03/1971 06/04/1971
_Ordenanza trabajo industrias construcción, vidrio y cerámica. Anterior no derogada. Corrección de errores.	Orden	28/08/1979	M.Trab.	
Modificación (no derogada), Orden 28-08-70.	Orden	28/08/1970	M.Trab.	05/09/1970 17/10/1970
Interpretación de varios artículos.	Orden	27/07/1973	M.Trab.	
Interpretación de varios artículos.	Orden	21/11/1970	M.Trab.	28/11/1970
	Resolución	24/11/1970	DGT	05/12/1970
_Señalización y otras medidas en obras fijas en vías fuera de poblaciones.	Orden	31/08/1987	M.Trab.	
_Protección de riesgos derivados de exposición a ruidos. Disposiciones mín. seg. Y salud sobre manipulación manual de cargas.	RD 1316/89	27/10/1989	M.Trab.	02/11/1989
	RD 487/97	23/04/1997	M.Trab.	23/04/1997



Reglamentos sobre trabajos con riesgo de amianto.	Orden	31/10/1984	M.Trab.	07/11/1984
Corrección de errores.				22/11/1984
Normas complementarias.	Orden	07/01/1987	M.Trab.	15/01/1987
Modelo libro de registro.	Orden	22/12/1987	M.Trab.	29/12/1987
_Estatuto de los trabajadores.	Ley 8/80	01/03/1980	M.Trab.	
Regulación de la jornada laboral.	RD 2001/83	28/07/1983		03/08/1983
Formación de comités de seguridad.	D. 423/71	11/03/1971	M.Trab.	16/03/1971

## EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL (EPI)

_Condiciones comerc. Y libre circulación de EPI.	RD 1407/92	20/11/1992	MRCor.	28/12/1992
Modificación: Marcado "CE" de conformidad y año de colocación.	RD 159/95	03/02/1995		08/03/1995
Modificación RD 159/95.	Orden	20/03/1997		06/03/1997
_Disp. Mínimas de seg. Y salud de equipos de protección individual.	TD 773/97	30/05/1997	M. Presid.	12/06/1997
_EPI contra caída de altura. Disp. De descenso.	UNEEN341	22/05/1997	AENOR	23/06/1997
_Requisitos y método de ensayo: calzado seguridad/protección/trabajo.	UNEEN344/A1	20/10/1997	AENOR	07/11/1997
_Especificaciones calzado seguridad uso profesional.	UNEEN345/A1	20/10/1997	AENOR	08/11/1997
_Especificaciones calzado protección uso profesional.	UNEEN346/A1	21/10/1997	AENOR	09/11/1997
_Especificaciones calzado trabajo uso profesional.	UNEEN347/A1	22/10/1997	AENOR	10/11/1997

## INSTALACIONES Y EQUIPOS DE OBRA.

_Disp. Mínimas de seg. Y salud para utilización de los equipos de trabajo.	RD 1215/97	18/07/1997	M. Trab.	18/07/1997
_MIE-BT-028 del REBT	Orden	31/10/1973	MI	27/12/1973
_ITC MIE-AEM 3 Carretillas automotoras de manutención.	Orden	26/05/1989	MIE	09/06/1989
_Reglamento de aparatos elevadores para obras.	Orden	23/05/1977	MI	14/06/1977
Corrección de errores.				18/07/1977
Modificación.	Orden	07/03/1981	MIE	14/03/1981
Modificación.	Orden	16/11/1981	P. Gob.	21/07/1986
_Reglamento Seguridad en las Máquinas.	RD 1495/86	23/05/1986	P. Gob.	21/07/1986
Corrección de errores.				04/10/1986
Modificación.	RD 590/89	19/05/1989	M.R.Cor.	19/05/1989
Modificaciones en la ITC MSG-SM-1.	Orden	08/04/1991	M.R.Cor.	11/04/1991



Modificación. (Adaptación a directivas de la CEE).	RD 830/91	24/05/1991	M.R.Cor.	31/05/1991
_Regulación potencia acústica de maquinarias	RD 245/89	27/02/1989	MIE	11/03/1989
Ampliación y nuevas especificaciones	RD 71/92	31/01/1992	MIE	06/02/1992
_Requisitos de seguridad y salud en máquinas	RD 1435/92	27/11/1992	M.R.Cor.	07/07/1988
_ITC MIE-AEM 2 Grúas. Torres desmontables para obra.	Orden	28/06/1988	MIE	07/07/1988
Corrección de errores, Orden 28-06-88				05/10/1988
ITC MIE-AEM 4 Grúas, móviles autopropulsadas usadas	RD 2370/96	18/11/1996	MIE	24/12/1996

PAMPLONA, 11 DE ENERO DEL 2013

ATARRATZE ROTA VILLANUEVA