



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación :

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BAJA TENSION DE NAVE
INDUSTRIAL Y CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

Javier Mendinueta Igoa

Javier Fernandez Militino

Pamplona, 2 de Septiembre de 2011



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación :

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BAJA TENSION DE NAVE
INDUSTRIAL Y CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

DOCUMENTO N°1. Memoria.

Javier Mendinueta Igoa

Javier Fernandez Militino

Pamplona, 2 de Septiembre del 2011

MEMORIA

INDICE

1. MEMORIA	PÁGINA
1.1. Introducción	5
1.1.1. Objeto del proyecto	5
1.1.2. Descripción del proyecto	5
1.1.3. Descripción de la nave industrial	5
1.1.4. Normativa vigente	6
1.1.5. Previsión de cargas	6
1.1.6. Suministro de energía	8
1.2. Iluminación	8
1.2.1. Conceptos generales	8
1.2.2. Conceptos luminotécnicos	8
1.2.3. Sistemas de iluminación	11
1.2.4. Aparatos de alumbrado	12
1.2.5. Calculo del alumbrado	14
1.2.6. Soluciones adoptadas	20
1.2.7. Alumbrados especiales	22
1.2.8. Solución adoptada	24
1.3. Esquemas de distribución	27
1.4. Distribución interior de la instalación	30
1.4.1. Introducción	30
1.4.2. Sección de los conductores	30
1.4.2.1. Factores para la elección de los conductores fase	31
1.4.2.2. Sección del conductor neutro	34
1.4.2.3. Sección del conductor de protección	34
1.4.3. Normas para la elección del tubo	35
1.4.3.1. Montaje fijo en superficie	37
1.4.3.2. Montaje fijo empotrado	37
1.4.4. Cuadros eléctricos	38
1.4.4.1. Interconexión de las distintas partes de la instalación	38
1.4.4.2. Ubicación de los cuadros	38
1.4.4.3. Composición de los cuadros	39
1.4.4.4. Características de los cuadros de distribución, dimensiones y etiquetado	40
1.4.4.5. Características generales	40
1.4.4.6. Características particulares	41
1.4.5. Soluciones adoptadas	41
1.4.5.1. Conductores	41
1.4.5.2. Canalizaciones	42

1.5. Tipos de receptores	43
1.5.1. Introducción	43
1.5.2. Motores	43
1.5.3. Receptores para alumbrado	44
1.5.4. Tomas de corriente	44
1.5.4.1. Introducción	44
1.5.4.2. Tipos de tomas de corriente utilizados	44
1.5.4.3. Solución adoptada	45
1.6. Protecciones	45
1.6.1. Introducción	45
1.6.2. Protección de la instalación	45
1.6.2.1. Protección contra sobrecargas	46
1.6.2.2. Protección contra cortocircuitos	46
1.6.2.3. Proceso para el cálculo de las corrientes de cortocircuito	48
1.6.3. Protección de personas	50
1.6.3.1. Protección contra contactos directos	51
1.6.3.2. Protección contra contactos indirectos	52
1.6.4. Solución adoptada	53
1.7. Puestas a tierra	75
1.7.1. Introducción	75
1.7.2. Objetivo de la puesta a tierra	75
1.7.3. Partes de la puesta a tierra	76
1.7.4. Solución adoptada	79
1.8. Compensación del factor de potencia	80
1.8.1. Introducción	80
1.8.2. Ventajas de un elevado factor de potencia	80
1.8.3. Métodos para mejorar el factor de potencia	81
1.8.3.1. Procedimientos directos	81
1.8.3.2. Procedimientos indirectos	81
1.8.3.3. Elección del método de compensación	81
1.8.4. Clasificación y elección de la compensación	82
1.8.4.1. Clasificación por la situación de la compensación	82
1.8.4.2. Elección de la situación para la compensación	82
1.8.4.3. Clasificación por tipo de condensador	82
1.8.4.4. Elección del tipo de compensación	83
1.8.5. Características técnicas del equipo de compensación automática	83
1.9. Centro de transformación	84
1.9.1. Introducción	84
1.9.2. Reglamentación y Disposiciones Oficiales	84
1.9.3. Descripción de la instalación	86



1.9.3.1. Obra Civil	86
1.9.4. Instalación eléctrica	88
1.9.4.1. Características de la Red de Alimentación	88
1.9.4.2. Características de la Aparata de Media Tensión	88
1.9.4.3 Características Descriptivas de las Celdas y Transformadores de Media Tensión	91
1.9.4.4. Características Descriptivas de los Cuadros de Baja Tensión	92
1.9.4.5. Características del material vario de Media Tensión y Baja Tensión	93
1.9.5. Puesta a tierra	94
1.9.5.1. Introducción	94
1.9.5.2. Investigación de las características del suelo	95
1.9.5.3. Determinación de las corriente máximas de puesta a tierra y tiempo máximo correspondiente a la eliminación del defecto	95
1.9.5.4. Diseño preliminar de la instalación de puesta a tierra	95
1.9.6. Instalaciones secundarias	96
1.10. Resumen del presupuesto	97

1. MEMORIA

1.1. Introducción

1.1.1. Objeto del proyecto

El presente proyecto tiene por objeto diseñar, valorar y señalar, según la normativa vigente, la instalación eléctrica en baja tensión necesaria para una nave industrial de fundición cuyos trabajadores se dediquen a la fabricación de piezas metálicas (palanquilla).

1.1.2. Descripción del proyecto

El proyecto va a determinar las condiciones en que ha de realizarse el suministro eléctrico a la nave a través de un centro de transformación propio, la instalación eléctrica en baja tensión, estudio luminotécnico, estudio sobre la instalación de alumbrado de emergencia y señalización, estudio de mejora del factor de potencia y el estudio de puesta a tierra de la instalación de la nave.

1.1.3. Descripción de la nave industrial

La nave industrial está situada en el polígono industrial Utzubar, dentro del término municipal de Arbizu (Navarra). La situación e ubicación exacta de la nave está determinada en los planos adjuntos.

El edificio tiene una superficie construida de 1526m². En el que 1387 pertenecen a la zona de producción y el resto pertenece a las oficinas y vestuarios que se distribuyen en dos plantas.

La nave industrial consta de las siguientes partes:

Planta baja:

- Entrada: 38.7 m².
- Oficina 1: 17.7 m².
- Aseo 1: 9.96 m².
- Vestuario: 17.3 m².
- Almacén: 48.1 m².

Planta primera:

- Entrada 2: 51.44 m².
- Aseo 3: 12.4 m².
- Oficina 2: 17.7 m².
- Oficina 3: 24.66 m².
- Sala de reunión: 43.8 m².

En el exterior dispondremos de centro de transformación prefabricado: 8.23 m², donde se procede a la transformación de la tensión y que está adosado al edificio.

1.1.4. Normativa vigente

La redacción del proyecto y ejecución de las instalaciones se efectuará de acuerdo con lo prescrito en los siguientes reglamentos vigentes:

- Reglamento electrotécnico de baja tensión según decreto 842/2002 de 2 de agosto de 2002 e instrucciones complementarias.
- Reglamento electrotécnico de centros de transformación según decreto 3275/85 B.O.E 288 de 11/2/82..
- Reglamento de Verificaciones Eléctricas y Regularidad en el Suministro de Energía Eléctrica.
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de riesgos laborales.
- Normas UNE y recomendaciones UNESA que sean de aplicación.
- Condiciones impuestas por las entidades públicas afectadas.

El diseño de dicha instalación se ajustará a la norma Iberdrola de obligado cumplimiento en las nuevas instalaciones a conectar a la red de distribución de Iberdrola en el ámbito de la Comunidad Foral de Navarra así como en lo que se refiere a lo establecido en las instrucciones del reglamento electrotécnico para baja tensión.

1.1.5. Previsión de cargas

La potencia de la maquinaria a instalar es la siguiente:

Maquinaria	Unidades	Electrificación	Potencia unitaria (w)	Potencia total (w)
Hornos	2	III+N+T	100000	225000
Torno	2	III+N+T	35000	61250
Maquina soldar	1	III+N+T	12000	4125
Sierra	1	III+N+T	5000	3125
Puente Grúa	2	III+N+T	20000	35000
Extractor	3	III+N+T	900	3375
Taladro	1	III+N+T	3300	2063
TOTAL MAQUINARIA:				326688 w

La potencia de la iluminación a instalar teniendo en cuenta los factores de corrección correspondientes a la ITC-BT 44 es la siguiente:

Alumbrado

	Unidades	Potencia unitaria (w)	Potencia total (w)
Zona de producción	24	400	15552
Entrada 1	32	18	933
Oficina 1	16	18	466
Aseo 1	8	26	336
Aseo 2	2	26	84
Vestuario	22	26	926
Almacén	12	58	1127
Entrada 2	24	18	699
Oficina 2	16	18	466
Aseo 3	12	26	505
Oficina 3	24	18	699
Sala de reunión	32	18	933
Exterior	7	400	4536
Emergencias			
De 8w	38	8	304
De 36w	15	36	540
		TOTAL	28106 w

Los factores de utilización y simultaneidad empleados cumplen la ITC- BT 25.

La potencia de las tomas de corriente es la siguiente:

- Tomas de corriente monofásica..... 9384 W
- Tomas de corriente trifásica..... 84643 W

La potencia total demandada por las tomas de corriente es de 94027 W.

La potencia total demandada en la nave es de 450822 W.

1.1.6. Suministro de energía

Iberdrola abastece de energía al polígono industrial en el que está ubicado la nave mediante red de media tensión. Ésta red proporciona una tensión alterna trifásica de 13200 voltios con una frecuencia de 50 Hz, para su posterior transformación a 400 voltios, con el transformador propio del cliente.

1.2. Iluminación

1.2.1. Conceptos generales

Se define la luminotecnia como la ciencia que estudia las distintas formas de producción de luz así como su control y aplicación con fines industriales, artísticos y decorativos.

La necesidad de una buena iluminación y un estudio detallado de ésta, tienen su justificación en la gran importancia de la misma sobre los individuos que se someten a ella a la hora de realizar cualquier tipo de tareas. El conjunto de la instalación de alumbrado de una nave industrial debe, en ausencia o insuficiencia de la luz natural, proveer un nivel de luz suficiente para el desempeño de tareas visuales con un máximo de velocidad y exactitud, de una forma fácil, cómoda y económica con el mínimo de esfuerzo y fatiga.

En un principio se detallan los principales conceptos luminotécnicos y un resumen de las bases teóricas que van a fundamentar los cálculos realizados.

1.2.2. Conceptos luminotécnicos

La luz es una radiación electromagnética que el ojo humano percibe como claridad, es decir, es la parte del espectro que se puede ver.

Flujo Luminoso (F)

Es la cantidad de energía luminosa emitida en el espacio por una fuente por unidad de tiempo. Su unidad de medida es el lumen (lm). El lumen se define como el flujo luminoso emitido en el ángulo sólido unitario, por una fuente uniforme colocada en el centro de una esfera, de intensidad luminosa igual a una candela (cd), en todas las direcciones.

Intensidad luminosa (I)

Es la intensidad del flujo luminoso de una fuente de luz, proyectada en una dirección determinada. Su unidad de medida es la candela (cd).

Se utiliza para expresar la distribución luminosa de las fuentes de luz.

Iluminancia (E) (nivel de iluminación)

Es la cantidad de luz incidente en una superficie. Se puede definir como el cociente entre el flujo luminoso que incide sobre una superficie y el área de dicha superficie. Es independiente de la dirección con que el flujo luminoso alcanza la superficie considerada. Su unidad de medida es el lux (lx).

Lux (Lx)

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

Luminancia (L)

Es la sensación de claridad que el ojo humano recibe de una superficie iluminada o luminosa (tiene importancia, por tanto, en los fenómenos de deslumbramiento). Su unidad de medida es la candela por metro cuadrado (cd/m^2).

Flujo radiante (ϕ)

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

Uniformidad

Es la variación de la iluminancia expresada como relación entre la máxima y la mínima, o entre la máxima y la media. Se mide en tanto por cien.

Eficacia luminosa (rendimiento luminoso)

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

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

- Incandescente estándar (40 w).....11 lm/W
- Fluorescente (40 w).....80 lm/W
- Mercurio alta presión (400 w).....58 lm/W
- Halogenuros metálicos (360 w)..... 78 lm/W
- Sodio alta presión (400 w).....120 lm/W
- Sodio baja presión (180).....175 lm/W

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

Memoria

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 $^{\circ}\text{K}$

Blanco: 3500 $^{\circ}\text{K}$

Blanco frío: 4200 $^{\circ}\text{K}$

Luz día: 6500 $^{\circ}\text{K}$

Ejemplos de distintas temperaturas de color:

Lámparas incandescentes: 3100 $^{\circ}\text{K}$ (cálida)

Lámparas halógenas: 3000-3200 $^{\circ}\text{K}$ (cálida)

Lámparas fluorescentes: 2700-3000 $^{\circ}\text{K}$ (cálida)

Lámparas fluorescentes: 3800-4200 $^{\circ}\text{K}$ (intermedia)

Lámparas fluorescentes 6500-7400 $^{\circ}\text{K}$ (fría)

Lámparas de vapor de mercurio: 3800-4500 $^{\circ}\text{K}$ (intermedia)

Lámparas de halogenuros metálicos: 4200-6500 $^{\circ}\text{K}$ (fría)

Lámparas de sodio alta presión: 2200 $^{\circ}\text{K}$ (cálida)

Lámparas halogenuros+sodio alta presión: 3300-3800 $^{\circ}\text{K}$ (intermedio)

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 luz para reproducir los colores. Se mide con el concepto de índice de reproducción cromática R_a (índice de rendimiento de color), que es el grado de ajuste entre el aspecto coloreado de los objetos iluminados por la fuente considerada y el de los mismos objetos iluminados por una fuente de referencia. Se expresa por un número comprendido entre 0 y 100. Una fuente de luz con $R_a=100$ muestra todos los colores correctamente. Cuanto menor es el índice, peor es la reproducción cromática.

Deslumbramiento

Es una alteración del proceso de visión provocada por un estímulo excesivo y se manifiesta por disminución de agudeza visual, aumento del contraste mínimo perceptible y del tiempo de percepción, acomodación y reacción.

1.2.3. Sistemas de iluminación

Los sistemas de iluminación se clasifican según la distribución del flujo luminoso por encima o por debajo del plano horizontal en que está la luminaria.

En función de esta clasificación y en orden creciente de flujo enviado por encima de la horizontal se dividen en iluminación directa, semidirecta, difusa, semiindirecta e indirecta.

Iluminación directa

Entre el 90 y 100% del flujo luminoso se dirige por debajo de la horizontal llegando al plano de trabajo directamente, solo una pequeña parte es reflejado por las paredes y el techo. Es el sistema con mayor rendimiento luminoso pero tiene como inconvenientes el hecho de crear sombras duras y profundas y la existencia del peligro de deslumbramiento si se colocan los aparatos dentro del campo visual.

Apropiada para la obtención económica de altos niveles de iluminación sobre el plano de las mesas y de los puestos de trabajo. Por tanto se aplica en el alumbrado de talleres y en ciertas oficinas. Con este sistema de iluminación las partes superiores del local se quedan en la sombra, por lo que se reducen pérdidas de luz por las claraboyas, por lo que se aplican en caso de locales provistos de dichos elementos constructivos.

Para conseguir el nivel necesario de iluminación hay que aumentar el número de aparatos de alumbrado, para que los objetos iluminados reciban luz desde varias direcciones, con lo que se disminuye el efecto de molestas sombras.

Iluminación semidirecta

Entre el 60 y 90% del flujo luminoso se dirige directamente hacia la superficie que se trata de iluminar. Las sombras no son tan duras y se reduce el peligro de deslumbramiento.

Se emplea en casos en que los techos no son muy altos, ya que buena parte de la luz emitida por los aparatos se dirige hacia el techo. No debe utilizarse en locales con claraboyas en el techo. Se utiliza bastante en los locales de trabajo ya que permite la un elevado nivel de iluminación relativamente económico, creando sombras bastante suaves.

Iluminación difusa o mixta

Aproximadamente la mitad del flujo luminoso se dirige hacia abajo, la otra mitad hacia el techo. Se eliminan por completo las sombras y al hacer más extensa la superficie luminosa, se reduce aún más el peligro de deslumbramiento.

Debido a la elevada reflexión de la luz sobre el techo y las paredes, desaparecen por completo las sombras de los objetos.

Iluminación semi-indirecta

Solamente entre el 10 y 40% del flujo luminoso se dirige hacia la superficie a iluminar. Se consigue una iluminación muy agradable pero un bajo rendimiento luminoso.

Se consigue la supresión de sombras y alto grado de difusión del flujo luminoso, que crea una impresión sedante sobre el ánimo del observador puede resultar favorable para ciertos trabajos de oficina, pero otras veces, la falta de plasticidad de los objetos, hace que deba acompañarse el alumbrado, de iluminación local.

Iluminación indirecta

Entre el 90 y 100% del flujo se dirige por encima de la horizontal, hacia las paredes y el techo, que deben ser de un color muy claro para evitar instalar mucha potencia.

Las fuentes luminosas están ocultas a la vista del observador, no se aprecian zonas luminosas sino iluminadas. Tiene como inconvenientes que perjudica la visión exacta de los objetos, tiende a unificar su iluminancia y aplanarlos. Es el sistema con menor rendimiento luminoso pero el efecto conseguido es el más parecido a la luz natural, sin peligro de deslumbramiento y exento de sombras laterales.

Esta iluminación precisa de elevado consumo de energía, debido al alto porcentaje de flujo luminoso que se dirige hacia las paredes y el techo, que deben tener alto factor de reflexión, es decir deben ser de color claro. Se emplea para salas de espera o salas de recepción, a veces acompañados de alumbrado suplementario.

1.2.4. Aparatos de alumbrado

La misión de los aparatos de alumbrado es la de modificar el flujo luminoso emitido por las lámparas según sean las características deseadas de iluminación, así como ocultar los manantiales luminosos de la visión directa del observador para evitar el deslumbramiento.

Los aparatos se pueden clasificar según el sistema de iluminación que producen, no obstante es más usual clasificarlos según las propiedades de la luz que aprovechan:

Difusores

Actúan relativamente poco sobre la distribución del flujo luminoso. Su efecto es sustituir el manantial luminoso primario por el propio difusor, aumentando la superficie luminosa y reduciendo la posibilidad de deslumbramiento, a costa de una reducción del rendimiento luminoso. Los más usuales son los difusores esféricos.

Mención especial en este apartado tienen las rejillas difusoras para fluorescentes. Aunque los fluorescentes tienen una luminancia débil, muchas veces es necesario

Memoria

ocultarlos de la visión directa, para lo cual se dispone un conjunto de tabiques dispuestos en forma de rejillas.

Como inconveniente, suponen una disminución en torno a un veinte por ciento del rendimiento luminoso, por lo que habrá que aumentar el número de puntos de luz así como la potencia instalada. No obstante, la mejor calidad de luz obtenida y el aumento del confort provocado compensan este inconveniente. Estos dispositivos son imprescindibles en lugares como oficinas, salas de costura, etc., en los que la atención ha de ser constante.

Reflectores

Desplazan la curva de distribución luminosa hacia abajo. Se distinguen en base al ángulo que forma con la vertical la dirección de máximo flujo luminoso.

Como este tipo de aparatos son los que se van a utilizar en este proyecto se explican más detenidamente:

Los tipos de reflectores en base al ángulo que forma con la vertical la dirección de máximo flujo luminoso:

- Intensivo: 0-30°
- Semiintensivo: 30-40°
- Dispersivo: 40-50°
- Semiextensivo: 50-60°
- Extensivo: 60-70°
- Hiperextensivo: 70-90°

Dentro de los reflectores se pueden considerar dos modelos importantes:

- Reflector de superficies difusoras
- Reflector que reflejan la luz de manera regular

Para las lámparas fluorescentes se van a utilizar aparatos reflectores con rejillas difusoras que son dispositivos constituidos por un conjunto de tabiques o celosías dispuestos en forma de rejilla para ocultar las lámparas a la visión directa del observador.

Se emplean en lugares donde se precisa una atención continuada, como oficinas, salas de dibujo, ya que a pesar de disminuir el rendimiento de los aparatos, proporcionan una mejor calidad de luz y aumento de confort visual.

Refractores

Se basan en la refracción regular de la luz. A diferencia de los aparatos reflectores estos no precisan de una zona libre para la salida del flujo luminoso al exterior, ya que éste se extiende a través del refractor. Así la fuente luminosa puede quedar oculta totalmente al observador. Su función es dirigir el flujo y distribuirlo de la manera más adecuada.

Mixtos

Aprovechan varias propiedades de la luz consiguiendo el sistema de iluminación deseado.

1.2.5. Calculo del alumbrado

Los cálculos luminotécnicos se han realizado con el programa DIALux, aunque en el siguiente apartado se especifica el proceso del cálculo manual.

1) Dimensiones del local

a= Largura del local (eje x) [metros]

b= Anchura del local (eje y) [metros]

h= Altura del local desde el techo hasta el suelo [metros]

Hay que tener en cuenta la altura del plano de trabajo (la altura del suelo a la superficie de la mesa de trabajo). Se tomará el valor de 1 m.

2) Determinación del nivel de iluminación (E)

Los niveles de iluminación (E) correspondientes a cada local según su uso se muestran en la siguiente tabla:

Tareas y clases de local	Iluminancia media en servicio (lux)		
	Mínimo	Recomendado	Óptimo
Zonas generales de edificios			
Zonas de circulación, pasillos	50	100	150
Escaleras, escaleras móviles, roperos, lavabos, almacenes y archivos	100	150	200
Centros docentes			
Aulas, laboratorios	300	400	500
Bibliotecas, salas de estudio	300	500	750
Oficinas			
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
Comercios			
Comercio tradicional	300	500	750
Grandes superficies, supermercados, salones de muestras	500	750	1000
Industria (en general)			
Trabajos con requerimientos visuales limitados	200	300	500
Trabajos con requerimientos visuales normales	500	750	1000
Trabajos con requerimientos visuales especiales	1000	1500	2000
Viviendas			
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

3) Elección del tipo de lámpara

Hay que adecuarlo con el tipo de actividad a realizar. Teniendo siempre en cuenta el rendimiento de color, que es la fidelidad en la reproducción de los colores de los objetos iluminados.

4) Elección del sistema de alumbrado

Tiene que adaptarse a nuestras necesidades y a las luminarias correspondientes. Teniendo en cuenta si se precisa alumbrado general, localizado o suplementario, así como la distribución del flujo luminoso (iluminación directa, indirecta, difusa, semidirecta o semiindirecta).

5) Determinación de la altura de suspensión de las luminarias

Esta altura (C), depende del sistema de iluminación escogido y del uso que se dé al local:

Memoria

- En locales de altura baja y de luminarias adosadas o empotradas, será la más baja posible, luego C será cero.
- En locales con alturas superiores y con iluminación directa se aplicará la siguiente fórmula:

$$h = (4/5) \times [h' - 1]$$

h = Altura entre el plano de trabajo y la altura de las luminarias [metros].

h' = Altura del local desde el techo hasta el suelo [metros].

$$C = h' - h - 1$$

C = Altura de suspensión

6) Cálculo del índice del local (k)

Se calcula a partir de la geometría del local. Para sistema de iluminación directa se calcula aplicando esta fórmula:

$$k = (a \times b) / [h \times (a + b)]$$

k = Es un índice comprendido entre 1 y 10.

a = Largura del local [metros].

b = Anchura del local [metros].

h = Altura entre el plano de trabajo y la altura de las luminarias [metros].

Para posibilitar la aplicación del método, los fabricantes de luminarias deben suministrar los datos del factor de utilización de sus productos. Normalmente esta información se presenta en tablas y es necesario un índice del local (k) para entrar en la tabla y caracterizar la geometría del espacio.

Se utilizan estas tablas para redondear los índices del local:

Valor de k	Valor k a utilizar en las tablas
≤ 0,7	0,6
0,7 – 0,9	0,8
0,9 – 1,12	1
1,12 – 1,38	1,25
1,38 – 1,75	1,5
1,75 – 2,25	2
2,25 – 2,75	2,5
2,75 – 3,5	3
3,5 – 4,5	4
≥ 4,5	5

7) Determinación de los Coeficientes de reflexión

Para determinar el diseño del alumbrado interior hay que tener en cuenta el color y el acabado de las superficies del local. Los factores de reflexión de las superficies del local indican la relación del flujo luminoso reflejado por dichas superficies respecto al flujo incidente total en las mismas.

Los colores de las superficies del local vendrán determinados por sus factores de reflexión. Se determinaran factores de reflexión para el techo, las paredes y el suelo:

ρ_1 : Factor de reflexión del techo.

ρ_2 : Factor de reflexión de las paredes.

ρ_3 : Factor de reflexión del suelo.

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

En locales de trabajo, las superficies del techo, las paredes y el suelo serán preferentemente mates.

Para evitar durante la noche el excesivo contraste hueco acristalado-pared, y el deslumbramiento por reflejo de las luminarias en los cristales, las ventanas deberán estar dotadas de cortinas o persianas interiores.

Para evitar el deslumbramiento durante el día, las ventanas que por su orientación resulten expuestas al sol, deberán estar protegidas mediante cortinas, persianas, celosías o vidrios coloreados de baja transmisión.

El color aparente más adecuado para cada local según el nivel de iluminación será el siguiente:

- Para niveles de iluminación comprendidos entre 50-500 lux, el color de la luz aparente será una luz cálida.
- Para niveles de iluminación comprendidos entre 500-1000 lux, el color de la luz aparente será una luz cálida o sino una luz intermedia.
- Para niveles de iluminación comprendidos entre 1000-2000 lux, el color de la luz será el de una luz intermedia.

8) Determinación del factor de utilización

El factor de utilización es la relación existente entre la iluminancia media en el plano de trabajo y el flujo luminoso instalado por metro cuadrado. Se determina a partir del índice del local y los coeficientes de reflexión. Estos valores se encuentran tabulados y los suministran los fabricantes. En las tablas encontraremos para cada tipo de luminaria los factores de iluminación en función de los coeficientes de reflexión y el índice del local.

Estas son las tablas que he utilizado:

Tipo de lámparas: **Fluorescente empotrado (factores de reflexión: 70%,50%)**

Índice local	Factor de utilización
0,6	0,45
0,8	0,48
1	0,52
1,25	0,55
1,50	0,58
2	0,60
2,5	0,65
3	0,66
4	0,67
5	0,68

Tipo de lámparas: **Luminaria industrial abierta (factores de reflexión: 70%,50%)**

Índice local	Factor de utilización
0,6	0,38
0,8	0,47
1	0,51
1,25	0,55
1,50	0,58
2	0,63
2,5	0,68
3	0,70
4	0,73
5	0,74

9) Determinación del factor de pérdida de luz

Este coeficiente dependerá del grado de suciedad ambiental y de la frecuencia de la limpieza del local. El ambiente del local se considerará limpio cuando en él no se produzcan habitualmente humos, vapores o polvo; en caso contrario el ambiente se considerará sucio. Podemos tomar los siguientes valores:

Ambiente del local	Factor de pérdida de luz
Limpio	0,8
Sucio	0,6

10) Cálculo del flujo luminoso total

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. Para calcularlo, utilizaremos la siguiente fórmula:

$$\Phi_t = E \times S / f_u \times f_c \times R$$

Φ_t = Flujo luminoso total [lúmenes].

E = Nivel de iluminación [lux].

S = Superficie del plano de trabajo [m²].

f_u = Factor de utilización.

f_c = Factor de pérdida de luz.

R = Rendimiento normalizado.

11) Cálculo del número de luminarias (N)

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. Utilizaremos esta fórmula:

$$N = \Phi_t / (\Phi_l \times n)$$

N = Número de luminarias.

Φ_t = Flujo luminoso total [lumen].

Φ_l = Flujo luminoso de una lámpara [lumen].

n = Es el número de lámparas por luminaria.

Emplazamiento de las luminarias:

Una vez calculado el número mínimo de lámparas y luminarias procederemos a distribuirlas sobre la planta del local. En los locales de planta rectangular las luminarias se reparten de forma uniforme en filas paralelas a los ejes de simetría del local. Se reajustará

el número de luminarias por exceso o por defecto, por cuestiones de uniformidad, intentando mantener el valor de la iluminancia escogido.

1.2.6. Soluciones adoptadas

Todas las luminarias empleadas, corresponden a la marca PHILIPS, y tienen las siguientes características:

- Luminarias Philips P-WB 1xSON400W, estas luminarias vienen con su lámpara de vapor de mercurio de alta presión (VMAP), Philips MASTER HPI Plus 400W E40. La luz que emiten estas lámparas es blanca y por lo tanto dando una iluminación limpia y clara.

Están recomendadas para alumbrado interior de naves industriales, salas de exposición, supermercados, calles comerciales, grandes almacenes de bricolaje, iglesias, antasalas de aeropuertos y salas de espera de estaciones, en definitiva en locales de gran altura.

- Luminarias de empotrar Philips TBS160 4xTL-D18W HFP M6 , estas luminarias vienen con sus lámparas fluorescentes Philips master TL-D 80 18W/827, albergando cuatro tubos fluorescentes. Las lámparas son de descarga de mercurio de baja presión.

La luz que emiten las lámparas fluorescentes es de color blanca, tienen un alto rendimiento luminoso y baja pérdida de lúmenes a lo largo de su vida útil. Tienen una buena reproducción del color.

- Luminarias de empotrar Philips Philips FBH024 2xPL-C/4P26W HF RG, estas luminarias vienen con sus lámparas fluorescentes compactas Philips master PL-C XTRA 4p 26W/830, albergando 2 de ellas. Las lámparas son de descarga de mercurio de baja presión.

La luz que emite es de color blanca, tienen un alto rendimiento luminoso y baja pérdida de lúmenes a lo largo de su vida útil. Tienen una buena reproducción del color.

Soluciones:

Zona Fundición

- 15 luminarias Philips 4ME550 P-WB 1xSON400W
- 15 lámparas master son pia hg free 400w E40

Zona Almacén

- 9 luminarias Philips 4ME550 P-WB 1xSON400W
- 9 lámparas master son pia hg free 400w E40

Memoria

Entrada 1

- 8 luminarias Philips TBS160 4xTL-D18W HFP M6
- 32 lámparas Philips master TL-D 80 18W/827

Oficina 1

- 4 luminarias Philips TBS160 4xTL-D18W HFP M6
- 16 lámparas Philips master TL-D 80 18W/827

Aseo 1

- 4 luminarias Philips FBH024 2xPL-C/4P26W HF RG
- 8 lámparas Philips master PL-C XTRA 4p 26W/830

Aseo 2

- 1 luminarias Philips FBH024 2xPL-C/4P26W HF RG
- 2 lámparas Philips master PL-C XTRA 4p 26W/830

Vestuario

- 11 luminarias Philips FBH024 2xPL-C/4P26W HF RG
- 22 lámparas Philips master PL-C XTRA 4p 26W/830

Almacén

- 6 luminarias Mazda TCS198 2xTL-D58W HFP DPM
- 12 lámparas master TL-D 80 58W/827

Entrada 2

- 6 luminarias Philips TBS160 4xTL-D18W HFP M6
- 24 lámparas Philips master TL-D 80 18W/827

Oficina 2

- 4 luminarias Philips TBS160 4xTL-D18W HFP M6
- 16 lámparas Philips master TL-D 80 18W/827

Memoria

Aseo 3

- 6 luminarias Philips FBH024 2xPL-C/4P26W HF RG
- 12 lámparas Philips master PL-C XTRA 4p 26W/830

Oficina 3

- 6 luminarias Philips TBS160 4xTL-D18W HFP M6
- 24 lámparas Philips master TL-D 80 18W/827

Sala de reunión

- 8 luminarias Philips TBS160 4xTL-D18W HFP M6
- 32 lámparas Philips master TL-D 80 18W/827

Luminaria exterior

- 7 luminarias Philips MWF 330 1xHPI-TP 400W S
- 7 lámparas Phillips Philips SON-TPP400W.

1.2.7. Alumbrados especiales

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 señalen (quirófanos, etc.).

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

Las líneas que alimentan directamente a los circuitos individuales de las lámparas de los alumbrados especiales, estarán protegidas por interruptores automáticos, con una intensidad nominal de 10 amperios como máximo.

Una misma línea no podrá alimentar más de 12 puntos de luz, o si en la misma dependencia existiesen varios puntos de luz de alumbrado especial, estos deben ser repartidos al menos entre dos líneas diferentes, aunque su número sea inferior a 12.

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

Sólo puede ser alimentado por fuentes propias de energía, sean o no exclusivas para dicho alumbrado, pero no por fuente de suministro exterior. Si esta fuente propia está constituida por baterías de acumuladores o por aparatos autónomos automáticos, se puede utilizar un suministro exterior para proceder a su carga.

Debe poder funcionar durante un mínimo de una hora, proporcionando en el eje de los pasos principales una iluminación mínima de un lux.

La iluminación será, como, mínimo de 5 lux en los puntos en los que estén situados los equipos de las instalaciones de protección contra incendios que exijan utilización manual y en los cuadros de distribución del alumbrado.

Entrará en funcionamiento automáticamente al producirse el fallo de los alumbrados generales o cuando la tensión de éstos baje a menos del 70 % de su valor nominal.

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

Constarán 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.

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

Dotación: 5 lúmenes / m²

Flujo luminoso de las luminarias: ≥ 30 lúmenes

Separación de las luminarias 4 h, siendo h la altura a las que estén instaladas las luminarias comprendida entre 2,00 y 2,50 metros.

El alumbrado de señalización se instala para funcionar de un modo continuo durante determinados períodos de tiempo. Debe señalar de modo permanente la situación de puertas, pasillos, escaleras y salidas de los locales, durante todo el tiempo que permanezca con público.

Estará alimentado, al menos, por dos suministros, bien sean normales, complementarios o procedentes de fuente propia de energía eléctrica admitida.

En el eje de los pasos principales debe proporcionar una iluminación mínima de 1 lux.

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

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

Si el suministro habitual del alumbrado de señalización falla, o su tensión baja a menos del 70 % de su valor nominal, la alimentación del mismo debe pasar automáticamente al segundo suministro.

1.2.8. Solución adoptada

Seguidamente se detallan las fuentes luminosas utilizadas para la iluminación de señalización y emergencia.

- Luminarias de emergencia Daisalux

Flujo emerg. (lm):200

Difusor: Opal

Tensión alimentación: 230 V 50/60

Formato: Hydra

Autonomía (h): 2

Lámpara en emergencia: FL 8 W

Piloto testigo de carga: Led

Grado de protección: IP42 IK04

Aislamiento eléctrico: Clase II

Serie: Hydra

- Luminaria de emergencia Daisalux

Fabricante: Daisalux

Memoria

Serie: Pantallas fluorescentes estancas
Formato: Pantalla Estanca
Autonomía (h): 1
Lámpara en emergencia: FL 36 W
Piloto testigo de carga: Led
Grado de protección: IP65 IK08
Aislamiento eléctrico: Clase I
Flujo emerg. (lm):1200

Las lámparas se colocarán a diferentes alturas dependiendo del local y de la potencia de cada una de ellas.

Así en la zona de Oficinas, Almacén, Aseos y vestuarios, se colocarán justo encima de los marcos de las puertas o similar, a una altura de 2,50 metros.

En zona de fundición, descarga y almacén, 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 la zona de producción, las luminarias daisalux hydra se colocarán a una altura de 3 metros, debajo de las bandejas de distribución de las líneas y las daisalux de pantalla estanca se instalaran en el techo de la nave.

Soluciones:

Zona Fundición

Alumbrado de emergencia + señalización:

- 4 luminarias Daisalux Hydra 2N5
- 7 luminarias Daisalux Estanca-40 N24

Potencia: 284 W

Zona Almacén

Alumbrado de emergencia + señalización:

- 5 luminarias Daisalux Hydra 2N5
- 8 luminarias Daisalux Estanca-40 N24

Potencia: 328 W

Entrada 1

Alumbrado de emergencia + señalización:

- 7 luminarias Daisalux Hydra 2N5

Potencia: 56 W

Oficina 1

Memoria



Alumbrado de emergencia + señalización:
- 2 luminarias Daisalux Hydra 2N5
Potencia: 16 W

Aseo 1

Alumbrado de emergencia + señalización:
- 1 luminarias Daisalux Hydra 2N5
Potencia: 8 W

Aseo 2

Alumbrado de emergencia + señalización:
- 1 luminarias Daisalux Hydra 2N5
Potencia: 8 W

Vestuario

Alumbrado de emergencia + señalización:
- 2 luminarias Daisalux Hydra 2N5
Potencia: 16 W

Almacén

Alumbrado de emergencia + señalización:
- 3 luminarias Daisalux Hydra 2N5
Potencia: 24 W

Entrada 2

Alumbrado de emergencia + señalización:
- 3 luminarias Daisalux Hydra 2N5
Potencia: 24 W

Oficina 2

Alumbrado de emergencia + señalización:
- 2 luminarias Daisalux Hydra 2N5
Potencia: 16 W

Memoria

Aseo 3

Alumbrado de emergencia + señalización:
- 2 luminarias Daisalux Hydra 2N5
Potencia: 16 W

Oficina 3

Alumbrado de emergencia + señalización:
- 2 luminarias Daisalux Hydra 2N5
Potencia: 16 W

Sala de reunión

Alumbrado de emergencia + señalización:
- 3 luminarias Daisalux Hydra 2N5
Potencia: 24 W

1.3. Esquemas de distribución

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

Los esquemas de distribución se establecen en función de las conexiones a tierra de la red de distribución o de la alimentación, por un lado, y de las masas de la instalación receptora, por otro.

La denominación se realiza con un código de letras con el significado siguiente:

Primera letra: Se refiere a la situación de la alimentación con respecto a tierra.

- T = Conexión directa de un punto de la alimentación a tierra.
- I = Aislamiento de todas las partes activas de la alimentación con respecto a tierra o conexión de un punto a tierra a través de una impedancia.

Segunda letra: Se refiere a la situación de las masas de la instalación receptora con respecto a tierra.

- T = Masas conectadas directamente a tierra, independientemente de la eventual puesta a tierra de la alimentación.
- N = Masas conectadas directamente al punto de la alimentación puesto a tierra (en corriente alterna, este punto es normalmente el punto neutro).
-

Otras letras (eventuales): Se refieren a la situación relativa del conductor neutro y del conductor de protección.

- S = Las funciones de neutro y de protección, aseguradas por conductores separados.
- C = las funciones de neutro y de protección, combinadas en un solo conductor (conductor CPN).

La elección del tipo de esquema debe hacerse en función de las características técnicas y económicas de cada instalación. Sin embargo, hay que 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.

Esquema TT

En los esquemas TT el neutro o compensador se conecta directamente a tierra. Las masas de la instalación receptora están conectadas a una toma de tierra separada de la toma de tierra de la alimentación. Todas las masas de los equipos eléctricos protegidos por un mismo dispositivo de protección, deben ser interconectadas y unidas por un conductor de protección a una misma toma de tierra. Si varios dispositivos de protección van montados en serie, esta prescripción se aplica por separado a las masas protegidas por cada dispositivo.

El punto neutro de cada generador o transformador, o si no existe, un conductor de fase de cada generador o transformador, debe ponerse a tierra.

La corriente de fallo está fuertemente limitada por la impedancia de las tomas de tierra, pero puede generar una tensión de contacto peligrosa. La corriente de fallo es generalmente demasiado débil como para requerir protecciones contra sobreintensidades, por lo que se eliminará preferentemente mediante un dispositivo de corriente diferencial residual.

Esquema TN

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

Una puesta a tierra múltiple, en puntos repartidos con regularidad, puede ser necesaria para asegurarse de que el potencial del conductor de protección se mantiene, en caso de fallo, lo más próximo posible al de tierra. Por la misma razón, se recomienda conectar el conductor de protección a tierra en el punto de entrada de cada edificio o establecimiento.

Esquema IT

En el esquema IT, la alimentación de la instalación está aislada de tierra, o conectada a ella con una impedancia Z elevada. Esta conexión se lleva a cabo generalmente en el punto neutro o en un punto neutro artificial. Las masas de la instalación están interconectadas y conectadas a tierra. En caso de fallo del aislamiento, la impedancia del bucle de fallo es elevada (viene determinada por la capacidad de la instalación con respecto a tierra o por la impedancia Z).

En el primer fallo, el incremento de potencial de las masas permanece limitado y sin peligro. La interrupción no es necesaria y la continuidad está asegurada, pero debe buscarse y eliminarse el fallo para lograr un servicio competente. Con ese objeto, un controlador permanente de aislamiento (CPA) vigila el estado de aislamiento de la instalación. Si al primer fallo no eliminado se añade un segundo, se transforma en cortocircuito, el cual deberá ser eliminado por los dispositivos de protección contra sobrecorrientes.

Solución adoptada

El esquema de distribución elegido para distribuir las líneas que alimentan todas las máquinas de la nave industrial, es el esquema TT.

Aunque la solución más correcta y segura es el esquema IT, los problemas que presenta a la hora de realizar un cambio o ampliación de la instalación nos hacen desechar esta opción.

Las otras dos opciones, esquema TT y TN, son prácticamente iguales y a la hora de decantarnos por una de ellas elegimos el esquema TT ya que es la solución más empleada en este tipo de instalaciones. Las ventajas que este esquema tiene en lo que respecta a su mantenimiento, futuras ampliaciones y seguridad contra incendios aconsejan su empleo en este tipo de instalaciones.

1.4. Distribución interior de la instalación

1.4.1. Introducción

La conducción eléctrica se va realizar desde el centro de transformación a los distintos receptores de la instalación. La instalación es de baja tensión y han de emplearse tensiones normalizadas como indica el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión. Se empleara corriente alterna trifásica 400/230 V.

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

Los conductores de la instalación deben ser fácilmente identificables, especialmente por lo que respecta a los conductores de neutro y protección.

Esta identificación se realizará por los colores que presenten sus aislamientos. Cuando exista conductor neutro, se identificará por el color azul claro. Al conductor de protecciones le identificará por el doble color amarillo-verde. Todos los conductores de fase, o en su caso, aquellos para los que no se prevea su pase posterior a neutro se identificarán por colores marrón o negro. Cuando se considere necesario identificar tres fases diferentes, podrá utilizarse el color gris.

Las conexiones se realizarán conforme a lo establecido en el apartado 2.11 de la ITC-BT-19. Se admitirá no obstante, las conexiones en paralelo entre bases de toma de corriente cuando éstas estén juntas y dispongan de borne de conexión previsto para la conexión de varios conductores.

1.4.2. Sección de los conductores

Se llama líneas interiores a las instalaciones llevadas a cabo por conductores aislados en el interior de los edificios. Comprenden en nuestro caso desde el secundario de los transformadores hasta los aparatos receptores.

Las líneas interiores son de baja tensión y según expresa el vigente reglamento debe emplearse tensiones normalizadas. En nuestra red, se tendrá corriente alterna trifásica 400/230 V.

La elección de la sección de los conductores se hace teniendo en cuenta factores como los esfuerzos térmicos, pérdidas de potencia en los conductores, así como una caída de tensión en el propio conductor dentro de los límites establecidos en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

1.4.2.1. Factores para la elección de los conductores fase

Sección de los conductores en función de la intensidad máxima admisible

Los conductores deben dimensionarse para aguantar el esfuerzo térmico al que son sometidos por el paso de la corriente.

Los conductores se calientan por efecto de la propia corriente que por él circula, lo cual se debe a la resistencia del conductor, obviamente, cuanto más intensa es la corriente, mayor será el calentamiento y por lo tanto, mayor pérdida de energía en forma de calor.

Cuando, al mismo tiempo, la suma de las pérdidas térmicas producidas es igual a las pérdidas disipadas en el medio ambiental, se establece un estado de equilibrio y la temperatura del núcleo toma un valor constante. Éste no debe sobrepasar un valor fijado por la resistencia del aislante escogido y, eventualmente, por la resistencia de los otros materiales constitutivos, para asegurar al cable un tiempo útil de vida normal. Según la ley de Joule, la cantidad de calorías recibidas en un segundo son:

$$Q = 0.24 \times I^2 \times R \quad \text{Calorías}$$

Lo que sucede es que el calentamiento aumenta en relación con el cuadrado del cambio de corriente. Por consiguiente, si se aumenta la corriente al doble, el calentamiento será 4 veces mayor. Cuando circula mayor corriente por un conductor, no solamente se calentará el conductor, habrá también un aumento en su resistencia, como consecuencia, habrá un aumento adicional de temperatura. Se demuestra por tanto que el aumento de temperatura es directamente proporcional al cuadrado de la intensidad (considerando despreciables las variaciones de la resistencia con la temperatura)

$$\Delta T = (I/I_n)^2 \times \Delta T_n$$

Siendo:

ΔT = incremento admisible de la temperatura

ΔT_n = incremento de la temperatura en condiciones normales

I_n = intensidad nominal en condiciones normales

I = intensidad admisible

El calor producido tanto por el medio ambiente, como en los conductores por el efecto joule, como en la cubierta aislante, atraviesa las capas del cable por conducción y luego se evacua en el medio exterior. Es decir, el calor que adquiere un conductor, lo va cediendo a través del medio que le rodea (aislamiento, tubo, pared, aire, etc.), produciéndose un equilibrio entre el calor que recibe por el paso de la corriente y el que desprende hacia el exterior.

El calor que es cedido al exterior es:

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

Si la corriente que atraviesa el conductor aumenta, con el correspondiente aumento de la temperatura, llegará un punto en el que el calor producido no pueda evacuarse, por lo que la temperatura seguirá aumentando. Si esta temperatura es elevada existirá peligro de que los materiales aislantes se deterioren, incluso se lleguen a quemar, pudiéndose llegar a producir cortocircuitos, incluso incendios.

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

Se denomina intensidad máxima admisible en régimen permanente de un conductor, al valor de la intensidad que provoca, para un entorno determinado, el recalentamiento del núcleo de los conductores al valor máximo permitido.

Estas intensidades máximas permitidas vienen recogidas en ITC-BT 19 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión. En ella se muestran las intensidades máximas admisibles de los conductores, en función de la sección, tipo de instalación, número de conductores y naturaleza del aislamiento.

Sección de los conductores en función de la máxima caída de tensión admisible

En las líneas recorridas por corrientes alternas, los conductores ofrecen una resistencia R al paso de la corriente produciéndose una caída de tensión de la misma manera que ocurre en corriente continua.

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

Elección de la sección de los conductores de fase

La sección se calcula en función de la tensión máxima admisible y sus correspondientes factores de corrección.

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

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

1. Criterio de la caída de tensión

Para líneas trifásicas

$$S = \frac{2 \times L \times P}{c \times u \times V}$$

Para líneas monofásicas

$$S = \frac{L \times P}{c \times u \times V}$$

Donde:

S = Sección (mm²)

L = Longitud de la línea (m)

P = Potencia conectada (W)

c = Conductividad (56 para el cobre, 35 para el aluminio)

u = Caída de tensión admisible (6,5% para fuerza y 4,5% para alumbrado)

V = Tensión nominal (V)

2. Criterio térmico

Para líneas trifásicas

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

Para líneas monofásicas

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

Donde:

I = Intensidad (A)

P = Potencia conectada (W)

V = Tensión nominal (V)

Sección de los conductores para las tomas de corriente

Se ha utilizado en el cálculo de la sección de los conductores para las tomas de corriente, con su correspondiente factor de utilización sobre su potencia total. Las tomas de corriente que se van a colocar en este proyecto serán tanto monofásicas como trifásicas.

Otras normas para la elección del cable

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

1. El aislamiento del cable ha de ser tal que asegure en su parte conductora una continuidad eléctrica duradera. Normalmente el aislamiento del cable se determina con los picos de tensión que este tiene que soportar en cualquier momento.

2. La sección del cable a colocar en el alumbrado normalmente la determina la caída de tensión (si la longitud no es pequeña). La sección de los conductores de fuerza la determina la corriente a transportar y el calentamiento que esta puede producir, de tal forma que nunca se superen temperaturas determinadas por encima de las cuales el cable se deteriora.

3. El cable elegido, teniendo en cuenta todo lo anteriormente expuesto, será capaz de soportar los cortocircuitos que puedan producirse, mejor que cualquier otra parte de la instalación. Se preverá que la temperatura y los esfuerzos electrodinámicos producidos por el cortocircuito, no deterioren en ningún momento el cable.

1.4.2.2. Sección del conductor neutro

Para hallar la sección de los neutros en los tramos subterráneos se utiliza la tabla 7.1 de la ITC-BT-07. A cada sección de fase y tipo de conductor (aluminio o cobre) le corresponde una sección de neutro.

En el resto de la instalación, toda la parte de interior, se sigue lo establecido en la ITC-BT-19.

1.4.2.3. Sección del conductor de protección

Se establece la siguiente tabla dada por la ITC BT 19 2.3 Conductores de protección para la sección del conductor de protección en función la sección de los conductores de fase:

Sección conductor de fase (mm ²)	Sección conductor mínima protección (mm ²)
S<16	S
16<S<35	16
S>35	S/2

Se respetará siempre un mínimo de 2,5mm² si disponen de protección mecánica y de 4mm² si no la tienen.

Cuando la sección de los conductores de fase o polares sea superior a 35mm², se puede admitir, para los conductores de protección, unas secciones menores que las que resulten de la aplicación de las tablas pero por lo menos iguales a 16mm².

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

Las instalaciones se subdividirán de forma que las perturbaciones originadas por averías que puedan producirse en un punto de ellas, afecten solamente a ciertas partes de la instalación.

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

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

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

En caso de proximidad de canalizaciones eléctricas con otras no eléctricas, se dispondrán de forma que entre las superficies exteriores de ambas se mantenga una distancia de, por lo menos, 3 cm.

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

1.4.3. Normas para la elección del tubo

Los tubos protectores de conductores se utilizan para contener y proteger las líneas de la instalación. Deben tener unas dimensiones mínimas, en función del número,

tipo y sección de los conductores, así como del tipo de instalación. Para ello, en la instrucción complementaria ITC BT 21 se establecen en una serie de tablas, los diámetros mínimos de los tubos protectores en función de los factores antes citados.

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

Tubos aislantes constituidos por PVC o polietileno: 60°C

Tubos metálicos con forros aislantes de papel impregnado: 70°C

Para más de cinco conductores por tubo, o para conductores de secciones diferentes a instalar por el mismo tubo, la sección inferior de éste como mínimo, será igual a tres veces la sección total ocupada por los conductores.

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

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

Será posible la fácil introducción y retirada de los conductores en los tubos después de colocados y fijados éstos y sus accesorios, disponiendo para ello de los registros que se consideren convenientes, y que por tramos no estarán separados entre sí más de 25 m.

Los registros podrán estar destinados únicamente a facilitar la introducción y retirada de los conductores en los tubos o servir al mismo tiempo como cajas de empalme o derivación.

Las conexiones entre conductores se realizarán en el interior de cajas apropiadas de materiales aislantes y no propagadores de llama. Las dimensiones de estas cajas serán tales que permitan alojar holgadamente todos los conductores que deban contener.

En ningún caso se permitirá la unión de conductores como empalmes o derivaciones por simple retorcimiento o arrollamiento entre sí de los conductores, sino que deberá realizarse siempre utilizando bornes de conexión montados individualmente o constituyendo bloques o regletas de conexión; puede permitirse asimismo la utilización de bridas de conexión.

En los tubos metálicos sin aislamiento interior, se tendrán en cuenta las posibilidades de que se produzcan condensaciones de agua en su interior, para lo cual se elegirá convenientemente el trazado de su instalación.

Los tubos metálicos que sean accesibles deben ponerse a tierra. Su continuidad eléctrica deberá quedar convenientemente asegurada. En el caso de utilizar tubos metálicos flexibles, es necesario que la distancia entre dos puestas a tierra consecutivas de los tubos no exceda de 10 metros.

No podrán utilizarse los tubos metálicos como conductores de protección o de neutro.

1.4.3.1. Montaje fijo en superficie

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

Los tubos se fijarán a las paredes o techos por medio de bridas o abrazaderas. La distancia entre éstas será, como máximo, de 0,50 metros. Se dispondrán fijaciones de una y otra parte en los cambios de dirección, en los empalmes y en la proximidad inmediata de las entradas en cajas o aparatos.

Los tubos se colocarán adaptándose a la superficie sobre la que se instalan, curvándose o usando los accesorios necesarios.

Es conveniente disponer los tubos, siempre que sea posible, a una altura mínima de 2,50 metros sobre el suelo, con objeto de protegerlos de eventuales daños mecánicos.

1.4.3.2. Montaje fijo empotrado

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

En la instalación de los tubos en el interior de los elementos de la construcción, las rozas no pondrán en peligro la seguridad de las paredes o techos en que se practiquen. Las dimensiones de las rozas serán suficientes para que los tubos queden recubiertos por una capa de 1 centímetro de espesor, como mínimo.

No se instalarán entre forjado y revestimiento tubos destinados a la instalación eléctrica de las plantas inferiores.

En los cambios de dirección, los tubos estarán convenientemente curvados o bien provistos de codos o “T” apropiados.

Las tapas de los registros y de las cajas de conexión quedarán accesibles y desmontables una vez finalizada la obra. Los registros y cajas quedaran enrasados con la superficie exterior del revestimiento de la pared o techo cuando no se instalen en el interior de un alojamiento cerrado y practicable.

1.4.4. Cuadros eléctricos

1.4.4.1. Interconexión de las distintas partes de la instalación

El cuadro eléctrico es el punto de paso de la corriente eléctrica y en el que se deben instalar los dispositivos generales e individuales de mando y protección de una instalación eléctrica.

La instalación debe subdividirse convenientemente, de forma que una avería en algún punto de la misma sólo afecte a un sector limitado de ella. Este hecho se consigue mediante la colocación de dispositivos de protección coordinados y diseñados de forma que se asegure la selectividad necesaria en la instalación. En este sentido se recomienda un sistema de cuadros que incluyese:

- Un cuadro general de distribución, del que partirán las líneas que distribuyen la energía hasta los cuadros secundarios.
- Una serie de cuadros secundarios de distribución, derivados de los anteriores. De estos cuadros secundarios, si fuese necesario, podrán derivarse a su vez otros cuadros.

1.4.4.2. Ubicación de los cuadros

El cuadro general de distribución deberá instalarse en una zona de servicio a la que no tenga acceso el público, a poder ser en el punto más próximo posible a la entrada de la acometida o derivación individual y se colocarán junto o sobre él, los dispositivos de mando y protección que se establecen en el apartado siguiente. Cuando no sea posible la instalación de estos cuadros en este punto próximo a la entrada de la acometida, se instalará en dicho punto, y dentro de un armario, un dispositivo de mando y protección (interruptor automático magnetotérmico) para cada una de las líneas. Estos cuadros estarán separados de los locales donde exista un peligro acusado de incendio por medio de elementos a prueba de incendios y puertas resistentes al fuego

Los cuadros secundarios, se instalarán en lugares a los que no tenga acceso el público y que estarán separados de los locales donde exista un peligro acusado de incendio o de pánico (como salas de público), por medio de elementos a prueba de incendios y puertas resistentes al fuego, preferentemente en vestíbulos y pasillos, nunca en el interior de consultas.

Todos los cuadros deberán disponer de los correspondientes cierres de seguridad que impidan que personas ajenas al equipo de mantenimiento pudieran manipular en su interior.

1.4.4.3. Composición de los cuadros

Los dispositivos generales e individuales de mando y protección, cuya posición de servicio será vertical, se ubicarán en el interior de los cuadros eléctricos de donde partirán los circuitos interiores, y constarán como mínimo de los siguientes elementos:

Cuadro general de distribución

Deberán constar en el cuadro de distribución cada uno de los siguientes elementos:

- Un interruptor general automático de corte omnipolar, que permita su accionamiento y que esté dotado de elementos de protección contra sobrecargas y cortocircuitos. Este interruptor será independiente, si existe, del interruptor de control de potencia.

Este interruptor servirá de protección general con los situados aguas abajo, con los que deberá estar coordinado para que exista la correspondiente selectividad.

Este interruptor deberá llevar asociada una protección diferencial, destinada a la protección contra contactos indirectos. Con esta protección en el origen de la instalación se consigue proteger mediante diferenciales toda la instalación y al mismo tiempo conseguir una elevada continuidad de servicio, pues permite actuar ante un fallo fase-masa en los niveles superiores de distribución, o como protección de los usuarios si alguno de los diferenciales ubicados aguas abajo (en los cuadros secundarios, por ejemplo) quedara fuera de servicio de forma accidental o intencionada.

Este diferencial en el origen de la instalación, se encontrará en serie con diferenciales instalados en niveles de distribución más bajos por lo que deberá establecerse la adecuada selectividad y con retardo de tiempo.

- Las líneas que partiendo de estos cuadros alimenten otros cuadros secundarios deberán disponer de dispositivos de corte omnipolar destinados a la protección contra sobrecargas y cortocircuitos.

- Dispositivo de protección contra sobretensiones.

- Si además de estos cuadros parten líneas para la alimentación directa de algunas cargas, cada uno de los circuitos deberá contar con los siguientes dispositivos:

- Dispositivos de corte omnipolar destinados a la protección contra sobrecargas y cortocircuitos.
- Un interruptor diferencial, destinado a la protección contra contactos indirectos en los mencionados circuitos, que deberá

establecerse con la correspondiente selectividad respecto a la protección diferencial dispuesta en la cabecera de la instalación.

Cuadros secundarios

- Un interruptor general automático de corte omnipolar, que permite su accionamiento y que esté dotado de elementos de protección contra sobrecargas y cortocircuitos.
- Interruptores diferenciales destinados a la protección contra contactos indirectos de todos los circuitos, y selectivos respecto a la protección diferencial colocada en el cuadro general de distribución o cuadro general de emergencia.

1.4.4.4. Características de los cuadros de distribución, dimensiones y etiquetado

Las dimensiones del cuadro que se elija para la ubicación de toda la aparatada necesaria para la protección, control y maniobra de los circuitos que partirán de él, así como del nivel de segregación que se pretenda aplicar, debe ser al menos un 30% superior a las dimensiones obtenidas en su cálculo, posibilitando de esta forma posibles ampliaciones en la instalación.

Las envolventes de los cuadros se ajustarán a las normas UNE 20.451 y UNE-EN 60.493-3, con un grado de protección mínimo IP30 según UNE 20.324 y de protección mecánica mínima IK07 según UNE 50.102.

La elección de los cuadros debe realizarse de modo que se permita la sustitución de cualquiera de sus componentes en el mínimo tiempo posible, evitando siempre la necesidad de desmontar otros no implicados en la sustitución.

1.4.4.5. Características generales

De los cuadros generales saldrán las líneas que alimentan directamente aparatos receptores o bien las líneas generales de distribución que conectarán los cuadros secundarios de distribución, de los que partirán los distintos circuitos alimentadores.

Deberán preverse circuitos distintos para las partes de la instalación que es necesario controlar separadamente, tales como alumbrado, tomas de corriente, alimentación de la maquinaria, etc., de forma que no se vean afectados dichos circuitos por el fallo de otros, o incluso por su normal funcionamiento como consecuencia de las perturbaciones que se pueden introducir en la red por parte de algunos receptores.

Todos los circuitos deben quedar identificados en sus puntos extremos, así como en las cajas mediante etiquetas donde vendrá indicado, de manera clara, indeleble y permanente, su destino, cuadro de procedencia e interruptor que le protege.

1.4.4.6. Características particulares

Para la distribución de los circuitos interiores se deberá seguir la pauta marcada en los siguientes puntos:

1. Se deben instalar uno o varios interruptores diferenciales, garantizando la protección con sensibilidad máxima de 30 mA en todos los circuitos que estén al acceso de personas (en aquellos otros en los que no sea posible el contacto indirecto, por ejemplo, tramos enterrados, tramos entre cuadros inaccesibles, etc., o en aquellos en los que la continuidad del suministro sea fundamental, podrá admitirse el empleo de diferenciales de sensibilidad 300 mA o superior).
2. En los receptores especialmente problemáticos (ya sea por el tipo de corriente que generan, por su potencia, por la probabilidad de fallos de aislamiento, por la posibilidad de fugas...) se optará por utilizar un diferencial para cada receptor, con el objeto de que la actuación del mismo no ponga la desconexión de otras partes de la instalación.
3. En las instalaciones para alumbrado de locales o dependencias donde se reúna público en general (por ejemplo, vestíbulos, pasillos, corredores, salas de espera y salas de juntas), el número de líneas secundarias y su disposición en relación con el total de lámparas a alimentar, deberá ser tal que el corte de corriente en una cualquiera de ellas no afecte a más de la tercera parte del total de lámparas instaladas en los locales o dependencias que se iluminan alimentadas por dichas líneas. Cada una de estas líneas estarán protegidas en su origen contra sobrecargas, cortocircuitos, y contra contactos indirectos.
4. Los circuitos para el alumbrado de seguridad, en el caso que alimenten aparatos autónomos, podrán estar conectados al circuito de alumbrado normal, debiendo existir un interruptor manual que permita la desconexión del alumbrado normal sin desconectar el alumbrado de emergencia.

Por último cabe señalar, que con objeto de mantener el mayor equilibrio posible en la carga de los conductores que formen parte de una instalación, se procurará que aquella quede repartida entre sus fases o conductores polares, alcanzando con ello el máximo equilibrio de cargas posible en la instalación.

1.4.5. Soluciones adoptadas

1.4.5.1. Conductores

Los conductores, bandejas, tapas y tubos utilizados en la instalación se citan a continuación junto con sus características técnicas:

RZ1-K 0,6/ 1 kV TOP CABLE, Toxfree (para la acometida).

Conductor: Cobre recocido flexible clase 5.

Aislamiento: Polietileno reticulado XLPE.

Cubierta: PVC.

Tª de servicio: -40 °C, +90 °C (Cable termoestable).

Servicio permanente: 90°.

Cortocircuito: 250°.

Tensión: 0,6/1 kV.

V-K 0,6/ 1 kV TOP CABLE, Powerflex (para instalaciones interiores).

Conductor: Cobre recocido flexible clase 5.

Cubierta: PVC.

Tª de servicio: - 15 °, +90° C en el conductor

Servicio permanente: 90°.

Cortocircuito: 250°.

Tensión: 0,6/1 kV.

Tendrán sección suficiente para las caídas de tensión, conforme al Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y contada desde el origen de la instalación no excedan del 4,5 % para el alumbrado y del 6,5 % para la fuerza, siendo las intensidades admisibles por los conductores, en todos los casos, siempre superiores a las máximas previsibles para el circuito de la instalación.

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

1.4.5.2. Canalizaciones

Líneas generales

La canalización de las líneas generales de la nave se realizara a través de bandeja porta cables de malla de acero galvanizado. Las líneas partirán desde el cuadro general de distribución en el interior de tubos metálicos hasta llegar a la altura de la bandeja, que estará a 6 metros del suelo, y a partir de aquí las líneas se llevarán a los diferentes cuadros auxiliares de nuestra nave a través de la bandeja. Cuando las líneas lleguen a la donde están situados los cuadros auxiliares, se bajaran mediante tubos metálicos. Esta bandeja rodeará a toda la nave por el interior de la misma, a una altura de 6 metros. Habrá otra bandeja que cruzara la nave por el medio, por donde se prevé que se llevaran las líneas que alimenten los aparatos de alumbrado, además de algunas tomas de corriente, 2 tornos, 2 grúas y las líneas de alumbrado de emergencia.

Líneas secundarias

Memoria

La canalización de las líneas que alimentan la maquinaria, se realizara partiendo desde el cuadro secundario correspondiente, subiendo los conductores en el interior de tubos metálicos grapados contra la pared hasta la altura de la bandeja, y se llevaran colgados en el interior de los tubos, hasta llegar a la altura de cada máquina, que será cuando se vuelva a bajar los conductores (si fuera necesario, parte de ella será enterrada).

La canalización de las líneas que alimentan los aparatos de alumbrado se realizaran, de igual manera, partiendo del cuadro correspondiente, subiendo los conductores a través de tubos metálicos grapados a la pared hasta la bandeja. Se llevaran a través de la bandeja que cruza la nave por el medio de la nave y de de aquí se volverán a distribuir bajo tubo colgados del techo.

La canalización de las dos plantas de la zona de las oficinas, se realizara a través de tubos de PVC que irá a través de falso techo.

El lugar exacto por donde se han de colocar todas las líneas que van sobre la bandeja, así como en el interior de tubos protectores, vienen representados en el documento planos del presente proyecto.

1.5. Tipos de receptores

1.5.1. Introducción

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

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

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

1.5.2 Motores

Según indica el Reglamento Electrotécnico par Baja Tensión, en su Instrucción 047, las secciones mínimas que deben tener los conductores de conexión de los motores, con objeto de que no se produzca en ellos un calentamiento excesivo serán las siguientes:

Un solo motor

Los conductores de conexión que alimentan a un solo motor deberán estar dimensionados para una intensidad no inferior al 125 % de la intensidad a plena carga del motor en cuestión.

Varios motores

Los conductores de conexión que alimentan a varios motores deberán estar dimensionados para una intensidad no menor a la suma de 125 % de la intensidad a plena carga del motor de mayor potencia más la intensidad a plena carga de todos los demás.

1.5.3. Receptores para alumbrado

Según la ITC-BT 44 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, las lámparas de descarga deberán cumplir las siguientes condiciones:

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

1.5.4. Tomas de corriente

1.5.4.1. Introducción

Se han colocado tomas de corriente a lo largo de toda la nave industrial, tanto en la zona de producción, como en las oficinas, almacén, aseos y vestuarios, de la forma más conveniente para su utilización.

1.5.4.2. Tipos de tomas de corriente utilizados

Las tomas de corriente que colocaremos para este proyecto serán tanto monofásicas como trifásicas, definiéndolas de la siguiente manera:

- Tomas de corriente monofásicas de 16 A a 230 V. (I+N+T)
- Tomas de corriente trifásicas de 25 A a 400 V. (III+N+T)
- Tomas de corriente trifásicas de 32 A a 400 V. (III+N+T)

1.5.4.3. Solución adoptada

Las tomas irán fijadas a las paredes por sus medios convencionales y a una altura de 20 cm en la zona de oficinas. En todas las zonas de la Nave industrial las tomas de corriente irán a una altura de 1,5 metros, agrupadas en unos cuadros con sus protecciones, cumpliendo así lo establecido en la ITC-BT-27.

1.6. Protecciones

1.6.1. Introducción

En las instalaciones de baja tensión, y de acuerdo con las instrucciones de Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión ITC BT 22, ITC BT 23, ITC BT 24; se deben considerar las siguientes protecciones:

Protección de la instalación

- Contra sobrecargas.
- Contra cortocircuitos.

Protección de las personas

- Contra contactos directos.
- Contra contactos indirectos.

1.6.2. Protección de la instalación

Los dispositivos de protección tienen por finalidad registrar de forma selectiva las averías y separar las partes de la instalación defectuosa, así como para limitar las sobreintensidades.

Cuando se disponen varios interruptores en serie, generalmente se requiere que estos sean selectivos. Un dispositivo de protección se considera selectivo cuando solamente dispara el interruptor inmediatamente anterior al punto defectuoso, tomando como base el sentido de flujo de la energía. En caso de fallar el interruptor, tiene que actuar otro de orden superior.

Se entiende por tiempo de escalonamiento, el intervalo necesario para que dispare con seguridad sólo el elemento de protección anterior al punto de defecto.

Las características de disparo de los diversos elementos de protección no deben entrecruzarse.

1.6.2.1. Protección contra sobrecargas

Se denomina sobrecarga, al paso de una intensidad superior a la nominal de la instalación. Esta intensidad superior a la nominal, no producirá daños en la instalación si su duración es breve, sin embargo si la duración es larga se producirán daños, ya que los aparatos receptores y conductores no están preparados para soportar este incremento de temperatura a la que se verán sometidos como consecuencia del incremento de la intensidad.

La consecuencia más directa de la sobrecarga, es una elevación de la temperatura, que por otra parte es la causa directa de los desperfectos que pueda ocasionar la sobrecarga en la instalación.

Las protecciones que se utilizan contra las sobrecargas, se tratan esencialmente de una protección térmica, o sea, basada en la medición directa o indirecta de la temperatura del objeto que se ha de proteger, permitiendo además la utilización racional de la capacidad de sobrecarga de este mismo objeto.

La medida directa de la temperatura se realiza por medio de una imagen térmica o relé térmico más o menos aproximado que reproduce las condiciones de carga y calentamiento del objeto que se ha de proteger.

Los dispositivos de protección contra sobrecargas vienen indicados en la instrucción ITC BT 22 y son los siguientes:

- Cortacircuitos fusibles calibrados de características de funcionamiento adecuadas.
- Interruptor automático de corte omnipolar con curva térmica de corte.

1.6.2.2. Protección contra cortocircuitos

Es necesario tener en cuenta las siguientes consideraciones sobre los cortocircuitos:

Corriente de cortocircuito

Es la corriente que fluye por el punto en que se ha producido el cortocircuito mientras este dure.

La corriente de cortocircuito transcurre, generalmente, en un principio de forma asimétrica con respecto a la línea cero y contiene una componente alterna y otra continua. La componente de corriente alterna se amortigua hasta alcanzar el valor de la intensidad permanente de cortocircuito, la componente de corriente continua se atenúa hasta anularse.

Corriente alterna de cortocircuito

Es la componente de la corriente de cortocircuito que fluye al punto defectuoso a través de las distintas derivaciones.

Impulso de la corriente de cortocircuito

Es el máximo valor instantáneo de la corriente después de producirse el cortocircuito. Se indica como valor de cresta. Varía según el momento en que se produzca el cortocircuito.

Corriente alterna inicial de cortocircuito

Es el valor eficaz de la intensidad de la corriente alterna de cortocircuito en el momento de producirse este.

Corriente permanente de cortocircuito

Es el valor eficaz de la corriente alterna que permanece después de finalizado el proceso de amortiguamiento. Depende de la excitación de los generadores. Si no se indica otra cosa, en los generadores se entiende por corriente permanente de cortocircuito la que se establece en caso de cortocircuito en todos los polos de las bornas y a la excitación nominal.

Potencia inicial de cortocircuito

Es igual al producto entre la intensidad de la corriente alterna inicial de cortocircuito, la tensión de servicio y el factor de concatenación.

Retardo mínimo de desconexión

Es el tiempo que transcurre entre el momento de producirse el cortocircuito y la separación de los contactos al abrir el cortocircuito en todos los polos del interruptor.

El retardo mínimo de desconexión viene dado por la suma del tiempo propio de reacción del relé y el tiempo de ruptura del interruptor. Los retardos ajustables de los dispositivos de disparo no deben considerarse, puesto que el retardo mínimo de desconexión no incluye los tiempos de retardo intencionado.

Tipos de cortocircuito según las clases de defecto

Cortocircuitos tripolares, cortocircuitos bipolares, cortocircuitos bipolares con contacto a tierra y contactos a tierra simples y dobles.

Impedancia de cortocircuito

Es la impedancia de la trayectoria total de la corriente de cortocircuito. Lo que caracteriza a los cortocircuitos en las instalaciones eléctricas, es que el valor de la intensidad que circula es muy grande. La intensidad permanente de cortocircuito suele ser superior a 10 veces la intensidad nominal de la instalación.

En los casos en que se produzcan cortocircuitos lo que interesa, es una interrupción rápida de la corriente por el punto más cercano al cortocircuito.

Los dispositivos de protección contra cortocircuitos vienen indicados en la instrucción ITC BT 22 y son los siguientes:

- Cortacircuitos fusibles calibrados de características de funcionamiento adecuadas.
- Interruptor automático con sistema de corte omnipolar.

En el origen de todo circuito se establecerá un dispositivo de protección contra cortocircuitos cuya capacidad de corte estará de acuerdo con la intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en el punto de conexión.

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

Para la correcta aplicación de las medidas de protección expuestas en la norma UNE 20.460 se deberá aplicar lo indicado en la tabla 1 de la ITC BT 22, del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

1.6.2.3. Proceso para el cálculo de las corrientes de cortocircuito

El valor de la corriente de cortocircuito se obtiene por la relación:

$$I_{cc} = \frac{U_s}{\sqrt{3}Z_T}$$

Donde:

I_{cc} = corriente de cortocircuito eficaz en KA

U_s = tensión entre fases en vacío del secundario del transformador

Z_T = impedancia total por fase de la red aguas arriba del defecto en mΩ.

Cálculo de Z_T

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

- Un elemento resistente **R**.
- Un elemento inductivo **X** llamado reactancia.

El método consiste en descomponer la red en trozos y en calcular para cada uno de ellos los valores de R y X , después se suman aritméticamente por separado. A continuación se compone un triángulo rectángulo de forma que la suma de las R es un cateto y la suma de las X es el otro cateto, la hipotenusa es el valor de Z_T que estamos buscando y se halla mediante la siguiente fórmula:

$$Z_T = \sqrt{R^2 + X^2}$$

Determinación de la impedancia “aguas arriba de la red”

La potencia de cortocircuito de la red es un dato que suministra la compañía eléctrica (500 MVA).

Despreciando la resistencia frente a la reactancia se puede calcular la impedancia de la red aguas arriba llevada el secundario del transformador:

$$Z = X = \frac{U_s^2}{P_{CC}}$$

Donde:

U_s^2 = tensión en vacío del secundario en voltios.

P_{CC} = potencia de cortocircuito en KVA.

Z, X = impedancia o reactancia aguas arriba en $m\Omega$.

Transformador

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

$$Z = X = U_s^2 \frac{U_{CC}}{S_{100}}$$

Donde:

U_s = tensión en vacío entre fases en voltios.

U_{CC} = tensión de cortocircuito en % (4%)

S = potencia aparente en KVA (630 KVA)

Z, X = impedancia o reactancia al secundario en $m\Omega$.

La resistencia del transformador es despreciable

La resistencia y reactancia de todo el aparellaje de alta tensión lo consideramos despreciable.

Conductores

La resistencia de los conductores se calculará mediante la siguiente fórmula:

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

Donde:

R = resistencia del conductor (Ω).

ρ = resistividad del conductor (en nuestro caso cobre).

L = longitud del conductor.

S = sección por fase del conductor.

El cálculo de la reactancia

$$X = 0.15 \times L$$

Donde:

X = reactancia del conductor (para secciones inferiores a 25 mm^2 se podría despreciar la reactancia)

1.6.3. Protección de personas

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

1. Cuando las personas se pongan en contacto con una parte eléctrica que normalmente estará en tensión (contacto directo) debido a que un conductor descubierto se ha hecho accesible por ruptura, defecto de aislamiento, etc.
2. Cuando la persona se pone en contacto con una parte metálica accidentalmente bajo tensión (contacto indirecto), como puede ser la carcasa conductora de un motor o máquina, etc., que puedan quedar bajo tensión por defecto de aislamiento por confusión en la conexión del conductor de protección con el de fase activa.

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

La tensión límite convencional según la instrucción ITC BT 24 es igual a 50 V, valor eficaz en corriente alterna, en condiciones normales. En ciertas condiciones pueden especificarse valores menos elevados, como por ejemplo 24 V para las instalaciones de alumbrado público.

El Reglamento Electrotécnico para Baja tensión fija unos valores de tensiones máximos de contacto que son:

- En locales o emplazamientos húmedos 24 V.
- En locales secos la tensión será inferior a 50 V.

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

1.6.3.1. Protección contra contactos directos

Para considerar satisfecha en las instalaciones la protección contra contactos directos se llevará a cabo alguno de los métodos indicados en la Norma UNE 20.460 que son:

- Recubrimiento de las partes activas de la instalación por medio de un aislamiento apropiado capaz de conservar sus propiedades con el tiempo y que limite la corriente a un valor no superior a 1 mA.
- Protección por medio de barreras o envolventes; las partes activas se situarán en el interior de las envolventes o detrás de las barreras que posean, como mínimo, el grado de protección IP XXB según UNE 20.324.
- Protección por medio de obstáculos que impidan todo contacto accidental con las partes activas de la instalación. Esta medida no garantiza una protección completa y su aplicación se limita, en la práctica, a los locales de servicio eléctrico sólo accesibles al personal autorizado.
- Protección por alejamiento de las partes activas de la instalación a una distancia tal del lugar donde las personas habitualmente se encuentren o circulen que no sea posible un contacto fortuito con las manos por la manipulación de objetos

conductores cuando estos se utilicen habitualmente cerca de la instalación. Esta medida no garantiza una protección completa y su aplicación se limita, en la práctica, a los locales de servicio eléctrico sólo accesibles al personal autorizado.

- Protección complementaria por dispositivos de corriente diferencial residual; el empleo de dispositivos de corriente diferencial- residual, cuyo valor de corriente diferencial asignada de funcionamiento sea inferior o igual a 30 mA se reconoce como medida de protección complementaria en caso de fallo de otra medida; tales dispositivos no constituyen por sí mismos una medida de protección completa.

En la instalación se adoptará principalmente que todos los conductores activos estarán recubiertos por aislamientos apropiados.

1.6.3.2. Protección contra contactos indirectos

Para la elección de las medidas de protección contra contactos indirectos, se tendrá en cuenta la naturaleza de los locales, las masas y los elementos conductores, la extensión e importancia de la instalación, etc.

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

- Todas las masas de los equipos eléctricos y protegidos por un mismo dispositivo de protección deben ser interconectadas y unidas por un conductor de protección a una misma toma de tierra.
- El punto neutro de cada generador o transformador, o, si no existe, un conductor de fase de cada generador o transformador, debe ponerse a tierra.

Se cumplirá la siguiente condición:

$$R_A \times I_A < U$$

Siendo:

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

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

U = tensión de contacto límite convencional.

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

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

Con miras a la selectividad pueden instalarse dispositivos de corriente diferencial-residual temporizada, en serie con dispositivos de protección diferencial- residual de tipo general, con un tiempo de funcionamiento como máximo igual a 1 s.

1.6.4. Solución adoptada

La solución adoptada consiste en colocar un interruptor general automático a la entrada del cuadro general de distribución; a la salida de cada línea se colocarán un interruptor magnetotérmico y un interruptor diferencial.

En los cuadros auxiliares se colocará un interruptor de corte o un seccionador de corte en carga a la entrada del cuadro; a la salida de cada línea se colocarán un interruptor magnetotérmico y un interruptor diferencial.

La elección del aparato diferencial se basa en dos datos: la sensibilidad y el calibre.

Se instalarán interruptores diferenciales de diferentes sensibilidades según sea el caso:

En líneas de fuerza $I_s = 300 \text{ mA}$.

En líneas de alumbrado $I_s = 30 \text{ mA}$.

El calibre del diferencial indica la corriente máxima de utilización del mismo.

La protección diferencial debe ser selectiva para lo cual se debe dotar a los diferenciales situados en cabecera de línea del retraso correspondiente en función de los diferenciales colocados en dichas líneas aguas abajo.

Los interruptores magnetotérmicos irán asociados a las puestas a tierra de las masas.

El primer dato a tener en cuenta para elegir estos aparatos es el calibre, es decir, la corriente máxima que permite circular; que a su vez debe ser un poco mayor que la intensidad nominal de la carga, pero menor que la intensidad máxima que permite el cable.

El segundo dato a tener en cuenta es la curva de disparo, que relaciona la sobrecarga con el tiempo que tarda en abrir los contactos.

El tercer dato a tener en cuenta, es el poder de cortocircuito, que dice cual es la máxima corriente de cortocircuito con la que puede actuar sin estropearse.

Existen varias curvas de disparo normalizadas:

- Curva B: El disparo en los primeros instantes se sitúa para una intensidad entre 2.6 y 3.8 veces la intensidad nominal del dispositivo. Su utilización es general, conveniente para grandes longitudes de cable.

- Curva C: El disparo en los primeros instantes se realiza para intensidades entre 3.85 y 8.8 veces la intensidad nominal. Su uso es también general.
- Curva D: Protección de receptores con grandes puntas de arranque, permite el paso de una intensidad hasta 14 veces superior a la nominal del mismo durante poco tiempo, mientras que el disparo para intensidades poco superiores a la nominal se retrasa bastante en el tiempo.
- Curva MA: Diseñadas especialmente para el arranque de motores, permiten el paso de altas intensidades durante los primeros instantes, transcurridos los cuales el disparo se produce en torno a 12 veces el valor de la intensidad nominal. Por lo tanto, estos dispositivos no protegen contra sobrecargas y han de combinarse con elementos que cumplan esta función.

Otro dato a tener en cuenta, como se mencionaba antes, es la corriente de cortocircuito previsible en un punto de la instalación. El cálculo de la misma se halla detallado en el documento de cálculos.

Se tendrá en cuenta a la hora de elegir las protecciones la posibilidad de coordinación de los aparatos por medio de la filiación y la selectividad.

La filiación está relacionada con toda asociación de interruptores automáticos y permite instalar protecciones con un poder de corte inferior a la corriente de cortocircuito existente en un determinado punto. La filiación se da cuando existen automáticos aguas arriba de un poder de corte adecuado que permiten colocar dispositivos aguas abajo de poder de corte inferior a la corriente de cortocircuito.

La selectividad consiste en la coordinación de los dispositivos de corte automático para que ante un defecto producido en cualquier punto de la red, éste sea eliminado por el interruptor colocado inmediatamente aguas arriba del defecto y solo por él.

Los elementos de protección utilizados son de la marca ABB.

CUADRO DE DISTRIBUCIÓN GENERAL (C.D.G.)

Entrada

Sección del cable: 3 x (3x185)/(3x95) + TT (3x95) mm².

- Interruptor automático magnetotérmico:
 - Calibre: 1250A.
 - Poder de corte: 50kA.
 - N° de polos: III + N.
 - Curva: C.

Salidas

Línea Cuadro auxiliar 1:

Sección del cable: 3 x 25/16 + TT 16 mm².

- Interruptor automático magnetotérmico:
 - Calibre: 63A.
 - Poder de corte: 15kA.
 - N° de polos: III + N.
 - Curva: C.

- Interruptor automático diferencial:
 - Calibre: 63A.
 - Sensibilidad: 300mA.
 - N° de polos: 4P.

Línea Cuadro auxiliar 2:

Sección del cable: 3 x 95/50 + TT 50 mm².

- Interruptor automático magnetotérmico:
 - Calibre: 160A.
 - Poder de corte: 18kA.
 - N° de polos: III + N.
 - Curva: C.

- Interruptor automático diferencial:
 - Calibre: 160A.
 - Sensibilidad: 300mA.
 - N° de polos: 4P.

Línea Cuadro auxiliar 3:

Sección del cable: 3 x 25/16 + TT 16 mm².

- Interruptor automático magnetotérmico:
 - Calibre: 63A.
 - Poder de corte: 15kA.
 - N° de polos: III + N.
 - Curva: C.

- Interruptor automático diferencial:
 - Calibre: 63A.
 - Sensibilidad: 300mA.
 - N° de polos: 4P.

Línea Cuadro auxiliar 4:

Sección del cable: 3 x 16/10 + TT 10 mm².

- Interruptor automático magnetotérmico:
 - Calibre: 40A.
 - Poder de corte: 15kA.
 - N° de polos: III + N.
 - Curva: C.

- Interruptor automático diferencial:
 - Calibre: 40A.
 - Sensibilidad: 300mA.
 - N° de polos: 4P.

Línea Cuadro auxiliar 5:

Sección del cable: 3 x 25/16 + TT 16 mm².

- Interruptor automático magnetotérmico:
 - Calibre: 63A.
 - Poder de corte: 15kA.
 - N° de polos: III + N.
 - Curva: C.

- Interruptor automático diferencial:
 - Calibre: 63A.
 - Sensibilidad: 300mA.
 - N° de polos: 4P.

Línea Cuadro alumbrado nave:

Sección del cable: 3 x 25/16 + TT 16 mm².

- Interruptor automático magnetotérmico:
 - Calibre: 63A.
 - Poder de corte: 15kA.
 - N° de polos: III + N.
 - Curva: C.

- Interruptor automático diferencial:
 - Calibre: 63A.
 - Sensibilidad: 300mA.
 - N° de polos: 4P.

Línea Cuadro oficinas:

Sección del cable: 3 x 6/6 + TT 6 mm².

- Interruptor automático magnetotérmico:
 - Calibre: 25A.
 - Poder de corte: 15kA.
 - N° de polos: III + N.
 - Curva: C.

- Interruptor automático diferencial:
 - Calibre: 25A.
 - Sensibilidad: 300mA.
 - N° de polos: 4P.

Horno 1:

Sección del cable: 3 x 185/95 + TT 95 mm².

- Interruptor automático magnetotérmico:
 - Calibre: 250A.
 - Poder de corte: 36kA.
 - N° de polos: III + N.
 - Curva: D.

- Interruptor automático diferencial:
 - Calibre: 250A.
 - Sensibilidad: 300mA.
 - N° de polos: 4P.

Horno 2:

Sección del cable: 3 x 185/95 + TT 95 mm².

- Interruptor automático magnetotérmico:
 - Calibre: 250A.
 - Poder de corte: 35kA.
 - N° de polos: III + N.
 - Curva: D.

- Interruptor automático diferencial:
 - Calibre: 250A.
 - Sensibilidad: 300mA.
 - N° de polos: 4P.

Circuito 10:

- Interruptor automático diferencial:
 - Calibre: 25A.
 - Sensibilidad: 300mA.
 - N° de polos: 2P.

Circuito 10 A:

Sección del cable: 1 x 2,5 /2,5 + TT 2,5 mm².

- Interruptor automático magnetotérmico:
 - Calibre: 16A.
 - Poder de corte: 15kA.
 - N° de polos: I + N.
 - Curva: C.

Circuito 10 B:

Sección del cable: 1 x 2,5/2,5 + TT 2,5 mm².

- Interruptor automático magnetotérmico:
 - Calibre: 16A.
 - Poder de corte: 15kA.
 - N° de polos: I + N.
 - Curva: C.

Línea Batería de condensadores:

Sección del cable: 3 x 150/70 + TT 70 mm².

- Interruptor automático magnetotérmico:
 - Calibre: 400A.
 - Poder de corte: 36kA.
 - N° de polos: III + N.
 - Curva: C.

- Interruptor automático diferencial:
 - Calibre: 400A.
 - Sensibilidad: 300mA.
 - N° de polos: 4P.

CUADRO AUXILIAR 1

Entrada

Sección del cable: 3 x 25/16 + TT 16 mm².

- Seccionador de corte en carga:
 - Calibre: 63A.
 - N° de polos: III + N.

Salidas

Circuito 1:

Sección del cable: 3 x 2.5/2.5 + TT 2.5 mm².

- Interruptor automático magnetotérmico:
 - Calibre: 16A.
 - Poder de corte: 15kA.
 - N° de polos: III + N.
 - Curva: D.
- Interruptor automático diferencial:
 - Calibre: 16A.
 - Sensibilidad: 300mA.
 - N° de polos: 4P.

Circuito 2:

Sección del cable: 3 x 6/6 + TT 6 mm².

- Interruptor automático magnetotérmico:
 - Calibre: 25A.
 - Poder de corte: 15kA.
 - N° de polos: III + N.
 - Curva: D.
- Interruptor automático diferencial:
 - Calibre: 25A.
 - Sensibilidad: 300mA.
 - N° de polos: 4P.

Circuito 3:

Sección del cable: 3 x 10/10 + TT 10 mm².

- Interruptor automático magnetotérmico:
 - Calibre: 32A.
 - Poder de corte: 15kA.
 - N° de polos: III + N.
 - Curva: D.

- Interruptor automático diferencial:
 - Calibre: 32A.
 - Sensibilidad: 300mA.
 - N° de polos: 4P.

Circuito 4:

- Interruptor automático diferencial:
 - Calibre: 40A.
 - Sensibilidad: 300mA.
 - N° de polos: 4P.

Circuito 4 A:

Sección del cable: 1 x 2,5 /2,5 + TT 2,5 mm².

- Interruptor automático magnetotérmico:
 - Calibre: 16A.
 - Poder de corte: 15kA.
 - N° de polos: I + N.
 - Curva: C.

Circuito 4 B:

Sección del cable: 3 x 6/6 + TT 6 mm².

- Interruptor automático magnetotérmico:
 - Calibre: 25A.
 - Poder de corte: 15kA.
 - N° de polos: III + N.
 - Curva: C.

CUADRO AUXILIAR 2

Entrada

Sección del cable: 3 x 95/50 + TT 50 mm².

- Seccionador de corte en carga:
 - Calibre: 160A.
 - N° de polos: III + N.

Salidas

Circuito 1:

Sección del cable: 3 x 70/35 + TT 35 mm².

- Interruptor automático magnetotérmico:
 - Calibre: 125A.
 - Poder de corte: 15kA.
 - N° de polos: III + N.
 - Curva: D.
- Interruptor automático diferencial:
 - Calibre: 125A.
 - Sensibilidad: 300mA.
 - N° de polos: 4P.

Circuito 2:

Sección del cable: 3 x 70/35 + TT 35 mm².

- Interruptor automático magnetotérmico:
 - Calibre: 125A.
 - Poder de corte: 15kA.
 - N° de polos: III + N.
 - Curva: D.
- Interruptor automático diferencial:
 - Calibre: 125A.
 - Sensibilidad: 300mA.
 - N° de polos: 4P.

Circuito 3:

- Interruptor automático magnetotérmico:
 - Calibre: 16A.
 - Poder de corte: 15kA.
 - N° de polos: I + N.
 - Curva: D.

- Interruptor automático diferencial:
 - Calibre: 16A.
 - Sensibilidad: 300mA.
 - N° de polos: 2P.

Circuito 4:

- Interruptor automático diferencial:
 - Calibre: 63A
 - Sensibilidad: 300mA.
 - N° de polos: 4P.

Circuito 4 A:

Sección del cable: 3 x 6 /6 + TT 6 mm².

- Interruptor automático magnetotérmico:
 - Calibre: 25A.
 - Poder de corte: 15kA.
 - N° de polos: III + N.
 - Curva: C.

Circuito 4 B:

Sección del cable: 3 x 10/10 + TT 10 mm².

- Interruptor automático magnetotérmico:
 - Calibre: 32A.
 - Poder de corte: 15kA.
 - N° de polos: III + N.
 - Curva: C.

CUADRO AUXILIAR 3

Entrada

Sección del cable: 3 x 25/16 + TT 16 mm².

- Seccionador de corte en carga:
 - Calibre: 115A.
 - N° de polos: III + N.

Salidas

Circuito 1:

Sección del cable: 3 x 16/10 + TT 10 mm².

- Interruptor automático magnetotérmico:
 - Calibre: 63A.
 - Poder de corte: 15kA.
 - N° de polos: III + N.
 - Curva: D.
- Interruptor automático diferencial:
 - Calibre: 63A.
 - Sensibilidad: 300mA.
 - N° de polos: 4P.

Circuito 2:

Sección del cable: 3 x 16/10 + TT 10 mm².

- Interruptor automático magnetotérmico:
 - Calibre: 63A.
 - Poder de corte: 15kA.
 - N° de polos: III + N.
 - Curva: D.
- Interruptor automático diferencial:
 - Calibre: 63A.
 - Sensibilidad: 300mA.
 - N° de polos: 4P.

Circuito 3:

- Interruptor automático diferencial:
 - Calibre: 16A.
 - Sensibilidad: 300mA.
 - N° de polos: 2P.

- Interruptor automático magnetotérmico:
 - Calibre: 16A.
 - Poder de corte: 15kA.
 - N° de polos: I + N.
 - Curva: C.

CUADRO AUXILIAR 4

Entrada

Sección del cable: 3 x 16 /10 + TT 10 mm².

- Seccionador de corte en carga:
 - Calibre: 63A.
 - N° de polos: III + N.

Salidas

Circuito 1:

- Interruptor automático diferencial:
 - Calibre: 40A.
 - Sensibilidad: 30mA.
 - N° de polos: 4P.

Circuito 1 A:

Sección del cable: 1 x 2,5 /2,5 + TT 2,5 mm².

- Interruptor automático magnetotérmico:
 - Calibre: 16A.
 - Poder de corte: 15kA.
 - N° de polos: I + N.
 - Curva: C.

Circuito 1 B:

Sección del cable: 3 x 6 /6 + TT 6 mm².

- Interruptor automático magnetotérmico:
 - Calibre: 25A.
 - Poder de corte: 15kA.
 - N° de polos: III + N.
 - Curva: C.

CUADRO AUXILIAR 5

Entrada

Sección del cable: 3 x 25 /16 + TT 16 mm².

- Seccionador de corte en carga:
 - Calibre: 63A.
 - N° de polos: III + N.

Salidas

Circuito 1:

- Interruptor automático diferencial:
 - Calibre: 63 A.
 - Sensibilidad: 30mA.
 - N° de polos: 4P.

Circuito 1 A:

Sección del cable: 3 x 6 /6 + TT 6 mm².

- Interruptor automático magnetotérmico:
 - Calibre: 25A.
 - Poder de corte: 15kA.
 - N° de polos: III + N.
 - Curva: C.

Circuito 1 B:

Sección del cable: 3 x 10 /10 + TT 10 mm².

- Interruptor automático magnetotérmico:
 - Calibre: 32A.
 - Poder de corte: 15kA.
 - N° de polos: III + N.
 - Curva: C.

Circuito 1 C:

Sección del cable: 1 x 2,5 /2,5 + TT 2,5 mm².

- Interruptor automático magnetotérmico:
 - Calibre: 16A.
 - Poder de corte: 15kA.
 - N° de polos: I + N.
 - Curva: D.

CUADRO ALUMBRADO NAVE

Entrada

Sección del cable: 3 x 25 /16 + TT 16 mm².

- Seccionador de corte en carga:
 - Calibre: 63A.
 - N° de polos: III + N.

Salidas

Circuito 1:

- Interruptor automático diferencial:
 - Calibre: 25A.
 - Sensibilidad: 30mA.
 - N° de polos: 2P.



Circuito 1 A:

Sección del cable: 1 x 2.5 /2.5 + TT 2.5 mm².

- Interruptor automático magnetotérmico:
 - Calibre: 16A.
 - Poder de corte: 15kA.
 - N° de polos: I + N.
 - Curva: C.

Circuito 1 B:

Sección del cable: 1 x 1.5 /1.5 + TT 1.5 mm².

- Interruptor automático magnetotérmico:
 - Calibre: 6A.
 - Poder de corte: 15kA.
 - N° de polos: I + N.
 - Curva: C.

Circuito 2:

- Interruptor automático diferencial:
 - Calibre: 25A.
 - Sensibilidad: 30mA.
 - N° de polos: 2P.

Circuito 2 A:

Sección del cable: 1 x 2.5 /2.5 + TT 2.5 mm².

- Interruptor automático magnetotérmico:
 - Calibre: 16A.
 - Poder de corte: 15kA.
 - N° de polos: I + N.
 - Curva: C.

Circuito 2 B:

Sección del cable: 1 x 1.5 /1.5 + TT 1.5 mm².

- Interruptor automático magnetotérmico:
 - Calibre: 6A.
 - Poder de corte: 15kA.

- N° de polos: I + N.
- Curva: C.

Circuito 3:

- Interruptor automático diferencial:
 - Calibre: 25A.
 - Sensibilidad: 30mA.
 - N° de polos: 2P.

Circuito 3 A:

Sección del cable: 1 x 2.5 /2.5 + TT 2.5 mm².

- Interruptor automático magnetotérmico:
 - Calibre: 16A.
 - Poder de corte: 15kA.
 - N° de polos: I + N.
 - Curva: C.

Circuito 3 B:

Sección del cable: 1 x 1.5 /1.5 + TT 1.5 mm².

- Interruptor automático magnetotérmico:
 - Calibre: 6A.
 - Poder de corte: 15kA.
 - N° de polos: I + N.
 - Curva: C.

Circuito 4:

- Interruptor automático diferencial:
 - Calibre: 25A.
 - Sensibilidad: 30mA.
 - N° de polos: 2P.

Circuito 4 A:

Sección del cable: 1 x 2.5 /2.5 + TT 2.5 mm².

- Interruptor automático magnetotérmico:
 - Calibre: 16A.
 - Poder de corte: 15kA.
 - N° de polos: I + N.
 - Curva: C.

Circuito 4 B:

Sección del cable: 1 x 1.5 /1.5 + TT 1.5 mm².

- Interruptor automático magnetotérmico:
 - Calibre: 6A.
 - Poder de corte: 15kA.
 - N° de polos: I + N.
 - Curva: C.

Circuito 5:

- Interruptor automático diferencial:
 - Calibre: 25A.
 - Sensibilidad: 30mA.
 - N° de polos: 2P.

Circuito 5 A:

Sección del cable: 1 x 2.5 /2.5 + TT 2.5 mm².

- Interruptor automático magnetotérmico:
 - Calibre: 16A.
 - Poder de corte: 15kA.
 - N° de polos: I + N.
 - Curva: C.

Circuito 5 B:

Sección del cable: 1 x 1.5 /1.5 + TT 1.5 mm².

- Interruptor automático magnetotérmico:
 - Calibre: 6A.
 - Poder de corte: 15kA.
 - N° de polos: I + N.
 - Curva: C.

Circuito 6:

- Interruptor automático diferencial:
 - Calibre: 40A.
 - Sensibilidad: 30mA.
 - N° de polos: 2P.

Circuito 6 A:

Sección del cable: 1 x 2.5 /2.5 + TT 2.5 mm².

- Interruptor automático magnetotérmico:
 - Calibre: 16A.
 - Poder de corte: 15kA.
 - N° de polos: I + N.
 - Curva: C.

Circuito 6 B:

Sección del cable: 1 x 1.5 /1.5 + TT 1.5 mm².

- Interruptor automático magnetotérmico:
 - Calibre: 10A.
 - Poder de corte: 15kA.
 - N° de polos: I + N.
 - Curva: C.

Circuito 6 C:

Sección del cable: 1 x 1.5 /1.5 + TT 1.5 mm².

- Interruptor automático magnetotérmico:
 - Calibre: 6A.
 - Poder de corte: 15kA.
 - N° de polos: I + N.
 - Curva: C.

CUADRO ALUMBRADO OFICINAS

Entrada

Sección del cable: 3 x 6/6 + TT 6 mm².

- Seccionador de corte en carga:
 - Calibre: 63A.
 - N° de polos: III + N.

Salidas

Circuito 1:

- Interruptor automático diferencial:
 - Calibre: 32A.
 - Sensibilidad: 30mA.
 - N° de polos: 2P.

Circuito 1 A:

Sección del cable: 1 x 2.5 /2.5 + TT 2.5 mm².

- Interruptor automático magnetotérmico:
 - Calibre: 10A.
 - Poder de corte: 15kA.
 - N° de polos: I + N.
 - Curva: C.

Circuito 1 B:

Sección del cable: 1 x 2.5 /2.5 + TT 2.5 mm².

- Interruptor automático magnetotérmico:
 - Calibre: 10A.
 - Poder de corte: 15kA.
 - N° de polos: I + N.
 - Curva: C.

Circuito 1 C:

Sección del cable: 1 x 1.5 /1.5 + TT 1.5 mm².

- Interruptor automático magnetotérmico:
 - Calibre: 6A.
 - Poder de corte: 15kA.
 - N° de polos: I + N.
 - Curva: C.

Circuito 2:

- Interruptor automático diferencial:
 - Calibre: 32A.
 - Sensibilidad: 300mA.
 - N° de polos: 2P.

Circuito 2 A:

Sección del cable: 1 x 2.5 /2.5 + TT 2.5 mm².

- Interruptor automático magnetotérmico:
 - Calibre: 16A.
 - Poder de corte: 15kA.
 - N° de polos: I + N.
 - Curva: C.

Circuito 2 B:

Sección del cable: 1 x 2.5 /2.5 + TT 2.5 mm².

- Interruptor automático magnetotérmico:
 - Calibre: 16A.
 - Poder de corte: 15kA.
 - N° de polos: I + N.
 - Curva: C.

Circuito 3 :

- Interruptor automático diferencial:
 - Calibre: 16A.
 - Sensibilidad: 300mA.
 - N° de polos: 2P.

- Interruptor automático magnetotérmico:
 - Calibre: 16A.
 - Poder de corte: 15kA.
 - N° de polos: I + N.
 - Curva: C.

Circuito 4:

- Interruptor automático diferencial:
 - Calibre: 32A.
 - Sensibilidad: 30mA.
 - N° de polos: 2P.

Circuito 4 A:

Sección del cable: 1 x 2.5 /2.5 + TT 2.5 mm².

- Interruptor automático magnetotérmico:
 - Calibre: 10A.
 - Poder de corte: 15kA.
 - N° de polos: I + N.
 - Curva: C.

Circuito 4 B:

Sección del cable: 1 x 2.5 /2.5 + TT 2.5 mm².

- Interruptor automático magnetotérmico:
 - Calibre: 10A.
 - Poder de corte: 15kA.
 - N° de polos: I + N.
 - Curva: C.

Circuito 4 C:

Sección del cable: 1 x 1.5 /1.5 + TT 1.5 mm².

- Interruptor automático magnetotérmico:
 - Calibre: 6A.
 - Poder de corte: 15kA.
 - N° de polos: I + N.
 - Curva: C.

Circuito 5:

- Interruptor automático diferencial:
 - Calibre: 32A.
 - Sensibilidad: 300mA.
 - N° de polos: 2P.

Circuito 5 A:

Sección del cable: 1 x 2.5 /2.5 + TT 2.5 mm².

- Interruptor automático magnetotérmico:
 - Calibre: 16A.
 - Poder de corte: 15kA.
 - N° de polos: I + N.
 - Curva: C.

Circuito 5 B:

Sección del cable: 1 x 2.5 /2.5 + TT 2.5 mm².

- Interruptor automático magnetotérmico:
 - Calibre: 16A.
 - Poder de corte: 15kA.
 - N° de polos: I + N.
 - Curva: C.

Circuito 6 :

- Interruptor automático diferencial:
 - Calibre: 16A.
 - Sensibilidad: 300mA.
 - N° de polos: 2P.

- Interruptor automático magnetotérmico:
 - Calibre: 16A.
 - Poder de corte: 15kA.
 - N° de polos: I + N.
 - Curva: C.

1.7. Puestas a tierra

1.7.1. Introducción

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

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

El límite de tensión admisible entre una masa cualquiera en relación a tierra, o entre masas distintas, nos viene definido en la instrucción 18 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

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

Estos valores son los máximos que se supone soporta el cuerpo humano sin alteraciones significativas.

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

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

1.7.2. Objetivo de la puesta a tierra

La puesta a tierra, es la unión eléctrica directa, sin fusibles ni protección alguna, entre determinados elementos o partes de una instalación y un electrodo o grupos de electrodos enterrados en el suelo.

El hilo de tierra, también denominado toma de conexión a tierra o simplemente tierra, se emplea en las instalaciones eléctricas para evitar el paso de corriente al usuario por un fallo del aislamiento de los conductores activos.

La toma a tierra es un camino de poca resistencia a cualquier corriente de fuga para que cierre el circuito "a tierra" en lugar de pasar a través del usuario. Consiste en una pieza metálica enterrada en una mezcla especial de sales y conectada a la instalación eléctrica a través de un cable. En todas las instalaciones interiores según el reglamento, el cable de tierra se identifica por ser su aislante de color verde y amarillo.

Todas las masas de los equipos eléctricos protegidos por un mismo dispositivo de protección, deben ser interconectadas y unidas por un conductor de protección a una misma toma de tierra.

Se cumplirá la siguiente condición:

$$R_A \times I_a \leq U$$

Donde:

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

I_a es la corriente que asegura el funcionamiento automático del dispositivo de protección. Cuando el dispositivo de protección es un dispositivo de corriente diferencial residual es la corriente diferencial-residual asignada.

U es la tensión de contacto límite convencional (50, 24V)

Se utilizan los dispositivos de protección siguientes:

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

Estos dispositivos solamente son aplicables cuando la resistencia R_A tiene un valor muy bajo.

Cuando el dispositivo de protección es un dispositivo de protección contra las sobrecorrientes, debe ser:

- bien un dispositivo que posea una característica de funcionamiento de tiempo inverso e I_a debe ser la corriente que asegure el funcionamiento automático en 5 s como máximo;
- o bien un dispositivo que posea una característica de funcionamiento instantánea e I_a debe ser la corriente que asegura el funcionamiento instantáneo.

La utilización de dispositivos de protección de tensión de defecto no está excluida para aplicaciones especiales cuando no puedan utilizarse los dispositivos de protección antes señalados.

1.7.3. Partes de la puesta a tierra

Todo sistema de puesta a tierra consta de los siguientes elementos, estos elementos los podemos agrupar de la siguiente forma:

- Terreno o tierra. Encargado de disipar todas las energías que a él accedan.
- Toma de tierra. Parte enterrada en el terreno, formada por:

Los electrodos

Línea de enlace con tierra

- Punto de puesta a tierra
- Instalación de puesta a tierra. Parte exterior al terreno, formada por:
 - Línea principal de tierra
 - Derivaciones de la línea principal de tierra
 - Conductores de protección

Terreno

La resistividad del terreno, dependerá del tipo de material

Naturaleza terreno	Resistividad en Ohm.m
Terrenos pantanosos	de algunas unidades a 30
Limo	20 a 100
Humus	10 a 150
Turba húmeda	5 a 100
Arcilla plástica	50
Margas y Arcillas compactas	100 a 200
Margas del Jurásico	30 a 40
Arena arcillosas	50 a 500
Arena silíceas	200 a 3.000
Suelo pedregoso cubierto de césped	300 a 5.00
Suelo pedregoso desnudo	1500 a 3.000
Calizas blandas	100 a 300
Calizas compactas	1.000 a 5.000
Calizas agrietadas	500 a 1.000
Pizarras	50 a 300
Roca de mica y cuarzo	800
Granitos y gres procedente de alteración	1.500 a 10.000
Granito y gres muy alterado	100 a 600

La medida de resistencia de tierra de este electrodo puede permitir, aplicando las fórmulas dadas en la siguiente tabla.

ELECTRODO	RESISTENCIA DE TIERRA
Placa enterrada vertical	$R = 0,8 \frac{\rho_a}{P}$
Pica vertical	$R = \frac{\rho_a}{L}$
Conductor enterrado Horizontalmente	$R = 2 \frac{\rho_a}{L}$
R, resistencia de tierra (Ω) ρ_a , resistividad (Ωm) P, perímetro de la placa (m) L, longitud de la pica o del conductor (m)	

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

Este comportamiento viene determinado por la resistividad, que es una característica de todos los materiales y que nos da una idea de la resistencia que ofrece un material al ser atravesado por una corriente eléctrica.

Los cuerpos que 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.

Tomas de tierra

Electrodos

Los electrodos son elementos metálicos que permanecen en contacto directo con el terreno. Los electrodos estarán contruidos con materiales inalterables a la humedad y a la acción química del terreno. Por ello, se suelen usar materiales tales como el cobre, el acero galvanizado y el hierro cincado. Según su estructura, los electrodos pueden ser: Placas, picas, conductores enterrados o mallas metálicas.

Punto de puesta a tierra

Un punto de puesta a tierra es un punto, generalmente situado dentro de una cámara, que sirve de unión entre el anillo de enlace y las líneas principales de tierra.

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 mm² de sección.

Derivaciones de las líneas principales de tierra

Las derivaciones de las líneas de tierra estarán constituidas por conductores que unirán la línea principal de tierra con los conductores de protección o directamente con las masas.

Conductores de protección

Los conductores de protección sirven para unir eléctricamente las masas de una instalación a ciertos elementos con el fin de asegurar la protección contra los contactos indirectos.

En el circuito de puesta a tierra, los conductores de protección unirán las masas a la línea principal de tierra.

En otros casos reciben igualmente el nombre de conductores de protección aquellos conductores que unen las masas:

- A otras masas.
- A elementos metálicos distintos de las masas.
- A un relé de protección.

En los suministros de UTE en Baja Tensión, no deberá unirse en ningún lugar el conductor neutro con la red de puesta a tierra del cliente.

1.7.4. Solución adoptada

El electrodo de puesta a tierra está formado por un conductor de cobre de 50 mm² desnudo y enterrado a una profundidad de 0,8 m. El conductor abarca todo el perímetro de la nave, y en cada vértice tendrá una pica de acero recubierto de cobre de 14 mm de diámetro y 2 metros de longitud.

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

El anillo de puesta a tierra se conectará al borneo principal de tierra del cuadro general a través de una caja de seccionamiento y medida de puesta a tierra situada junto al cuadro, desde donde partirán las derivaciones a los cuadros auxiliares de distribución y de estos partirán los conductores de protección a los distintos receptores (alumbrado de la nave, tomas de corriente y maquinaria).

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

1.8. Compensación del factor de potencia

1.8.1. Introducción

Se denomina factor de potencia al coseno del ángulo introducido por el desfase entre corriente y tensión. Este depende únicamente de las características de los receptores y de su régimen de funcionamiento.

La potencia activa se transforma íntegramente en trabajo y en calor. Sin embargo, la potencia reactiva no produce trabajo, siendo, por otra parte, indispensable para crear la excitación magnética de dichos receptores.

Los receptores de tipo resistivo, solamente absorben potencia activa; los de tipo inductivo, tanto activa como reactiva, teniendo un desfase en el que la corriente está retrasada respecto a la tensión. Los receptores capacitivos, absorben también ambos tipos de potencia, siendo su desfase tal que la intensidad circula adelantada respecto a la tensión.

1.8.2. Ventajas de un elevado factor de potencia

Las ventajas de un buen factor de potencia se pueden resumir en las siguientes:

- Reducción en el recibo de la electricidad.
- Mejora de las instalaciones eléctricas. Entre estas se pueden describir:

1. Disminución de la caída de tensión en las líneas.
2. Reducción del dimensionamiento de las líneas.
3. Disminución de las pérdidas por calentamiento en línea.

La resistencia de los conductores siempre provoca pérdidas de potencia. Estas pérdidas son proporcionales al cuadrado de la corriente transportada, la cual, para una misma potencia activa, disminuye a medida que el factor de potencia aumenta.

4. Aumento de la potencia disponible en el transformador de alimentación.

Mientras el factor de potencia crece, la potencia aparente S para una misma potencia activa P disminuye; es decir, se utiliza tanto mejor un transformador conforme el factor de potencia de la carga más se aproxima a la unidad.

5. Facilita el suministro de la tensión nominal a los receptores.

6. Disminución de costes de la factura de energía eléctrica al realizar una bonificación la compañía suministradora para valores:

$$0.9 < \cos\phi < 1$$

1.8.3. Métodos para mejorar el factor de potencia

1.8.3.1. Procedimientos directos

Actúan directamente sobre la causa misma del bajo factor de potencia, es decir, procura en lo posible disminuir el consumo innecesario de energía reactiva actuando sobre las cargas normales de la instalación.

Los más importantes son:

- Correcta elección del equipo eléctrico.
- Evitar marchas en vacío o cargas reducidas de los motores eléctricos.
- Sustituir los motores defectuosos fuera de las horas de trabajo.
- Reducir las marchas en vacío o con poca carga de los transformadores.

1.8.3.2. Procedimientos indirectos

Consisten en compensar el consumo de energía reactiva mediante elementos productores de energía capacitiva, compensando parcial o totalmente la energía inductiva consumida por los elementos receptores. Para este tipo de procedimientos se utilizan compensadores que se dividen en:

- Compensadores giratorios, también llamados compensadores síncronos. Son motores síncronos trabajando sobreexcitados, los cuales proporcionan energía capacitiva.
- Compensadores estáticos o condensadores, pueden ser individualmente o en baterías de condensadores conectados adecuadamente.

1.8.3.3. Elección del método de compensación

Aunque a la hora de realizar la instalación se tendrán en cuenta todos los casos expuestos en la compensación directa, considerando que aún así el factor de potencia no es el adecuado se optará por realizar una compensación indirecta con una batería de condensadores.

1.8.4. Clasificación y elección de la compensación

1.8.4.1. Clasificación por la situación de la compensación

Situación en cabecera

Si los condensadores están situados en cabecera de la instalación, se conseguirá la reducción del consumo de energía reactiva y por tanto se evitarán las penalizaciones económicas por un consumo excesivo de dicha energía.

Situación en cada receptor inductivo

Si se sitúan los condensadores en los bornes de cada uno de los receptores de tipo inductivo, se consigue, además de evitar las penalizaciones por consumo de energía reactiva y ajustar “S” a la necesidad real, reducir las pérdidas por efecto Joule de los cables, ya que la corriente reactiva se abastece en el mismo lugar de su consumo y por tanto no circula en los cables de la instalación.

Situación en una zona intermedia

Situando los condensadores en una zona intermedia, se conseguirá evitar la penalización por consumo de energía reactiva y se reducirán por tanto las pérdidas por efecto Joule.

1.8.4.2. Elección de la situación para la compensación

En este caso la segunda opción de compensación individual no es viable ya que son numerosos, y de poca potencia, los receptores con carga inductiva, con lo cual resultaría imposible la compensación individual.

Por otro lado la longitud de los conductores es relativamente corta con lo cual la diferencia de las pérdidas por efecto Joule no van a ser importantes.

Se optará por una compensación en la cabecera de la instalación.

1.8.4.3. Clasificación por tipo de condensador

Compensación fija

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.

Compensación automática (variable)

La compensación automática se realiza con un equipo de condensadores que se adecuan a las variaciones de potencia reactiva de la instalación para conseguir mantener el $\cos\phi$ objetivo.

El equipo de compensación automático, o batería de condensadores, está compuesto de un regulador, que mide el $\cos\phi$ de la instalación y conecta los distintos escalones de energía reactiva, contactores, que conectan los distintos condensadores de la batería para conseguir los distintos escalones de potencia.

1.8.4.4. Elección del tipo de compensación

Si se elige una compensación fija para la instalación, en los momentos en los que la potencia reactiva de la instalación sea menor que la potencia que suministran los condensadores, se estará introduciendo energía capacitiva en la red.

Según lo establecido en el reglamento de baja tensión; se podrá realizar la compensación de energía reactiva “pero sin que en ningún momento la energía absorbida por la red pueda ser capacitiva” por tanto el $\cos\phi$ de la instalación en el punto de conexión con la compañía nunca podrá ser capacitivo.

Para que esto no ocurra se elegirá compensación automática para la instalación ya que el consumo de energía reactiva de la instalación no va a ser siempre el mismo, variará en función de las cargas inductivas conectadas (luminarias, motores, etc).

Así que se colocará un equipo de compensación automática en cabecera de la instalación del edificio, para compensar la energía reactiva consumida por la totalidad de las cargas inductivas de la instalación.

1.8.5. Características técnicas del equipo de compensación automática

Referencias: MH27540

Q(kvar): 275kVAr

Composición kvar (nº grupos x kvar): 25+2x50+2x75

Características:

Tensión asignada: 400 V trifásicos, 50 Hz.

Grado de protección: IP 2X con la puerta abierta.

Protección: IP 31- IK 05.

Normas: IEC 60439-1 y 2, y EN 60439-1.

1.9. Centro de transformación

1.9.1. Introducción

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

Al centro de transformación llegará la acometida de alta tensión a 13,2 KV subterránea, y en él se dispondrán los elementos necesarios y exigidos por la reglamentación vigente.

1.9.2. Reglamentación y Disposiciones Oficiales

Normas Generales

Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Líneas Eléctricas de Alta Tensión. Aprobado por Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero.

Instrucciones Técnicas Complementarias del Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Líneas Eléctricas de Alta Tensión.

Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación. Aprobado por Real Decreto 3.275/1982, de 12 noviembre, B.O.E. 01-12-1982.

Instrucciones Técnicas Complementarias del Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación. Real Decreto 3275/1982. Aprobadas por Orden del MINER de 18 de octubre de 1984, B.O.E. 25-10-1984.

Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión. Aprobado por Decreto 842/2002, de 02 de agosto, B.O.E. 224 de 18-09-2002.

Modificaciones a las Instrucciones Técnicas Complementarias. Hasta el 10 de marzo de 2000.

Autorización de Instalaciones Eléctricas. Aprobado por Ley 40/94, de 30 de diciembre, B.O.E. de 31-12-1994.

Ordenación del Sistema Eléctrico Nacional y desarrollos posteriores. Aprobado por Ley 40/1994, B.O.E. 31-12-1994.

Ley de Regulación del Sector Eléctrico, Ley 54/1997 de 27 de noviembre.

Reglamento de Verificaciones Eléctricas y Regularidad en el Suministro de Energía, Decreto de 12 Marzo de 1954 y **Real Decreto 1725/84** de 18 de Julio.

Real Decreto 2949/1982 de 15 de Octubre de Acometidas Eléctricas.

NTE-IEP. Norma tecnológica de 24-03-1973, para **Instalaciones Eléctricas de Puesta a Tierra.**

Normas **UNE / IEC.**

Condiciones impuestas por los Organismos Públicos afectados.

Ordenanzas municipales del ayuntamiento donde se ejecute la obra.

Condicionados que puedan ser emitidos por organismos afectados por las instalaciones.

Normas particulares de la compañía suministradora.

Cualquier otra normativa y reglamentación de obligado cumplimiento para este tipo de instalaciones.

Normas y recomendaciones de diseño del edificio

CEI 62271-202 UNE-EN 62271-202

Centros de Transformación prefabricados.

NBE-X

Normas básicas de la edificación.

Normas y recomendaciones de diseño de aparataje eléctrica

CEI 62271-1 UNE-EN 60694

Estipulaciones comunes para las normas de aparataje de Alta Tensión.

CEI 61000-4-X UNE-EN 61000-4-X

Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 4: Técnicas de ensayo y de medida.

CEI 62271-200 UNE-EN 62271-200 (UNE-EN 60298)

Aparataje bajo envoltorio metálico para corriente alterna de tensiones asignadas superiores a 1 kV e inferiores o iguales a 52 kV.

CEI 62271-102 UNE-EN 62271-102

Seccionadores y seccionadores de puesta a tierra de corriente alterna.

CEI 62271-103 UNE-EN 60265-1

Interruptores de Alta Tensión. Interruptores de Alta Tensión para tensiones asignadas superiores a 1 kV e inferiores a 52 kV.

CEI 62271-105 UNE-EN 62271-105

Combinados interruptor - fusible de corriente alterna para Alta Tensión.

Normas y recomendaciones de diseño de transformadores

CEI 60076-X

Transformadores de Potencia.

1.9.3. Descripción de la instalación

1.9.3.1. Obra Civil

El Centro de Transformación objeto de este proyecto consta de una única envolvente, en la que se encuentra toda la aparamenta eléctrica, máquinas y demás equipos.

Para el diseño de este Centro de Transformación se han tenido en cuenta todas las normativas anteriormente indicadas.

Características de los Materiales

Edificio de Transformación: *miniSUB - H*

Descripción

miniSUB-H es un Centro de Transformación compacto compartimentado, diseñado para distribución eléctrica en Media Tensión (MT). Este centro se caracteriza por haber sido concebido para su instalación subterránea.

miniSUB-H es aplicable a redes de distribución de hasta 24 kV, donde se precisa de un transformador de hasta 630 kVA.

Consiste básicamente en una envolvente prefabricada de hormigón de reducidas dimensiones, que incluye en su interior un equipo compacto de MT, un transformador, un cuadro de BT y las correspondientes interconexiones y elementos auxiliares. Todo ello se suministra ya montado en fábrica, con lo que se asegura un acabado uniforme y de calidad.

El esquema eléctrico disponible en MT cuenta con dos posiciones de línea (entrada y salida) y una posición de interruptor combinado con fusibles para la maniobra y protección del transformador, así como un cuadro de BT con salidas protegidas por fusibles.

Así mismo, la utilización de aparamenta de MT con aislamiento integral en gas reduce la necesidad de mantenimiento y le confiere unas excelentes características de resistencia a la polución y a otros factores ambientales, e incluso a la eventual inundación del Centro de Transformación.

Envolvente

Los edificios prefabricados de hormigón miniSUB-H están formados por una estructura monobloque, que agrupa la base y las paredes en una misma pieza garantizando una total impermeabilidad del conjunto, y por una cubierta movable.

Las piezas construidas en hormigón ofrecen una resistencia característica de 300 kg/cm². Además, disponen de una armadura metálica, que permite la interconexión entre si y al colector de tierras. Esta unión se realiza mediante latiguillos de cobre, dando lugar a

Memoria

una superficie equipotencial que envuelve completamente al centro. Las puertas y rejillas están aisladas eléctricamente, presentando una resistencia de 10 kOhm respecto de la tierra de la envolvente.

La cubierta está formada por una pieza de hormigón, y en ella se encuentran los elementos de ventilación y la tapa para acceso de personas. Su acabado se adapta en cada caso al entorno, pudiéndose hacer en fábrica o, en obra mediante grava, baldosa, etc... La tapa dispone de insertos roscados para su manipulación.

En el espacio destinado para el transformador existe un hueco, diseñado para alojar el volumen de líquido refrigerante de un eventual derrame, que evita el contacto de éste con el medio ambiente.

En la parte frontal del edificio, se dispone de diez orificios de entrada/salida tanto para cables de MT como para cables de BT pudiendo elegirse el diámetro necesario para cada caso.

- Características Detalladas

Nº de transformadores: 1

Puertas de acceso peatón: 1 puerta

Dimensiones exteriores

Longitud: 4500 mm
Fondo: 2460 mm
Altura: 2470 mm
Altura vista: 0 mm
Peso: 16850 kg

Dimensiones de la excavación

Longitud: 5000 mm
Fondo: 3500 mm
Profundidad: 2470 mm

Nota: Estas dimensiones son aproximadas en función de la solución adoptada para el anillo de tierras.

1.9.4. Instalación eléctrica

1.9.4.1. Características de la Red de Alimentación

La red de la cual se alimenta el Centro de Transformación es del tipo subterráneo, con una tensión de 13,2 kV, nivel de aislamiento según la MIE-RAT 12, y una frecuencia de 50 Hz.

La potencia de cortocircuito en el punto de acometida, según los datos suministrados por la compañía eléctrica, es de 500 MVA.

1.9.4.2. Características de la Aparamenta de Media Tensión

Características Generales de los Tipos de Aparamenta Empleados en la Instalación

Celdas: *CGMcosmos-2LIP*

El sistema CGMcosmos está compuesto 2 posiciones de línea y 1 posición de protección con fusibles, con las siguientes características:

Celdas CGMcosmos

El sistema CGMcosmos compacto es un equipo para MT, integrado y totalmente compatible con el sistema CGMcosmos modular, extensible "in situ" a izquierda y derecha. Sus embarrados se conectan utilizando unos elementos de unión patentados por ORMAZABAL y denominados ORMALINK, consiguiendo una conexión totalmente apantallada, e insensible a las condiciones externas (polución, salinidad, inundación, etc.). Incorpora tres funciones por cada módulo en una única cuba llena de gas, en la cual se encuentran los aparatos de maniobra y el embarrado.

Base y frente

La base está diseñada para soportar al resto de la celda, y facilitar y proteger mecánicamente la acometida de los cables de MT. La tapa que los protege es independiente para cada una de las tres funciones. El frente presenta el mímico unifilar del circuito principal y los ejes de accionamiento de la aparamenta a la altura idónea para su operación.

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

Lleva además un sistema de alarma sonora de puesta a tierra, que suena cuando habiendo tensión en la línea se introduce la palanca en el eje del seccionador de puesta a tierra. Al introducir la palanca en esta posición, un sonido indica que puede realizarse un cortocircuito o un cero en la red si se efectúa la maniobra.

La tapa frontal es común para las tres posiciones funcionales de la celda.

Cuba

La cuba, fabricada en acero inoxidable de 2 mm de espesor, contiene el interruptor, el embarrado y los portafusibles, y el gas se encuentra en su interior a una presión absoluta de 1,15 bar (salvo para celdas especiales). El sellado de la cuba permite el mantenimiento de los requisitos de operación segura durante toda su vida útil, sin necesidad de reposición de gas.

Esta cuba cuenta con un dispositivo de evacuación de gases que, en caso de arco interno, permite su salida hacia la parte trasera de la celda, evitando así, con ayuda de la altura de las celdas, su incidencia sobre las personas, cables o la aparamenta del Centro de Transformación.

La cuba es única para las tres posiciones con las que cuenta la celda CGMcosmos y en su interior se encuentran todas las partes activas de la celda (embarrados, interruptor-seccionador, puestas a tierra, tubos portafusibles).

Interruptor/Seccionador/Seccionador de puesta a tierra

Los interruptores disponibles en el sistema CGMcosmos compacto tienen tres posiciones: conectado, seccionado y puesto a tierra.

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

Mando

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

Fusibles (Celda CGMcosmos-P)

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

fusibles o al calentamiento excesivo de éstos. Presenta también captadores capacitivos para la detección de tensión en los cables de acometida.

Conexión de cables

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

Enclavamientos

La función de los enclavamientos incluidos en todas las celdas CGMcosmos es que:

- No se pueda conectar el seccionador de puesta a tierra con el aparato principal cerrado, y recíprocamente, no se pueda cerrar el aparato principal si el seccionador de puesta a tierra está conectado.
- No se pueda quitar la tapa frontal si el seccionador de puesta a tierra está abierto, y a la inversa, no se pueda abrir el seccionador de puesta a tierra cuando la tapa frontal ha sido extraída.

Características eléctricas

Las características generales de las celdas CGMcosmos son las siguientes:

- Tensión nominal 24 kV
- Nivel de aislamiento
- Frecuencia industrial (1 min)
 - a tierra y entre fases 50 kV
 - a la distancia de seccionamiento 60 kV
- Impulso tipo rayo
 - a tierra y entre fases 125 kV
 - a la distancia de seccionamiento 145 kV

En la descripción de cada celda se incluyen los valores propios correspondientes a las intensidades nominales, térmica y dinámica, etc.

1.9.4.3 Características Descriptivas de las Celdas y Transformadores de Media Tensión

E/S1,E/S2,PT1: **CGMcosmos-2LP**

Celda compacta con envolvente metálica, fabricada por ORMAZABAL, formada por varias posiciones con las siguientes características:

El sistema CGMcosmos 2LP es un equipo compacto para MT, integrado y totalmente compatible con el sistema CGMcosmos.

La celda CGMcosmos 2LP está constituida por tres funciones: dos de línea o interruptor en carga y una de protección con fusibles, que comparten la cuba de gas y el embarrado.

Las posiciones de línea, incorporan en su interior una derivación con un interruptor-seccionador rotativo, con capacidad de corte y aislamiento, y posición de puesta a tierra de los cables de acometida inferior-frontal mediante bornas enchufables. Presenta también captadores capacitivos para la detección de tensión en los cables de acometida y un sistema de alarma sonora de puesta a tierra, que suena cuando habiendo tensión en la línea se introduce la palanca en el eje del seccionador de puesta a tierra. Al introducir la palanca en esta posición, un sonido indica que puede realizarse un cortocircuito o un cero en la red si se efectúa la maniobra.

La posición de protección con fusibles incorpora en su interior un embarrado superior de cobre, y una derivación con un interruptor-seccionador igual al antes descrito, y en serie con él, un conjunto de fusibles fríos, combinados con ese interruptor. Presenta también captadores capacitivos para la detección de tensión en los cables de acometida y puede llevar un sistema de alarma sonora de puesta a tierra, que suena cuando habiendo tensión en la línea se introduce la palanca en el eje del seccionador de puesta a tierra. Al introducir la palanca en esta posición, un sonido indica que puede realizarse un cortocircuito o un cero en la red si se efectúa la maniobra.

- Unidad de Control Integrado L1: ekorRCI-2022B
- Unidad de Control Integrado L2: ekorRCI-2022B

Transformador 1: Transformador aceite 24 kV

Transformador trifásico reductor de tensión, construido según las normas citadas anteriormente, de marca COTRADIS, con neutro accesible en el secundario, de potencia 630 kVA y refrigeración natural aceite, de tensión primaria 13,2 - 20 kV y tensión secundaria 420 V en vacío (B2).

- Otras características constructivas:

- Regulación en el primario: + 2,5%, + 5%, + 7,5%, + 10 %

- Tensión de cortocircuito (Ecc): 4%
- Grupo de conexión: Dyn11
- Protección incorporada al transformador: Sin protección propia

1.9.4.4. Características Descriptivas de los Cuadros de Baja Tensión

Cuadros BT - B2 Transformador 1: *Cuadros Baja Tensión UNESA*

El Cuadro de Baja Tensión (CBT), AC-6000, es un conjunto de aparataje de BT cuya función es recibir el circuito principal de BT procedente del transformador MT/BT, y distribuirlo en un número determinado de circuitos individuales.

La estructura del cuadro AC-6000 de ORMAZABAL está compuesta por un bastidor de chapa blanca, en el que se distinguen las siguientes zonas:

Zona de acometida

En la parte superior del módulo AC-6000 existe un compartimento para la acometida al mismo, que se realiza a través de un pasamuros tetrapolar, evitando la penetración del agua al interior.

Incorpora además un transformador de intensidad en la pletina de acometida de la fase R.

Unidad funcional de control

En una caja situada en la parte superior del cuadro se instala el control y un amperímetro de carril con una aguja de máxima. La conexión del control a Cuadro de Baja Tensión se realizará directamente al embarrado vertical.

Zona de salidas

Está formada por un compartimento que aloja exclusivamente el embarrado y los elementos de protección de cada circuito de salida, que son 6. Esta protección se encomienda a fusibles de la intensidad máxima más adelante citada, dispuestos en bases trifásicas pero maniobradas fase a fase, pudiéndose realizar las maniobras de apertura y cierre en carga.

- Características eléctricas

- Tensión asignada: 440 V
- Intensidad asignada en los embarrados: 1000 A

- Nivel de aislamiento

Frecuencia industrial (1 min)
 a tierra y entre fases: 8 kV
 entre fases: 2,5 kV

Impulso tipo rayo:
 a tierra y entre fases: 20 kV

- Características constructivas:

- Anchura: 540 mm
- Altura: 1325 mm
- Fondo: 290 mm

- Otras características:

- Intensidad asignada en 4 x 400 A
 las salidas: 2 x 250 A

1.9.4.5. Características del material vario de Media Tensión y Baja Tensión

El material vario del Centro de Transformación es aquel que, aunque forma parte del conjunto del mismo, no se ha descrito en las características del equipo ni en las características de la aparamenta.

Interconexiones de MT

En el otro extremo, en la celda, es EUROMOLD de 24 kV del tipo enchufable acodada y modelo K-158-LR.

Interconexiones de BT

Puentes BT - B2 Transformador 1: *Puentes transformador-cuadro*

Juego de puentes de cables de BT, de sección y material Al (Etileno-Propileno) sin armadura, y todos los accesorios para la conexión, formados por un grupo de cables en la cantidad 3xfase + 2xneutro.

- Equipos de iluminación:

Iluminación Edificio de Transformación: *Equipo de iluminación*

Equipo de alumbrado que permita la suficiente visibilidad para ejecutar las maniobras y revisiones necesarias en los centros.

1.9.5. Puesta a tierra

1.9.5.1. Introducción

Todo centro de transformación estará provisto de una instalación de puesta a tierra, con objeto de limitar las tensiones de defecto a tierra que puedan producirse en la propia instalación. Este sistema de puesta a tierra complementado con los dispositivos de interrupción de corriente, deberá asegurar la descarga a tierra de la intensidad homopolar de defecto, contribuyendo a la eliminación del riesgo eléctrico debido a la aparición de tensiones peligrosas en el caso de contacto con las masas puestas en tensión.

De acuerdo con el Real Decreto 3275 / 1982 de 12 de Noviembre, que aprueba el “Reglamento sobre condiciones y garantías de seguridad de centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación” y con la O.M. de 6-7-84 que señala las “Instrucciones Técnicas Complementarias” para aplicar dicho reglamento, la instalación que se pretende realizar es de Tercera Categoría por ser la máxima tensión utilizada igual a 20 kV.

El diseño de la puesta a tierra del centro de transformación se efectuará mediante la aplicación del documento UNESA “Método de Cálculo y Proyecto de Instalaciones de Puesta a Tierra para Centros de Transformación conectados a Redes de Tercera Categoría”.

Se dispondrá por tanto de una tierra de protección a la que se conectarán, de acuerdo con la instrucción MIE-RAT 13, todas las partes metálicas de la instalación que no estén normalmente en tensión, pero puedan estarlo a consecuencia de averías, accidentes, descargas atmosféricas o sobretensiones.

Se conectará a la tierra de protección entre otros los siguientes elementos:

- Chasis y bastidores de aparatos de maniobra.
- Las envolventes de los conjuntos de los armarios metálicos.
- Las puertas metálicas de los locales.
- Las armaduras metálicas del centro de transformación.
- Los blindajes metálicos de los cables.
- Las tuberías y conjuntos metálicos.
- Las carcasas de los transformadores.

De igual manera se dispondrá por tanto de una puesta a tierra de servicio a la que se conectarán, según la instrucción MIE-RAT 13, los elementos necesarios de la instalación. La puesta a tierra de servicio será separada e independiente respecto a la puesta a tierra de protección.

Se conectará a la tierra de servicio entre otros los siguientes elementos:

- Los neutros de los transformadores.
- Los circuitos de baja tensión de los transformadores de medida.
- Los limitadores, descargadores, autoválvulas, pararrayos, etc.
- Los elementos de derivación a tierra de los seccionadores de puesta a tierra.

Con el fin de garantizar en el mayor grado posible, la seguridad de las personas que manejan los mandos del centro de transformación, además de dotarlo con un sistema de puesta a tierra como indica la MIE RAT 13, se tendrá a disposición del personal, guantes y calzados aislantes.

1.9.5.2. Investigación de las características del suelo

Según la investigación previa del terreno donde se instalará este centro de transformación, se determina una resistividad media de 150 Ωm .

1.9.5.3. Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y tiempo máximo correspondiente a la eliminación del defecto

En instalaciones eléctricas de alta tensión de tercera categoría, los parámetros de la red que definen la corriente de puesta a tierra son, la resistencia y la reactancia de las líneas.

El aspecto más importante que debe tenerse presente en el cálculo de la corriente máxima de puesta a tierra es el tratamiento del neutro de la red.

En este caso el neutro irá conectado rígidamente a tierra.

Cuando se produce un defecto a tierra, este se elimina mediante la apertura de un elemento de corte que actúa por la orden que le transmite un dispositivo que controla la intensidad de defecto.

A efectos de determinar el tiempo máximo de eliminación de la corriente de defecto a tierra, el elemento de corte será un interruptor cuya desconexión está controlada por un relé que establezca su tiempo de apertura. Los tiempos de apertura del interruptor, incluido el de extinción del arco, se consideran incluidos en el tiempo de actuación del relé.

El diseño preliminar de la instalación de puesta a tierra se realiza basándose en la configuración tipo (representada en el anexo 2 del “Método de cálculo de UNESA”) que está de acuerdo con la forma y dimensiones del centro de transformación.

1.9.5.4. Diseño preliminar de la instalación de puesta a tierra

Tierra de protección

Todas las partes metálicas no unidas a los circuitos principales de todos los aparatos y equipos instalados en el Centro de Transformación se unen a la tierra de protección: envolventes de las celdas y cuadros de BT, rejillas de protección, carcasa de los transformadores, etc. , así como la armadura del edificio (si éste es prefabricado). No se unirán, por contra, las rejillas y puertas metálicas del centro, si son accesibles desde el exterior

Tierra de servicio

Con objeto de evitar tensiones peligrosas en BT, debido a faltas en la red de MT, el neutro del sistema de BT se conecta a una toma de tierra independiente del sistema de MT, de tal forma que no exista influencia en la red general de tierra, para lo cual se emplea un cable de cobre aislado.

1.9.6. Instalaciones secundarias

Alumbrado

El interruptor se situará al lado de la puerta de acceso, de forma que su accionamiento no represente peligro por su proximidad a la MT.

El interruptor accionará los puntos de luz necesarios para la suficiente y uniforme iluminación de todo el recinto del centro.

Medidas de seguridad

Para la protección del personal y equipos, se debe garantizar que:

1. No será posible acceder a las zonas normalmente en tensión, si éstas no han sido puestas a tierra. Por ello, el sistema de enclavamientos interno de las celdas debe afectar al mando del aparato principal, del seccionador de puesta a tierra y a las tapas de acceso a los cables.
2. Las celdas de entrada y salida serán con aislamiento integral y corte en gas, y las conexiones entre sus embarrados deberán ser apantalladas, consiguiendo con ello la insensibilidad a los agentes externos, y evitando de esta forma la pérdida del suministro en los Centros de Transformación interconectados con éste, incluso en el eventual caso de inundación del Centro de Transformación.
3. Las bornas de conexión de cables y fusibles serán fácilmente accesibles a los operarios de forma que, en las operaciones de mantenimiento, la posición de trabajo normal no carezca de visibilidad sobre estas zonas.



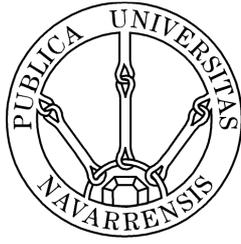
4. Los mandos de la aparamenta estarán situados frente al operario en el momento de realizar la operación, y el diseño de la aparamenta protegerá al operario de la salida de gases en caso de un eventual arco interno.

5. El diseño de las celdas impedirá la incidencia de los gases de escape, producidos en el caso de un arco interno, sobre los cables de MT y BT. Por ello, esta salida de gases no debe estar enfocada en ningún caso hacia el foso de cables.

1.10. Resumen del presupuesto

El presupuesto de ejecución por contrata asciende a: CIENTO NOVENTA Y OCHO MIL QUINIENTOS NUEVE EUROS, CON CATORCE CÉNTIMOS.

Fdo.: Javier Mendinueta Igoa
Pamplona, Septiembre de 2011



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación :

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BAJA TENSION DE NAVE
INDUSTRIAL Y CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

DOCUMENTO N°2. Cálculos.

Javier Mendinueta Igoa

Javier Fernandez Militino

Pamplona, 2 de Septiembre del 2011

CÁLCULOS

INDICE

	PÁGINA
2. CALCULOS	
2.1. Cálculos luminotécnicos	4
2.1.1. Introducción	4
2.1.2. Método de cálculo	4
2.1.3. Cálculo del alumbrado interior	6
2.1.3.1. Zona de fundición y almacén	6
2.1.3.2. Zona de oficinas	8
2.1.4. Cálculo del alumbrado exterior	20
2.1.5. Cálculo del alumbrado de emergencia y señalización	22
2.1.5.1. Zona de producción	22
2.2. Cálculo de las secciones de los conductores	39
2.2.1. Introducción	39
2.2.2. Método de calculo	39
2.2.3. Soluciones adoptadas	45
2.3. Cálculo de las corrientes de cortocircuito	54
2.3.1. Introducción	54
2.3.2. Método de cálculo	54
2.3.3. Cálculo de las protecciones magnetotermicas	54
2.4. Instalación de puesta a tierra	60
2.4.1. Resistencia del electrodo	60
2.4.2. Características del electrodo	61
2.5. Cálculos de la compensación del factor de potencia	62
2.5.1. Cálculo de la batería de condensadores	62
2.5.2. Cálculo del conductor de unión de la batería	63
2.5.3. Cálculo de la protección de la batería	63
2.6. Cálculo del centro de transformación	64
2.6.1. Intensidad de media tensión	64
2.6.2. Intensidad de baja tensión	64
2.6.3. Cortocircuitos	65
2.6.3.1. Cálculo de las intensidades de cortocircuito	65
2.6.3.2. Cortocircuito en el lado de Media Tensión	65
2.6.3.3. Cortocircuito en el lado de Baja Tensión	66
2.6.4. Selección del fusible de media tensión	66
2.6.5. Dimensionado de los puentes de MT	67
2.6.6. Dimensionado de la ventilación del Centro de Transformación	67
2.6.7. Dimensionado del pozo apagafuegos	67
2.6.8. Cálculo de las instalaciones de puesta a tierra	67



2.6.8.1. Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y del tiempo máximo correspondiente a la eliminación del defecto.	68
2.6.8.2. Cálculo de la resistencia del sistema de tierra	68
2.6.8.3. Cálculo de las tensiones de paso en el interior de la instalación	71
2.6.8.4. Cálculo de las tensiones de paso en el exterior de la instalación	72
2.6.8.5. Cálculo de las tensiones aplicadas	74
2.6.9. Investigación de las tensiones transferibles al exterior	74
2.6.10. Corrección y ajuste del diseño inicial	75

2. CÁLCULOS

2.1. Cálculos luminotécnicos

2.1.1. Introducción

Los factores a tener en cuenta para la elección de la iluminación interior son las siguientes:

- Objetivo del alumbrado.
- Exigencias arquitectónicas y decorativas.
- Tarea que se ha de realizar.
- Consideraciones económicas.
- Dimensiones y propiedades del local.

2.1.2. Método de cálculo

Estos son los pasos detallados para la realización de los cálculos de la iluminación de la nave industrial. Este proceso está más detallado en el documento memoria.

1. Datos de partida

- Dimensiones del local.
- Tarea a desarrollar.
- Altura del plano de trabajo.
- Factores de reflexión de techo y paredes (según colores del local).
- Tablas de factores de pérdida de luz y utilización de los aparatos luminosos.

2. Determinación del nivel de iluminación en función de la tarea a desarrollar.

3. Elección del tipo de lámpara en función de las características de las mismas y de las del propio proyecto.

4. Elección del sistema de iluminación y de las luminarias.

5. Determinación de la altura de suspensión de los aparatos.

En los locales de altura normal, tales como oficinas, vestuarios y servicios, la tendencia actual es situar los aparatos de alumbrado tan altos como sea posible, para disminuir el riesgo de deslumbramiento y debido a que pueden separarse los focos luminosos, permite disminuir el número de éstos.

Se utilizan estas formulas:

$$H = (4/5) \cdot h' = 8,8 \text{ m,}$$

La suspensión (C) será: $C = h' \cdot H$

Donde:

C es la distancia que estará suspendida la luminaria.

h' es la altura comprendida desde la lámpara al plano de trabajo.

6. Determinación del índice del local (k).

Se utiliza esta formula: $k = S / h' \cdot (a+b)$

Donde:

k es el índice del local.

S el área del local.

7. Determinación de los lúmenes totales necesarios (Φ_T)

Se utiliza esta fórmula: $\Phi_T = E \cdot S / fu \cdot fc$

Donde:

Fu es el factor de utilización.

Fc es el factor de pérdida de luz.

8. Determinación del número de lámparas necesarias (N°)

Se utiliza esta formula: $N^\circ = \Phi_T / \Phi_L$

Donde:

Φ_T son los lúmenes que precisa el local.

Φ_L son los lúmenes que aporta cada lámpara.

9. Distribución de los aparatos para conseguir uniformidad en la iluminación.

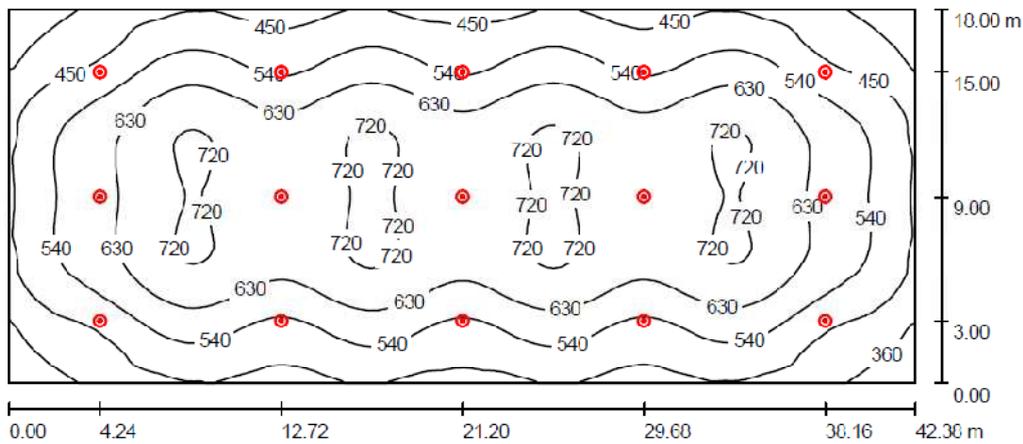
Generalmente los locales que se trata de iluminar son de forma rectangular. En este caso, los aparatos de alumbrado se sitúan formando hileras paralelas al eje mayor o al menor. En los demás casos, la situación de los aparatos depende de la forma que tenga la superficie de trabajo.

La elección del aparato condiciona la distribución de los aparatos en el local.

2.1.3. Cálculo del alumbrado interior

2.1.3.1. Zona de fundición y almacén

Zona descarga y producción / Resumen



Altura del local: 10.000 m, Altura de montaje: 10.000 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:303

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	578	292	740	0.505
Suelo	20	563	303	722	0.539
Techo	70	102	67	116	0.655
Paredes (4)	50	196	71	455	/

Piano útil:	UGR	Longi-	Tran	al eje de luminaria
Altura: 0.850 m	Pared izq	22	22	
Trama: 128 x 64 Puntos	Pared inferior	22	22	
Zona marginal: 0.000 m	(CIE, SHR = 0.25.)			

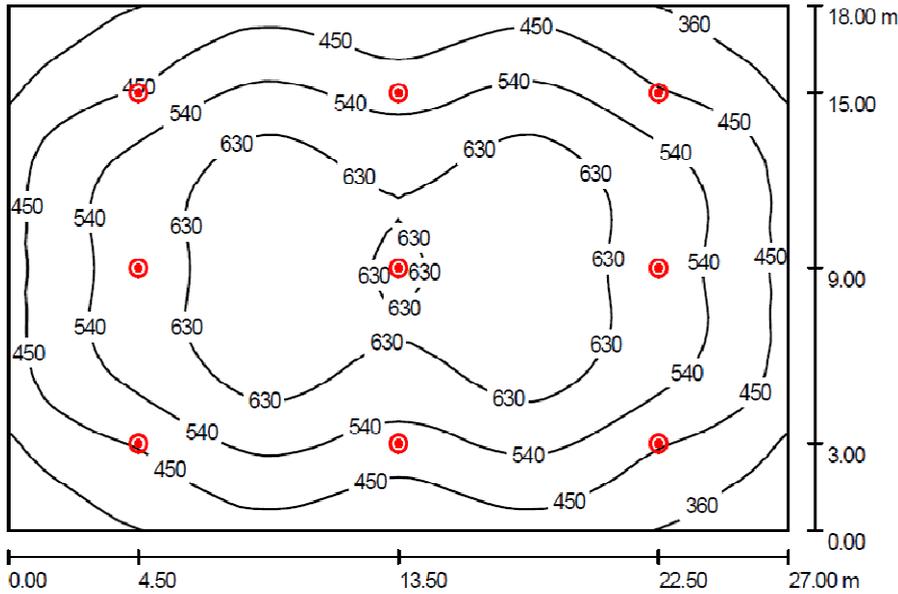
Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ [lm]	P [W]
1	15	Philips 4ME550 P-WB 1xSON400W +9ME100 R D550 (1.000)	48000	433.0
Total:			720000	6495.0

Valor de eficiencia energética: $8.51 \text{ W/m}^2 = 1.47 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 762.84 m^2)

Almacén

Zona Almacen / Resumen



Altura del local: 10.000 m, Altura de montaje: 10.000 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:232

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	527	271	687	0.514
Suelo	20	510	275	678	0.540
Techo	70	91	63	105	0.696
Paredes (4)	50	179	65	447	/

Plano útil:		UGR	Longi-	Tran	al eje de luminaria
Altura:	0.850 m	Pared izq	22	22	
Trama:	64 x 64 Puntos	Pared inferior	22	22	
Zona marginal:	0.000 m	(CIE, SHR = 0.25.)			

Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ [lm]	P [W]
1	9	Philips 4ME550 P-WB 1xSON400W +9ME100 R D550 (1.000)	48000	433.0
			Total: 432000	3897.0

Valor de eficiencia energética: $8.02 \text{ W/m}^2 = 1.52 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 486.00 m^2)

2.1.3.2. Zona de oficinas

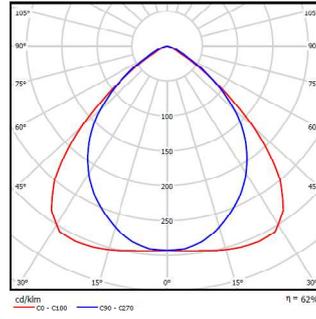
PLANTA 1

- Entrada 1

Philips TBS160 4xTL-D18W HFP M6 / Hoja de datos de luminaria



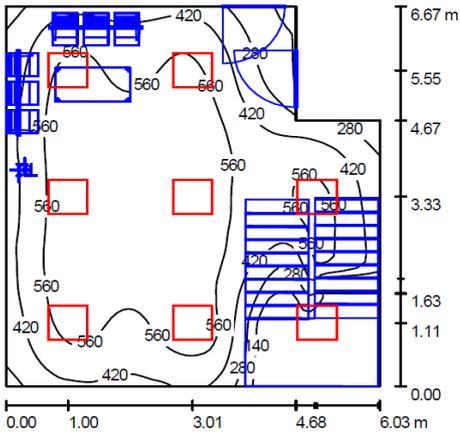
Emisión de luz 1:



Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 67 97 100 99 62

Emisión de luz 1:

Entrada 1 / Resumen



Altura del local: 2.500 m, Altura de montaje: 2.580 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:86

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	463	7.67	685	0.017
Suelo	20	363	21	576	0.057
Techo	70	78	18	167	0.233
Paredes (6)	50	158	21	409	/

Plano útil:

Altura: 0.850 m
Trama: 64 x 64 Puntos
Zona marginal: 0.000 m

Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ [lm]	P [W]
1	8	Philips TBS160 4xTL-D18W HFP M6 (1.000)	5400	69.5
Total:			43200	556.0

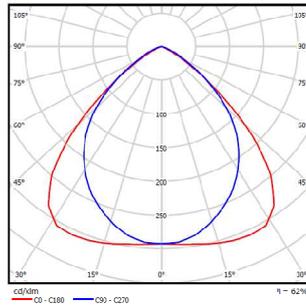
Valor de eficiencia energética: $14.82 \text{ W/m}^2 = 3.20 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 37.52 m^2)

- Oficina 1

Philips TBS160 4xTL-D18W HFP M6 / Hoja de datos de luminaria:



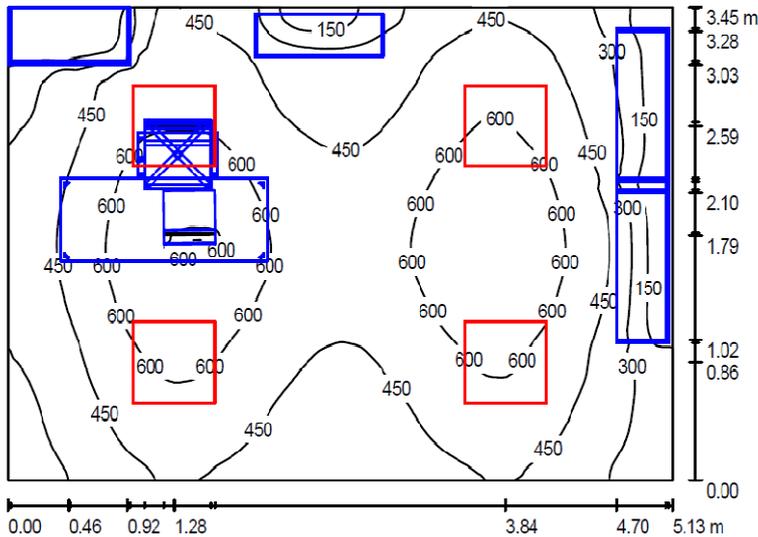
Emisión de luz 1:



Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 67 67 100 99 62

Emisión de luz 1:

Oficina 1 / Resumen



Altura del local: 2.500 m, Altura de montaje: 2.580 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:45

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	464	25	736	0.054
Suelo	20	318	9.64	484	0.030
Techo	70	57	25	77	0.435
Paredes (4)	50	138	5.35	452	/

Plano útil:

Altura: 0.850 m
Trama: 128 x 128 Puntos
Zona marginal: 0.000 m

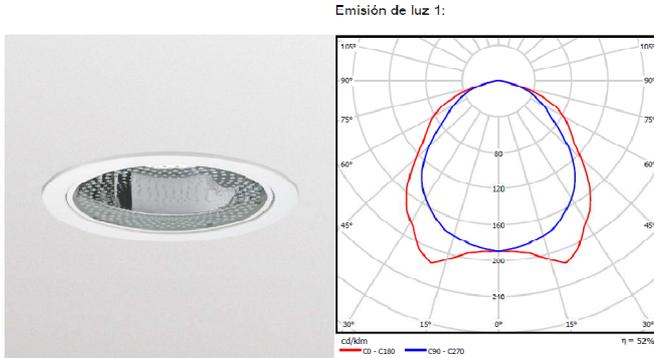
Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ [lm]	P [W]
1	4	Philips TBS160 4xTL-D18W HFP M6 (1.000)	5400	69.5
Total:			21600	278.0

Valor de eficiencia energética: $15.71 \text{ W/m}^2 = 3.39 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 17.70 m^2)

- Aseo 1

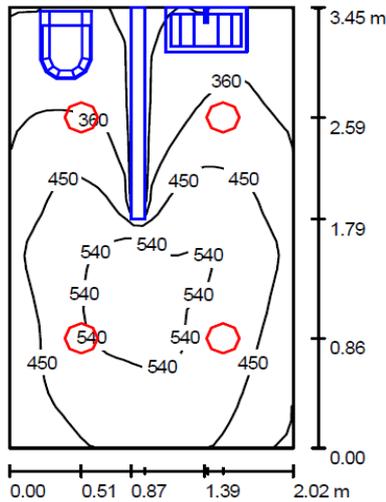
Philips FBH024 2xPL-C/4P26W HF RG / Hoja de datos de luminarias



Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 53 84 98 100 52

Emisión de luz 1:

Aseo 1 / Resumen



Altura del local: 2.500 m, Altura de montaje: 2.600 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:45

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	429	213	627	0.497
Suelo	20	277	40	433	0.145
Techo	70	129	80	160	0.617
Paredes (4)	61	243	38	630	/

Plano útil:

Altura: 0.850 m
Trama: 32 x 32 Puntos
Zona marginal: 0.000 m

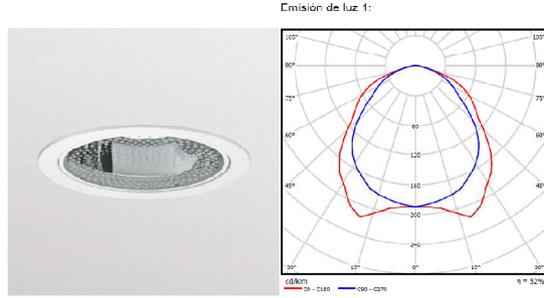
Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ [lm]	P [W]
1	4	Philips FBH024 2xPL-C/4P26W HF RG (1.000)	3600	54.0
Total:			14400	216.0

Valor de eficiencia energética: $30.99 \text{ W/m}^2 = 7.22 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 6.97 m^2)

- Aseo 2

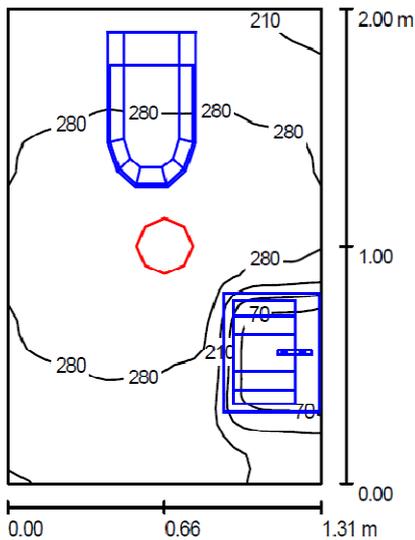
Philips FBH024 2xPL-C/4P26W HF RG / Hoja de datos de luminarias



Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 53 84 98 100 52

Emisión de luz 1:

Aseo 2 / Resumen



Altura del local: 2.500 m, Altura de montaje: 2.600 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:26

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	253	23	333	0.092
Suelo	20	136	45	174	0.327
Techo	90	113	84	132	0.744
Paredes (4)	61	173	39	484	/

Plano útil:

Altura: 0.850 m
Trama: 32 x 32 Puntos
Zona marginal: 0.000 m

Lista de piezas - Luminarias

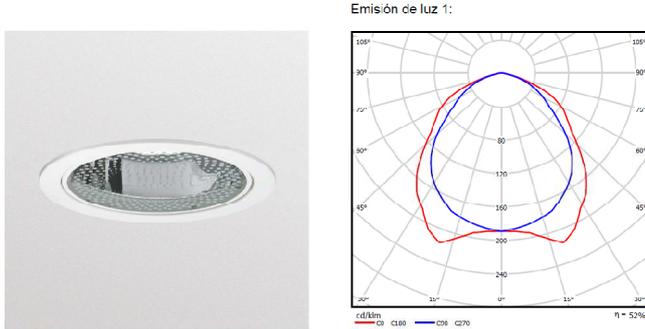
Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ [lm]	P [W]
1	1	Philips FBH024 2xPL-C/4P26W HF RG (1.000)	3600	54.0
Total:			3600	54.0

Valor de eficiencia energética: $20.61 \text{ W/m}^2 = 8.14 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 2.62 m^2)

- Vestuario

Cálculos

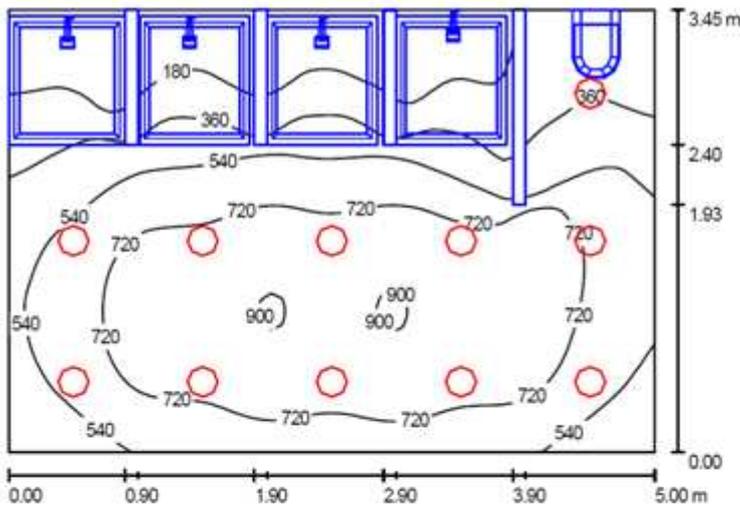
Philips FBH024 2xPL-C/4P26W HF RG / Hoja de datos de luminarias



Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 53 84 98 100 52

Emisión de luz 1:

Vestuario / Resumen



Altura del local: 2.500 m, Altura de montaje: 2.600 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:45

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	551	58	911	0.106
Suelo	20	347	1.62	617	0.005
Techo	70	52	23	72	0.439
Paredes (4)	11	245	18	736	/

Plano útil:
 Altura: 0.850 m
 Trama: 64 x 64 Puntos
 Zona marginal: 0.000 m

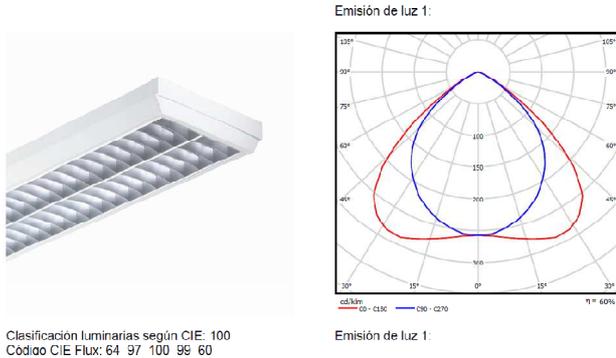
Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ [m]	P [W]
1	11	Philips FBH024 2xPL-C/4P26W HF RG (1.000)	3600	54.0
Total:			39600	594.0

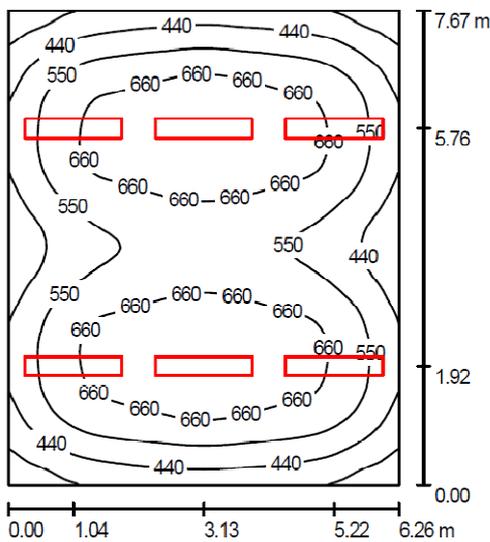
Valor de eficiencia energética: $34.43 \text{ W/m}^2 = 6.25 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 17.25 m^2)

- Almacén

Mazda TCS198 2xTL-D58W HFP DPM / Hoja de datos de luminaria:



Almacén / Resumen



Altura del local: 3.000 m, Altura de montaje: 3.000 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:99

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	567	243	746	0.427
Suelo	20	497	295	663	0.592
Techo	70	87	69	106	0.792
Paredes (4)	50	210	68	616	/

Plano útil:
 Altura: 0.850 m
 Trama: 64 x 64 Puntos
 Zona marginal: 0.000 m

UGR
 Pared izq 18
 Pared inferior 18
 (CIE, SHR = 0.25.)

Longi- 18
 Tran 17
 al eje de luminaria

Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ [lm]	P [W]
1	6	Mazda TCS198 2xTL-D58W HFP DPM (1.000)	10400	110.0
			Total: 62400	660.0

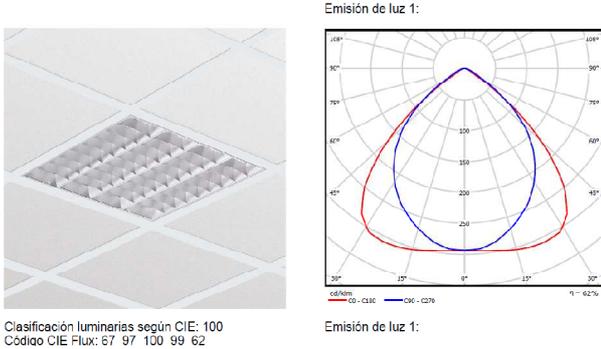
Valor de eficiencia energética: $13.75 \text{ W/m}^2 = 2.42 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 48.01 m^2)

PLANTA 2

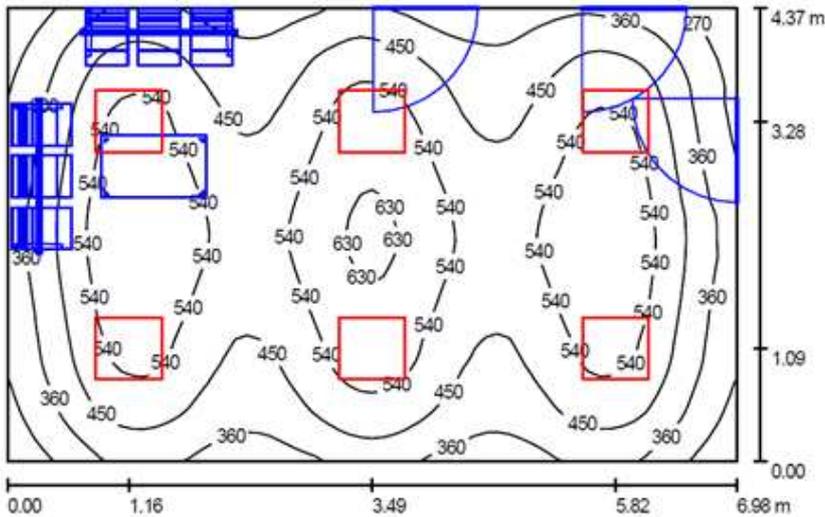
Cálculos

- *Entrada 2*

Philips TBS160 4xTL-D18W HFP M6 / Hoja de datos de luminarias



Entrada 2 / Resumen



Altura del local: 2.500 m, Altura de montaje: 2.580 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:57

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	468	204	650	0.435
Suelo	20	371	42	536	0.112
Techo	70	65	42	81	0.642
Paredes (4)	50	159	34	314	/

Plano útil:

Altura: 0.850 m
Trama: 64 x 64 Puntos
Zona marginal: 0.000 m

Lista de piezas - Luminarias

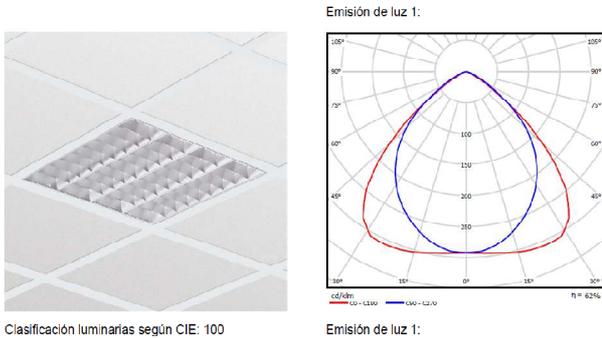
Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ [m]	P [W]
1	6	Philips TBS160 4xTL-D18W HFP M6 (1.000)	5400	69.5
			Total:	32400 417.0

Valor de eficiencia energética: $13.67 \text{ W/m}^2 = 2.92 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 30.50 m^2)

- *Oficina 2*

Cálculos

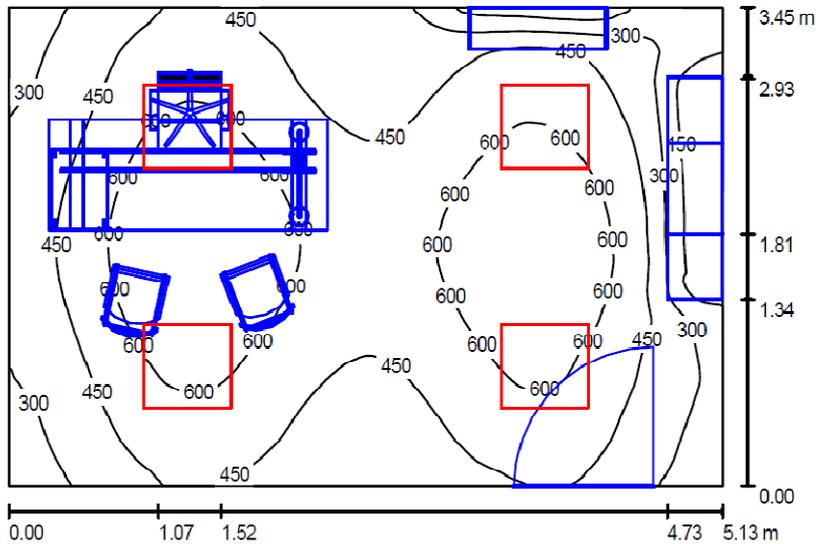
Philips TBS160 4xTL-D18W HFP M6 / Hoja de datos de luminarias



Clasificación luminarias según CIE: 100

Emisión de luz 1:

Oficina 2 / Resumen



Altura del local: 2.500 m, Altura de montaje: 2.580 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:45

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	479	25	756	0.052
Suelo	20	311	27	492	0.086
Techo	70	73	37	108	0.508
Paredes (4)	50	153	12	462	/

Plano útil:

Altura: 0.850 m
 Trama: 128 x 128 Puntos
 Zona marginal: 0.000 m

Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ [lm]	P [W]
1	4	Philips TBS160 4xTL-D18W HFP M6 (1.000)	5400	69.5
Total:			21600	278.0

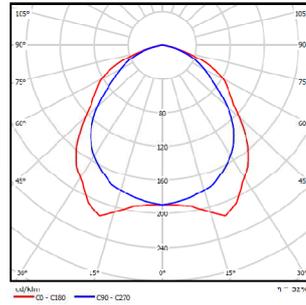
Valor de eficiencia energética: $15.71 \text{ W/m}^2 = 3.28 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 17.70 m^2)

- Aseo 3

Philips FBH024 2xPL-C/4P26W HF RG / Hoja de datos de luminarias



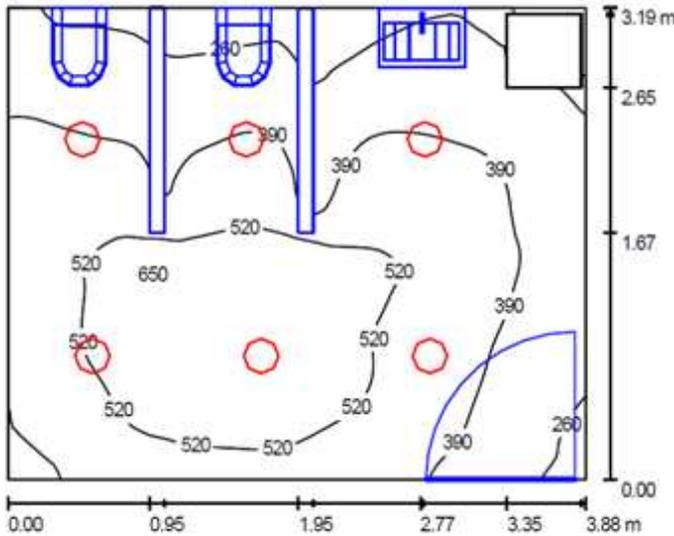
Emisión de luz 1:



Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 53 84 98 100 52

Emisión de luz 1:

Aseo 3 / Resumen



Altura del local: 2.500 m, Altura de montaje: 2.600 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:41

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	424	41	668	0.096
Suelo	20	288	43	451	0.150
Techo	70	101	48	160	0.473
Paredes (4)	61	206	22	738	/

Plano útil:

Altura: 0.850 m
Trama: 64 x 64 Puntos
Zona marginal: 0.000 m

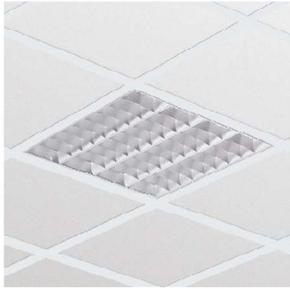
Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ [lm]	P [W]
1	6	Philips FBH024 2xPL-C/4P26W HF RG (1.000)	3600	54.0
Total:			21600	324.0

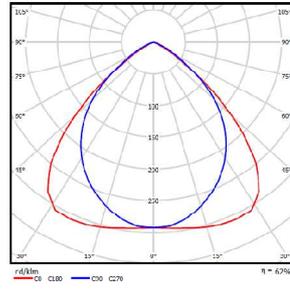
Valor de eficiencia energética: 26.18 W/m² = 6.18 W/m²/100 lx (Base: 12.38 m²)

- Oficina 3

Philips TBS160 4xTL-D18W HFP M6 / Hoja de datos de luminarias



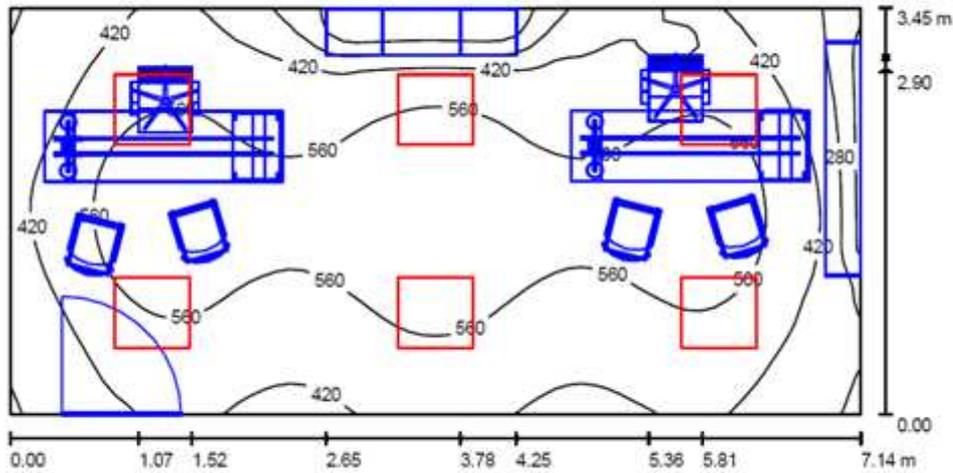
Emisión de luz 1:



Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 67 97 100 99 62

Emisión de luz 1:

Oficina 3 / Resumen



Altura del local: 2.800 m, Altura de montaje: 2.880 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:52

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	486	30	702	0.061
Suelo	20	316	21	519	0.067
Techo	70	71	38	96	0.539
Paredes (4)	50	170	19	458	/

Plano útil:
 Altura: 0.850 m
 Trama: 64 x 32 Puntos
 Zona marginal: 0.000 m

Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ [lm]	P [W]
1	6	Philips TBS160 4xTL-D18W HFP M6 (1.000)	5400	69.5
			Total: 32400	417.0

Valor de eficiencia energética: 16.93 W/m² = 3.48 W/m²/100 lx (Base: 24.63 m²)

Total: 32400 417.0

Valor de eficiencia energética: 13.67 W/m² = 2.92 W/m²/100 lx (Base: 30.50 m²)

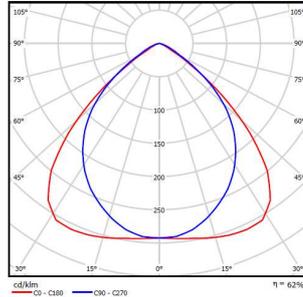
- Sala de reunión

Philips TBS160 4xTL-D18W HFP M6 / Hoja de datos de luminarias



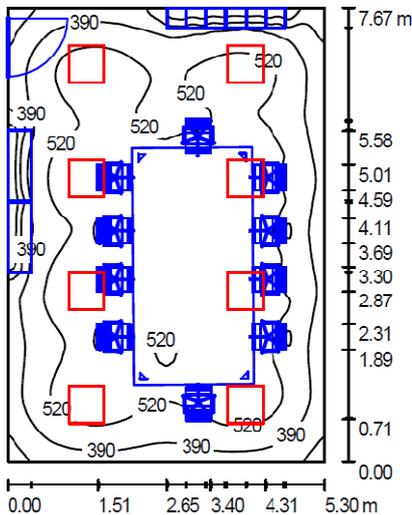
Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 67 97 100 99 62

Emisión de luz 1:



Emisión de luz 1:

Sala reunión / Resumen



Altura del local: 2.500 m, Altura de montaje: 2.580 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:99

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	486	29	651	0.059
Suelo	20	259	17	484	0.067
Techo	70	88	43	162	0.487
Paredes (4)	50	137	10	323	/

Plano útil:
 Altura: 0.850 m
 Trama: 128 x 128 Puntos
 Zona marginal: 0.000 m

Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ [lm]	P [W]
1	8	Philips TBS160 4xTL-D18W HFP M6 (1.000)	5400	69.5
Total:			43200	556.0

Valor de eficiencia energética: $13.68 \text{ W/m}^2 = 2.82 \text{ W/m}^2 / 100 \text{ lx}$ (Base: 40.65 m^2)

UBICACIÓN	SOLUCIÓN ADOPTADA	POTENCIA (W)
-----------	-------------------	--------------

Cálculos

18



NAVE		9600
Zona Fundición	24 luminarias Philips 4ME550 P-WB 1xSON400W +9ME100 R D550 24lamparas Philips MASTER HPI Plus 400W/745 BUS-P E40	9600
PLANTA 1(oficinas)		2392
Entrada 1	8 luminarias Philips TBS160 4xTL-D18W HFP M6 32 lamparas Philips master TL-D 80 18W/827	576
Oficina 1	4 luminarias Philips TBS160 4xTL-D18W HFP M6 16 lamparas Philips master TL-D 80 18W/827	288
Aseo 1	4 luminarias Philips FBH024 2xPL-C/4P26W HF RG 8 lamparas Philips master PL-C XTRA 4p 26W/830	208
Aseo 2	1 luminarias Philips FBH024 2xPL-C/4P26W HF RG 2 lamparas Philips master PL-C XTRA 4p 26W/830	52
Vestuario	11 luminarias Philips FBH024 2xPL-C/4P26W HF RG 22 lamparas Philips master PL-C XTRA 4p 26W/830	572
Almacen	6 luminarias Mazda TCS198 2xTL-D58W HFP DPM 12 lamparas master TL-D 80 58W/827	696
PLANTA 2(oficinas)		2040
Entrada 2	6 luminarias Philips TBS160 4xTL-D18W HFP M6 24 lamparas Philips master TL-D 80 18W/827	432
Oficina 2	4 luminarias Philips TBS160 4xTL-D18W HFP M6 16 lamparas Philips master TL-D 80 18W/827	288
Aseo 3	6 luminarias Philips FBH024 2xPL-C/4P26W HF RG 12 lamparas Philips master PL-C XTRA 4p 26W/830	312
Oficina 3	6 luminarias Philips TBS160 4xTL-D18W HFP M6 24 lamparas Philips master TL-D 80 18W/827	432
Sale de reunion	8 luminarias Philips TBS160 4xTL-D18W HFP M6 32 lamparas Philips master TL-D 80 18W/827	576

2.1.4. Cálculo del alumbrado exterior

Cálculos

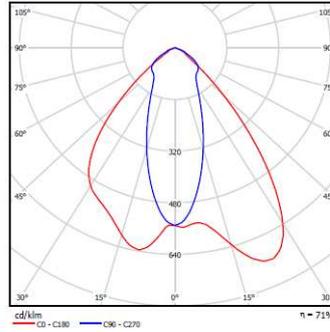
- Exterior (zona delantera):

Philips MWF330 1xHPI-TP400W S / Hoja de datos de luminarias



Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 70 94 100 100 72

Emisión de luz 1:



Para esta luminaria no puede presentarse ninguna tabla UGR porque carece de atributos de simetría.

Escena exterior 1 / Luminarias (ubicación)



Escala 1 : 354

Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación
1	5	Philips MWF330 1xHPI-TP400W S

UBICACIÓN	SOLUCIÓN ADOPTADA	POTENCIA (W)
Exterior	7 luminarias Philips MWF 330 1xHPI- TP400W S	2800

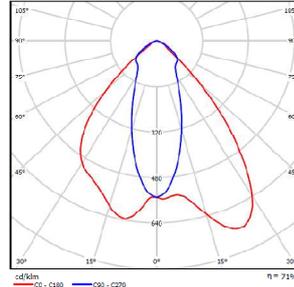
- Exterior (Zona trasera):

Philips MWF330 1xHPI-TP400W S / Hoja de datos de luminarias



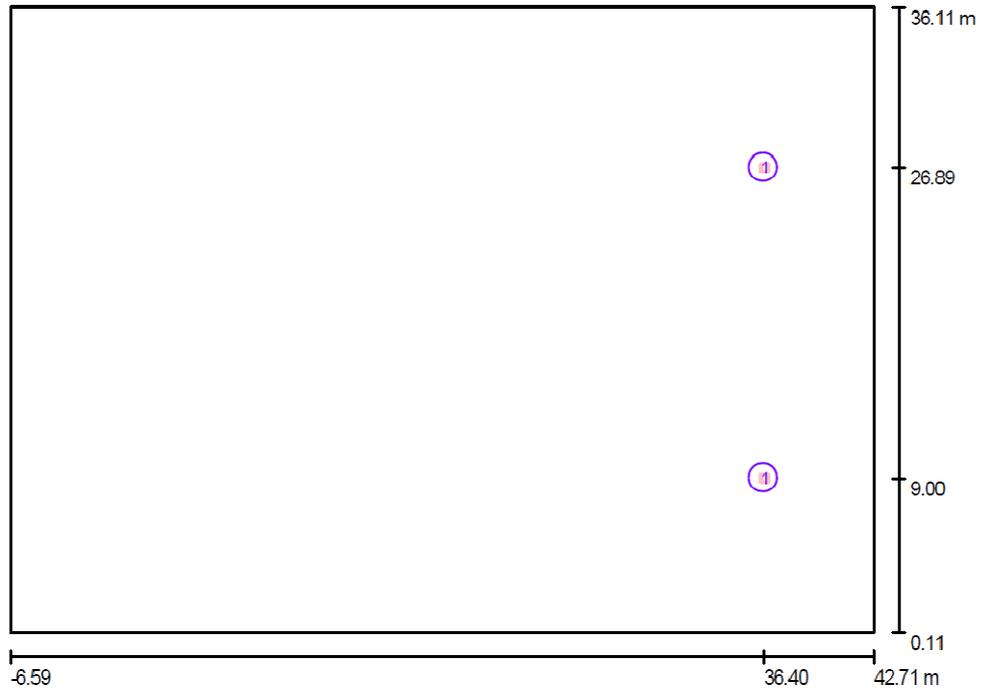
Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 70 64 100 100 72

Emisión de luz 1:



Para esta luminaria no puede presentarse ninguna tabla UGR porque carece de atributos de simetría.

Escena exterior 1 / Luminarias (ubicación)



Escala 1 : 353

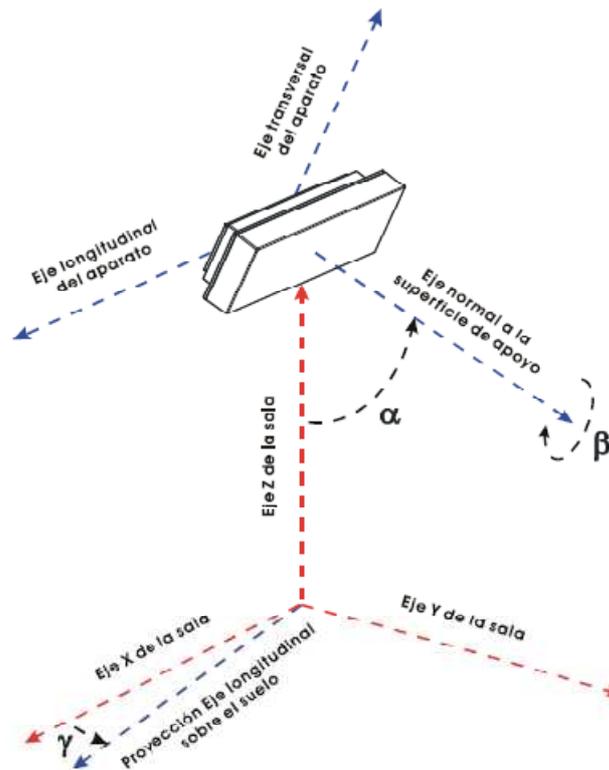
Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación
1	2	Philips MWF330 1xHPI-TP400W S

2.1.5. Cálculo del alumbrado de emergencia y señalización

2.1.5.1. Zona de producción

Definición de ejes y ángulos



γ : Ángulo que forman la proyección del eje longitudinal del aparato sobre el plano del suelo y el eje X del plano (Positivo en sentido contrario a las agujas del reloj cuando miramos desde el techo). El valor 0 del ángulo es cuando el eje longitudinal de la luminaria es paralelo al eje X de la sala.

α : Ángulo que forma el eje normal a la superficie de fijación del aparato con el eje Z de la sala. (Un valor 90 es colocación en pared y 0 colocación en techo).

β : Autogiro del aparato sobre el eje normal a su superficie de amarre.

Luminarias utilizadas

Referencia : HYDRA 2N5

Cálculos

Fabricante: Daisalux Serie: Hydra Tipo producto: Luminarias de emergencia autónomas

Descripción:

Cuerpo rectangular con aristas pronunciadas que consta de una carcasa fabricada en policarbonato y difusor en idéntico material.
Consta de una lámpara fluorescente que se ilumina si falla el suministro de red.

Características:

Formato: Hydra
Funcionamiento: No permanente
Autonomía (h): 2
Lámpara en emergencia: FL 8 W
Piloto testigo de carga: Led
Lámpara en red: -
Grado de protección: IP42 IK04
Aislamiento eléctrico: Clase II
Dispositivo verificación: No
Puesta en reposo distancia: Si

Acabados:

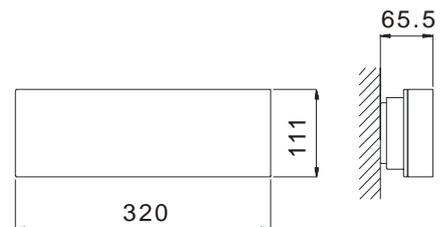
Tensión alimentación: 230 V 50/60 Hz
Pulsador: Sin pulsador
Difusor: Opal

Tarifa:

Precio (€): 076,26
Grupo de producto: Nivel dto 2

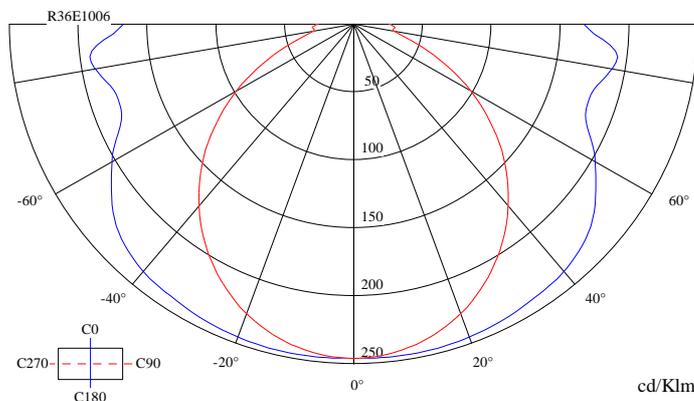
Fotometría:

Flujo emerg. (lm):200



Hydra

Hydra



Referencia : ESTANCA-40 N24

Cálculos

Fabricante: Daisalux Serie: Pantallas fluorescentes estancas Tipo producto: Luminarias de emergencia autónomas

Descripción:

Cuerpo rectangular con aristas redondeadas que consta de una base en poliéster preimpregnado y reforzado con fibra de vidrio y de un difusor fabricado en policarbonato.
Consta de una lámpara fluorescente que se ilumina si falla el suministro de red.

Características:

- Formato: Pantalla Estanca
- Funcionamiento: No permanente
- Autonomía (h): 1
- Lámpara en emergencia: FL 36 W
- Piloto testigo de carga: Led
- Lámpara en red: -
- Grado de protección: IP65 IK08
- Aislamiento eléctrico: Clase I
- Dispositivo verificación: No
- Puesta en reposo distancia: Si

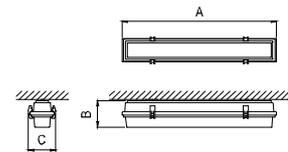
Acabados:

Tarifa:

- Precio (€): 169,00
- Grupo de producto: Nivel dto 3

Fotometría:

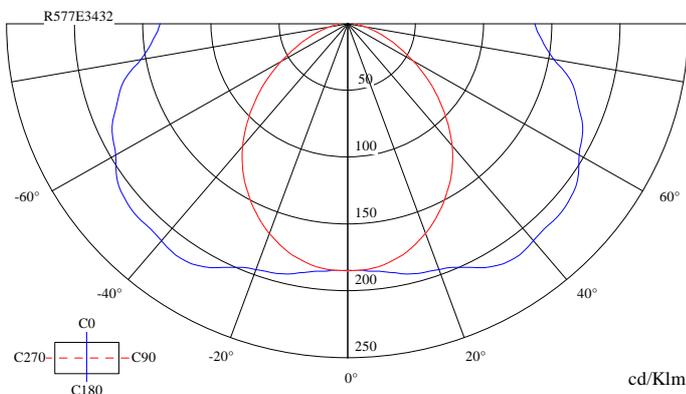
- Flujo emerg. (lm): 1200
- Flujo con red (lm): 1200



ESTANCA	A	B	C
20 N7, 20 P7	666	110	100
40 P12, 40 P24, 40 2P14 40 N12, 40 N24, 40 2N14 40 N10 TCA, 40 N22 TCA, 40 2N12 TCA	1276	110	100
20 C7	666	110	170
40 C12, 40 C24, 40 2C14	1276	110	170

Pantalla Estanca

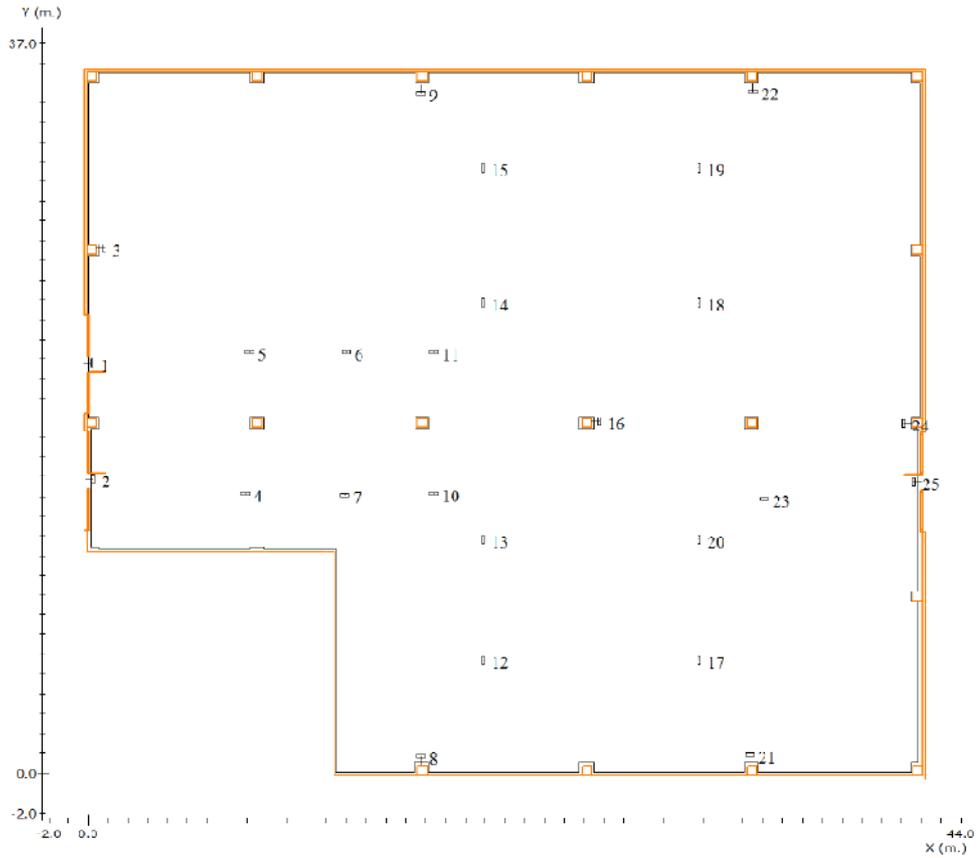
Pantalla Estanca



Plano situación de productos



Cálculos

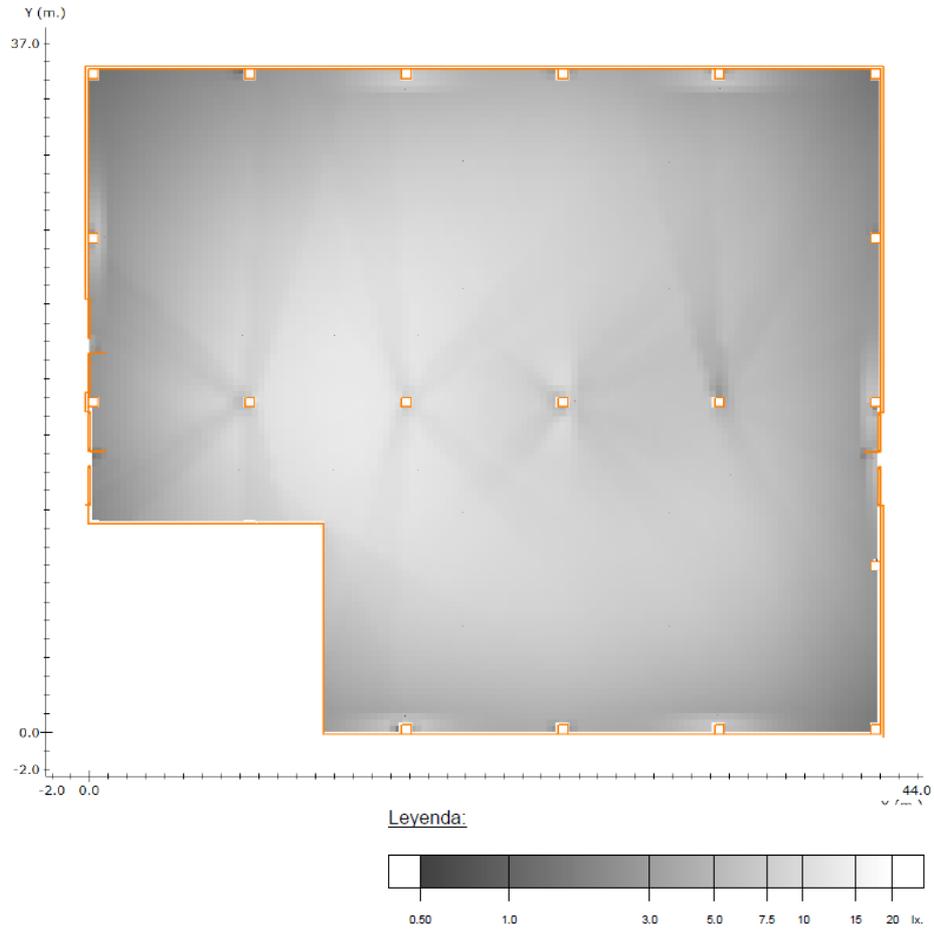


Situación de las Luminarias

Nº	Referencia ²	Fabricante	Coordenadas					Rót.
			x	y (m.)	h	γ	α (°)	
1	HYDRA 2N5	Daisalux	0.20	20.81	3.00	90	90	0
2	HYDRA 2N5	Daisalux	0.26	14.86	3.00	90	90	0
3	HYDRA 2N5	Daisalux	0.79	26.62	3.00	90	90	0
4	ESTANCA-40 N24	Daisalux	7.93	14.14	9.00	0	0	0

Nº	Referencia ²	Fabricante	Coordenadas					Rót.
			x	y (m.)	h	γ	α (°)	
5	ESTANCA-40 N24	Daisalux	8.13	21.34	9.00	0	0	0
6	ESTANCA-40 N24	Daisalux	13.01	21.34	9.00	0	0	0
7	ESTANCA-40 N24	Daisalux	13.81	14.07	9.00	0	0	0
8	HYDRA 2N5	Daisalux	16.78	0.86	3.00	180	90	0
9	HYDRA 2N5	Daisalux	16.78	34.48	3.00	0	90	0
10	ESTANCA-40 N24	Daisalux	17.44	14.14	9.00	0	0	0
11	ESTANCA-40 N24	Daisalux	17.44	21.34	9.00	0	0	0
12	ESTANCA-40 N24	Daisalux	19.88	5.68	9.00	-90	0	0
13	ESTANCA-40 N24	Daisalux	19.88	11.83	9.00	-90	0	0
14	ESTANCA-40 N24	Daisalux	19.88	23.85	9.00	-90	0	0
15	ESTANCA-40 N24	Daisalux	19.88	30.65	9.00	-90	0	0
16	HYDRA 2N5	Daisalux	25.76	17.84	3.00	90	90	0
17	ESTANCA-40 N24	Daisalux	30.78	5.68	9.00	-90	0	0
18	ESTANCA-40 N24	Daisalux	30.78	23.85	9.00	-90	0	0
19	ESTANCA-40 N24	Daisalux	30.78	30.65	9.00	-90	0	0
20	ESTANCA-40 N24	Daisalux	30.78	11.83	9.00	-90	0	0
21	HYDRA 2N5	Daisalux	33.36	0.92	3.00	180	90	0
22	HYDRA 2N5	Daisalux	33.49	34.55	3.00	0	90	0
23	ESTANCA-40 N24	Daisalux	34.09	13.87	9.00	0	0	0
24	HYDRA 2N5	Daisalux	41.09	17.70	3.00	-90	90	0
25	HYDRA 2N5	Daisalux	41.62	14.73	3.00	-90	90	0

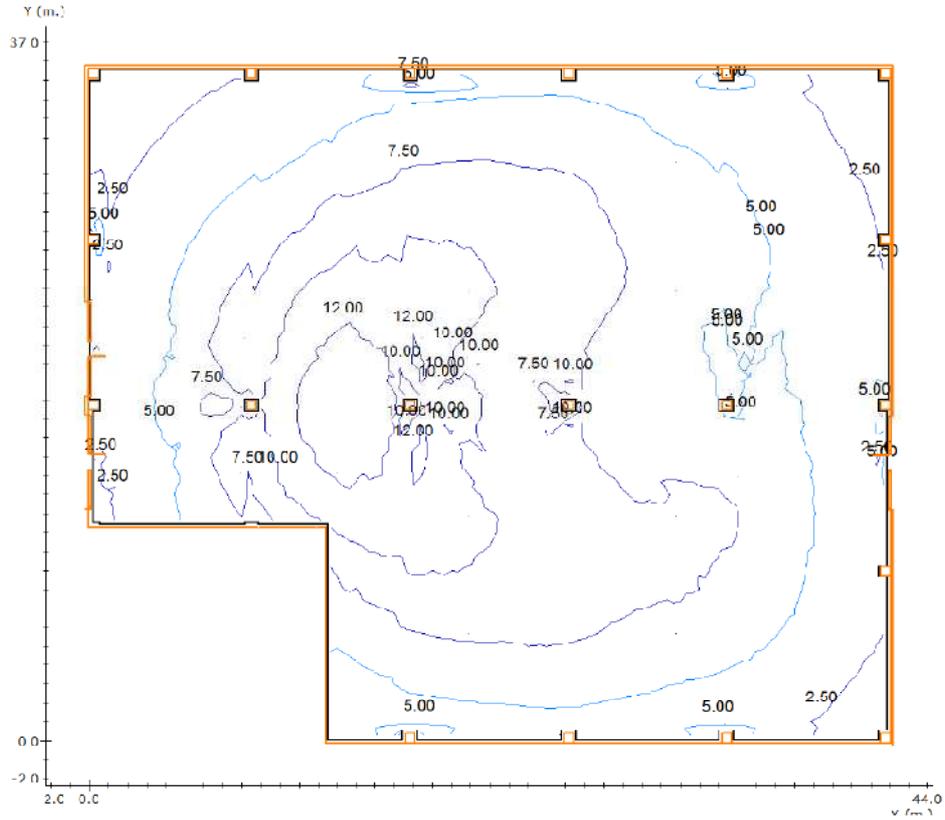
Gráfico de tramas del plano a 0.00 m.



Factor de Mantenimiento: 1.000
 Resolución del Cálculo: 0.33 m.

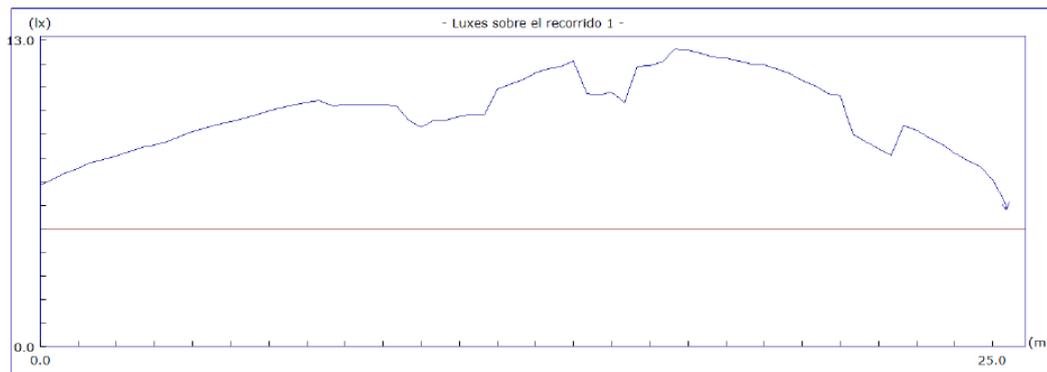
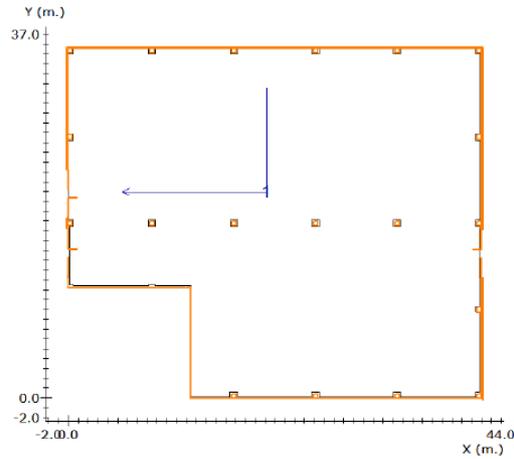
	<u>Objetivos</u>	<u>Resultados</u>
Uniformidad:	40.0 mx/mm.	26.4 mx/mm
Superficie cubierta:	con 0.50 lx. o más	100.0 % de 1331.2 m ²
Lúmenes / m ² :	---	15.0 lm/m ²
Iluminación media:	---	6.45 lx

Curvas isolux en el plano a 0.00 m.



Factor de Mantenimiento: 1.000
Resolución del Cálculo: 0.33 m.

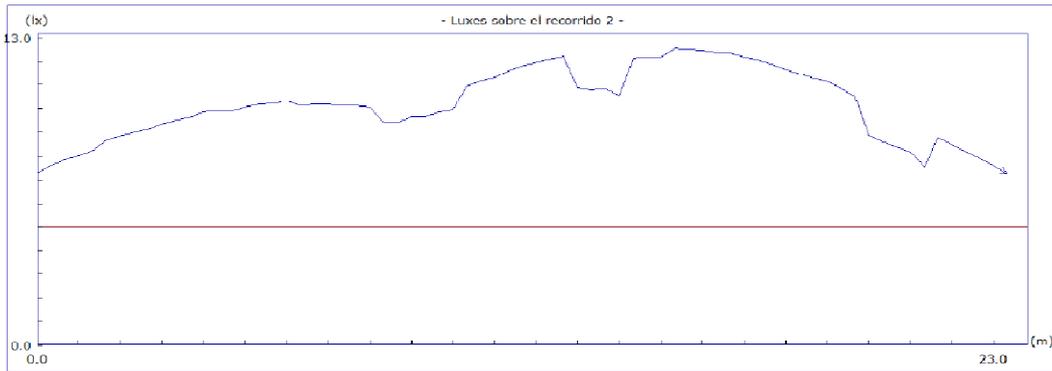
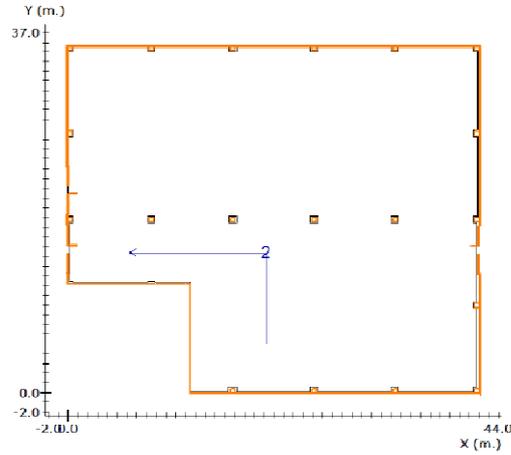
Recorridos de Evacuación



Altura del plano de medida: 0.00 m.
 Resolución del Cálculo: 0.33 m.
 Factor de Mantenimiento: 1.000

	<u>Objetivos</u>	<u>Resultados</u>
Uniform. en recorrido:	40.0 mx/mn	2.2 mx/mn
lx. mínimos:	5.00 lx.	5.80 lx.
lx. máximos:	----	12.62 lx.
Longitud cubierta:	con 5.00 lx. o más	100.0 %

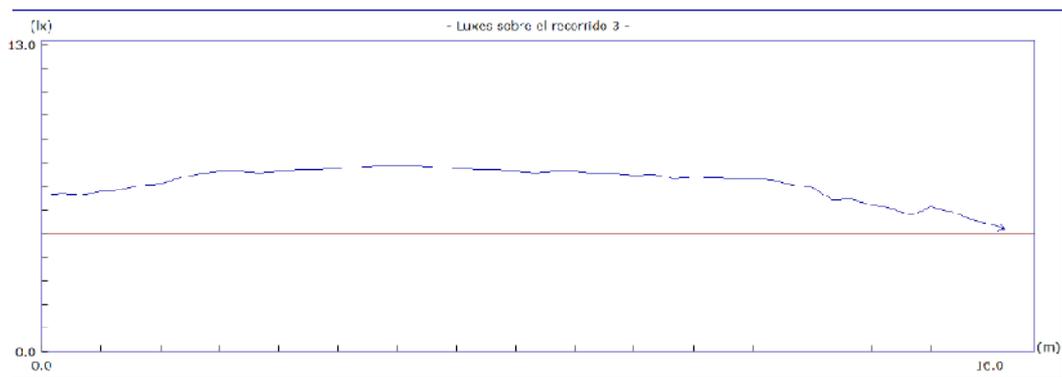
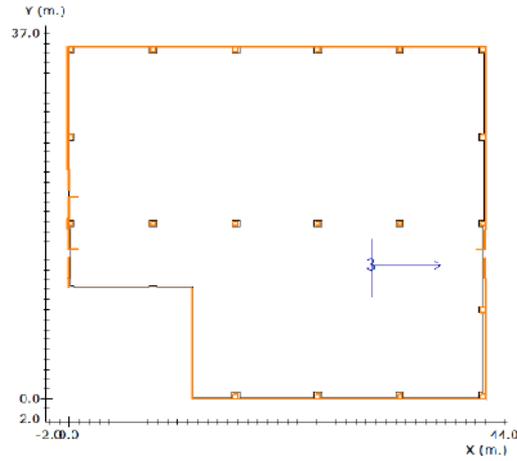
Recorridos de Evacuación



Altura del plano de medida: 0.00 m.
 Resolución del Cálculo: 0.33 m.
 Factor de Mantenimiento: 1.000

	<u>Objetivos</u>	<u>Resultados</u>
Uniform. en recorrido:	40.0 mx/mn	1.7 mx/mn
lx. mínimos:	5.00 lx.	7.26 lx.
lx. máximos:	----	12.52 lx.
Longitud cubierta:	con 5.00 lx. o más	100.0 %

Recorridos de Evacuación

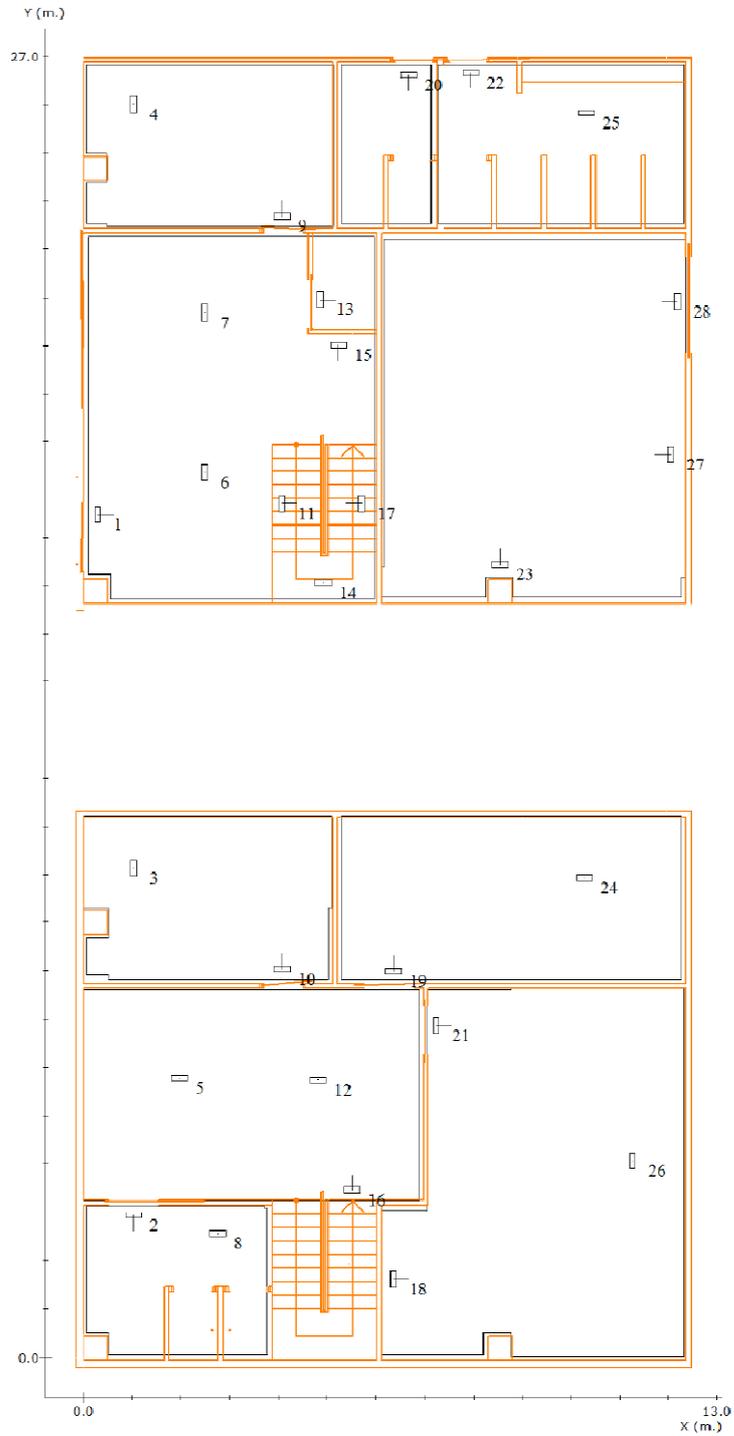


Altura del plano de medida: 0.00 m.
 Resolución del Cálculo: 0.33 m.
 Factor de Mantenimiento: 1.000

	<u>Objetivos</u>	<u>Resultados</u>
Uniform. en recorrido:	40.0 mx/mm	1.5 mx/mm
lx. mínimos:	5.00 lx.	5.19 lx.
lx. máximos:	----	7.87 lx.
Longitud cubierta:	con 5.00 lx. o más	100.0 %

ZONA OFICINAS

Plano de situación de Productos





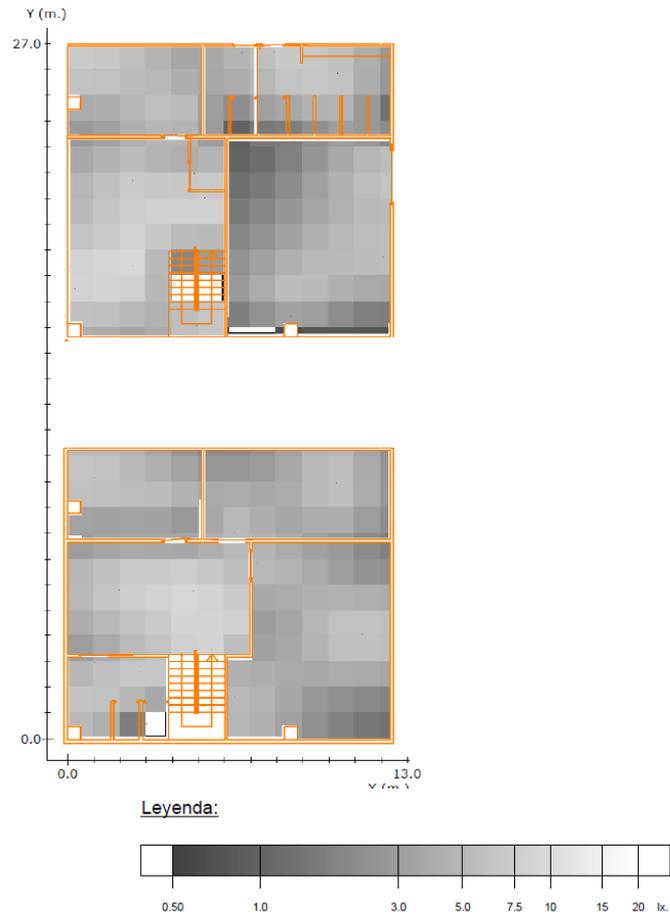
Situación de las Luminarias

Nº	Referencia ²	Fabricante	Coordenadas					Rót.
			x	y (m.)	h	γ	α (°)	β
1	HYDRA 2N5	Daisalux	0.28	17.47	2.25	-90	90	0
2	HYDRA 2N5	Daisalux	1.03	2.94	2.25	180	90	0
3	HYDRA 2N5	Daisalux	1.03	10.14	2.50	-90	0	0
4	HYDRA 2N5	Daisalux	1.03	26.02	2.50	-90	0	0
5	HYDRA 2N5	Daisalux	1.96	5.79	2.50	180	0	0
6	HYDRA 2N5	Daisalux	2.48	18.36	2.50	-90	0	0
7	HYDRA 2N5	Daisalux	2.48	21.68	2.50	-90	0	0
8	HYDRA 2N5	Daisalux	2.52	2.06	2.50	180	0	0
9	HYDRA 2N5	Daisalux	4.06	23.68	2.25	0	90	0
10	HYDRA 2N5	Daisalux	4.06	8.04	2.25	0	90	0
11	HYDRA 2N5	Daisalux	4.06	17.71	2.25	-90	90	0
12	HYDRA 2N5	Daisalux	4.81	5.75	2.50	180	0	0
13	HYDRA 2N5	Daisalux	4.86	21.96	2.25	-90	90	0
14	HYDRA 2N5	Daisalux	4.91	16.07	2.50	180	0	0
15	HYDRA 2N5	Daisalux	5.23	21.02	2.25	180	90	0
16	HYDRA 2N5	Daisalux	5.51	3.46	2.25	0	90	0
17	HYDRA 2N5	Daisalux	5.70	17.71	2.25	90	90	0
18	HYDRA 2N5	Daisalux	6.35	1.64	2.25	-90	90	0
19	HYDRA 2N5	Daisalux	6.35	7.99	2.25	0	90	0
20	HYDRA 2N5	Daisalux	6.68	26.63	2.25	180	90	0



Nº	Referencia ²	Fabricante	Coordenadas					Rót.
			x	y (m.)	h	γ	α (°)	
21	HYDRA 2N5	Daisalux	7.24	6.87	2.25	-90	90	0
22	HYDRA 2N5	Daisalux	7.94	26.67	2.25	180	90	0
23	HYDRA 2N5	Daisalux	8.55	16.44	2.25	0	90	0
24	HYDRA 2N5	Daisalux	10.28	9.95	2.50	180	0	0
25	HYDRA 2N5	Daisalux	10.32	25.83	2.50	180	0	0
26	HYDRA 2N5	Daisalux	11.26	4.06	2.50	-90	0	0
27	HYDRA 2N5	Daisalux	12.05	18.73	2.25	90	90	0
28	HYDRA 2N5	Daisalux	12.19	21.91	2.25	90	90	0

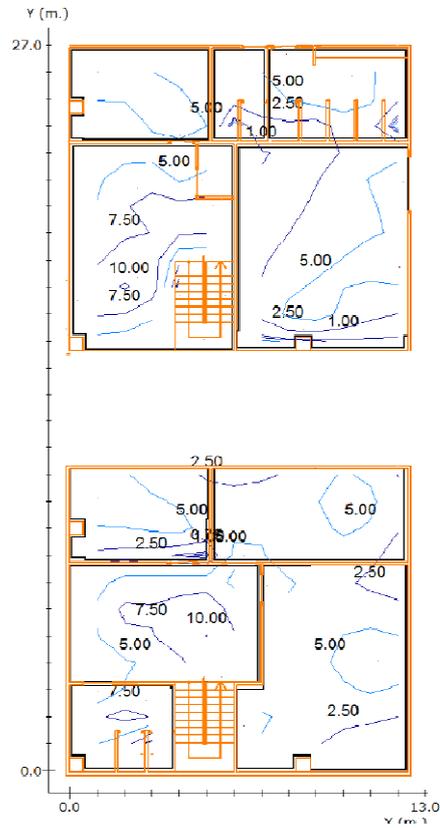
Gráfico de tramas del plano a 0.00 m



Factor de Mantenimiento: 1.000
Resolución del Cálculo: 1.00 m.

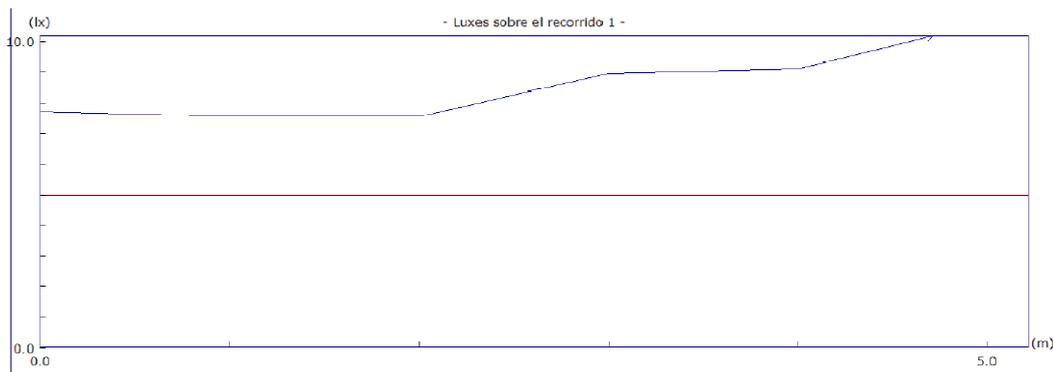
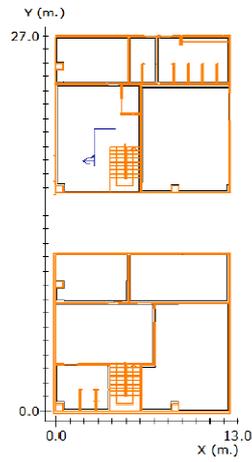
	<u>Objetivos</u>	<u>Resultados</u>
Uniformidad:	40.0 mx/mm.	20.4 mx/mm
Superficie cubierta:	con 0.50 lx. o más	99.2 % de 240.0 m ²
Lúmenes / m ² :	----	23.3 lm/m ²
Iluminación media:	----	4.50 lx

Curvas isolux en el plano a 0.00 m



Factor de Mantenimiento: 1.000
 Resolución del Cálculo: 1.00 m.

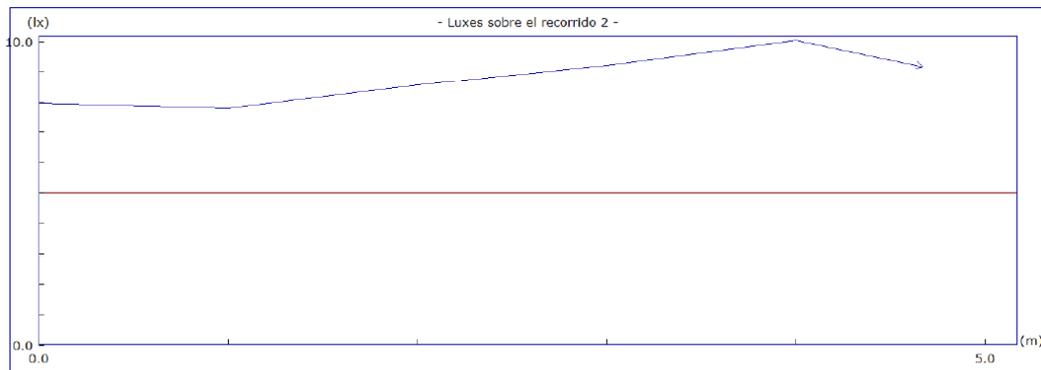
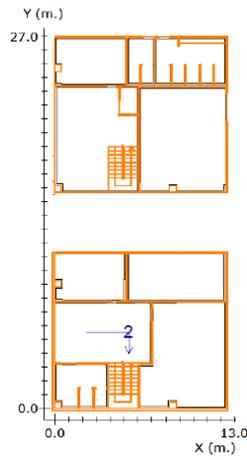
Recorridos de Evacuación



Altura del plano de medida: 0.00 m.
 Resolución del Cálculo: 1.00 m.
 Factor de Mantenimiento: 1.000

	Objetivos	Resultados
Uniform. en recorrido:	40.0 lux/mm	1.4 lux/mm
lx. mínimos:	5.00 lx.	7.54 lx.
lx. máximos:	----	10.19 lx.
Longitud cubierta:	con 5.00 lx. o más	100.0 %

Recorridos de Evacuación



Altura del plano de medida: 0.00 m.
 Resolución del Cálculo: 1.00 m.
 Factor de Mantenimiento: 1.000

	Objetivos	Resultados
Uniform. en recorrido:	40.0 mx/mn	1.3 mx/mn
lx. mínimos:	5.00 lx.	7.78 lx.
lx. máximos:	----	10.04 lx.
Longitud cubierta:	con 5.00 lx. o más	100.0 %

2.2. Cálculo de las secciones de los conductores

2.2.1. Introducción

En este apartado se especificarán los pasos que debemos seguir para dimensionar los conductores de todas las líneas, siguiendo las ITC's adecuadas del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

2.2.2. Método de calculo

En general, para todas las líneas se han seguido los siguientes pasos:

1- Obtención de los datos de partida.

Los datos de partida para el cálculo consisten en conocer una serie de datos sobre la línea. Debemos conocer:

- Potencia a suministrar.
- Tipo de receptores.
- Factor de potencia de los receptores.
- Longitud de la línea.
- Tipo de línea: monofásica o trifásica. Este dato está vinculado a la tensión de la línea; tensión de 400 V para línea trifásica y 230 V para monofásica.
- Temperatura ambiente máxima previsible.

2- Cálculo de la intensidad. Es necesario saber la intensidad que circula por los diferentes circuitos para poder calcular las secciones de los conductores.

Dependiendo de si el sistema es monofásico o trifásico, el cálculo de la intensidad se realiza de la siguiente manera.

A) Monofásico:

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

Donde:

I = Intensidad (A)

P = Potencia a suministrar por la línea (W)

V = Tensión de servicio (V)

cosφ = Desfase del receptor

B) Trifásico:

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

Donde:

I = Intensidad (A)

P = Potencia a suministrar por la línea (W)

V = Tensión de servicio (V)

$\cos \varphi$ = Desfase del receptor

Como bien se ha comentado antes habrá que aplicar distintos factores de corrección en este proyecto.

- Receptores a motor.

Para este caso, según ITC BT 47, la intensidad para la cual debe de estar diseñada la línea, se obtiene como suma del 125 % de la intensidad nominal a plena carga del motor de mayor potencia y de la intensidad requerida por el resto de receptores que alimente la línea. Si la línea alimenta solo un motor, igualmente la corriente de cálculo será el 125 % de la intensidad a plena carga de dicho motor.

- Receptores de alumbrado de descarga.

Para este caso, según ITC BT 44, las líneas que alimentan a este tipo de receptores se calcularán para una carga total en voltamperios de 1,8 veces la potencia nominal en vatios. Si la red alimenta además a lámparas incandescentes, la carga en voltamperios se calculará como suma de las potencias de las lámparas de incandescencia más 1,8 veces la suma de las potencias en vatios de las lámparas o tubos de descarga.

3- Una vez conocidas las intensidades de cada receptor seleccionaremos las fases adecuadamente, para que las fases estén bien equilibradas y se evite mezclar la alimentación de las oficinas con un motor que puede producir problemas (generación de picos).



FUERZA

CUADRO	UBICACIÓN	UTILIZACIÓN	POTENCIA (W)	COEFS.	POTENCIA CALCULADA	COEF. UTILIZACIÓN	CANTIDAD	POTENCIA TOTAL
C.G.D.	Almacen	Horno 1	100000	1,25	125000	0,9	1	112500
C.G.D.	Almacen	Horno 2	100000	1,25	125000	0,9	1	112500
C.G.D.	Almacen	Puerta corredera ext.	1200	1,25	1500	0,8	1	1200
C.G.D.	Almacen	Toma de corriente I 16A	3680	1	3680	0,25	1	184
Cuadro Oficinas	Oficinas	T.C. Planta baja	3680	1	3680	0,25	19	3496
Cuadro Oficinas	Oficinas	T.C. Primera planta	3680	1	3680	0,25	16	2944
Cuadro Oficinas	Oficinas	T.C. Informática P1	3680	1	3680	0,5	4	1472
Cuadro Oficinas	Oficinas	T.C. Informática P2	3680	1	3680	0,5	9	3312
Cuadro Auxiliar 1	Almacen	Toma de corriente I 16A	3680	1	3680	0,6	2	4416
Cuadro Auxiliar 1	Almacen	Toma de corriente III 25A	17320	1	17320	0,6	2	20784
Cuadro Auxiliar 1	Almacen	Sierra	5000	1,25	6250	0,5	1	3125
Cuadro Auxiliar 1	Almacen	Taladro	3300	1,25	4125	0,5	1	2062,5
Cuadro Auxiliar 1	Almacen	M. Soldar	6600	1,25	8250	0,5	1	4125
Cuadro Auxiliar 2	Almacen	Toma de corriente I 16A	3680	1	3680	0,6	2	4416
Cuadro Auxiliar 2	Almacen	Toma de corriente III 25A	17320	1	17320	0,6	2	20784
Cuadro Auxiliar 2	Almacen	Toma de corriente III 32A	22170	1	22170	0,6	1	13302
Cuadro Auxiliar 2	Almacen	Maquina 6	35000	1,25	43750	0,7	1	30625
Cuadro Auxiliar 2	Almacen	Maquina 7	35000	1,25	43750	0,7	1	30625
Cuadro Auxiliar 2	Almacen	Estractor	900	1,25	1125	1	3	3375
Cuadro Auxiliar 3	Fundicion	Toma de corriente I 16A	3680	1	3680	0,6	2	4416
Cuadro Auxiliar 3	Fundicion	Puente Grúa	20000	1,25	25000	0,7	1	17500



Cuadro Auxiliar 3	Fundicion	Puente Grúa	20000	1,25	25000	0,7	1	17500
Cuadro Auxiliar 4	Fundicion	Toma de corriente I 16A	3680	1	3680	0,6	2	4416
Cuadro Auxiliar 4	Fundicion	Toma de corriente III 25A	17320	1	17320	0,6	2	20784
Cuadro Auxiliar 5	Zona descarga	Toma de corriente I 16A	3680	1	3680	0,6	2	4416
Cuadro Auxiliar 5	Zona descarga	Toma de corriente III 25A	17320	1	17320	0,6	2	20784
Cuadro Auxiliar 5	Zona descarga	Toma de corriente III 32A	22170	1	22170	0,6	1	13302



ALUMBRADO

CUADRO	UBICACIÓN	UTILIZACIÓN	POTENCIA (W)	COEFS.	POTENCIA CALCULADA	COEF. UTILIZACIÓN	CANTIDAD	POTENCIA TOTAL
Alumbrado nave	Zona descarga	Encendido 1	400	1,8	720	0,8	6	3456
Alumbrado nave	Fundicion	Encendido 2	400	1,8	720	0,8	9	5184
Alumbrado nave	Almacen	Encendido 3	400	1,8	720	0,8	9	5184
Alumbrado nave	Almacen	Encendido rápido	36	1,8	65	0,6	3	117
Alumbrado nave	Exterior	Encendido ext. Delantero	400	1,8	720	0,6	5	2160
Alumbrado nave	Exterior	Encendido ext. Trasero	400	1,8	720	0,6	2	864
Alumbrado nave	Nave	Emergencias 8w	8	1,8	14,4		10	
Alumbrado nave	Nave	Emergencias 36w	36	1,8	64,8		15	
Oficinas	Planta baja	Lamp. Descarga (4x18)	72	1,8	130	0,7	12	1088,64
Oficinas	Planta baja	Lamp. Descarga (2x26)	52	1,8	94	0,7	16	1048,32
Oficinas	Planta baja	Lamp. Descarga (2x58)	116	1,8	209	0,7	6	876,96
Oficinas	Planta baja	Emergencias	8	1,8	14		16	
Oficinas	Planta primera	Lamp. Descarga (4x18)	72	1,8	130	0,7	24	2177,28
Oficinas	Planta primera	Lamp. Descarga (2x26)	52	1,8	93,6	0,7	6	393,12
Oficinas	Planta primera	Emergencias	8	1,8	14,4		12	

CUADROS	POTENCIA TOTAL	COEFICIENTE SIMULTANEIDAD	POTENCIA
C.D.G.	226384	0,9	203746
Oficinas	16807	0,9	15126
Alumbrado	16965	0,9	15268
Cuadro aux.1	34512,5	0,9	31061
Cuadro aux.2	103127	0,9	92814
Cuadro aux.3	39416	0,9	35474
Cuadro aux.4	25200	0,9	22680
Cuadro aux.5	38502	0,9	34652
TOTAL			450822

Ks	Potencia	$\cos\varphi$	Fc	Scal
0,8	360657,461	0,97	1,3	483355,36

Criterio térmico

La intensidad máxima admisible que debe circular por cada conductor dependerá de las tablas expuestas en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, ITC-BT 06 si la línea es aérea, ITC-BT 07 si es subterránea o en la ITC-BT 19 si es una instalación interior. La intensidad máxima admisible se ve afectada por una serie de factores como son la temperatura ambiente, la agrupación de varios cables, la exposición al sol, etc.

Los valores de los factores de corrección se disponen en las en las ITC-s mencionadas anteriormente. Si el cable está expuesto al sol, o bien, se trata de un cable con aislamiento mineral, desnudo y accesible, aplicaremos directamente un 0,9. Si se trata de una instalación enterrada bajo tubo, aplicaremos un 0,8 a la intensidad calculada anteriormente.

Caída de tensión

Teniendo en cuenta las condiciones que vienen recogidas en el Reglamento Electrotécnico para instalaciones industriales alimentadas directamente desde un transformador de distribución propio, se considerará la salida de éste como origen de la instalación, y en su conjunto se limita la caída de tensión al 4,5% para receptores de alumbrado, y al 6,5% para fuerza, según ITC-BT-19.

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

En el caso de que la línea sea trifásica, se calculara la sección con la siguiente expresión:

$$S = \frac{\sqrt{3} * I * \cos \varphi * L}{\gamma * e}$$

Y en el caso de que la línea sea monofásica, se calculara mediante la siguiente expresión:

$$S = \frac{2 * I * \cos \varphi * L}{\gamma * e}$$

Donde:

S: Sección del conductor en mm².

I: Intensidad de la línea en (A).

L: Longitud por el conductor en (m).

γ : Conductividad del material conductor (m/ Ω mm²), en el caso del cobre es 56 m/ Ω mm² y en el caso del aluminio 35 m/ Ω mm²

e: Máxima caída de tensión admisible (V).

Cos φ : Factor de potencia total por la línea

Una vez calculada la sección de la línea según los dos criterios se escogerá el resultado que mayor sección de ambos métodos. Dependiendo de la sección calculada escogeremos la sección del neutro del cable de protección siguiendo la tabla 7.1 de la ITC-BT 07 u otras ITC's correspondientes. El tipo de instalación y los conductores se detallan, así como la tabla completa de cómo quedan los cables, se adjuntan en el anexo de tablas.

Para finalizar se elegirá el diámetro interior del tubo dependiendo del, número de conductores, sección y tipo de tubo a instalar. Cumpliendo siempre con la instrucción ITC-BT 21.

2.2.3. Soluciones adoptadas

A continuación, se exponen las tablas de las distintas líneas de la instalación.

Hay que añadir que se ha tenido en cuenta el factor que exige el R.E.B.T. para los motores, las lámparas de descarga y las diferentes tensiones de los enchufes trifásicos y monofásicos que hay en el taller, a la hora de hacer los cálculos.

Acometida

Es la línea que une la red de media tensión con el centro de transformación. Transporta toda la corriente de la instalación y está diseñada para ampliar en un 30% la carga de la misma.

Esta línea se dimensionará para una corriente de 468 A por conductor. Se designan 3 conductores por fase, la línea irá enterrada a 0,7 m de profundidad.

Los cálculos se realizan según la ITC-BT 07 que dan la sección y el factor de corrección que se debe emplear para cables con conductores de cobre o aluminio en instalaciones enterradas.

La distribución de la corriente del centro de transformación al cuadro general de distribución se hará mediante nueve conductores unipolares de cobre de 185 mm² de sección. Siendo para cada una de las fases tres de ellos. Para el neutro se utilizarán tres conductores de 95 mm² de sección cada uno, con aislamiento de Polietileno Reticulado (XLPE).

$$L = 23.5 \text{ m (longitud de la acometida)}$$

$$S = 185 \times 3 \text{ mm}^2$$

$$\gamma = 56 \text{ (Cobre)}$$

$$e = \frac{\sqrt{3} L I \cos \phi}{S \gamma} = 1.72 \text{ V}$$

$$e (\%) = \frac{e \times 100}{400} = 0,43$$

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 la potencia que se conectará en su extremo.

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 (mm²)

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

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

Una vez que hemos obtenido la intensidad que circulará por la línea debemos 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.

Además, si se trata de una instalación subterránea deberemos aplicar un coeficiente por llevar los cables bajo zanja y en contacto.

Cuadro general de distribución: CGD

Línea	Fases (mm2)	Neutro(mm2)	CP(mm2)	Diámetro tubo (mm)	Canalización	Designación
Acometida	185	95	95	240	subterránea bajo tubo	3x185/95 + 95 TT
L1 Cuadro Aux. 1	25	16	16	40	Bandeja - bajo tubo	3x25/16 + 16 TT
L2 Cuadro Aux. 2	95	50	50	63	Bandeja - bajo tubo	3x95/50 + 50 TT
L3 Cuadro Aux. 3	25	16	16	40	Bandeja - bajo tubo	3x25/16 + 16 TT
L4 Cuadro Aux. 4	16	10	10	32	Bandeja - bajo tubo	3x16/10 + 10 TT
L5 Cuadro Aux. 5	25	16	16	40	Bandeja - bajo tubo	3x25/16 + 16 TT
L6 Cuadro Oficinas	6	6	6	25	empotrado en pared-falso techo	3x6/6 + 6 TT
L7 Cuadro Alumbrado	25	16	16	40	Bandeja -	3x25/16 + 16 TT

Cálculos

					bajo tubo	
L8 Horno 1	185	95	95	240	Bandeja	3x185/95 + 95 TT
L9 Horno 2	185	95	95	240	Bandeja	3x185/95 + 95 TT
L10 Toma de corriente I 16A	2,5	2,5	2,5	20	Bajo tubo	2x2,5 + TT 2,5
L12 Puerta corredera	2,5	2,5	2,5	20	subterránea bajo tubo	2x2,5 + TT 2,5

Cuadro Auxiliar 1: Zona de almacenamiento

Línea	Fases (mm ²)	Neutro(mm ²)	CP(mm ²)	Diámetro tubo(mm)	Canalización	Designación
L1 C1 Toma de corriente I 16A	2,5	2,5	2,5	20	Bajo tubo	2x2,5 + TT 2,5
L1 C1 Toma de corriente I 16A	2,5	2,5	2,5	20	Bajo tubo	2x2,5 + TT 2,5
L1 C2 Toma de corriente III 25A	6	6	6	25	Bajo tubo	3x6/6 + TT 6
L1 C2 Toma de corriente III 25A	6	6	6	25	Bajo tubo	3x6/6 + TT 6
L1 C3 Sierra	6	6	6	50	Bajo tubo - subterránea	3x6/6 + TT 6
L1 C4 Taladro	2,5	2,5	2,5	32	Bajo tubo - subterránea	3x2,5/2,5 + TT 2,5
L1 C5 Maquina soldar	10	10	10	63	Bajo tubo - subterránea	3x10/10+ TT 10

Cuadro Auxiliar 2: Zona de almacenamiento

Línea	Fases (mm ²)	Neutro(mm ²)	CP(mm ²)	Diámetro tubo(mm)	Canalización	Designación
L2 C1 Toma de corriente I 16A	2,5	2,5	2,5	20	Bajo tubo	2x2,5 + TT 2,5
L2 C1 Toma de corriente I 16A	2,5	2,5	2,5	20	Bajo tubo	2x2,5 + TT 2,5
L2 C2 Toma de corriente III 25A	6	6	6	25	Bajo tubo	3x6/6 + TT 6
L2 C3 Toma de corriente III 32A	10	10	10	32	Bajo tubo	3x10/10+ TT 10
L2 C5 Maquina 6	70	35	35	40	Bajo tubo - subterránea	3x70/35 + 35 TT
L2 C6 Maquina 7	70	35	35	40	Bajo tubo - subterránea	3x70/35 + 35 TT
L2 C7 Extractor 1	2,5	2,5	2,5	20	Bajo tubo	2x2,5 + TT 2,5
L2 C8 Extractor 2	2,5	2,5	2,5	20	Bajo tubo	2x2,5 + TT 2,5
L2 C9 Extractor 3	2,5	2,5	2,5	20	Bajo tubo	2x2,5 + TT 2,5

Cuadro Auxiliar 3: Zona de Imacenamiento

Línea	Fases (mm ²)	Neutro(mm ²)	CP(mm ²)	Diámetro tubo(mm)	Canalización	Designación
L3 C1 Toma de corriente I 16A	2,5	2,5	2,5	20	Bajo tubo	2x2,5 + TT 2,5
L3 C2 Puente Grúa 1	16	10	10	32	Bandeja - bajo tubo	3x16/10 + TT 10
L3 C3 Puente Grúa 2	16	10	10	32	Bandeja - bajo tubo	3x16/10 + TT 10

Cuadro Auxiliar 4: Zona de fundición

Línea	Fases (mm ²)	Neutro(mm ²)	CP(mm ²)	Diámetro tubo(mm)	Canalización	Designación
L4 C1 Toma de corriente I 16A	2,5	2,5	2,5	20	Bajo tubo	2x2,5 + TT 2,5
L4 C1 Toma de corriente I 16A	2,5	2,5	2,5	20	Bajo tubo	2x2,5 + TT 2,5
L4 C2 Toma de corriente III 25A	6	6	6	25	Bajo tubo	3x6/6 + TT 6
L4 C2 Toma de corriente III 25A	6	6	6	25	Bajo tubo	3x6/6 + TT 6

Cuadro Auxiliar 5: Zona de descarga

Línea	Fases (mm ²)	Neutro(mm ²)	CP(mm ²)	Diámetro tubo(mm)	Canalización	Designación
L5 C1 Toma de corriente I 16A	2,5	2,5	2,5	20	Bajo tubo	2x2,5 + TT 2,5
L5 C1 Toma de corriente I 16A	2,5	2,5	2,5	20	Bajo tubo	2x2,5 + TT 2,5
L5 C2 Toma de corriente III 25A	6	6	6	25	Bajo tubo	3x6/6 + TT 6
L5 C3 Toma de corriente III 32A	10	10	10	32	Bajo tubo	3x10/10 + TT 10

Cuadro oficinas

Línea	Fases (mm ²)	Neutro(mm ²)	CP(mm ²)	Diámetro tubo(mm)	Canalización	Designación
L6 C1 P1 Toma de corriente Baños	2,5	2,5	2,5	20	empotrado en pared-falso techo	2x2,5 + TT 2,5
L6 C2 P1 Toma de corriente Uso General	2,5	2,5	2,5	20	empotrado en pared-falso techo	2x2,5 + TT 2,5
L6 C3 P1 Toma de corriente Informarica	2,5	2,5	2,5	20	empotrado en pared-falso techo	2x2,5 + TT 2,5

L6 C4 P1 Alumbrado	4	4	4	20	falso techo	2x4 + TT 4
L6 C1 P2 Toma de corriente Baños	2,5	2,5	2,5	20	empotrado en pared-falso techo	2x2,5 + TT 2,5
L6 C2 P2 Toma de corriente Uso General	2,5	2,5	2,5	20	empotrado en pared-falso techo	2x2,5 + TT 2,5
L6 C3 P2 Toma de corriente Informática	2,5	2,5	2,5	20	empotrado en pared-falso techo	2x2,5 + TT 2,5
L6 C4 P2 Alumbrado	2,5	2,5	2,5	20	falso techo	2x2,5 + TT 2,5
L6 C5 P2 Alumbrado emergencia	1,5	1,5	1,5	16	falso techo	2x1,5 + TT 1,5

Cuadro alumbrado

Línea	Fases (mm2)	Neutro(mm2)	CP(mm2)	Diámetro tubo (mm)	Canalización	Designación
L7 C1 Alumbrado1	2,5	2,5	2,5	25	Bandeja - bajo tubo	2x2,5 + TT 2,5
L7 C2 Alumbrado2	2,5	2,5	2,5	25	Bandeja - bajo tubo	2x2,5 + TT 2,5
L7 C3 Alumbrado3	2,5	2,5	2,5	25	Bandeja - bajo tubo	2x2,5 + TT 2,5
L7 C4 Alumbrado4	2,5	2,5	2,5	25	Bandeja - bajo tubo	2x2,5 + TT 2,5
L7 C5 Alumbrado5	2,5	2,5	2,5	25	Bandeja - bajo tubo	2x2,5 + TT 2,5
L7 C6 Alumbrado emergencia 1	1,5	1,5	1,5	20	Bandeja - bajo tubo	2x1,5 + TT 1,5
L7 C7 Alumbrado emergencia 2	1,5	1,5	1,5	20	Bandeja - bajo tubo	2x1,5 + TT 1,5
L7 C8 Alumbrado emergencia 3	1,5	1,5	1,5	20	Bandeja - bajo tubo	2x1,5 + TT 1,5
L7 C9 Alumbrado emergencia 4	1,5	1,5	1,5	20	Bandeja - bajo tubo	2x1,5 + TT 1,5
L7 C10 Alumbrado emergencia 5	1,5	1,5	1,5	20	Bandeja - bajo tubo	2x1,5 + TT 1,5
L7 C6 Alumbrado exterior Del.	2,5	2,5	2,5	25	Bandeja - bajo tubo	2x2,5 + TT 2,5
L7 C7 Alumbrado exterior Tras.	1,5	1,5	1,5	20	Bandeja - bajo tubo	2x1,5 + TT 1,5
L7 C8 Alumbrado encendido rápido	1,5	1,5	1,5	20	Bandeja - bajo tubo	2x1,5 + TT 1,5

A continuación se añade una tabla donde se resumen todos los cálculos realizados para calcular las secciones de los conductores. Las secciones que no coinciden entre la tabla resumen y las de las tablas anteriores, son las secciones que se han cambiado debido a las protecciones.



LÍNEA	CUADRO	SEC. CALCULADA	P. RECEPTOR (W)	DISTANCIA (m)	Cu	CDT.	TENSIÓN	Cosφ	RAÍZ DE 3	INTNESIDAD	COEFS.	INTENSIDAD CALC.	SECCIÓN CDT.	SECCIÓN INTENSIDAD
Acometida	C.G.D.	169,03	483355	23,5	56	6	400	0,97	1,732	719,2400	1,00	468,2552	185	185
L1 Cuadro Aux. 1	C.G.D.	4,87	31061	35,10	56	20	400	0,85	1,732	52,7443	1,00	52,7443	6	25
L2 Cuadro Aux. 2	C.G.D.	18,94	92814	45,70	56	20	400	0,85	1,732	157,6064	1,25	197,0080	25	95
L3 Cuadro Aux. 3	C.G.D.	10,06	35474	63,50	56	20	400	0,85	1,732	60,2380	1,25	60,2380	16	25
L4 Cuadro Aux. 4	C.G.D.	5,86	22680	57,90	56	20	400	0,85	1,732	38,5127	1,00	38,5127	6	16
L5 Cuadro Aux. 5	C.G.D.	4,72	34652	30,50	56	20	400	0,85	1,732	58,8422	1,00	58,8422	6	25
L6 Cuadro Oficinas	C.G.D.	1,00	15126	14,80	56	20	400	0,9	1,732	24,2583	1,00	24,2583	1,5	6
L7 Cuadro Alumbrado	C.G.D.	0,57	15268	5,00	56	12	400	0,9	1,732	24,4861	1,80	44,0749	1,5	25
L8 Horno 1	C.G.D.	34,35	112500	68,40	56	20	400	0,85	1,732	191,0350	1,25	238,7938	35	185
L9 Horno 2	C.G.D.	36,81	112500	73,30	56	20	400	0,85	1,732	191,0350	1,25	238,7938	50	185
L10 Toma de corriente I 16A	C.G.D.	0,02	2944	1,00	56	11,5	230	0,8	1,732	16,0000	1,00	16,0000	1,5	2,5
L12 Puerta corredera	C.G.D.	0,13	1200	16,00	56	11,5	230	0,95	1,732	5,4920	1,25	12,2589	1,5	2,5
L1 C1 Toma de corriente I 16A	Aux.1	0,02	2944	1,00	56	11,5	230	0,8	1,732	16,0000	1,00	16,0000	1,5	2,5
L1 C1 Toma de corriente I 16A	Aux.1	0,02	2944	1,00	56	11,5	230	0,8	1,732	16,0000	1,00	16,0000	1,5	2,5
L1 C2 Toma de corriente III 25A	Aux.1	0,06	13856	1,00	56	20	400	0,8	1,732	24,9993	1,00	24,9993	1,5	6
L1 C2 Toma de corriente III 25A	Aux.1	0,06	13856	1,00	56	20	400	0,8	1,732	24,9993	1,00	24,9993	1,5	6
L1 C3 Sierra	Aux.1	0,19	5000	8,70	56	20	400	0,86	1,732	8,3917	1,25	20,4876	1,5	6
L1 C4 Taladro	Aux.1	0,09	3300	5,80	56	20	400	0,86	1,732	5,5385	1,25	13,5218	1,5	2,5
L1 C5 Maquina soldar	Aux.1	0,24	6600	8,00	56	20	400	0,85	1,732	11,2074	1,25	27,3618	1,5	10
L2 C1 Toma de corriente I 16A	Aux.2	0,02	2944	1,00	56	11,5	230	0,8	1,732	16,0000	1,00	16,0000	1,5	2,5
L2 C1 Toma de corriente I 16A	Aux.2	0,02	2944	1,00	56	11,5	230	0,8	1,732	16,0000	1,00	16,0000	1,5	2,5
L2 C2 Toma de corriente III 25A	Aux.2	0,06	13856	1,00	56	20	400	0,8	1,732	24,9993	1,00	24,9993	1,5	6
L2 C3 Toma de corriente III 32A	Aux.2	0,08	17736	1,00	56	20	400	0,8	1,732	31,9996	1,00	31,9996	1,5	10
L2 C4 Maquina 6	Aux.2	0,89	35000	5,70	56	20	400	0,86	1,732	58,7420	1,25	143,4132	1,5	70

Cálculos



L2 C5 Maquina 7	Aux.2	1,69	35000	10,80	56	20	400	0,86	1,732	58,7420	1,25	143,4132	2,5	70
L2 C6 Extractor 1	Aux.2	0,15	900	24,00	56	11,5	230	0,9	1,732	4,3478	1,25	5,4348	1,5	2,5
L2 C6 Extractor 2	Aux.2	0,10	900	16,60	56	11,5	230	0,9	1,732	4,3478	1,25	5,4348	1,5	2,5
L2 C6 Extractor 3	Aux.2	0,10	900	16,60	56	11,5	230	0,9	1,732	4,3478	1,25	5,4348	1,5	2,5
L3 C1 Toma de corriente I 16A	Aux.3	0,02	2944	1,00	56	11,5	230	0,8	1,732	16,0000	1,00	16,0000	1,5	2,5
L3 C2 Puente Grua 1	Aux.3	0,45	20000	5,00	56	20	400	0,86	1,732	33,5669	1,25	41,9586	1,5	16
L3 C3 Puente Grua 2	Aux.3	0,45	20000	5,00	56	20	400	0,86	1,732	33,5669	1,25	41,9586	1,5	16
L4 C1 Toma de corriente I 16A	Aux.4	0,02	2944	1,00	56	11,5	230	0,8	1,732	16,0000	1,00	16,0000	1,5	2,5
L4 C1 Toma de corriente I 16A	Aux.4	0,02	2944	1,00	56	11,5	230	0,8	1,732	16,0000	1,00	16,0000	1,5	2,5
L4 C2 Toma de corriente III 25A	Aux.4	0,06	13856	1,00	56	20	400	0,8	1,732	24,9993	1,00	24,9993	1,5	6
L4 C2 Toma de corriente III 25A	Aux.4	0,06	13856	1,00	56	20	400	0,8	1,732	24,9993	1,00	24,9993	1,5	6
L5 C1 Toma de corriente I 16A	Aux.5	0,02	2944	1,00	56	11,5	230	0,8	1,732	16,0000	1,00	16,0000	1,5	2,5
L5 C1 Toma de corriente I 16A	Aux.5	0,02	2944	1,00	56	11,5	230	0,8	1,732	16,0000	1,00	16,0000	1,5	2,5
L5 C2 Toma de corriente III 25A	Aux.5	0,06	13856	1,00	56	20	400	0,8	1,732	24,9993	1,00	24,9993	1,5	6
L5 C3 Toma de corriente III 32A	Aux.5	0,08	17736	1,00	56	20	400	0,8	1,732	31,9996	1,00	31,9996	1,5	10
L6 C1 P1 Toma de corriente Baños	Aux.6	0,43	2944	21,50	56	11,5	230	0,8	1,732	16,0000	1,00	16,0000	2,5	2,5
L6 C2 P1 Toma de corriente Uso General	Aux.6	0,28	2944	14,30	56	11,5	230	0,8	1,732	16,0000	1,00	16,0000	2,5	2,5
L6 C3 P1 Toma de corriente Informarica	Aux.6	0,17	2944	8,50	56	11,5	230	0,8	1,732	16,0000	1,00	16,0000	2,5	2,5
L6 C4 P1 Alumbrado 1	Aux.6	0,31	1742	26,00	56	11,5	230	0,9	1,732	8,4155	1,80	15,1478	1,5	2,5
L6 C5 P1 Alumbrado 2	Aux.7	0,27	1272	31	56	11,5	230	0,9	1,732	6,1449	1,80	11,0609	1,5	2,5
L6 C5 P1 Alumbrado emergencia	Aux.6	0,05	231	35,00	56	11,5	230	0,9	1,732	1,1159	1,80	2,0087	1,5	1,5
L6 C1 P2 Toma de corriente Baños	Aux.6	0,10	2944	5,00	56	11,5	230	0,8	1,732	16,0000	1,00	16,0000	2,5	2,5
L6 C2 P2 Toma de corriente Uso General	Aux.6	0,45	2944	22,80	56	11,5	230	0,8	1,732	16,0000	1,00	16,0000	2,5	2,5
L6 C3 P2 Toma de corriente Informatica	Aux.6	0,45	2944	22,80	56	11,5	230	0,8	1,732	16,0000	1,00	16,0000	2,5	2,5
L6 C4 P2 Alumbrado 1	Aux.6	0,26	1562	25,00	56	11,5	230	0,9	1,732	7,5459	1,80	13,5826	1,5	2,5



L6 C5 P2 Alumbrado 2	Aux.6	0,14	1008	21,00	56	11,5	230	0,9	1,732	4,8696	2,80	13,6348	1,5	2,5
L6 C6 P2 Alumbrado emergencia	Aux.6	0,01	173	5,00	56	11,5	230	0,9	1,732	0,8357	1,80	1,5043	1,5	1,5
L7 C1 Alumbrado1	Aux.7	0,35	2000	26,20	56	11,5	230	0,9	1,732	9,6618	1,80	17,3913	1,5	2,5
L7 C2 Alumbrado2	Aux.7	0,53	2000	38,90	56	11,5	230	0,9	1,732	9,6618	1,80	17,3913	1,5	2,5
L7 C3 Alumbrado3	Aux.7	0,66	2000	49,00	56	11,5	230	0,9	1,732	9,6618	1,80	17,3913	1,5	2,5
L7 C4 Alumbrado4	Aux.7	0,55	2000	41,00	56	11,5	230	0,9	1,732	9,6618	1,80	17,3913	1,5	2,5
L7 C5 Alumbrado5	Aux.7	0,39	1600	36,00	56	11,5	230	0,9	1,732	7,7295	1,80	13,9130	1,5	2,5
L7 C6 Alumbrado emergencia 1	Aux.7	0,02	88	26,00	56	11,5	230	0,9	1,732	0,4251	1,80	0,7652	1,5	1,5
L7 C7 Alumbrado emergencia 2	Aux.7	0,03	116	38,90	56	11,5	230	0,9	1,732	0,5604	1,80	1,0087	1,5	1,5
L7 C8 Alumbrado emergencia 3	Aux.7	0,03	96	49,00	56	11,5	230	0,9	1,732	0,4638	1,80	0,8348	1,5	1,5
L7 C9 Alumbrado emergencia 4	Aux.7	0,05	196	41,00	56	11,5	230	0,9	1,732	0,9469	1,80	1,7043	1,5	1,5
L7 C10 Alumbrado emergencia 5	Aux.7	0,04	152	36,00	56	11,5	230	0,9	1,732	0,7343	1,80	1,3217	1,5	1,5
L7 C11 Alumbrado exterior Del.	Aux.7	0,42	2000	30,90	56	11,5	230	0,9	1,732	9,6618	1,80	17,3913	2,5	2,5
L7 C12 Alumbrado exrerior Tras.	Aux.7	0,29	800	53,20	56	11,5	230	0,9	1,732	3,8647	1,80	6,9565	1,5	1,5
L7 C13 Alumbrado encendido rapido	Aux.7	0,01	348	5,00	56	11,5	230	0,9	1,732	1,6812	1,80	3,0261	1,5	1,5

2.3. Cálculo de las corrientes de cortocircuito

2.3.1. Introducción

El cálculo de la corriente de cortocircuito en diferentes puntos de una instalación tiene por objeto determinar el poder de corte del aparellaje de protección en los puntos considerados, estos puntos serán las entradas a los cuadros de distribución, ya que es aquí donde se colocarán las protecciones.

El poder de corte de las protecciones deberá ser igual o superior a la corriente de cortocircuito I_{cc} calculada para su valor máximo en ausencia del dispositivo de protección.

2.3.2. Método de cálculo

En el proceso de cálculo de las intensidades de cortocircuito se seguirá el método de las impedancias descrito en la memoria.

2.3.3. Cálculo de las protecciones magnetotermicas

Primero se calculará la impedancia aguas arriba de transformador.

La potencia de cortocircuito proporcionada por la red según la compañía suministradora (en este caso IBERDROLA), es $S_{cc} = 500\text{MVA}$.

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.

$Z_{Aparametna1}(j)$ = 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 (500000000 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}
$S_n \leq 630\text{KVA}$	4%
$630\text{KVA} \leq S_n \leq 800\text{KVA}$	4.5%
$800\text{KVA} \leq S_n \leq 1000\text{KVA}$	5%
$1000\text{KVA} \leq S_n \leq 1600\text{KVA}$	6%



S_n = Potencia del transformador (630000 VA).

n^o = Número de aparatos o protecciones.

ϕ = 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.

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. $t_{mcicc} \geq 0.1\ seg$

C_c = Coeficiente del conductor.

	C_c	
	PVC	XLPE/EPR
Cu	135	135
Al	57	57

$$I_{ccf} = I_{cc\ min}$$

ΔT_{cc} = Variación de la temperatura máxima que aguanta el aislamiento de funcionamiento nominal a cortocircuito.

	ΔT
PVC	90
XLPE	160

$$Z_{M.T.}(j) = \frac{u_{M.T.}^2}{S_{cc}} = \frac{13200^2}{500000000} = 0.3485j\Omega$$

Referimos a baja tensión

Cálculos

$$Z_{B.T.}(j) = Z_{M.T.}(j) \times \frac{u_{B.T.}^2}{u_{M.T.}^2} = 0.3485 \times \frac{400^2}{13200^2} = 0.0003j\Omega$$

$$Z_{Trafo}(j) = U_{cc} \times \frac{u_{B.T.}^2}{S_n} = \frac{4}{100} \times \frac{400^2}{630000} = 0.01j\Omega$$

$$Z_{Aparametna1}(j) = n^2 \times 0.00015 = 1 \times 0.00015 = 0,00015j\Omega$$

$$Z_{Acometida} = \phi \times \frac{L}{s} = 0,018 \times \frac{23.5}{185} = 0.0023\Omega$$

$$|Z_d| = \sqrt{(Z_{Líneas})^2 + (Z(j))^2} = \sqrt{(0,0023)^2 + (0,0003 + 0,01 + 0,00015)^2} = 0,011$$

$$I_{cc\ max} = \frac{c \times u_{B.T.}}{\sqrt{3} \times |Z_d|} = \frac{1 \times 400}{\sqrt{3} \times 0,011} = 20994.5A$$

El Poder de Corte del magneto térmico será de 25 KA.

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 los marcados (0,1 segundos).

Para este cálculo de la curva, se deben hallar las impedancias de las líneas a temperatura de cortocircuito:

$$Z_{Línea\ C.S.1.} = \phi \times \frac{L}{s} = 0,018 \times \frac{35.1}{6} = 0.1053\Omega$$

$$Z'_{Línea\ C.S.1.}(250^{\circ}) = Z_{Línea\ C.S.1.} \times (1 + \alpha \times \Delta T) = 0,1053 \times (1 + 0,004 \times 230) = 0.2022\Omega$$

$$Z'_{Acometida}(250^{\circ}) = Z_{Acometida} \times (1 + \alpha \times \Delta T) = 0,0003 \times (1 + 0,004 \times 230) = 0,0044\Omega$$

Se coge toda la aparamenta de la línea:

$$Z_{Aparamenta}(j) = n^2 \times 0.00015 = 3 \times 0,00015 = 0,00045j\Omega$$

$$Z_d = Z'_{Líneas} + Z(j) = 0.2066 + 0.0119j$$

$$Z_o = 3 \times Z'_{\text{Lineas}} + Z_{\text{Trafo}}(j) + 3 \times Z_{\text{Aparametna}}(j) = 0.6197 + 0.0124j$$

$$|2 \times Z_d + Z_o| = \sqrt{(0.2066 + 0.0119j)^2 + ((0.6197 + 0.0124j)j)^2}$$

$$= 1.033\Omega$$

$$I_{cc \min} = \frac{c \times u_{B.T.} \times \sqrt{3}}{|2 \times Z_d + Z_o|} = \frac{0,95 \times 400 \times \sqrt{3}}{1.033} = 636.8A$$

$$I_{ccF} = I_{cc \min} \geq 5 \times In = 315 \rightarrow \text{Curva B}$$

$$I_{ccF} = I_{cc \min} \geq 10 \times In = 630 \rightarrow \text{Curva C}$$

$$I_{ccF} = I_{cc \min} \geq 20 \times In = 1260 \rightarrow \text{Curva D y MA}$$

La curva elegida para el magnetotérmico será la C.

Se comprueba ahora que el tiempo que soporta el conductor la intensidad de cortocircuito es válido:

$$t_{mcicc} = \frac{C_c \times s^2 \times \Delta T_{cc}}{I_{ccf}^2} = \frac{135 \times 6^2 \times 90}{636.85^2} = 3,06 s > 0,1s \rightarrow \text{Válido}$$

2.3.5. Cálculo de las intensidades de cortocircuito en los cuadros auxiliares

Según la intensidad de cortocircuito elegiremos el poder de corte de los interruptores magnetotermicos. El poder de corte podrá variar según la marca utilizada, mientras que el valor sea superior.

A continuación, elegiremos el poder de corte de los magneto térmicos que hay que instalar:

Cuadro general de distribucion: CGD

RECEPTOR	CUADRO	Icc max	PdC (KA)	Calibre	Curva
L1 Cuadro Aux. 1	C.G.D.	13935,89	15	63	C
L2 Cuadro Aux. 2	C.G.D.	13935,89	15	160	C
L3 Cuadro Aux. 3	C.G.D.	13935,89	15	63	C
L4 Cuadro Aux. 4	C.G.D.	13935,89	15	40	C
L5 Cuadro Aux. 5	C.G.D.	13935,89	15	63	C
L6 Cuadro Oficinas	C.G.D.	13935,89	15	25	C
L7 Cuadro Alumbrado	C.G.D.	13935,89	15	25	C
L8 Horno 1	C.G.D.	13935,89	15	250	D
L9 Horno 2	C.G.D.	13935,89	15	250	D
L10 Toma de corriente I 16A	C.G.D.	13935,89	15	25	C
L12 Puerta corredera	C.G.D.	13935,89	15	16	D

Cuadro Auxiliar 1: Zona de almacenamiento

RECEPTOR	CUADRO	Icc max	PdC (KA)	Calibre	Curva
L1 C1 Toma de corriente I 16A	Aux.1	11777,96	15	25	C
L1 C1 Toma de corriente I 16A	Aux.1	11777,96	15	16	C
L1 C2 Toma de corriente III 25A	Aux.1	11777,96	15	25	C
L1 C2 Toma de corriente III 25A	Aux.1	11777,96	15	25	C
L1 C3 Sierra	Aux.1	11777,96	15	25	D
L1 C4 Taladro	Aux.1	11777,96	15	16	D
L1 C5 Maquina soldar	Aux.1	11777,96	15	32	D

Cuadro Auxiliar 2: Zona de almacenamiento

RECEPTOR	CUADRO	Icc max	PdC (KA)	Calibre	Curva
L2 C1 Toma de corriente I 16A	Aux.2	11777,96	15	16	C
L2 C1 Toma de corriente I 16A	Aux.2	11777,96	15	16	C
L2 C2 Toma de corriente III 25A	Aux.2	11469,75	15	25	C
L2 C3 Toma de corriente III 32A	Aux.2	11469,75	15	32	C
L2 C4 Maquina 6	Aux.2	11469,75	15	160	D
L2 C5 Maquina 7	Aux.2	11469,75	15	160	D
L2 C6 Extractor 1	Aux.2	11469,75	15	16	D
L2 C6 Extractor 2	Aux.2	11469,75	15	16	D
L2 C6 Extractor 3	Aux.2	11469,75	15	16	D

Cuadro Auxiliar 3: Zona de almacenamiento

RECEPTOR	CUADRO	Icc max	PdC (KA)	Calibre	Curva
L3 C1 Toma de corriente I 16A	Aux.3	11469,75	15	16	C
L3 C2 Puente Grua 1	Aux.3	11469,75	15	50	D
L3 C3 Puente Grua 2	Aux.3	11175,10	15	50	D

Cuadro Auxiliar 4: Zona de fundición

RECEPTOR	CUADRO	Icc max	PdC (KA)	Calibre	Curva
L4 C1 Toma de corriente I 16A	Aux.4	11175,10	15	16	C
L4 C1 Toma de corriente I 16A	Aux.4	11175,10	15	16	C
L4 C2 Toma de corriente III 25A	Aux.4	11175,10	15	25	C
L4 C2 Toma de corriente III 25A	Aux.4	11175,10	15	25	C

Cuadro Auxiliar 5: Zona de descarga

RECEPTOR	CUADRO	Icc max	PdC (KA)	Calibre	Curva
L5 C1 Toma de corriente I 16A	Aux.5	11175,10	15	16	C
L5 C1 Toma de corriente I 16A	Aux.5	11175,10	15	16	C
L5 C2 Toma de corriente III 25A	Aux.5	11175,10	15	25	C
L5 C3 Toma de corriente III 32A	Aux.5	11175,10	15	32	C

Cuadro oficinas

RECEPTOR	CUADRO	Icc max	PdC (KA)	Calibre	Curva
L6 C1 P1 Toma de corriente Baños	Aux.6	10893,32	15	16	C
L6 C2 P1 Toma de corriente Uso General	Aux.6	10893,32	15	16	C
L6 C3 P1 Toma de corriente Informarica	Aux.6	10893,32	15	16	C
L6 C4 P1 Alumbrado 1	Aux.6	10893,32	15	16	C
L6 C5 P1 Alumbrado 2	Aux.7	10893,32	15	16	C
L6 C5 P1 Alumbrado emergencia	Aux.6	10893,32	15	6	C
L6 C1 P2 Toma de corriente Baños	Aux.6	10893,32	15	16	C
L6 C2 P2 Toma de corriente Uso General	Aux.6	10893,32	15	16	C
L6 C3 P2 Toma de corriente Informatica	Aux.6	10893,32	15	16	C
L6 C4 P2 Alumbrado 1	Aux.6	10623,73	15	16	C
L6 C5 P2 Alumbrado 2	Aux.6	10623,73	15	16	C
L6 C6 P2 Alumbrado emergencia	Aux.6	10623,73	15	6	C

Cuadro alumbrado

RECEPTOR	CUADRO	Icc max	PdC (KA)	Calibre	Curva
L7 C1 Alumbrado1	Aux.7	10623,73	15	16	C
L7 C2 Alumbrado2	Aux.7	10623,73	15	16	C
L7 C3 Alumbrado3	Aux.7	10623,73	15	16	C
L7 C4 Alumbrado4	Aux.7	10623,73	15	16	C
L7 C5 Alumbrado5	Aux.7	10623,73	15	16	C
L7 C7 Alumbrado emergencia 1	Aux.7	10623,73	15	6	C
L7 C8 Alumbrado emergencia 2	Aux.7	10365,69	15	6	C
L7 C9 Alumbrado emergencia 3	Aux.7	10365,69	15	6	C
L7 C10 Alumbrado emergencia 4	Aux.7	10365,69	15	6	C
L7 C11 Alumbrado emergencia 5	Aux.7	10365,69	15	6	C
L7 C10 Alumbrado exterior Del.	Aux.7	10365,69	15	6	C
L7 C11 Alumbrado exrerior Tras.	Aux.7	10365,69	15	10	C
L7 C12 Alumbrado encendido rapido	Aux.7	10365,69	15	6	C

2.4. Instalación de puesta a tierra

2.4.1. Resistencia del electrodo

Como se explica en la memoria, la diferencia de tensión entre masa y tierra no debe ser nunca superior a 24 voltios en lugares húmedos o de 50 voltios en lugares secos.

De los dos valores se cogerá el de 50 voltios, ya que se trata de una nave con ambiente seco y será por esto por lo que se toman las siguientes medidas para dicho fin:

Datos de partida:

- Resistividad del terreno:
Según la tabla de la ITC BT 18, tabla 3, margas y arcillas compactas: 200 Ω m.
- Tensión máxima de contacto 50 V (local seco).
- Corriente de disparo del interruptor diferencial: 500 mA (baja sensibilidad).
- El valor máximo de la resistencia de tierra deberá ser:

$$R \leq \frac{V_c}{I_s} = 100 \Omega$$

2.4.2. Características del electrodo

La toma de tierra está formada por 4 picas de acero recubiertas de cobre de 14 mm de diámetro y 2 metros de longitud, situadas una en cada esquina de la nave, y unidas por medio de un conductor de cobre desnudo de 50 mm² de sección. Esta irá unida al mallazo metálico de cimentación por medio de soldaduras aluminotermias, formando así una superficie equipotencial a lo largo de toda la nave.

Se calculará a continuación la resistencia de la puesta a tierra. Para ello se utilizarán las siguientes expresiones.

$$R_p = \frac{\rho}{L_1} \quad R_{pt} = n \times R_p$$

R_p = Resistencia de una pica.

R_{pt} = Resistencia de las picas usadas.

n = Número de picas.

ρ = Resistividad del terreno ($\Omega \times m$).

L_1 = Longitud de pica (m).

La resistencia a tierra de una pica, según la tabla 5 de la instrucción ITC BT 18, viene dada por la expresión:

$$R_p = \frac{\rho}{L_1} = \frac{200}{2} = 100 \Omega$$

La resistencia de las picas utilizadas será:

$$R_{pt} = n \times R_p = 4 \times 100 = 400 \Omega$$

La resistencia del conductor que las une, según la tabla 5 de la instrucción ITC BT 18, será:

$$R_c = 2 \cdot \frac{\rho}{L} = 2 \cdot \frac{200}{161.5} = 2,4 \Omega$$

La resistencia total de tierra se calculará mediante el paralelo entre la resistencia de las picas y la del cable:

$$\frac{1}{R_a} = \frac{1}{R_{pt}} + \frac{1}{R_c} = \frac{1}{1000} + \frac{1}{2,4} = 2,39 \Omega$$

$$R_a = 2,39 \Omega$$

Una vez calculada la resistencia de tierra hay que comprobar si se cumple el reglamento:

$$U_c = R_a \times I_a = 2,39 \times 0,03 = 0,071V < 50V \rightarrow \text{Se cumple el reglamento.}$$

Por tanto se puede decir que la instalación de puesta a tierra es adecuada para proteger eficazmente a las personas

2.5. Cálculos de la compensación del factor de potencia

2.5.1. Cálculo de la batería de condensadores

Calculamos la potencia activa y aparente de la instalación, para hallar el promedio del $\cos \varphi$.

Siendo:

Q_b : potencia reactiva capacitiva de la batería.

Q : potencia reactiva original de la instalación.

Q' : potencia reactiva absorbida del exterior por la instalación después de la compensación.

φ : ángulo del factor de potencia de la instalación antes de la corrección.

φ' : ángulo del factor de potencia de la instalación después de la corrección.

$$P \text{ total} = 621243 \text{ W.}$$

$$S \text{ total} = 741748 \text{ VA.}$$

Con estos datos:

$$\cos \varphi \text{ medio} = P \text{ total} / S \text{ total} = 0.85$$

$$\varphi = 31.7$$

Por lo tanto, la potencia reactiva consumida será:

$$Q = P \times \operatorname{tg} \varphi = 383687 \text{ VAr.}$$

Queremos obtener $\cos \varphi' = 0,95$:

$$Q' = P \times \operatorname{tg} \varphi' = 133554.4 \text{ VAr.}$$

Por lo que la potencia a compensar sería:

$$Q_b = Q - Q' = 250132.6 \text{ VAr}$$

Esta potencia será la que tenga que suministrar la batería de condensadores, puesto que se ha elegido compensación automática. Se elegirá una batería de

condensadores que pueda llegar a suministrar una energía reactiva mayor de 250132.6 VAr.

El equipo seleccionado para la corrección automática del factor de potencia es una batería de condensadores de 275 kVAr M27540 de Legrand 400V, que se colocará en el lado del Cuadro General de BT.

2.5.2. Cálculo del conductor de unión de la batería

Aplicando la fórmula de la potencia se halla la intensidad:

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

Siendo:

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

$V = 400 \text{ V}$

$Q =$ potencia de la batería de condensadores (275 KVA).

Sustituyendo y despejando $I_n = 396.9 \text{ A}$

La sección necesaria para esta intensidad, según el criterio térmico será 150 mm^2 , con aislamiento de 0,6/ 1 kV de XLPE.

2.5.3. Cálculo de la protección de la batería

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

$$I_n = 396.9 \text{ A}$$

La intensidad de cortocircuito será la de la entrada al C.G.D.

$$I_{cc} = 16,7 \text{ KA}$$

Se elige un interruptor magnetotérmico marca Legrand, poder de corte 25 KA, 400 A.

2.6. Cálculo del centro de transformación

2.6.1. Intensidad de media tensión

La intensidad primaria en un transformador trifásico viene dada por la expresión:

$$I_p = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_p}$$

Donde:

P	potencia del transformador [kVA]
U_p	tensión primaria [kV]
I_p	intensidad primaria [A]

En el caso que nos ocupa, la tensión primaria de alimentación es de 13,2 kV.

Para el único transformador de este Centro de Transformador, la potencia es de 630 kVA.

$$\cdot I_p = 27,6 \text{ A}$$

2.6.2. Intensidad de baja tensión

Para el único transformador de este Centro de Transformador, la potencia es de 630 kVA, y la tensión secundaria es de 420 V en vacío.

La intensidad secundaria en un transformador trifásico viene dada por la expresión:

$$I_s = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_s}$$

Donde:

P	potencia del transformador [kVA]
U_s	tensión en el secundario [kV]
I_s	intensidad en el secundario [A]

La intensidad en las salidas de 420 V en vacío puede alcanzar el valor

$$I_s = 866 \text{ A.}$$

2.6.3. Cortocircuitos

Cálculos

Para el cálculo de las intensidades que origina un cortocircuito. Se tendrá en cuenta la potencia de cortocircuito de la red de MT, valor especificado por la compañía eléctrica, 500MVA.

2.6.3.1. Cálculo de las intensidades de cortocircuito

Para el cálculo de la corriente de cortocircuito en la instalación, se utiliza la expresión:

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

Donde:

S_{cc}	potencia de cortocircuito de la red [MVA]
U_p	tensión de servicio [kV]
I_{ccp}	corriente de cortocircuito [kA]

Para los cortocircuitos secundarios, se va a considerar que la potencia de cortocircuito disponible es la teórica de los transformadores de MT-BT, siendo por ello más conservadores que en las consideraciones reales.

La corriente de cortocircuito del secundario de un transformador trifásico, viene dada por la expresión:

$$I_{ccs} = \frac{100 \cdot P}{\sqrt{3} \cdot E_{cc} \cdot U_s}$$

Donde:

P	potencia de transformador [kVA]
E_{cc}	tensión de cortocircuito del transformador [%]
U_s	tensión en el secundario [V]
I_{ccs}	corriente de cortocircuito [kA]

2.6.3.2. Cortocircuito en el lado de Media Tensión

Utilizando la expresión anterior, en el que la potencia de cortocircuito es de 500 MVA y la tensión de servicio 13,2 kV, la intensidad de cortocircuito es:

$$* I_{ccp} = 21.8 \text{ kA}$$

2.6.3.3. Cortocircuito en el lado de Baja Tensión

Para el único transformador de este Centro de Transformación, la potencia es de 630 kVA, la tensión porcentual del cortocircuito del 4%, y la tensión secundaria es de 420 V en vacío

La intensidad de cortocircuito en el lado de BT con 420 V en vacío será, según la fórmula anterior:

$$I_{ccs} = 21,7 \text{ kA}$$

2.6.4. Selección del fusible de media tensión

Los transformadores están protegidos tanto en MT como en BT. En MT la protección la efectúan las celdas asociadas a esos transformadores, mientras que en BT la protección se incorpora en los cuadros de las líneas de salida.

Transformador

La protección en MT de este transformador se realiza utilizando una celda de interruptor con fusibles, siendo éstos los que efectúan la protección ante eventuales cortocircuitos.

Estos fusibles realizan su función de protección de forma ultrarrápida (de tiempos inferiores a los de los interruptores automáticos), ya que su fusión evita incluso el paso del máximo de las corrientes de cortocircuitos por toda la instalación.

Los fusibles se seleccionan para:

- Permitir el funcionamiento continuado a la intensidad nominal, requerida para esta aplicación.
- No producir disparos durante el arranque en vacío de los transformadores, tiempo en el que la intensidad es muy superior a la nominal y de una duración intermedia.
- No producir disparos cuando se producen corrientes de entre 10 y 20 veces la nominal, siempre que su duración sea inferior a 0,1 s, evitando así que los fenómenos transitorios provoquen interrupciones del suministro.

Sin embargo, los fusibles no constituyen una protección suficiente contra las sobrecargas, que tendrán que ser evitadas incluyendo un relé de protección de transformador, o si no es posible, una protección térmica del transformador.

Cálculos

66

La intensidad nominal de estos fusibles es de 63 A.

- Protecciones en BT

Las salidas de BT cuentan con fusibles en todas las salidas, con una intensidad nominal igual al valor de la intensidad nominal exigida a esa salida y un poder de corte como mínimo igual a la corriente de cortocircuito correspondiente, según lo calculado en el apartado 2.6.3.3.

2.6.5. Dimensionado de los puentes de MT

Los cables que se utilizan en esta instalación, descritos en la memoria, deberán ser capaces de soportar los parámetros de la red.

Transformador

La intensidad nominal demandada por este transformador es igual a 27,6 A que es inferior al valor máximo admisible por el cable.

Este valor es de 150 A para un cable de sección de 50 mm² de Al según el fabricante.

2.6.6. Dimensionado de la ventilación del Centro de Transformación

Se considera de interés la realización de ensayos de homologación de los Centros de Transformación.

El edificio empleado en esta aplicación ha sido homologado según los protocolos obtenidos en laboratorio Labein (Vizcaya - España):

- 9901B024-BE-LE-05, para ventilación de transformador de potencia hasta 630 kVA en el miniSUB-H.

2.6.7. Dimensionado del pozo apagafuegos

Se dispone de un foso de recogida de aceite de 400 l de capacidad por cada transformador cubierto de grava para la absorción del fluido y para prevenir el vertido del mismo hacia el exterior y minimizar el daño en caso de fuego.

2.6.8. Cálculo de las instalaciones de puesta a tierra

Según la investigación previa del terreno donde se instalará este Centro de Transformación, se determina la resistividad media en 150 Ohm·m.

2.6.8.1. Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y del tiempo máximo correspondiente a la eliminación del defecto.

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.

2.6.8.2. Cálculo de la resistencia del sistema de tierra

Características de la red de alimentación:

- Tensión de servicio: $U_r = 13,2 \text{ kV}$

Puesta a tierra del neutro:

- Limitación de la intensidad a tierra $I_{dm} = 1000 \text{ A}$

Nivel de aislamiento de las instalaciones de BT:

* $V_{bt} = 6000 \text{ V}$

Características del terreno:

- Resistencia de tierra $R_o = 150 \text{ Ohm}\cdot\text{m}$

- Resistencia del hormigón $R'o = 3000 \text{ Ohm}$

La resistencia máxima de la puesta a tierra de protección del edificio, y la intensidad del defecto salen de:

$$I_d \cdot R_t \leq V_{bt}$$

Donde:

I_d intensidad de falta a tierra [A]



R_t resistencia total de puesta a tierra [Ohm]
 V_{bt} tensión de aislamiento en baja tensión [V]

La intensidad del defecto se calcula de la siguiente forma:

$$I_d = I_{dm}$$

Donde:

I_{dm} limitación de la intensidad de falta a tierra [A]
 I_d intensidad de falta a tierra [A]

Operando en este caso, el resultado preliminar obtenido es:

* $I_d = 1000 \text{ A}$

La resistencia total de puesta a tierra preliminar:

* $R_t = 6 \text{ Ohm}$

Se selecciona el electrodo tipo (de entre los incluidos en las tablas, y de aplicación en este caso concreto, según las condiciones del sistema de tierras) que cumple el requisito de tener una K_r más cercana inferior o igual a la calculada para este caso y para este centro.

Valor unitario de resistencia de puesta a tierra del electrodo:

$$K_r \leq \frac{R_t}{R_o}$$

Donde:

R_t resistencia total de puesta a tierra [Ohm]
 R_o resistividad del terreno en [Ohm·m]
 K_r coeficiente del electrodo

- Centro de Transformación

Para nuestro caso particular, y según los valores antes indicados:

- $K_r \leq 0,04$

La configuración adecuada para este caso tiene las siguientes propiedades:

- Configuración seleccionada: 50-50/8/88

- Geometría del sistema: Anillo rectangular
- Distancia de la red: 5.0x5.0 m
- Profundidad del electrodo horizontal: 0,8 m
- Número de picas: ocho
- Longitud de las picas: 8 metros

Parámetros característicos del electrodo:

- De la resistencia $K_r = 0,04$
- De la tensión de paso $K_p = 0,0055$
- De la tensión de contacto $K_c = 0,012$

Medidas de seguridad adicionales para evitar tensiones de contacto.

Para que no aparezcan tensiones de contacto exteriores ni interiores, se adaptan las siguientes medidas de seguridad:

- Las puertas y rejillas metálicas que dan al exterior del Edificio/s no tendrán contacto eléctrico con masas conductoras susceptibles de quedar a tensión debido a defectos o averías.
- En el piso del Centro de Transformación se instalará un mallazo cubierto por una capa de hormigón de 10 cm, conectado a la puesta a tierra del mismo.
- En el caso de instalar las picas en hilera, se dispondrán alineadas con el frente del edificio.

El valor real de la resistencia de puesta a tierra del edificio será:

$$R'_t = K_r \cdot R_o$$

Donde:

- K_r coeficiente del electrodo
- R_o resistividad del terreno en [Ohm·m]
- R'_t resistencia total de puesta a tierra [Ohm]

Por lo que para el Centro de Transformación:

* $R'_t = 6 \text{ Ohm}$

Y la intensidad de defecto real, tal y como indica la fórmula

* $I'_d = 1000 \text{ A}$

2.6.8.3. Cálculo de las tensiones de paso en el interior de la instalación

Adoptando las medidas de seguridad adicionales, no es preciso calcular las tensiones de paso y contacto en el interior en los edificios de maniobra interior, ya que éstas son prácticamente nulas.

La tensión de defecto vendrá dada por:

$$V'_d = R'_t \cdot I'_d$$

Donde:

R'_t	resistencia total de puesta a tierra [Ohm]
I'_d	intensidad de defecto [A]
V'_d	tensión de defecto [V]

Por lo que en el Centro de Transformación:

* $V'_d = 6000 \text{ V}$

La tensión de paso en el acceso será igual al valor de la tensión máxima de contacto siempre que se disponga de una malla equipotencial conectada al electrodo de tierra según la fórmula:

$$V'_c = K_c \cdot R_o \cdot I'_d$$

Donde:

K_c	coeficiente
R_o	resistividad del terreno en [Ohm·m]
I'_d	intensidad de defecto [A]
V'_c	tensión de paso en el acceso [V]

Por lo que tendremos en el Centro de Transformación:

* $V'_c = 1800 \text{ V}$

2.6.8.4. Cálculo de las tensiones de paso en el exterior de la instalación

Adoptando las medidas de seguridad adicionales, no es preciso calcular las tensiones de contacto en el exterior de la instalación, ya que éstas serán prácticamente nulas.

Tensión de paso en el exterior:

$$V'_p = K_p \cdot R_o \cdot I'_d$$

Donde:

K_p	coeficiente
R_o	resistividad del terreno en [Ohm·m]
I'_d	intensidad de defecto [A]
V'_p	tensión de paso en el exterior [V]

Por lo que, para este caso:

$$- V'_p = 825 \text{ V en el Centro de Transformación}$$

2.6.8.5. Cálculo de las tensiones aplicadas

- Centro de Transformación

Los valores admisibles son para una duración total de la falta igual a:

$$* t = 0,7 \text{ seg}$$

$$* K = 72$$

$$* n = 1$$

Tensión de paso en el exterior:

$$V_p = \frac{10 \cdot K}{t^n} \cdot \left(1 + \frac{6 \cdot R_o}{1000} \right)$$

Donde:

K	coeficiente
t	tiempo total de duración de la falta [s]
n	coeficiente
R_o	resistividad del terreno en [Ohm·m]

V_p tensión admisible de paso en el exterior [V]

Por lo que, para este caso

$$* V_p = 1954,29 \text{ V}$$

La tensión de paso en el acceso al edificio:

$$V_{p(acc)} = \frac{10 \cdot K}{t^n} \cdot \left(1 + \frac{3 \cdot R_o + 3 \cdot R'_o}{1000} \right) \quad (2.9.7.b)$$

Donde:

K	coeficiente
t	tiempo total de duración de la falta [s]
n	coeficiente
R_o	resistividad del terreno en [Ohm·m]
R'_o	resistividad del hormigón en [Ohm·m]
$V_{p(acc)}$	tensión admisible de paso en el acceso [V]

Por lo que, para este caso

$$* V_{p(acc)} = 10748,57 \text{ V}$$

Comprobamos ahora que los valores calculados para el caso de este Centro de Transformación son inferiores a los valores admisibles:

Tensión de paso en el exterior del centro:

$$* V'_p = 825 \text{ V} < V_p = 1954,29 \text{ V}$$

Tensión de paso en el acceso al centro:

$$* V'_{p(acc)} = 1800 \text{ V} < V_{p(acc)} = 10748,57 \text{ V}$$

Tensión de defecto:

$$* V'd = 6000 \text{ V} < V_{bt} = 6000 \text{ V}$$

Intensidad de defecto:

$$* I_a = 50 \text{ A} < I_d = 1000 \text{ A} < I_{dm} = 1000 \text{ A}$$

2.6.9. Investigación de las tensiones transferibles al exterior

Para garantizar que el sistema de tierras de protección no transfiera tensiones al sistema de tierra de servicio, evitando así que afecten a los usuarios, debe establecerse una separación entre los electrodos más próximos de ambos sistemas, siempre que la tensión de defecto supere los 1000V.

En este caso es imprescindible mantener esta separación, al ser la tensión de defecto superior a los 1000 V indicados.

La distancia mínima de separación entre los sistemas de tierras viene dada por la expresión:

$$D = \frac{R_o \cdot I'_d}{2000 \cdot \pi}$$

Donde:

R_o	resistividad del terreno en [Ohm·m]
I'_d	intensidad de defecto [A]
D	distancia mínima de separación [m]

Para este Centro de Transformación:

* $D = 23,87 \text{ m}$

Se conectará a este sistema de tierras de servicio 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 del sistema de tierras de servicio son las siguientes:

* Identificación:	5/22 (según método UNESA)
* Geometría:	Picas alineadas
* Número de picas:	dos
* Longitud entre picas:	2 metros
* Profundidad de las picas:	0,5 m

Los parámetros según esta configuración de tierras son:

* $K_r = 0,201$
* $K_c = 0,0392$

El criterio de selección de la tierra de servicio es no ocasionar en el electrodo una tensión superior a 24 V cuando existe un defecto a tierra en una instalación de BT protegida contra contactos indirectos por un diferencial de 300 mA. Para ello la resistencia de puesta a tierra de servicio debe ser inferior a 37 Ohm.

Cálculos

$$R_{tserv} = K_r \cdot R_o = 0,201 \cdot 150 = 30,15 < 37 \text{ Ohm}$$

Aunque el cálculo anterior es correcto, modificaremos la tierra de servicio, cogiendo otra configuración, ya que la resistencia de la tierra está entre 150-200. Para garantizar una puesta de servicio correcta, optamos por la configuración;

$$K_r = 0,135$$

$$K_c = 0,0252$$

$$R_{tserv} = K_r \cdot R_o = 0,135 \cdot 200 = 27 < 37 \text{ Ohm}$$

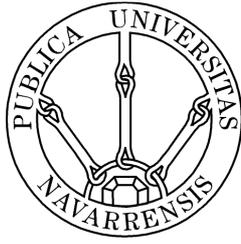
Para mantener los sistemas de puesta a tierra de protección y de servicio independientes, la puesta a tierra del neutro se realizará con cable aislado de 0,6/1 kV, protegido con tubo de PVC de grado de protección 7 como mínimo, contra daños mecánicos.

2.6.10. Corrección y ajuste del diseño inicial

Según el proceso de justificación del electrodo de puesta a tierra seleccionado, no se considera necesaria la corrección del sistema proyectado.

No obstante, se puede ejecutar cualquier configuración con características de protección mejores que las calculadas, es decir, atendiendo a las tablas adjuntas al Método de Cálculo de Tierras de UNESA, con valores de "K_r" inferiores a los calculados, sin necesidad de repetir los cálculos, independientemente de que se cambie la profundidad de enterramiento, geometría de la red de tierra de protección, dimensiones, número de picas o longitud de éstas, ya que los valores de tensión serán inferiores a los calculados en este caso.

Fdo.: Javier Mendinueta Igoa
Pamplona, Septiembre de 2011



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación :

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BAJA TENSION DE NAVE
INDUSTRIAL Y CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

DOCUMENTO N°3. Planos.

Javier Mendinueta Igoa

Javier Fernández Militino

Pamplona, 2 de Septiembre de 2011

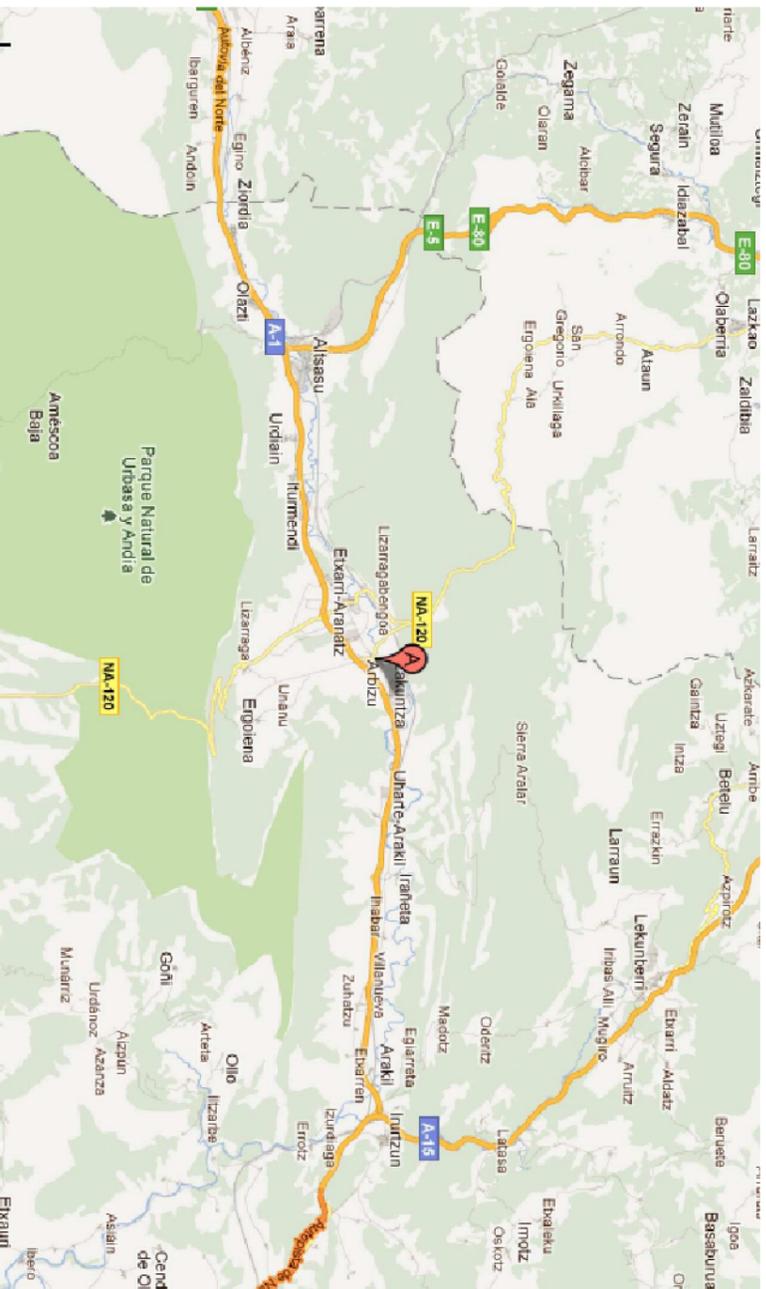


PLANOS

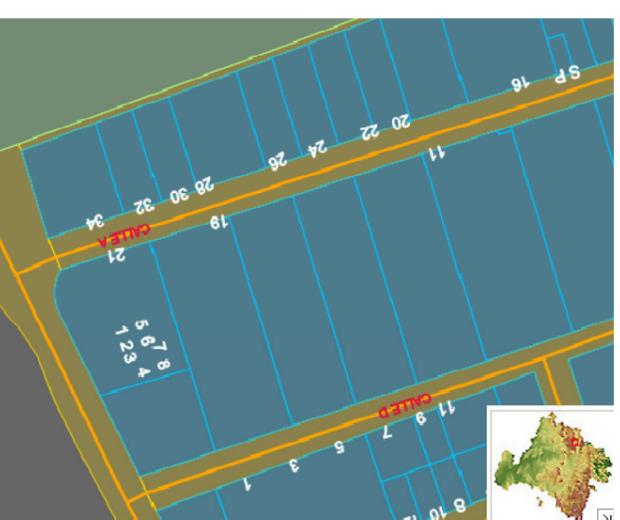
INDICE

3.1. PLANOS	PÁGINA
1. Situación y emplazamiento	2
2. Distribución de la nave industrial	3
3. Distribución de Cuadros y máquinas	4
4. Alumbrado de la nave, Al. emergencias y Tomas de corriente	5
5. Alumbrado oficinas	6
6. Alumbrado de emergencia y tomas de corriente de oficinas	7
7. Canalizaciones bandeja y puesta a tierra	8
8. Centro de transformación	9
9. Puesta a tierra del centro de transformación	10
10. Unifilar del centro de transformación	11
11. Unifilar C.G.D.	12
12. Unifilar cuadro auxiliar 1	13
13. Unifilar cuadro auxiliar 2	14
14. Unifilar cuadro auxiliar 3	15
15. Unifilar cuadro auxiliar 4	16
16. Unifilar cuadro auxiliar 5	17
17. Unifilar cuadro alumbrado nave	18
18. Unifilar cuadro oficinas	19

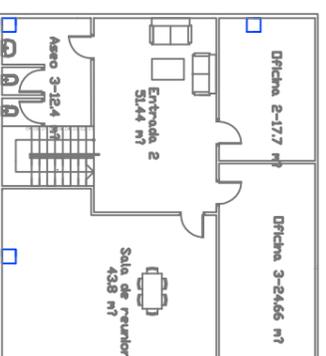
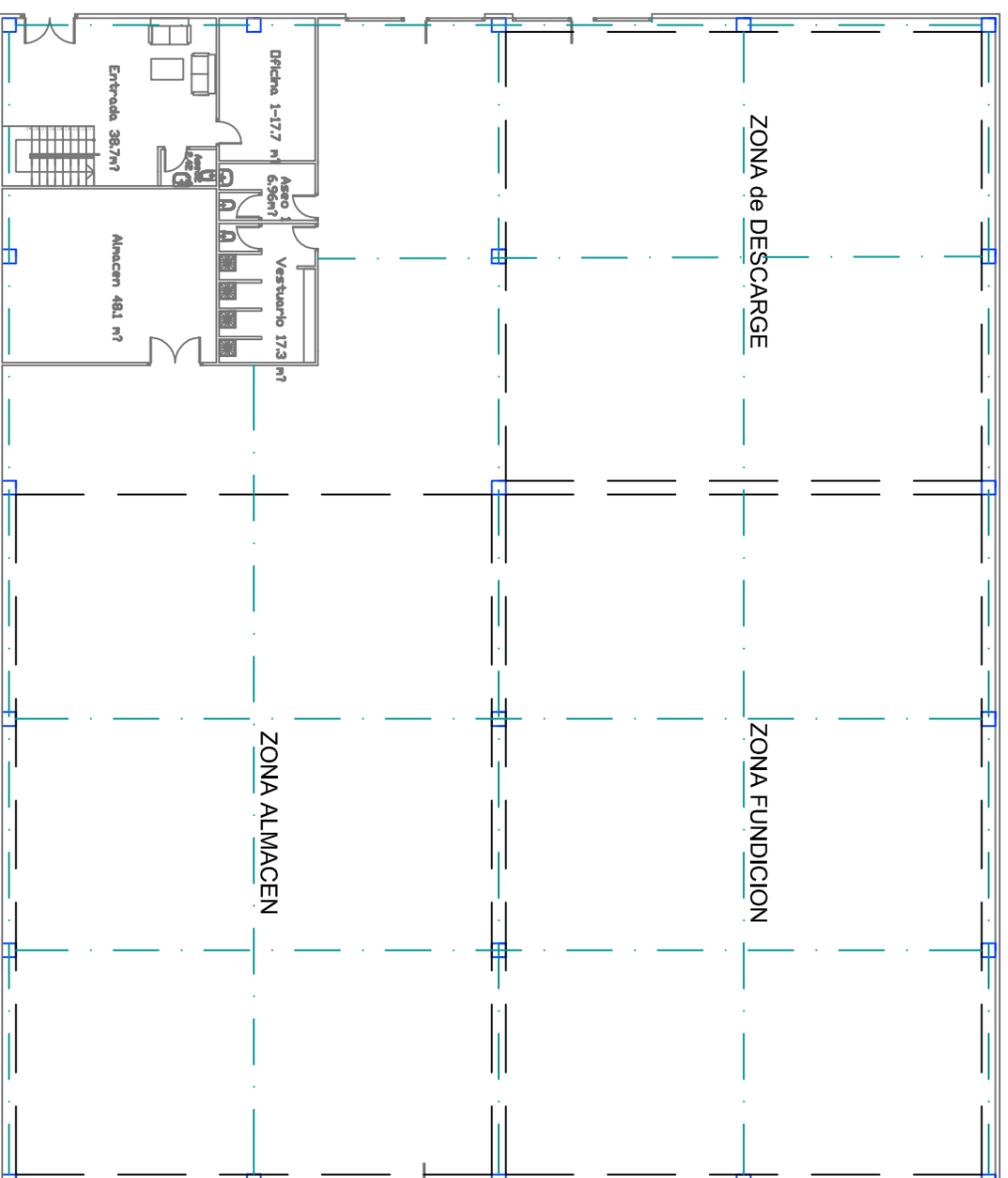
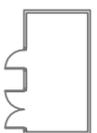
SITUACION: ARBIZU (NAVARRA)



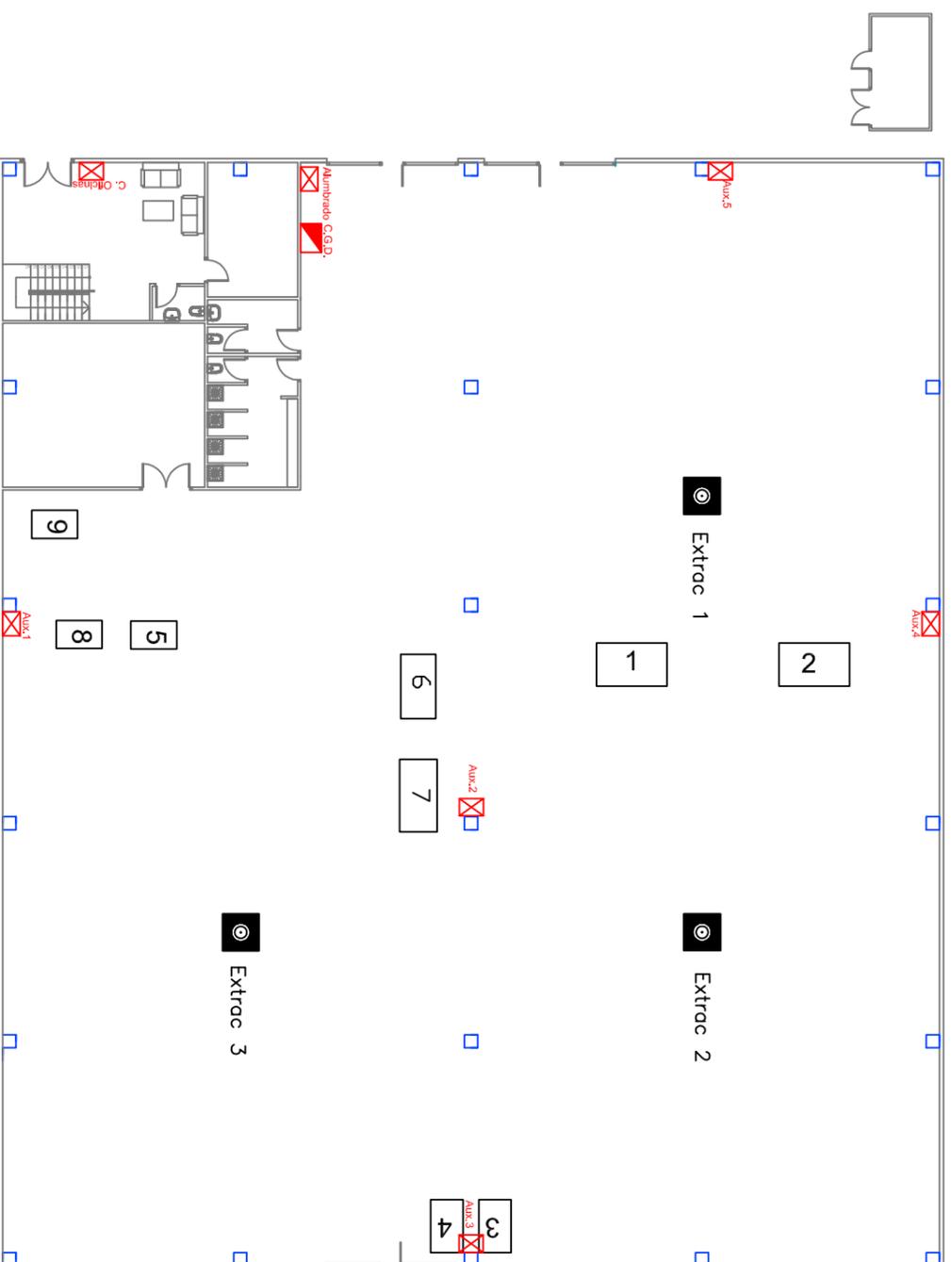
POLIGONO INDUSTRIAL UTZUBAR,
PARCELA N° 28



 Universidad Pública de Navarra Naturerako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T. INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL		
	PROYECTO: INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B. T. DE NAVE INDUSTRIAL Y CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	REALIZADO: MENDINUETA IGOA, JAVIER		
PLANO: SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO	FIRMA:	FECHA: 02-09-11	ESCALA: S/E	Nº PLANO: 1



 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T.	DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL	
	INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.		REALIZADO: MENDINUETA IGOA, JAVIER
PROYECTO: INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B. T. DE NAVE INDUSTRIAL Y CENTRO DE TRANSFORMACIÓN		FIRMA:	
PLANO: DISTRIBUCION DE LA NAVE	FECHA: 02-09-11	ESCALA: 1/200	Nº PLANO: 2



LEYENDA:

-  CUADRO GENERAL DE DISTRIBUCIÓN
-  CUADRO AUXILIAR
-  MAQUINA
- 1 : HORNO 100KW, cos fi= 0,85
- 2 : HORNO 100KW, cos fi= 0,85
- 3 : PUENTE GRUA 20KW, cos fi= 0,86
- 4 : PUENTE GRUA 20KW, cos fi= 0,86
- 5 : SIERRA 5KW, cos fi= 0,86
- 6, 7 : TORNO 35KW, cos fi= 0,86
- 8 : TALADRO 3.3KW, cos fi= 0,86
- 9 : MAQUINA SOLDAR 6.6KW, cos fi= 0,85
- EXTRACTOR 0.9KW, cos fi=0.9



E.T.S.I.I.T.
INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.

DEPARTAMENTO:
DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL

PROYECTO:
INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. DE NAVE INDUSTRIAL Y CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

REALIZADO:
MENDINUETA IGOA, JAVIER

PLANO:

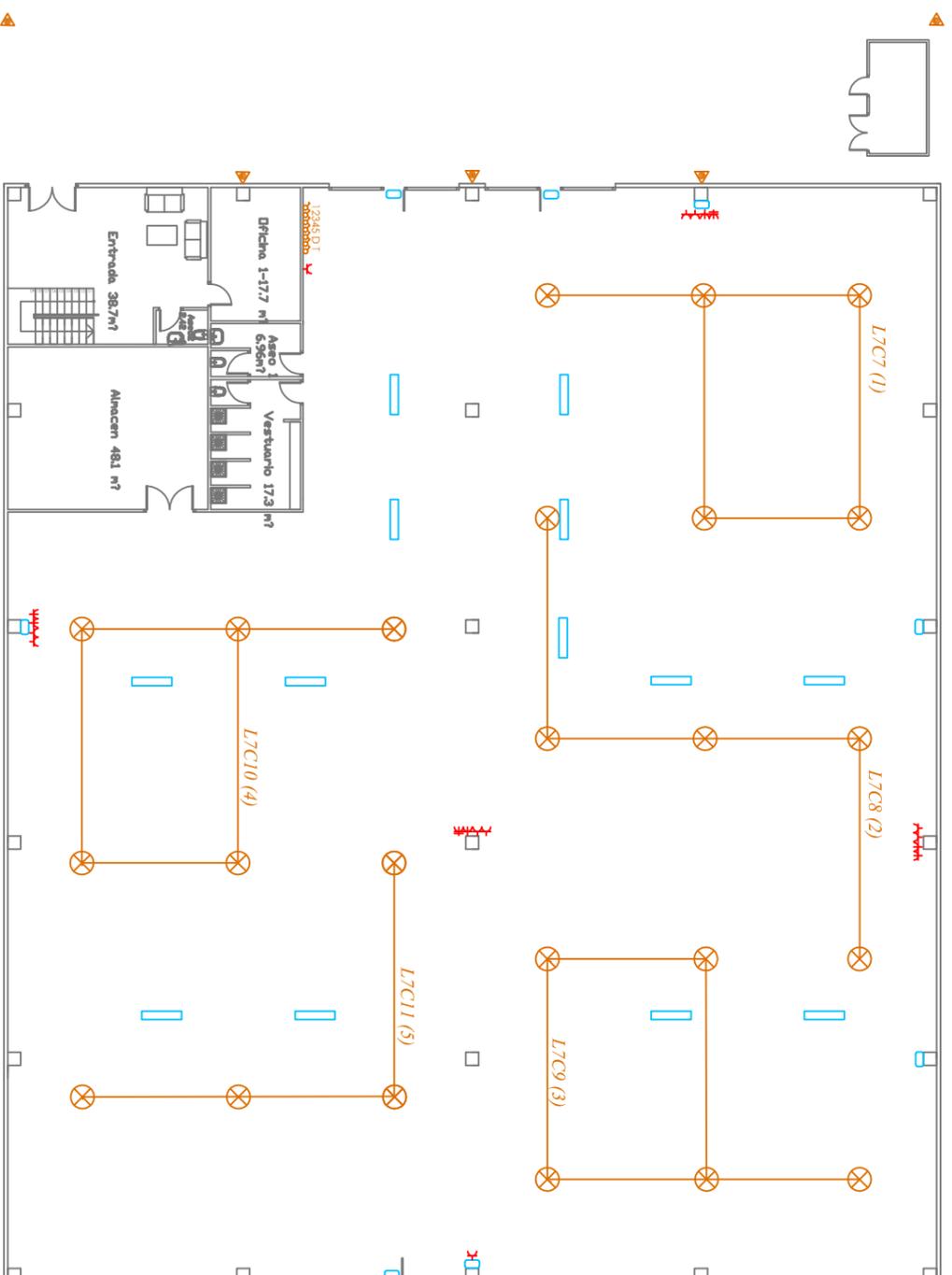
CUADROS Y MAQUINAS

FECHA:
02-09-11

ESCALA:
1/200

Nº PLANO:
3

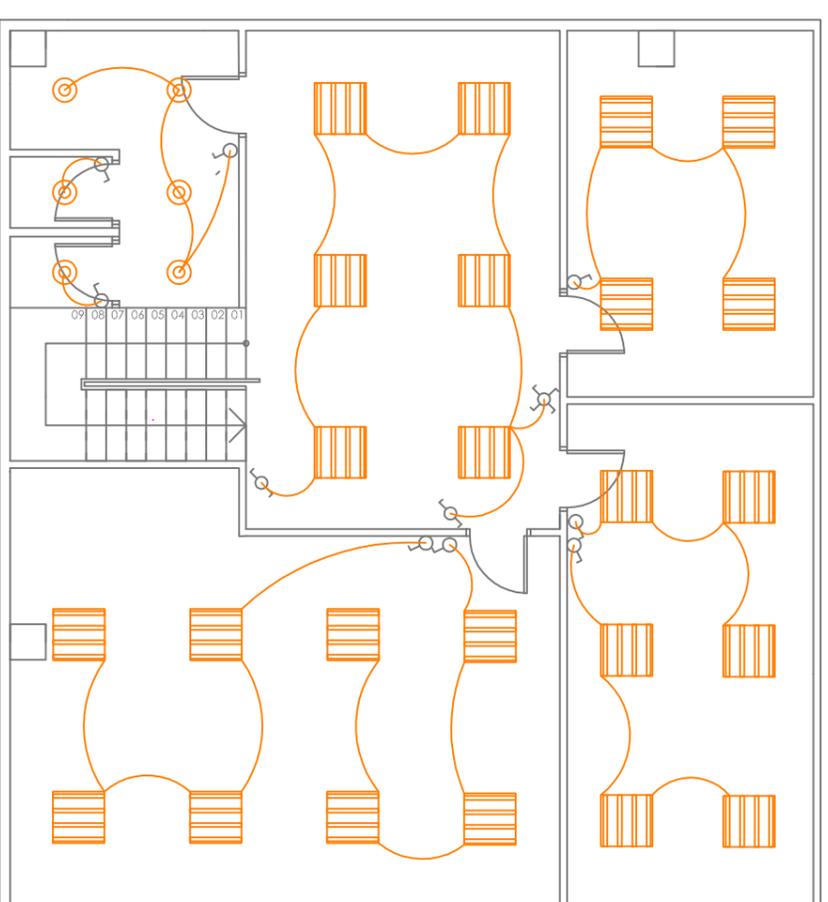
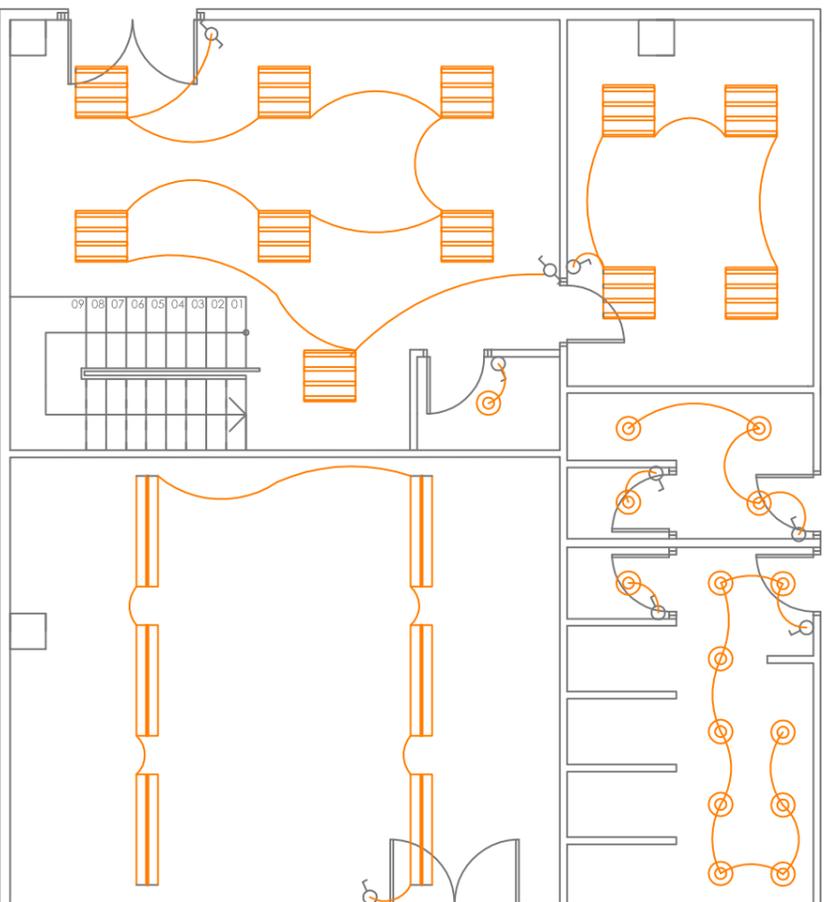




LEYENDA:

- ⊗ Luminaria Philips 4ME550 P-MB 1xSON400W +9ME100 R D550 suspendido a 1,2 metros del techo
- ▲ Luminaria Philips MWF 330 1xHPI-TP 400 W S colocado a 5 metros de altura
- Luminaria de emergencia Daisalux Hydra FL 8w/200 lumenes colocado a 3 metros de altura
- ▭ Luminaria de Emergencia Daisalux Pantallas fluorescentes estancas
- ⚡ Interruptor
- ⚡ Toma de corriente monofásico de 16 A.
- ⚡ Toma de corriente trifásico de 25 A.
- ⚡ Toma de corriente trifásico de 32 A.

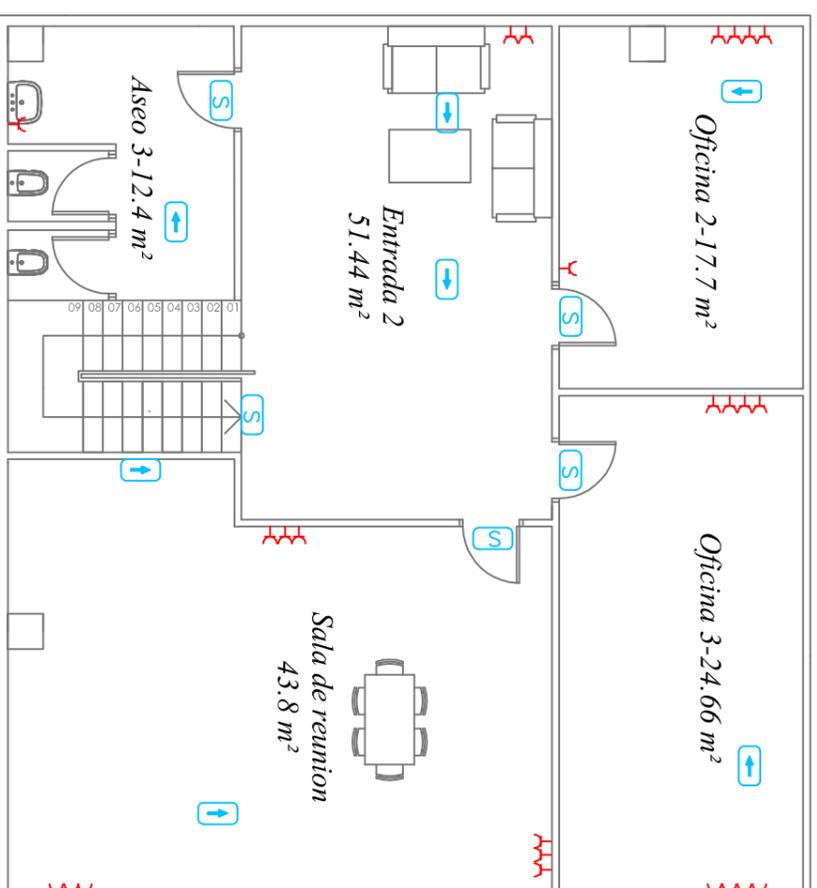
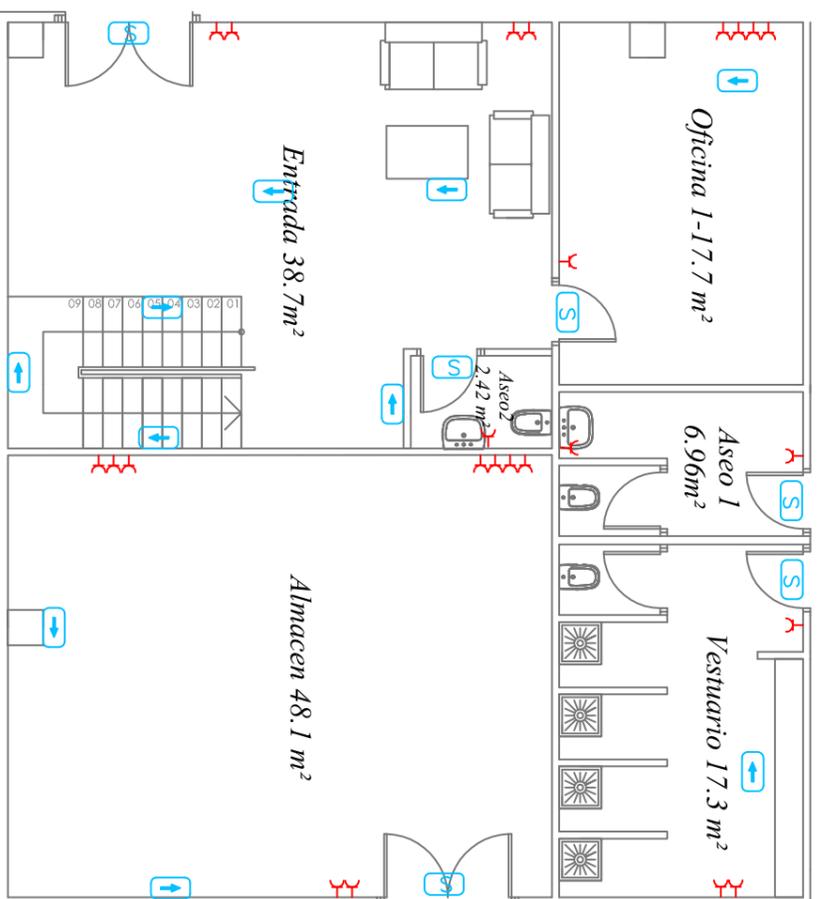
 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T. INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL
	PROYECTO: INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B. T. DE NAVES INDUSTRIAL Y CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	REALIZADO: MENDINUETA IGOA, JAVIER
PLANO: ALUMBRADO NAVES, EMERGENCIAS Y TOMAS DE CORRIENTE	FIRMA:	DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL
FECHA: 02-09-11	ESCALA: 1/200	Nº PLANO: 4



LEYENDA:

-  *Luminarias Philips TB5160 4xTL-D18W HFP M6*
-  *Luminarias Mazda TCS198 2xTL-D58W HFP DPM*
-  *Luminarias Philips FBH024 2xPL-C/4P26W HF RG*
-  *Cruzamiento*
-  *Commutador*
-  *Interruptor*

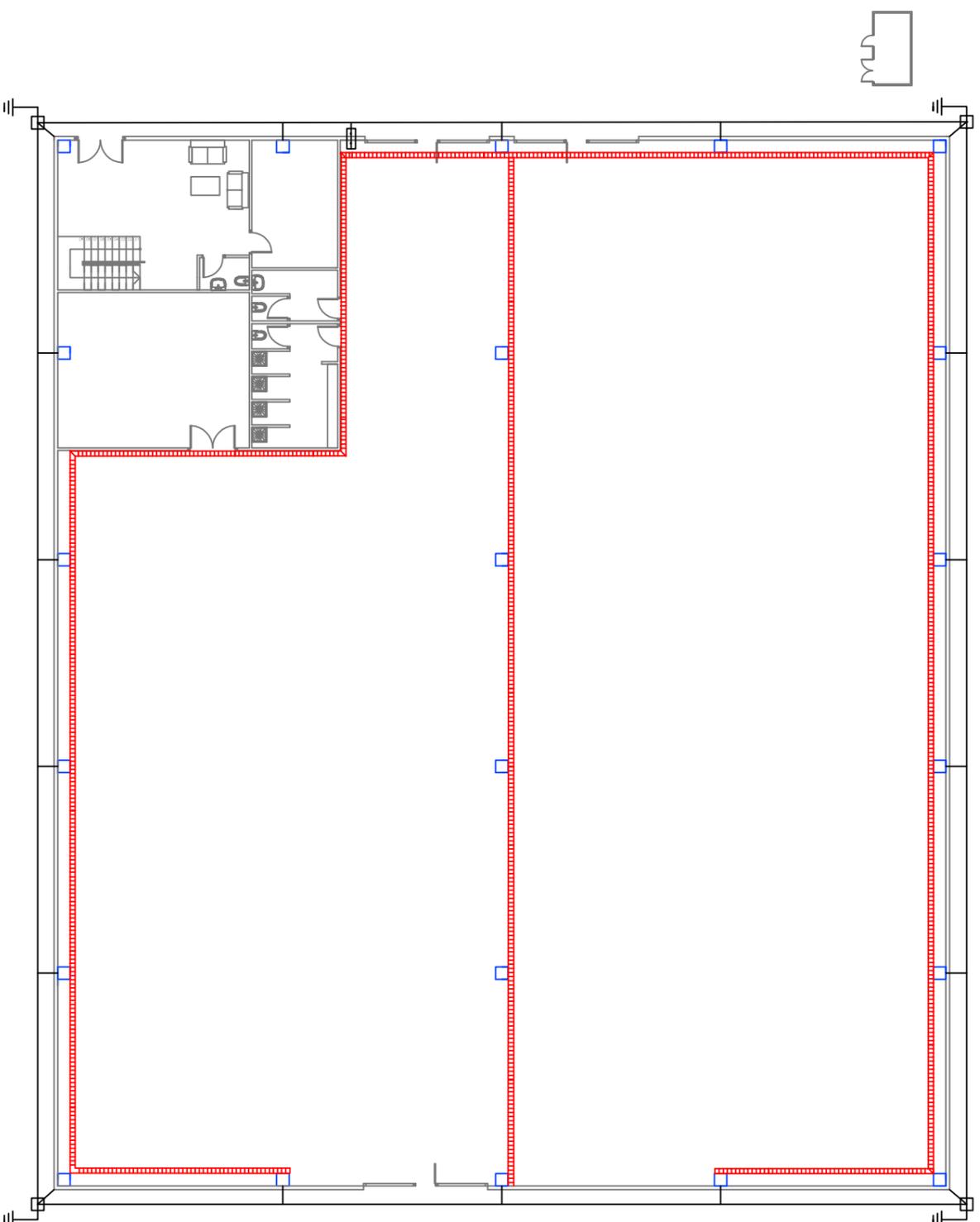
 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T. INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL
	PROYECTO: INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B. T. DE NAVE INDUSTRIAL Y CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	REALIZADO: MENDINUETA IGOA, JAVIER
PLANO: ALUMBRADO OFICINAS	FIRMA:	FECHA: 02-09-11
	ESCALA: 1/100	Nº PLANO: 5



LEYENDA:

-  Luminaria de Emergencia Daislux Hydra FL 8 W
-  Toma de corriente monofásico de 16 A

 <small>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</small>	E.T.S.I.I.T. INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL
	PROYECTO: INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. DE NAVE INDUSTRIAL Y CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	REALIZADO: MENDINUETA IGOA, JAVIER
PLANO: ALUMBRADO DE EMERGENCIA Y TOMAS DE CORRIENTE ZONA OFICINAS	FIRMA:	FECHA: 02-09-11
		ESCALA: 1/100
		Nº PLANO: 6



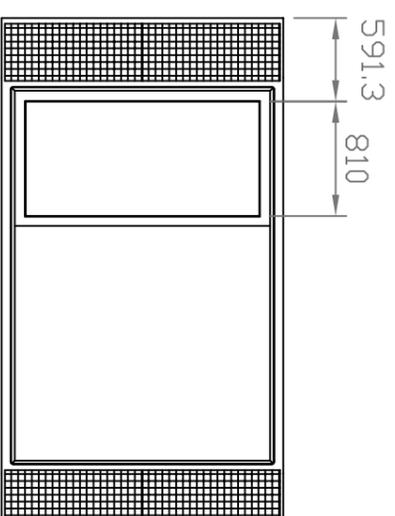
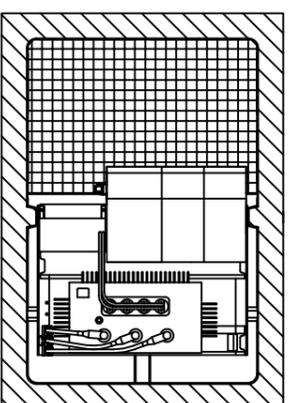
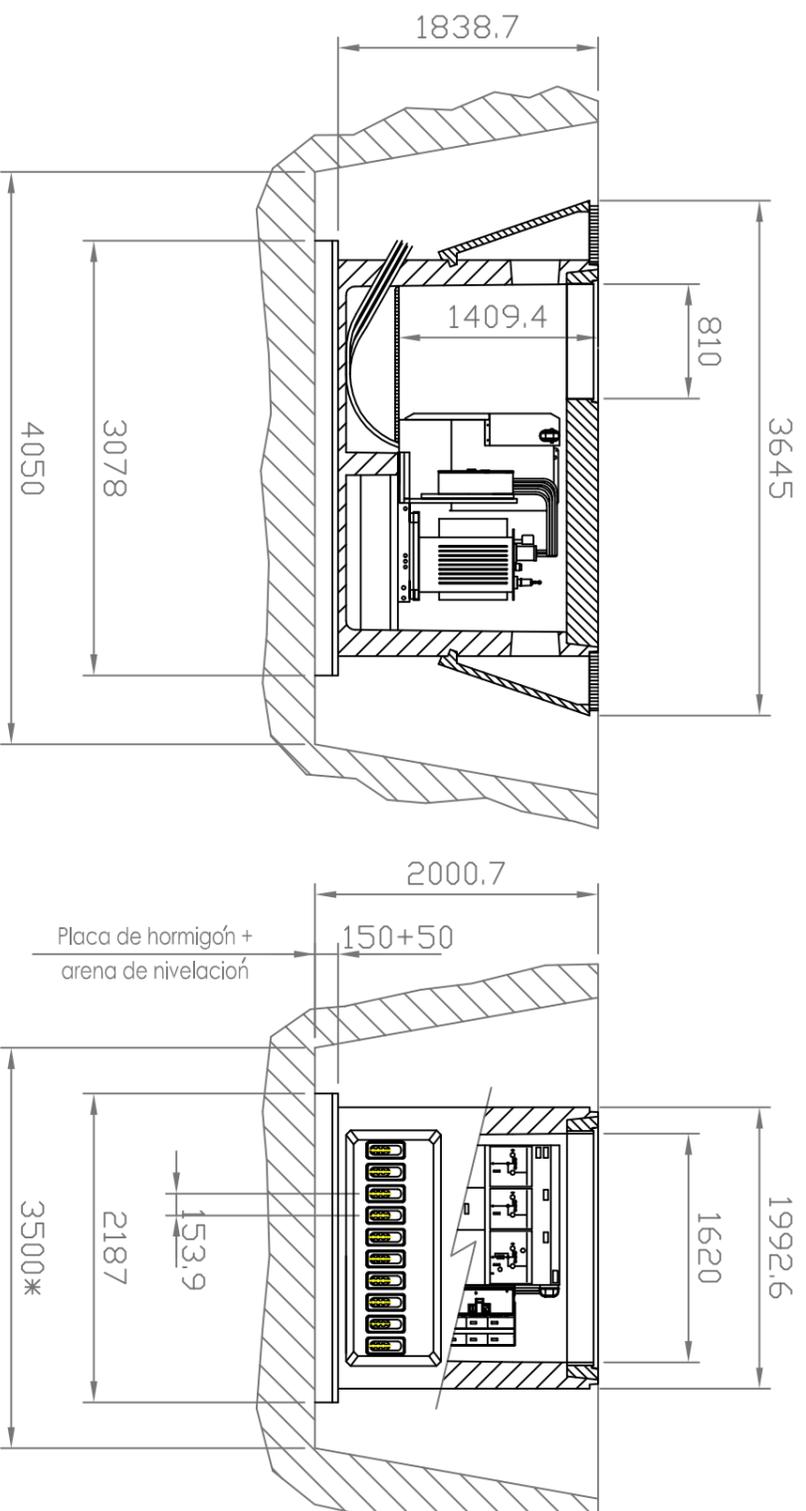
LEYENDA:

- Pico de cobre de 2 m de longitud y 14 mm de diámetro enterrado a 0,08 m de profundidad
- Conductor de cobre de 50 mm²
- Arqueta
- Caja de medición y accesorio de puesta a tierra
- Bandeja portacables de malla, colocado a 6 metros de altura

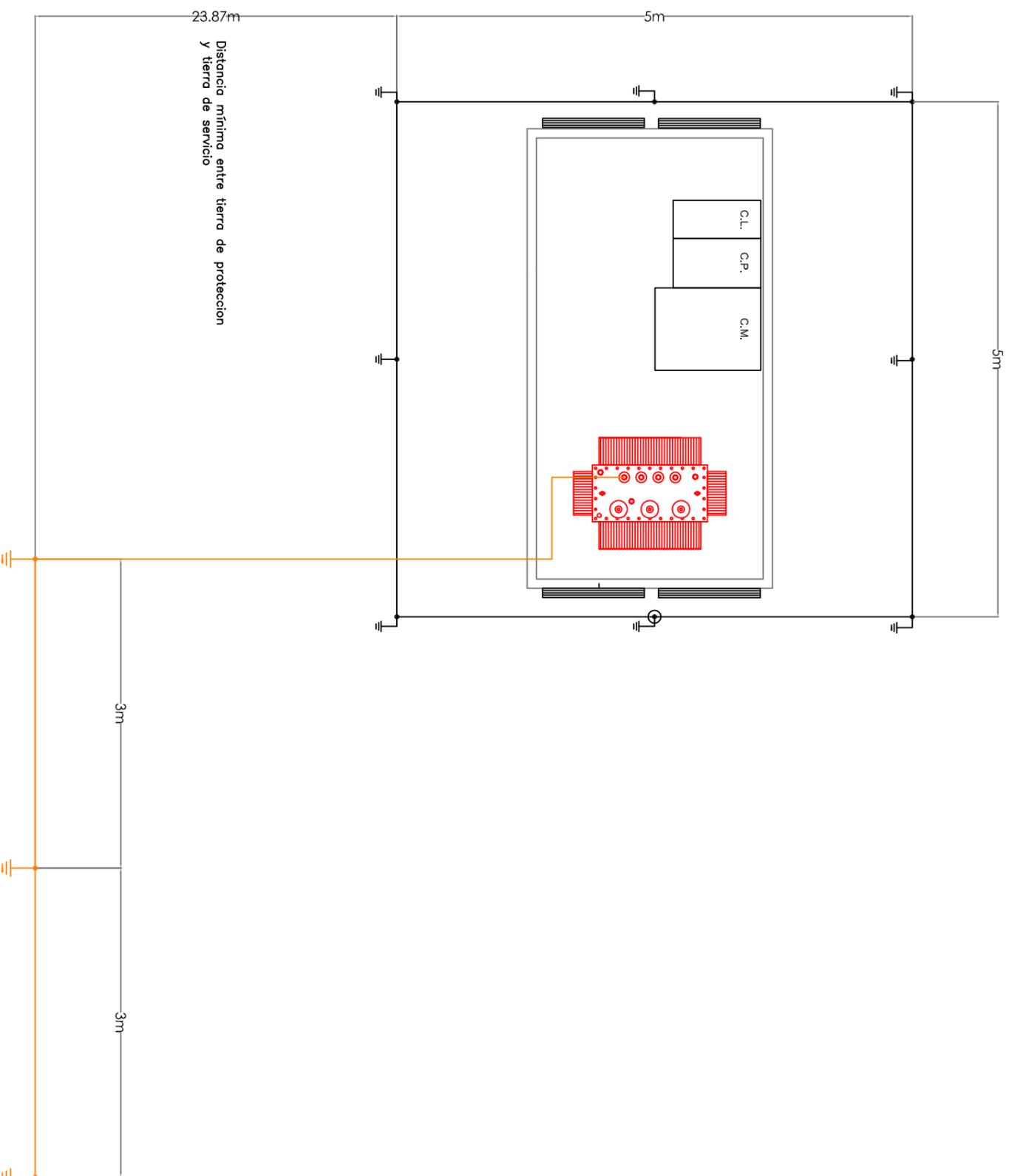
<p>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</p>	<p>E.T.S.I.I.T. INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.</p>	<p>DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL</p>
	<p>PROYECTO: INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. DE NAVE INDUSTRIAL Y CENTRO DE TRANSFORMACIÓN</p>	<p>REALIZADO: MENDINUETA IGOA, JAVIER</p>

<p>PLANO: CANALIZACIONES BANDEJA Y PUESTA A TIERRA</p>	<p>FECHA: 02-09-11</p>	<p>ESCALA: 1/200</p>	<p>Nº PLANO: 7</p>
---	-----------------------------------	---------------------------------	-------------------------------

Centro de transformacion Minisub -H (Hormazabal)



 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T. INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL
	PROYECTO: INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B. T. DE NAVE INDUSTRIAL Y CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	REALIZADO: MENDINUETA IGOA, JAVIER
PLANO: CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	FIRMA:	FECHA: 02-09-11
	ESCALA: 1/50	Nº PLANO: 8



LEYENDA:

TIERRA DE PROTECCIÓN

8 Picas de cobre de 8m de longitud, 14mm de diámetro, colocadas en anillo, enterradas a una profundidad de 0,8m unidas mediante conductor de cobre desnudo de 50mm² de sección

TIERRA DE SERVICIO

3 Picas de cobre de 2m de longitud, 14mm de diámetro, colocadas en hilera, enterradas a una profundidad de 0,5m unidas mediante conductor de cobre desnudo de 50mm² de sección

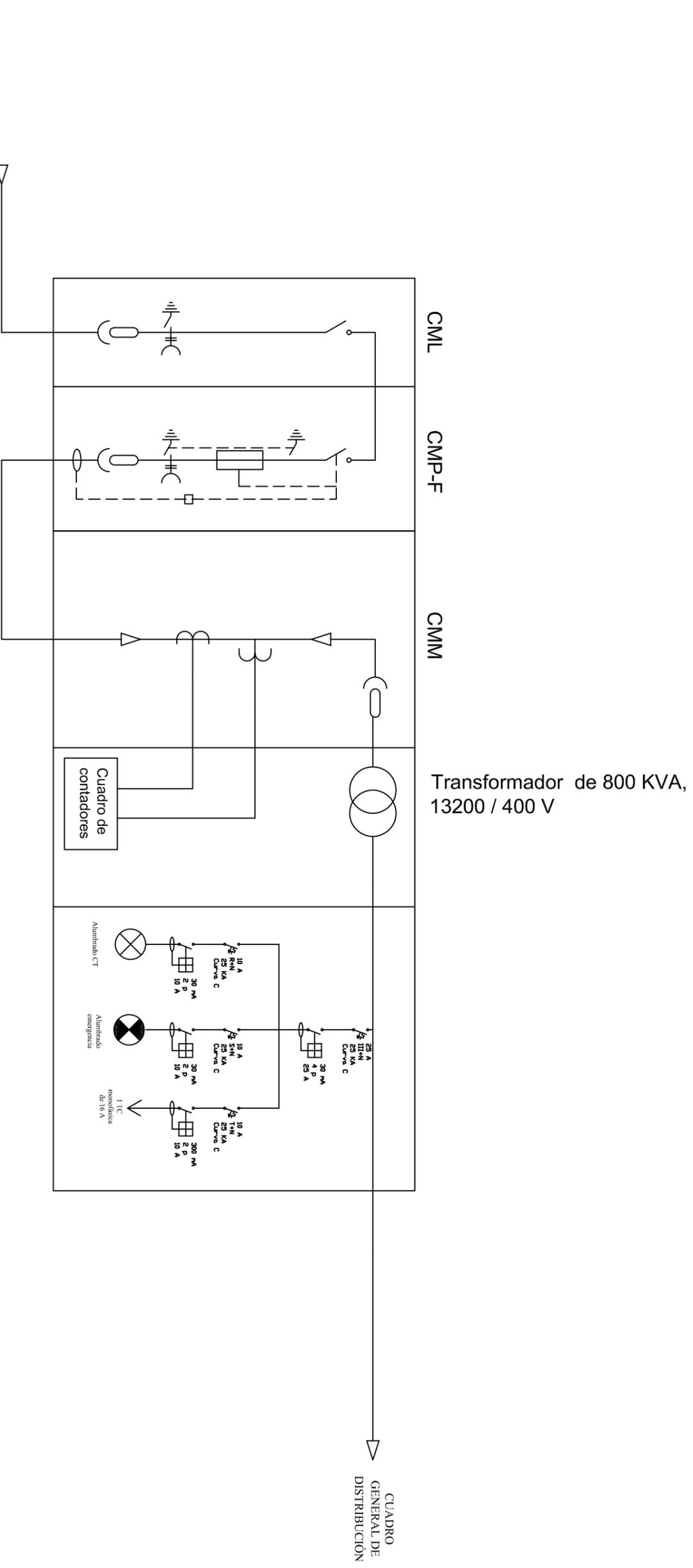
└ Pica de cobre de 8m de longitud y 14 mm de diámetro enterrado a 0,8m de profundidad

└ Pica de cobre de 2m de longitud y 14 mm de diámetro enterrado a 0,5m de profundidad

— Conductor de cobre de 50 mm²

— Conductor de cobre de 50 mm²

 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T. INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL
	PROYECTO: INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. DE NAVE INDUSTRIAL Y CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	REALIZADO: MENDINUETA IGOA, JAVIER
PLANO: PUESTA A TIERRA CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	FECHA: 02-09-11	ESCALA: S/E
	Nº PLANO: 9	



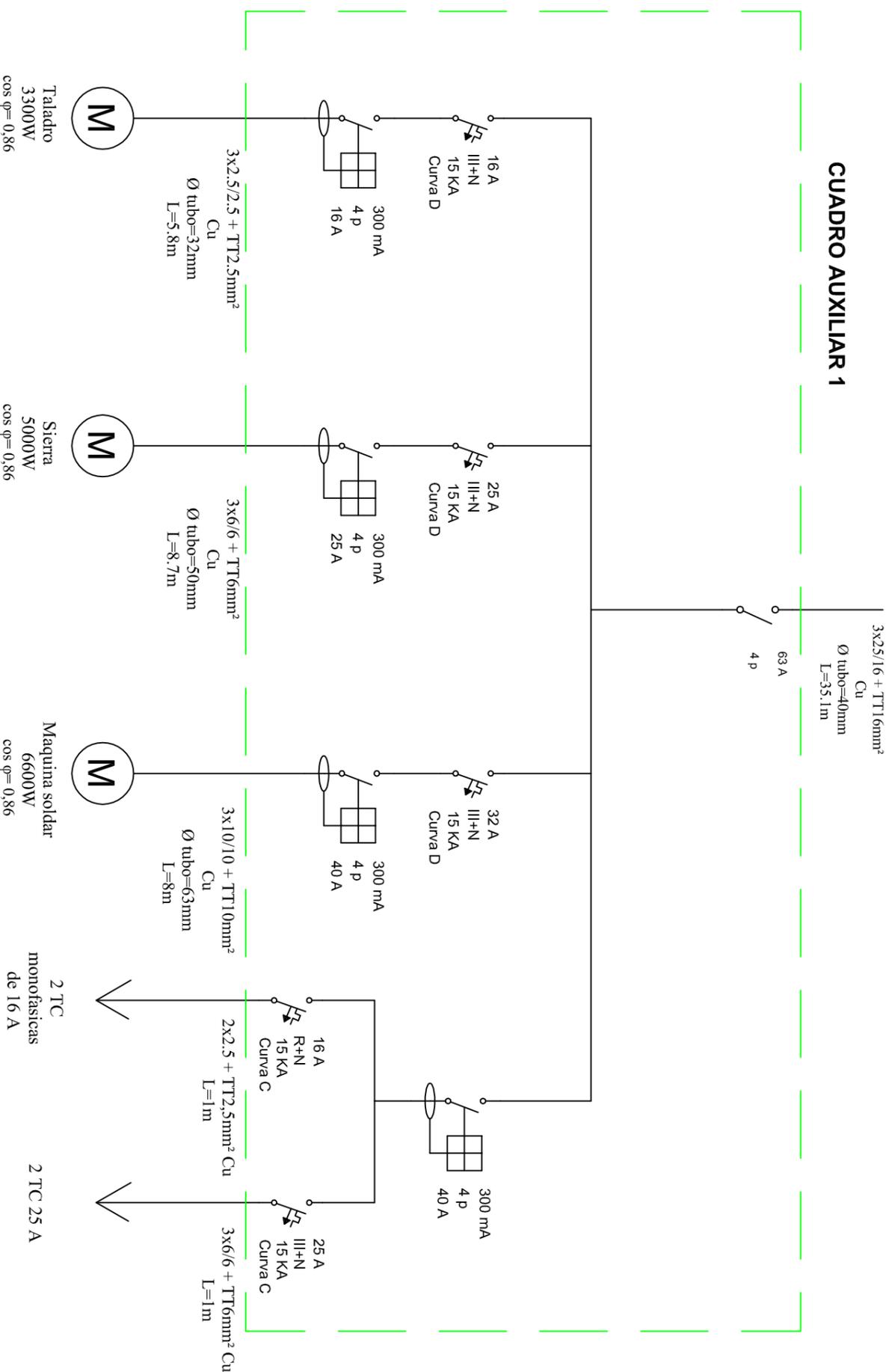
Red de Media Tensión
13,2

LEYENDA:

- CML Celda de línea
- CMP-F Celda de protección con fusibles
- CMM Celda de medida
- #(C) Indicador de presencia de tensión
- ⚡- Seccionador de puesta a tierra
- ⚡ Interruptor seccionador
- ⌚ Transformador de intensidad
- ⌚ Transformador de tensión
- ⚡ Interruptor con fusible asociado

<p>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</p>	<p>E.T.S.I.I.T. INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.</p>	<p>DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL</p>
	<p>PROYECTO: INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. DE NAVE INDUSTRIAL Y CENTRO DE TRANSFORMACIÓN</p>	<p>REALIZADO: MENDINUETA IGOA, JAVIER</p>
<p>PLANO: UNIFILAR CENTRO DE TRANSFORMACIÓN</p>	<p>FECHA: 02-09-11</p>	<p>ESCALA: S/E</p>
	<p>FIRMA:</p>	<p>Nº PLANO: 10</p>

CUADRO AUXILIAR 1

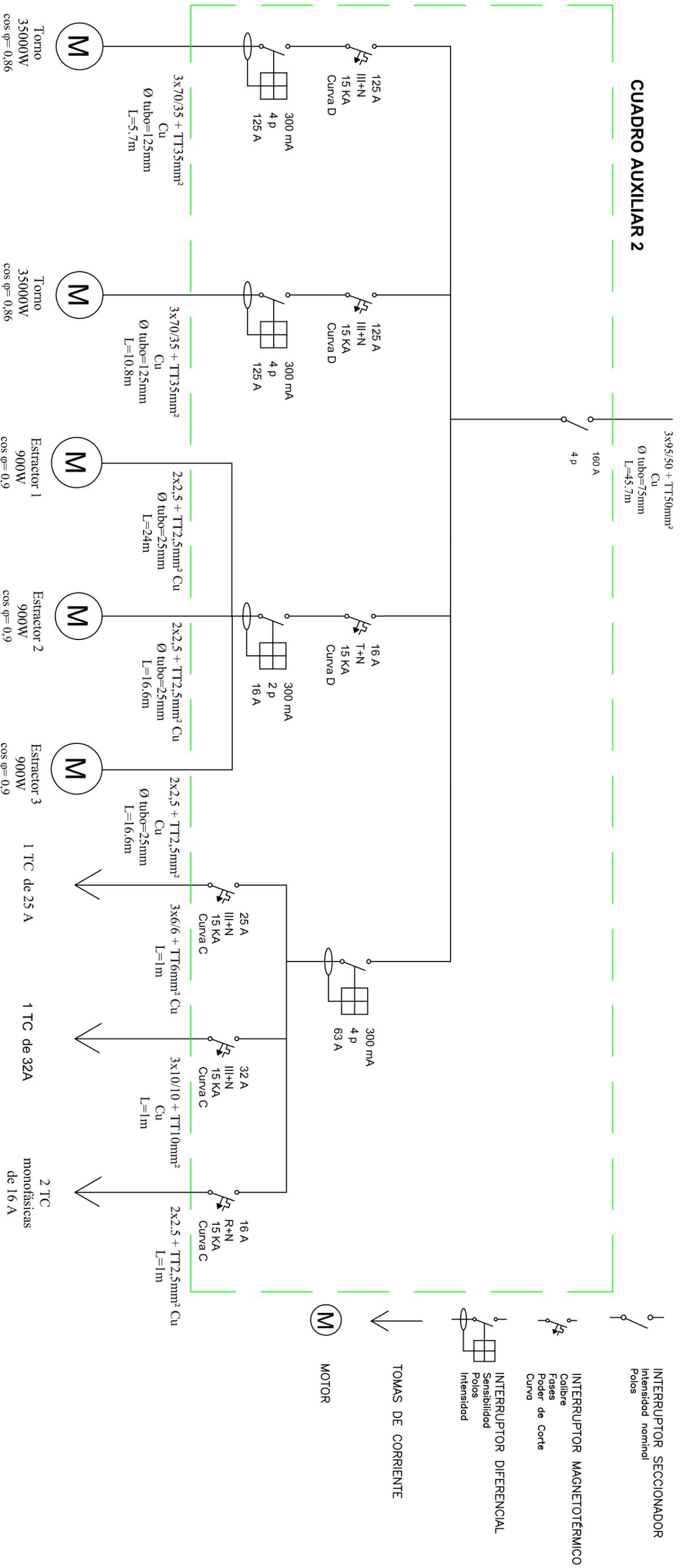


Leyenda:

- INTERRUPTOR SECCIONADOR
Intensidad nominal
Polos
- INTERRUPTOR MAGNETOTERMICO
Calibre
Fases
Poder de Corte
Curva
- INTERRUPTOR DIFERENCIAL
Sensibilidad
Polos
Intensidad
- TOMAS DE CORRIENTE
- MOTOR

<p>Universidad Publica de Navarra Naturaroko Unibertsitate Publikoa</p>		E.T.S.I.I.T.		DEPARTAMENTO:	
		INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.		DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL	
PROYECTO: INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. DE NAVE INDUSTRIAL Y CENTRO DE TRANSFORMACIÓN				REALIZADO: MENDINUETA IGOA, JAVIER	
PLANO: CUADRO AUXILIAR 1				FIRMA:	
FECHA:		ESCALA:		Nº PLANO:	
02-09-11		S/E		12	

CUADRO AUXILIAR 2



Leyenda:

INTERRUPTOR SECCIONADOR
Intensidad nominal
Polos

INTERRUPTOR MAGNETOTERMICO
Calibre
Fases
Poder de Corte
Curva

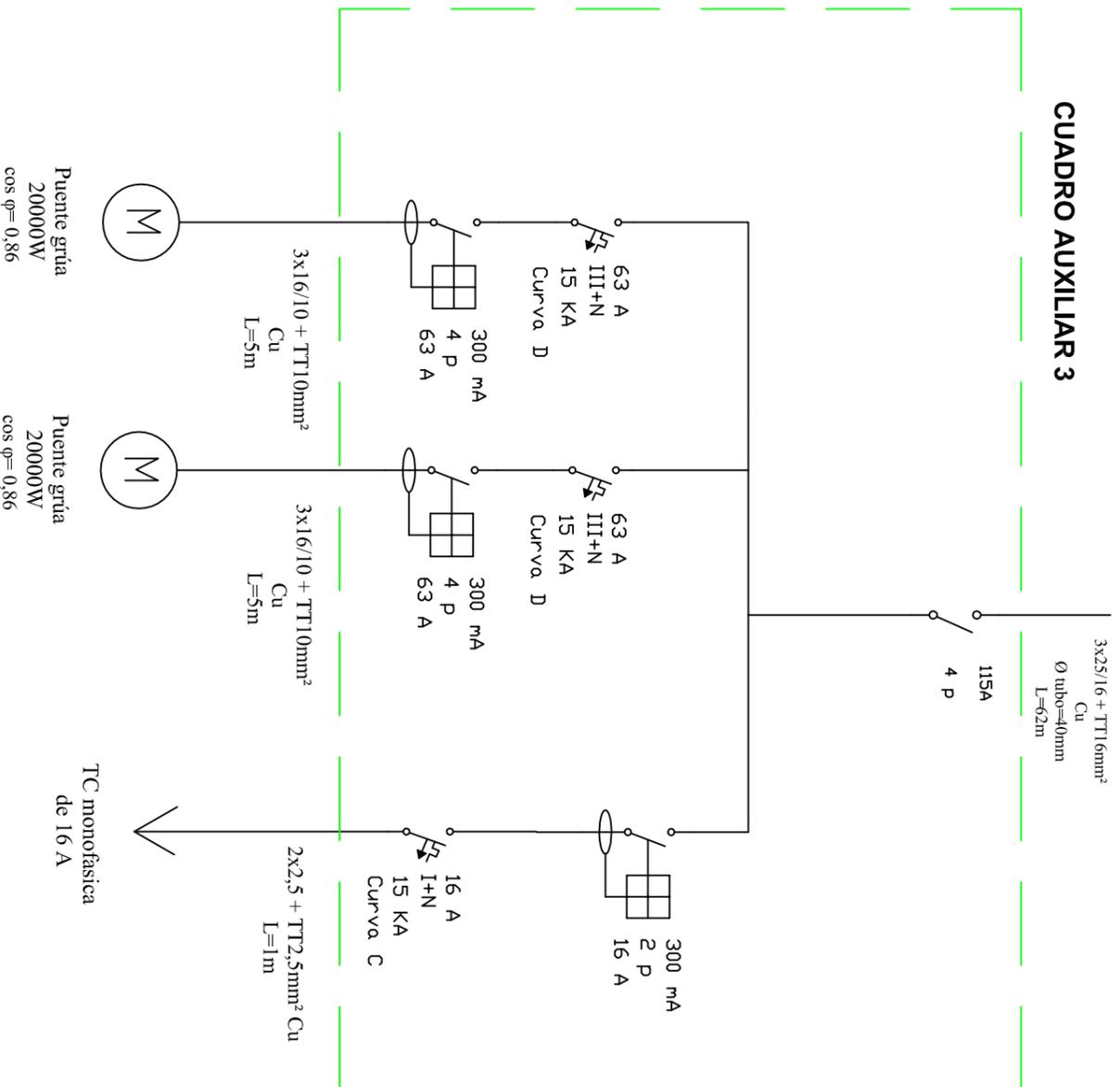
INTERRUPTOR DIFERENCIAL
Sensibilidad
Polos
Intensidad

TOMAS DE CORRIENTE

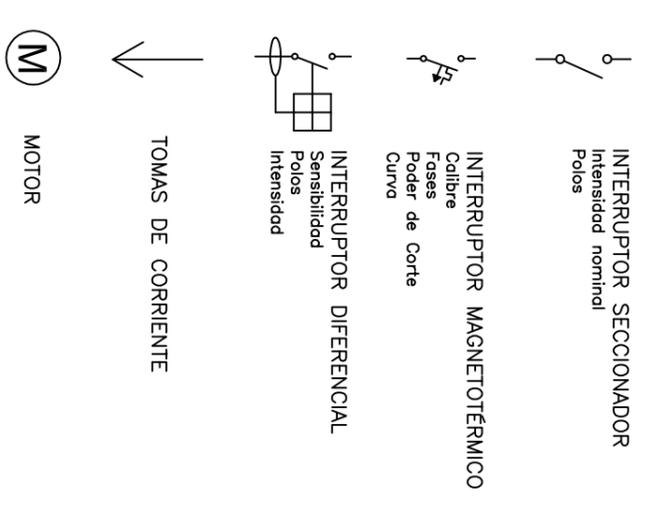
MOTOR

 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T. INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL
	PROYECTO: INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. DE NAVE INDUSTRIAL Y CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	REALIZADO: MENDINUETA IGOA, JAVIER

PLANO: CUADRO AUXILIAR 2	FECHA: 02-09-11	ESCALA: S/E	Nº PLANO: 13
------------------------------------	---------------------------	-----------------------	------------------------

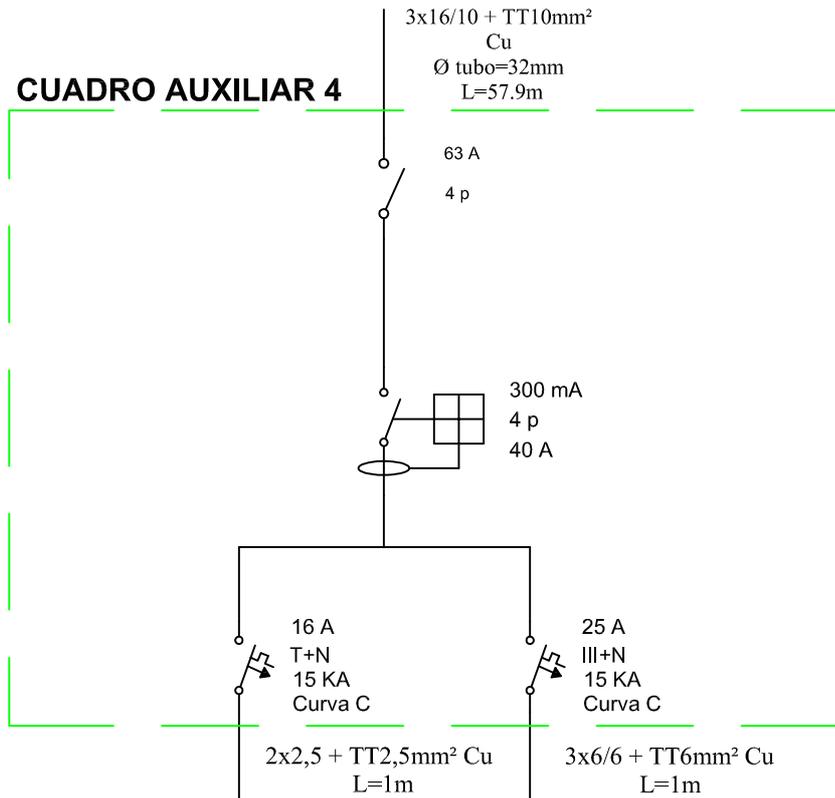


Leyenda:

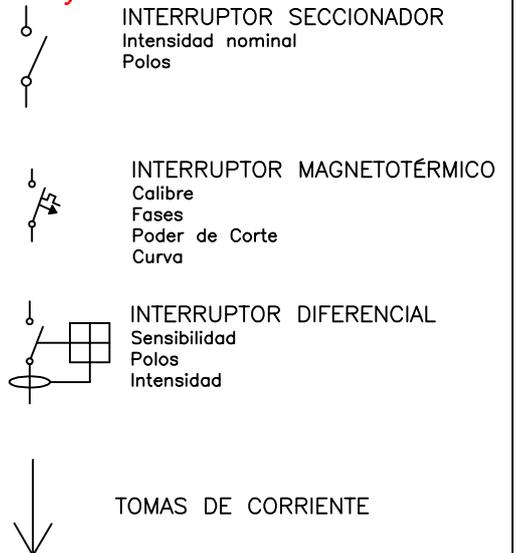


 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T. INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL		
	PROYECTO: INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. DE NAVE INDUSTRIAL Y CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	REALIZADO: MENDINUETA IGOA, JAVIER		
PLANO: CUADRO AUXILIAR 3	FIRMA:	FECHA: 02-09-11	ESCALA: S/E	Nº PLANO: 14

CUADRO AUXILIAR 4



Leyenda:



upna
 Universidad
 Pública de Navarra
 Nafarroako
 Unibertsitate Publikoa

E.T.S.I.I.T.

**INGENIERO TECNICO
 INDUSTRIAL E.**

DEPARTAMENTO:

**DEPARTAMENTO DE
 PROYECTOS E ING. RURAL**

PROYECTO:

INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. DE NAVE INDUSTRIAL Y
 CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

REALIZADO:

MENDINUETA IGOA, JAVIER

FIRMA:

PLANO:

CUADRO AUXILIAR 4

FECHA:

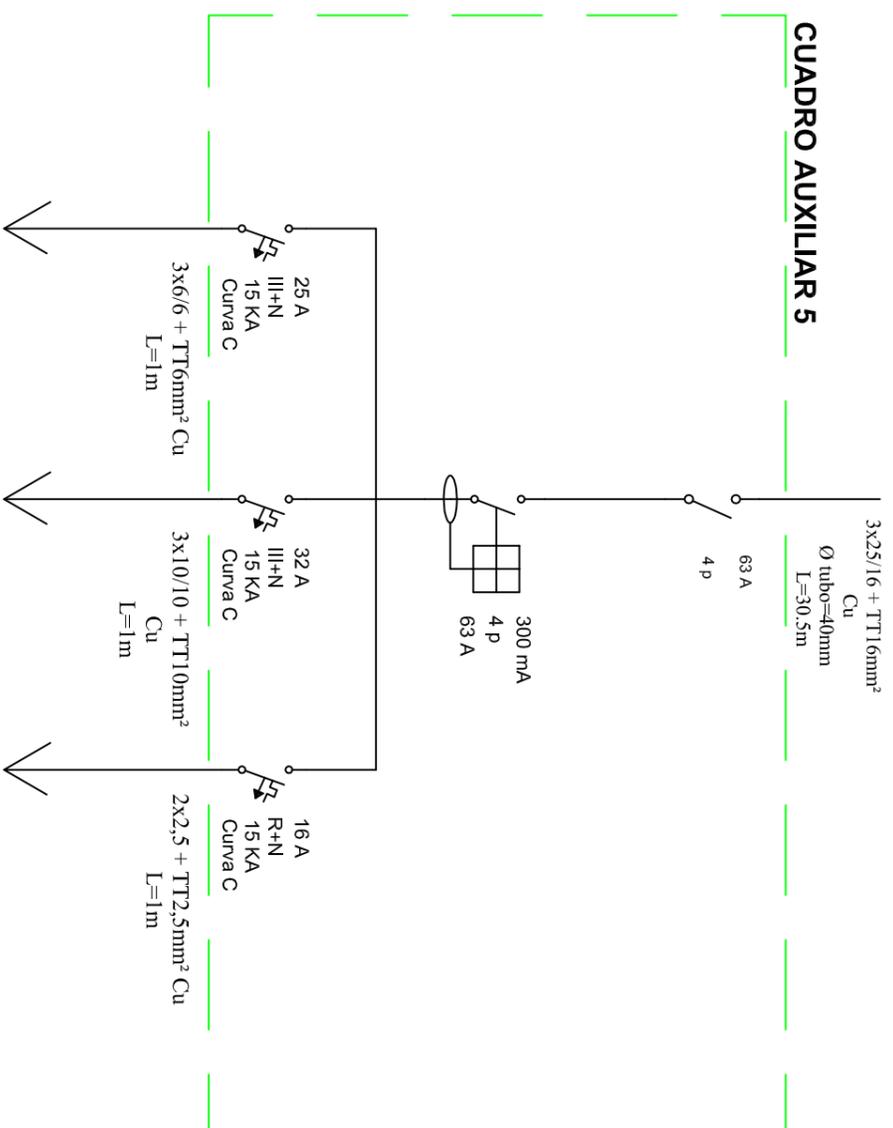
02-09-11

ESCALA:

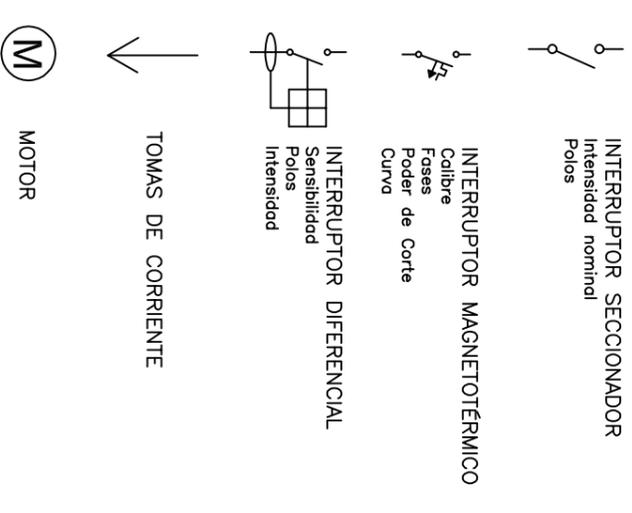
S/E

Nº PLANO:

15



Leyenda:

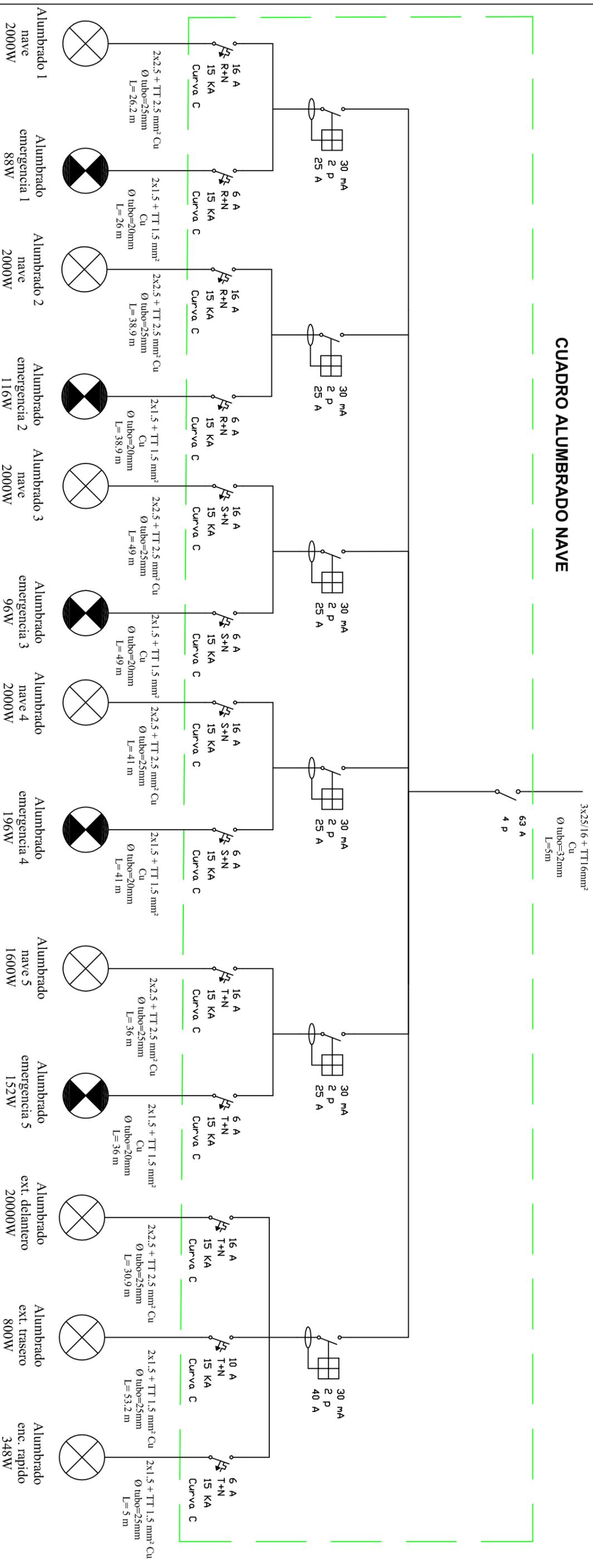


1 TC de 25 A 1 TC de 32 A 2 TC monofásicas de 16 A

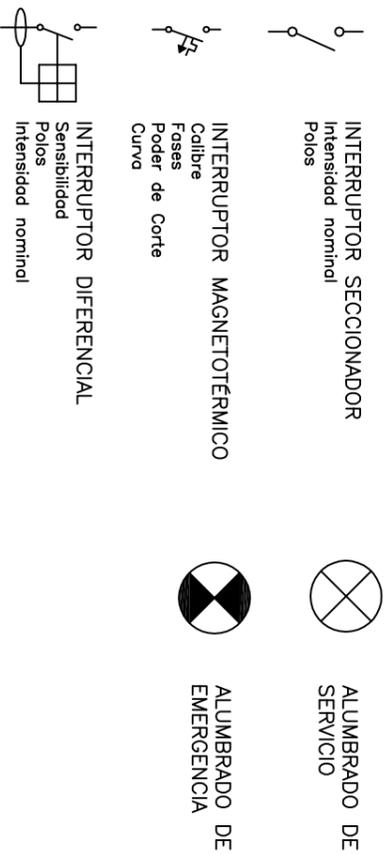
 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T. INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL
	PROYECTO: INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. DE NAVE INDUSTRIAL Y CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	REALIZADO: MENDINUETA IGOA, JAVIER

PLANO: CUADRO AUXILIAR 5	FECHA: 02-09-11	ESCALA: S/E	Nº PLANO: 16
FIRMA:			

CUADRO ALUMBRADO NAVE

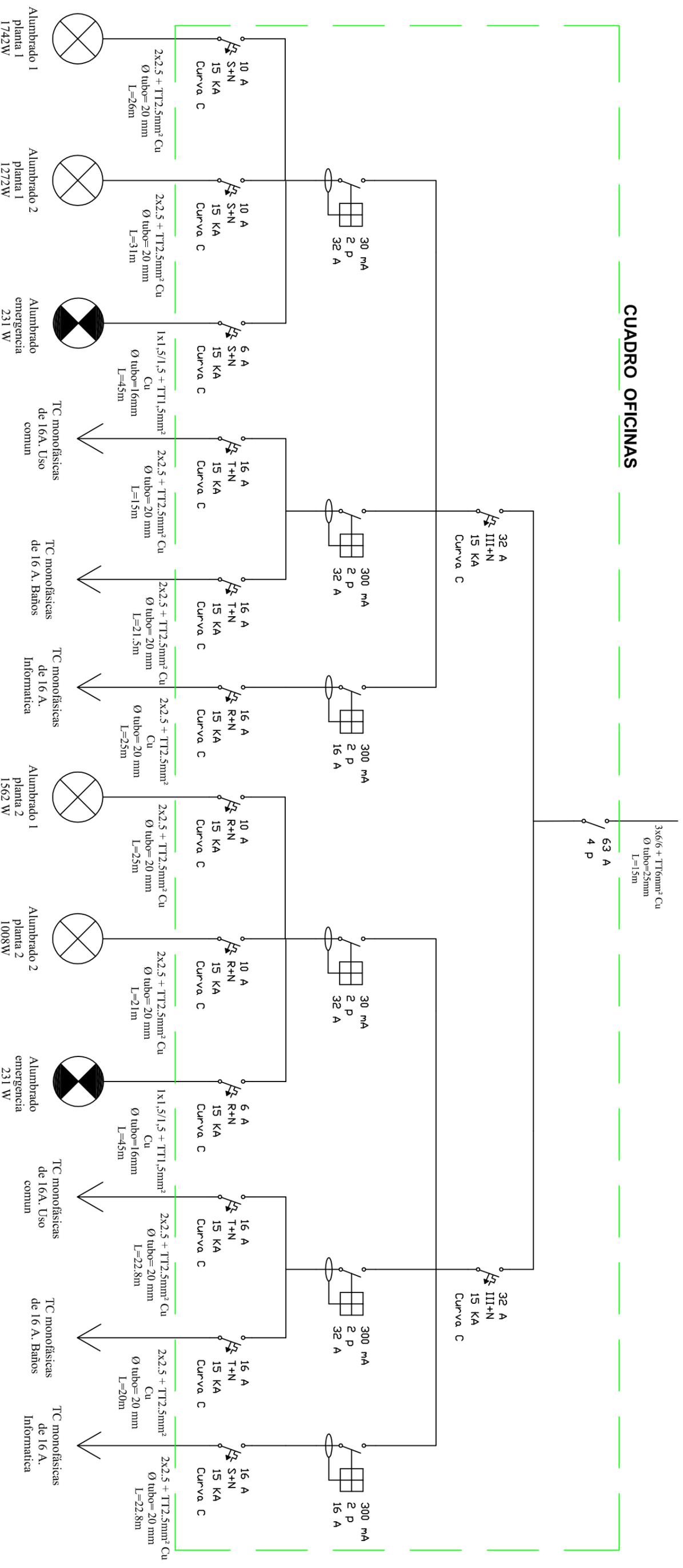


Legenda:

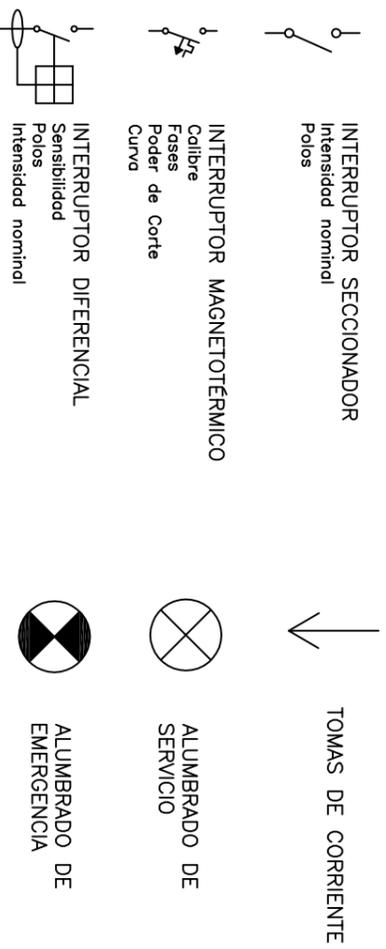


upna <small>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</small>		E.T.S.I.I.T. INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	
PROYECTO: INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. DE NAVE INDUSTRIAL Y CENTRO DE TRANSFORMACIÓN		DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL	
REALIZADO: MENDINUETA IGOA, JAVIER		FIRMA:	
PLANO: CUADRO ALUMBRADO NAVE	FECHA: 02-09-11	ESCALA: S/E	Nº PLANO: 17

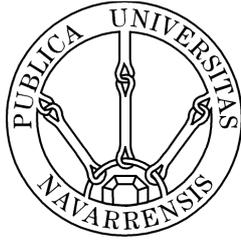
CUADRO OFICINAS



Leyenda:



upna <small>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</small>		E.T.S.I.I.T.	
INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.		DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL	
PROYECTO: INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN B.T. DE NAVE INDUSTRIAL Y CENTRO DE TRANSFORMACIÓN		REALIZADO: MENDINUETA IGOA, JAVIER	
PLANO: CUADRO OFICINAS		FECHA: 02-09-11	ESCALA: S/E
		FIRMA:	Nº PLANO: 18



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación :

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BAJA TENSION DE NAVE
INDUSTRIAL Y CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

DOCUMENTO N°4. Pliego de condiciones.

Javier Mendinueta Igoa

Javier Fernandez Militino

Pamplona, 2 de Septiembre del 2011



PLIEGO DE CONDICIONES

INDICE

4. PLIEGO DE CONDICIONES	PÁGINA
4.1. Objeto	4
4.2. Condiciones generales	4
4.2.1. Normas generales	4
4.2.2. Ámbito de aplicación	4
4.2.3. Conformidad o variación de las condiciones	4
4.2.4. Recisión del contrato	4
4.2.5. Condiciones generales	4
4.3. Condiciones generales de ejecución	5
4.3.1. Datos de obra	5
4.3.2. Obras que comprende	5
4.3.3. Mejoras y variaciones del proyecto	6
4.3.4. Personal	6
4.3.5. Condiciones de pago	6
4.4. Condiciones particulares	7
4.4.1. Disposiciones aplicables	7
4.4.2. Contradicciones y omisiones del proyecto	7
4.4.3. Prototipos	7
4.5. Normativa general	8
4.6. Conductores	9
4.6.1. Materiales	9
4.6.1.1. Empalmes y conexiones	9
4.6.1.2. Instalación de los conductores	9
4.6.1.3. Protección. Seccionamiento	10
4.6.1.4. Puesta a tierra del neutro y conexión de este a las envolventes metálicas de protección de los conductores.	10
4.6.1.5. Continuidad del neutro.	11
4.6.1.6. Condiciones generales para cruzamientos, proximidades y paralelismos	11
4.6.1.7. Cruzamientos	11
4.6.1.8. Proximidades y paralelismos	12
4.7. Receptores	13
4.7.1. Condiciones generales de la instalación	13
4.7.2. Conexión de receptores	14
4.7.3. Receptores de alumbrado. Instalación	14
4.7.4. Receptores a motor. Instalación	15
4.7.5. Aparatos de caldeo. Instalación	15
4.8. Protección contra sobrecargas y sobretensiones	15
4.8.1. Protección de las instalaciones	15
4.8.1.1. Protección contra sobrecargas	15
4.8.1.2. Situación de los dispositivos de protección	17

4.8.1.3 Características de los dispositivos de protección	17
4.8.1.4 Cuadros de distribución	18
4.8.1.5. Protección contra sobretensiones de origen atmosférico	18
4.9. Protección contra contactos directos e indirectos	18
4.9.1. Protección contra contactos directos	18
4.9.2. Protección contra contactos indirectos	19
4.9.3. Puesta a tierra de las masas y dispositivos de corte por intensidad de defecto	20
4.10. Alumbrados especiales	20
4.10.1. Alumbrado de emergencia	20
4.10.2. Alumbrado de señalización	21
4.10.3. Locales que deberán ser provistos de alumbrados especiales	21
4.10.4. Fuentes propias de energía	21
4.10.5. Instrucciones complementarias	22
4.11. Local	22
4.11.1. Prescripciones de carácter general	22
4.12. Mejoramiento del factor de potencia	23
4.13. Puestas a tierra	24
4.13.1. Objeto de las puestas a tierra	24
4.13.2. Puestas a tierra. Definición	24
4.13.3. Partes que comprenden las puestas a tierra	24
4.13.3.1 Tomas de tierra	25
4.13.3.2 Líneas principales de tierra	25
4.13.3.3 Derivaciones de las líneas principales de tierra	25
4.13.3.4 Conductores de protección	25
4.13.3.5 Resistencia de tierra	26
4.13.3.6 Revisión de tomas de tierra	26

4. PLIEGO DE CONDICIONES

4.1. Objeto

El presente Pliego de Condiciones Técnicas, tiene por objeto definir las obras, fijar las condiciones técnicas y económicas, tanto de los materiales a emplear como de su ejecución, así como las condiciones generales y contractuales que han de regir en la ejecución de las obras de la instalación.

4.2. Condiciones generales

4.2.1. Normas generales

Todas las instalaciones que se realicen en el desarrollo del presente proyecto, deberán cumplir lo preceptuado en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, así como la reglamentación complementaria, deberán cumplir el Reglamento Electrotécnico para Centros de Transformación de Iberdrola (compañía suministradora).

4.2.2. Ámbito de aplicación

Se aplicará todo lo expuesto en el presente pliego de condiciones en las obras de suministro y colocación de todas y cada una de las piezas o unidades de obra necesarias para efectuar debidamente la instalación eléctrica de la nave industrial anteriormente descrita.

4.2.3. Conformidad o variación de las condiciones

Se aplicarán estas condiciones para todas las obras incluidas en el apartado anterior, entendiéndose que el contratista, conoce estos pliegos, no admitiéndose otras modificaciones más que aquellas que pudiera introducir el autor del proyecto.

4.2.4. Rescisión del contrato

Si la ejecución de las obras no fuera efectuada, o si el material presentado no reuniese las condiciones necesarias, se podrá proceder a la rescisión del contrato con pérdida de la fianza.

4.2.5. Condiciones generales

El contratista deberá cumplir cuantas disposiciones vigentes hubiera de carácter social y de protección a la empresa nacional.

4.3. Condiciones generales de ejecución

4.3.1. Datos de obra

Se entregará al contratista una copia de los planos, memoria y pliego de condiciones, así como cuantos planos o datos necesite la completa ejecución de la obra.

El contratista podrá tomar nota o sacar copia, a su costa, del presupuesto y anexos del proyecto, así como segundas copias de todos los documentos.

4.3.2. Obras que comprende

Las obras se ejecutan conforme al proyecto, a las condiciones contenidas en este pliego de condiciones y el particular, si lo hubiera, y de acuerdo con las normas de la empresa suministradora.

El contratista, salvo aprobación por escrito del director de obra, no podrá hacer ninguna modificación de cualquier naturaleza, tanto en la ejecución de las obras en relación con el proyecto, como en las condiciones técnicas específicas.

Las obras que comprende este proyecto, abarcan el suministro e instalación de los materiales precisos para efectuar la instalación eléctrica de la nave industrial, considerando nave industrial a las oficinas, almacenes, nave propiamente dicha, locales no nombrados que se encuentren dentro de la propiedad, así como el centro de transformación.

Las labores comprendidas son las siguientes:

1. Los transportes necesarios, tanto para la traída de materiales, como para el envío de estos fuera de la zona.
2. Suministros de todo material necesario para las instalaciones.
3. Ejecución de los trabajos necesarios para la instalación de todo lo reseñado:
 - Colocación de luminarias.
 - Colocación de cableado.
 - Instalación de las protecciones eléctricas.
 - Colocación de bandejas y tubos protectores para cableado.
 - Ejecución del centro de transformación.

4.3.3. Mejoras y variaciones del proyecto

No se considerarán como mejoras o variaciones del proyecto nada más que aquellas que hayan sido ordenadas expresamente, por escrito, por el director de obra y convenido el precio antes de proceder a su ejecución.

Las obras accesorias o delicadas, no incluidas en los precios de adjudicación, podrán ejecutarse con personal independientemente del contratista.

4.3.4. Personal

El contratista no podrá utilizar en los trabajos, persona, que no sea de su exclusiva cuenta y cargo, salvo la excepción del apartado anterior. Igualmente, será de su exclusiva cuenta y cargo aquel personal ajeno al trabajo propiamente manual y que sea necesario para el control administrativo del mismo. El contratista deberá tener al frente de los trabajadores un técnico suficientemente especializado a juicio del director de obra.

El contratista deberá emplear en sus trabajos el número de operarios que sean necesarios para llevarlo a cabo con la conveniente rapidez, así como organizar el número de brigadas que se le indiquen, para trabajar en varios puntos a la vez.

El contratista tendrá al frente de los trabajadores, personal idóneo, el cual deberá atender cuantas órdenes procedan de la dirección técnica de las obras, estando a la expectativa, con objeto de que se lleven con el orden debido.

4.3.5. Condiciones de pago

Se abonarán las unidades realmente ejecutadas, completamente terminadas, a los precios indicados en el presupuesto, y aplicándoles el coeficiente de subasta si lo hubiere.

Si alguna obra no se halla debidamente ejecutada, con sujeción estricta a las condiciones del contrato y fuese, sin embargo, admitida, podrá ser recibida provisional y aun definitivamente, en su caso; pero el contratista quedara obligado a conformarse con la rebaja que el director de obra señale y la propiedad apruebe, salvo en el caso que prefiera demolerla y rehacer a su costa, con arreglo a las condiciones del contrato.

No tendrá derecho el contratista a abono de obras ejecutadas sin orden concreta de la propiedad o del director de obra. Las obras accesorias y auxiliares ordenadas al contratista, se abonarán a precios de la contrata, si le son aceptables, con la rebaja correspondiente o la bonificación hecha en subasta. Si contienen materiales o unidades de obra no previstas en el proyecto, y que por tanto, no tiene precio señalado en el presupuesto, se determinará previamente el correspondiente precio contradictorio entre la propiedad y el contratista. Si se ejecutan las obras sin haberse cumplido este requisito previo, deberá conformarse con la tasación que realiza el director de obra.

Cuando la propiedad o el director de obra presumiese la existencia de vicios o defectos de construcción, sea en el curso de ejecución de obra o antes de su recepción definitiva, podrán ordenar la demolición y reconstrucción en la parte o extensión

necesaria. Los gastos de estas operaciones serán de cuenta del contratista, cuando se confirmen los vicios o defectos supuestos.

4.4. Condiciones particulares

4.4.1. Disposiciones aplicables

Además de las disposiciones contenidas en este pliego de condiciones, serán de aplicación en todas las instalaciones lo siguiente:

- Todas las disposiciones generales vigentes para la contratación de obras públicas.
- Normas UNE del instituto de normalización Española y aplicándose ante la no existencia de dicha normativa, las especificaciones recogidas en las Normas internacionales ISO; CIE; CEI o en su defecto las DIN; UTE o rango equivalente.
- Normas de la compañía suministradora de energía.

4.4.2. Contradicciones y omisiones del proyecto

Lo mencionado en la memoria y omitido en los planos, o viceversa, habrá de ser ejecutado como si estuviera expuesto en ambos documentos; en caso de contradicción entre planos y la memoria, prevalecerá lo prescrito en los planos.

Las omisiones en los planos o las descripciones erróneas de los detalles de la obra que sean indispensables para llevar a cabo el espíritu o intención expuestos en los planos y en este pliego de condiciones, no sólo no eximen al contratista de la obligación de ejecutar estos detalles de obra, omitidos o erróneamente descritos sino que, por el contrario, deberán ser ejecutados como si estuviesen correctamente especificados en los planos y en este pliego de condiciones.

4.4.3. Prototipos

Antes de comenzar la obra, el adjudicatario podrá someter a la aprobación de la Dirección de Obras un prototipo de alguno de los materiales de los que consta el proyecto, con los cuales podrá realizar los ensayos que estime oportunos.

Tanto los materiales como el importe de los ensayos, serán por cuenta del adjudicatario.

4.5. Normativa general

1. Se calificará como instalación eléctrica de baja tensión todo conjunto de aparatos y circuitos asociados en previsión de un fin particular. Producción, conversión, transformación, transmisión, distribución o utilización de la energía eléctrica, cuyas tensiones nominales sean iguales o inferiores a 1000 V para corriente alterna.
2. Los materiales, aparatos y receptores utilizados en las instalaciones eléctricas de baja tensión cumplirán en lo que se refiere a condiciones de seguridad técnica, dimensiones y calidad, lo determinado en el reglamento.
3. Si en la instalación eléctrica están integrados circuitos en los que las tensiones empleadas son superiores al límite establecido para baja tensión se deberá cumplir en ellos las prescripciones del reglamento de alta tensión.

Nota: En virtud de este artículo se detallará la normativa acerca del transformador en un capítulo específico del presente pliego.

4. Cuando se construya un local, edificio, o agrupación de estos, cuya previsión de carga exceda de 50 kVA, o cuando la demanda de un nuevo suministro sea superior a esta cifra, la propiedad del inmueble deberá reservar un local destinado al montaje de la instalación de un centro de transformación, cuya disposición en el edificio corresponda a las características de la red de suministro aérea o subterránea, tenga las dimensiones necesarias para el montaje de los equipos y aparatos requeridos para dar el suministro de energía previsible. El local, que debe ser de fácil acceso, se destinará exclusivamente a la finalidad prevista y no podrá utilizarse como depósito de materiales, ni de piezas o elementos de recambio.
5. Corresponde al Ministerio de Industria, con arreglo a la ley del 24 de noviembre de 1939, la ordenación e inspección de la generación, transformación, distribución y aplicación de la energía eléctrica.
6. Las delegaciones provinciales del Ministerio de Industria, autorizarán el enganche y funcionamiento de las instalaciones eléctricas de baja tensión. Según su importancia, sus fines o la peligrosidad de sus características o de su situación, las delegaciones exigirán la presentación de un proyecto de la instalación, suscrito por un técnico competente, antes de iniciarse el montaje de la misma. En todo caso, y para autorizar cualquier instalación, la delegación deberá recibir y conformar el boletín extendido por el instalador autorizado que realiza el montaje, así como un acta de las pruebas realizadas por la compañía suministradora en la forma en que se establece en las instrucciones complementarias.

4.6. Conductores

4.6.1. Materiales

Los conductores de los cables utilizados en las líneas subterráneas serán de cobre o de aluminio y estarán aislados con mezclas apropiadas de compuestos poliméricos. Estarán además debidamente protegidos contra la corrosión que pueda provocar el terreno donde se instalen y tendrán la resistencia mecánica suficiente para soportar los esfuerzos a que puedan estar sometidos.

Los cables podrán ser de uno o más conductores y de tensión asignada no inferior a 0,6/1 kV, 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 caídas de tensión previstas y, en todo caso, esta sección no será inferior a 6 mm² para conductores de cobre y a 16 mm² para los de aluminio.

4.6.1.1. Empalmes y conexiones

Los empalmes y conexiones de los conductores subterráneos se efectuarán siguiendo métodos o sistemas que garanticen una perfecta continuidad del conductor y su aislamiento, así como su envolvente metálica, cuando exista. Así mismo deberá quedar perfectamente asegurada su estanqueidad y resistencia contra la corrosión que pueda originar el terreno.

4.6.1.2. Instalación de los conductores

Los conductores se instalarán en el fondo de las zanjas convenientemente preparadas que, en zonas urbanizadas, se abrirán preferentemente a lo largo de vías públicas y, siempre que sea posible, en los paseos o aceras. Se rodearán de arena o tierra cribada y se instalarán de forma que no puedan perjudicarles la presión o asientos del terreno. A unos 10 centímetros por encima de los conductores se colocará una cobertura de aviso y protección contra los golpes de pico, constituida por ladrillos, piezas cerámicas, placas de hormigón u otros materiales adecuados.

Podrán instalarse también en el interior de conductos enterrados. En este caso solo deberá disponerse un cable (o un conjunto de conductores unipolares que constituyan un sistema) por conducto, y se establecerán registros suficientes y convenientemente dispuestos de modo que la sustitución, reposición o ampliación de los conductores pueda efectuarse fácilmente.

La profundidad mínima de instalación de los conductores directamente enterrados o dispuestos en conductos será de 0'60 metros, salvo lo dispuesto en Capítulo 6, para los cruzamientos. La profundidad indicada podrá reducirse en casos especiales debidamente justificados, sin perjuicio de mantener la conveniente protección de los conductores.

4.6.1.3. Protección. Seccionamiento

Se colocarán cortacircuitos fusibles de calibre adecuado para la protección de las derivaciones en el arranque de las mismas, siempre que exista una reducción de la intensidad de corriente admisible en estas, ya sea debido a cambio de tipo de conductor, a reducción de sección o a distintas condiciones de instalación y siempre que no exista protección anterior que, por sus características, sirviera para la protección de la derivación. Únicamente en las derivaciones de pequeña longitud (por ejemplo, acometidas), y para facilitar su instalación y revisión, se admitirá que la protección este confiada a los fusibles instalados en el extremo final de la derivación.

Los dispositivos de protección indicados anteriormente, serán considerados como elementos de seccionamiento de las redes a efectos de lo dispuesto en el Reglamento vigente de Verificaciones Eléctricas y Regularidad en el Suministro de Energía.

Cuando los fusibles sean exteriores a locales afectos a un servicio eléctrico se instalarán en cajas apropiadas dispuestas sobre el suelo o enterradas, y podrán ser metálicas o de otros materiales adecuados con la resistencia mecánica y estanqueidad necesarias. Sus dimensiones y disposición deberán permitir la fácil maniobra en los fusibles.

4.6.1.4. Puesta a tierra del neutro y conexión de este a las envolventes metálicas de protección de los conductores

El conductor neutro de las redes subterráneas de distribución pública se conectará a tierra en el centro de transformación o central generadora de alimentación en la forma prevista en el Reglamento técnico de instalaciones eléctricas de alta tensión. Fuera del centro de transformación es recomendable su puesta a tierra en otros puntos de la red con objeto de disminuir su resistencia global a tierra.

Para las puestas a tierra del conductor neutro en cables subterráneos con envueltas metálicas en puntos exteriores a los centros de transformación o centrales generadoras, se deberá tener presente lo dispuesto para las citadas instalaciones en el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas de alta Tensión, en relación con la tierra del neutro de baja tensión y la tierra de protección con las envolventes metálicas de los conductores subterráneos para baja tensión.

Cuando la puesta a tierra del neutro y de protección para las envueltas metálicas de los conductores de baja tensión sean comunes en el centro de transformación o central generadora, el neutro se conectará a tierra a lo largo de la red por lo menos cada 200 metros, preferentemente en las cajas de seccionamiento. La envuelta metálica de protección de los cables, cuando exista, se conectará al neutro y a la masa en todas las cajas de seccionamiento.

Cuando el citado reglamento de alta tensión imponga la separación entre las tierras mencionadas, el conductor neutro deberá mantenerse aislado de la envuelta metálica del cable. Su puesta a tierra podrá realizarse en las cajas de seccionamiento o de empalmes, separándola de las tomas de tierra que puedan presentar las citadas cajas o envolventes metálicas del cable.

4.6.1.5. Continuidad del neutro

La continuidad del conductor neutro no podrá ser interrumpida en las redes de distribución, salvo que esta interrupción sea realizada por alguno de los dispositivos siguientes:

1. Interruptores o seccionadores omnipolares que actúen sobre el neutro al mismo tiempo que en las fases (corte omnipolar simultáneo) o que establezcan la conexión del neutro antes que las fases y desconecten estas antes que el neutro.
2. Uniones amovibles en el neutro próximas a los interruptores o seccionadores de los conductores de fase, debidamente realizadas y que solo puedan ser maniobradas mediante herramientas adecuadas, no debiendo, en este caso, ser seccionado el neutro sin que lo estén previamente las fases, ni conectadas estas sin haberlo sido previamente el neutro.

4.6.1.6. Condiciones generales para cruzamientos, proximidades y paralelismos

Los conductores subterráneos deberán cumplir, además de las condiciones señaladas en los capítulos 7 y 8 de la presente instrucción, las condiciones que, como consecuencia de disposiciones legales, pudieran imponer los organismos competentes cuando sus instalaciones fueran afectadas por los tendidos de conductores subterráneos de B.T.

4.6.1.7. Cruzamientos

A continuación se fijan, para cada uno de los casos que se indican, las condiciones a que deben responder los cruzamientos de conductores subterráneos. Es de aplica

A continuación se fijan, para cada uno de los casos que se indican, las condiciones a que deben responder los cruzamientos de conductores subterráneos. Es de aplicación o dispuesto en la instrucción MI BT 003, sobre condiciones especiales que puedan imponer otros organismos.

CRUZAMIENTOS	CONDICIONES
Con calles y carreteras	Los conductores se colocarán en conductos a una profundidad mínima de 0,80 metros. Los conductos serán resistentes y duraderos y tendrán un diámetro que permita deslizar fácil por su interior los conductores.
Bajo aguas permanentes	Los conductores se colocarán en el fondo del lecho, debiendo emplearse conductores de constitución

	apropiada y dispuestos de forma que no perturben la circulación de las embarcaciones, ni pongan en peligro la seguridad de las personas que las utilicen o transiten por las márgenes.
Bajo aguas circunstanciales	Se seguirá lo indicado para calles y carreteras, aumentando la profundidad a un metro.
Con ferrocarriles	Los cruzamientos se efectuarán en conductos, siempre que sea posible, normalmente a la vía y a una profundidad mínima de 1,30 metros con respecto a la cara inferior de la traviesa. Se recomienda efectuar el cruzamiento por los lugares de menor anchura de la zona del ferrocarril.
CRUZAMIENTOS	CONDICIONES
Con otros conductores de energía subterráneos	En los cruzamientos de los conductores de baja tensión con otros de Alta tensión, la distancia entre ellos debe ser igual o superior a 0,25 metros. En caso de que esta distancia no pueda respetarse, los conductores de Baja Tensión irán separados de los de Alta mediante tubos, conductos o divisorias, constituidos por materiales incombustibles y de adecuada resistencia En los cruzamientos entre los conductores de Baja Tensión de empresas de distribución diferentes, se observará lo dispuesto en el párrafo anterior, considerando a este efecto como de Alta Tensión los de la empresa que los hubiese instalado anteriormente.
Con cables de telecomunicación	Los conductores de Baja Tensión se instalarán en tubos o conductos, de adecuada resistencia mecánica, a una distancia mínima de 0,20 metros de los cables de telecomunicación.
Con canalizaciones de gas y agua	Los conductores se mantendrán a una distancia mínima de estas canalizaciones de 0,20 metros.

4.6.1.8. Proximidades y paralelismos

Los conductores subterráneos cualquiera que sea su forma de instalación, deberán cumplir las condiciones y distancias de seguridad que a continuación se indican:

PROXIMIDAD	CONDICIONES
Con otros conductores de energía eléctrica	Los conductores de Baja Tensión podrán instalarse paralelamente a otros de Alta Tensión, manteniendo entre ellos una distancia no inferior a 0'25 metros. Cuando esa distancia no pueda respetarse establecerá, entre los cables de alta y baja tensión, conductos o divisorias constituidos por materiales incombustibles, de adecuada resistencia mecánica, o bien se establecerá

	alguno de ellos por el interior de tubos conductos de iguales características.
Con cables de telecomunicación	Los conductores de baja tensión deberán de estar separados de los cables de telecomunicación a una distancia de 0'20 metro. Cuando esta distancia sea inferior al valor citado, los conductores de a tensión deberán establecerse en el interior de tubos, conductos o divisorias, constituidos por materiales incombustibles de adecuada resistencia mecánica.
Con canalizaciones de gas y agua	Los conductores se mantendrán a una distancia mínima de las canalizaciones no inferior a 0'20 metros. Si por motivos especiales, esta distancia no pudiera respetarse, los conductores se establecerán en interior de tubos, conductos o divisorias constituidos por materiales incombustibles de adecuada resistencia mecánica. Cuando se trate de canalizaciones de gas, se tomarán, además , las medidas necesarias para asegurar la ventilación de los conductos , galerías y registrase los conductores, con el fin de evitar la posible acumulación de gases en los mismos.

4.7. Receptores

4.7.1. Condiciones generales de la instalación

Los receptores que se instalen tendrán que cumplir los requisitos de correcta utilización y seguridad. Durante su funcionamiento no deberán producir perturbaciones en las redes de distribución pública ni en las de comunicaciones.

Los receptores se instalaran de acuerdo con su destino (clase de local, emplazamiento, utilización, etc.), con los esfuerzos mecánicos previsibles y en las condiciones de ventilación necesarias para que ninguna temperatura peligrosa, tanto para la propia instalación como para objetos próximos, pueda producirse en funcionamiento. Soportaran la influencia de agentes exteriores a que estén sometidos en servicio: polvo, humedad, gases, etc.

Los circuitos que formen parte de los receptores salvo las excepciones que para cada caso puedan señalar prescripciones de carácter particular, deberán estar protegidos contra sobrecargas siendo de aplicación para ello lo dispuesto en la instrucción MI-BT 022. Se adoptaran las características intensidad - tiempo de los dispositivos, de acuerdo con las características y condiciones de utilización de los receptores a proteger.

4.7.2. Conexión de receptores

Todo receptor será accionado por un dispositivo que puede ir incorporado al mismo o a la instalación de alimentación. Para este accionamiento se utilizará alguno de los dispositivos indicados en la instrucción MI-BT 043.

Se admitirá, cuando prescripciones particulares no señalen lo contrario, que el accionamiento afecte a un conjunto de receptores.

Los receptores podrán conectarse a las canalizaciones directamente o por intermedio de un conductor movable. Cuando esta conexión se efectúe directamente a una canalización fija, los receptores se situarán de manera que se pueda verificar su funcionamiento, proceder a su mantenimiento y controlar esta conexión. Si la conexión se efectuara por intermedio de un conductor movable, este incluirá el número de conductores necesarios y, si procede, el conductor de protección.

En cualquier caso, los conductores en la entrada al aparato estarán protegidos contra riesgos de tracción, torsión, cizallamiento, abrasión, plegados excesivos, etc., por medio de dispositivos apropiados constituidos por materias aislantes. No se permitirá anudar los conductores o atarlos al receptor. Los conductores de protección tendrán longitud tal que, en caso de fallar el dispositivo impeditivo de tracción, queden únicamente sometidos hasta después que la hayan soportado los conductores de alimentación.

En los receptores que produzcan calor, si las partes del mismo que puedan tocar a su conductor de alimentación alcanzan más de 85 grados centígrados de temperatura, la envolvente exterior del conductor no será de materia termoplástica.

La conexión de conductores movibles a la instalación alimentadora se realizará utilizando:

- Tomas de corriente.
- Cajas de conexión.

4.7.3. Receptores de alumbrado. Instalación

Se prohíbe terminantemente colgar las armaduras de las lámparas utilizando para ello los conductores que llevan la corriente a las mismas. Las armaduras irán firmemente enganchadas a los techos mediante tirafondos atornillados o sistema similar. Si se emplea otro sistema de suspensión, este deberá ser firme y estar aislado totalmente de la armadura.

En caso de lámparas fluorescentes se utilizarán modelos iguales o similares a los presentados en la memoria, siendo la única condición que lleven una corrección del factor de potencia de por lo menos hasta 0,9.

Para la instalación de lámparas suspendidas sobre vías públicas, se seguirá lo dispuesto a la instrucción ITC BT 09 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

4.7.4. Receptores a motor. Instalación

Los motores se instalarán de manera que la aproximación a sus partes en movimiento no pueda ser causa de accidente. No estarán nunca en contacto con materiales fácilmente combustibles, guardando las siguientes distancias de seguridad:

- 0.5 m si la potencia del motor es igual o menor a 1 KW.
- 1 m si la potencia nominal es superior a 1 KW.

Todos los motores de potencia superior a 0,25 CV, y todos los situados en locales con riesgo de incendio o explosión, tendrán su instalación propia de protección. Esta constara de por lo menos un juego de fusibles cortacircuitos de acuerdo con las características del motor.

También se dotará al motor de un sistema de protección contra la falta de tensión mediante un dispositivo de corte automático de la alimentación, cuando el arranque espontáneo del motor, como consecuencia del restablecimiento de la tensión, pueda provocar accidente o perjudicar a este.

4.7.5. Aparatos de caldeo. Instalación

Los aparatos de caldeo se instalarán de manera que no puedan inflamar las materias combustibles circundantes, aun en caso de empleo negligente o defectos previsibles de los mismos.

Los aparatos de caldeo industrial que estén destinados a estar en contacto con materias combustibles o inflamables y que en su uso normal no estén bajo la vigilancia de un operario, estarán provistos de un limitador de temperatura que interrumpa o reduzca el caldeo antes de alcanzar una temperatura peligrosa.

Los aparatos de caldeo por aire caliente estarán constituidos de manera que su elemento de caldeo sólo pueda ponerse en servicio después de hacerlo el ventilador correspondiente y cese aquel cuando el ventilador deje de funcionar. Los aparatos fijos, llevaran además, dos limitadores de temperatura, independientes entre sí, que impidan una elevación excesiva de ésta en los conductos de aire.

4.8. Protección contra sobreintensidades y sobretensiones

4.8.1. Protección de las instalaciones

4.8.1.1 Protección contra sobreintensidades

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

Las sobreintensidades pueden estar motivadas por:

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

Excepto los conductores de protección, todos los conductores que forman parte de un circuito, incluyendo el conductor neutro o compensador, estarán protegidos contra los efectos de las sobrintensidades.

1. Protección contra sobrecargas. El límite de intensidad de corriente admisible en un conductor ha de quedar en todo caso garantizada por el dispositivo de protección utilizado.

Para la protección del conductor neutro o compensador se tendrá en cuenta:

- Cuando el conductor neutro o compensador del circuito tenga una sección inferior a los conductores de fase o polares, y pueda preverse en él sobrecargas que no hagan actuar los dispositivos de protección destinados exclusivamente a aquéllos, se colocará un dispositivo de protección general que disponga de un elemento que controle la corriente en el conductor neutro o compensador, de forma que haga actuar el mismo cuando la sobrecarga en este conductor pueda considerarse excesiva.

El dispositivo de protección general puede estar constituido por un interruptor automático de corte omnipolar o por un interruptor automático que corte únicamente los conductores de fase o polares bajo la acción del elemento que controle la corriente en el conductor neutro.

- En los demás casos, se admite que la protección del conductor neutro o compensador esta convenientemente asegurada por los dispositivos que controlan la corriente en los conductores de fase o polares.

Como dispositivos de protección contra sobrecargas serán utilizados los fusibles calibrados de características de funcionamiento adecuadas o los interruptores automáticos con curva térmica de corte.

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

Se admiten como dispositivos de protección contra cortocircuitos los fusibles de características de funcionamiento adecuadas y los interruptores automáticos con sistema de corte electromagnético.

4.8.1.2 Situación de los dispositivos de protección

En general, los dispositivos destinados a la protección de los circuitos se instalarán en el origen de éstos, así como en los puntos en que la intensidad admisible disminuya por cambios debidos a sección, condiciones de instalación, sistema de ejecución o tipo de conductores utilizados.

No obstante, no exige instalar dispositivos de protección en el origen de un circuito en que se presente una disminución de la intensidad admisible en el mismo, cuando su protección quede asegurada por otro dispositivo instalado anteriormente. Esta prescripción no será aplicable a los circuitos destinados a la alimentación de locales mojados o que presenten riesgos de incendio o explosión.

4.8.1.3 Características de los dispositivos de protección

Los dispositivos de protección cumplirán las condiciones generales siguientes:

1. Deberán poder soportar la influencia de los agentes exteriores a que estén sometidos, presentando el grado de protección que les corresponda de acuerdo con sus condiciones de instalación.
2. Los fusibles eran colocados sobre material aislante incombustible y estarán contruidos de forma que no puedan proyectar metal al fundirse. Cumplirán la condición de permitir su recambio bajo tensión de la instalación sin peligro alguno. Deberán llevar marcada la intensidad y tensión nominales de trabajo para las que han sido contruidos.
3. Los interruptores automáticos serán los apropiados a los circuitos a proteger respondiendo en su funcionamiento a las curvas intensidad-tiempo adecuadas.

Deberán cortar la corriente máxima del circuito en que estén colocados sin dar lugar a la formación de arco permanente, abriendo o cerrando los circuitos sin posibilidad de tomar una posición intermedia entre las correspondientes a las de apertura y cierre. Cuando se utilicen para la protección contra cortocircuitos, su capacidad de corte estará de acuerdo con la intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en el punto de su instalación, salvo que vayan asociados con fusibles adecuados que cumplan este requisito.

Los interruptores automáticos llevarán marcada su intensidad y tensión nominal, el símbolo de la naturaleza de corriente en que hayan de emplearse, y el símbolo que indique las características de desconexión, de acuerdo con la norma que le corresponda, o en su defecto, irán acompañados de las curvas de desconexión.

4.8.1.4. Cuadros de distribución

En el origen de toda instalación y lo más cerca posible del punto de alimentación a la misma, se colocará un cuadro de distribución en el que se dispondrán un interruptor general de corte omnipolar, así como los dispositivos que parten de dicho cuadro.

El cuadro estará construido con materiales adecuados no inflamables.

4.8.1.5. Protección contra sobretensiones de origen atmosférico

Cuando sean de temer sobretensiones de origen atmosférico, las instalaciones deberán estar protegidas mediante descargadores a tierra situados lo más cerca posible del origen de aquéllas.

En las redes con conductor neutro puesto a tierra, los descargadores deberán conectarse entre cada uno de los conductores de fase o polares y una toma de tierra unida al conductor neutro.

En las redes con neutro no puesto directamente a tierra, los descargadores se conectarán entre cada uno de los conductores, incluyendo el neutro o compensador, y tierra.

En general, las instalaciones en las que sean de temer sobretensiones de origen atmosférico, se establecerán de forma que quede suficiente separación entre las canalizaciones eléctricas, tanto en el interior como en el exterior de los edificios, en relación con las partes o elementos metálicos unidos a tierra.

4.9. Protección contra contactos directos e indirectos

4.9.1. Protección contra contactos directos

Para considerar satisfactoria la protección contra los contactos directos se tomará una de las siguientes medidas:

1. Alejamiento de las partes activas de la instalación del lugar donde circulen las personas habitualmente con un mínimo de 2,5 m hacia arriba, 1 m hacia abajo y 1 m lateralmente.
2. Interposición de obstáculos que impidan todo contacto accidental con las partes activas de la instalación. Los obstáculos deben estar fijados de forma segura y resistir a los esfuerzos mecánicos usuales que pueden presentarse en su función.

3. Recubrimiento de las partes activas de la instalación por medio de un aislamiento apropiado capaz de conservar sus propiedades con el tiempo y que limite la corriente de contacto a un valor no superior a 1 mA.

4.9.2. Protección contra contactos indirectos

Para la elección de las medidas de protección contra contactos indirectos, se tendrá en cuenta la naturaleza de los locales o emplazamientos, las masas y los elementos conductores, la extensión e importancia de la instalación, etc., que obligaran en cada caso a adoptar la medida de protección más adecuada.

Para instalaciones con tensiones superiores a 250 V con relación a tierra es necesario establecer sistemas de protección, cualquiera que sea el local, naturaleza del suelo, etc.

Las medidas de protección contra contactos indirectos pueden ser de las clases siguientes:

Clase A:

Se basa en los siguientes sistemas:

- Separación de circuitos.
- Empleo de pequeñas tensiones.
- Separación entre las partes activas y las masas accesibles por medio de aislamientos de protección; inaccesibilidad simultáneamente de elementos conductores y masas.
- Recubrimiento de las masas con aislamientos de protección.
- Conexiones equipotenciales.

Clase B:

Se basa en los siguientes sistemas:

- Puesta a tierra de las masas y dispositivos de corte por intensidad de defecto.
- Puesta a tierra de las masas y dispositivos de corte por tensión de defecto.
- Puesta a neutro de las masas y dispositivos de corte por intensidad de defecto.

La aplicación de los sistemas de protección de la clase A no es generalmente posible, sin embargo se puede aplicar de manera limitada y solamente para ciertos equipos, materiales o partes de la instalación.

4.9.3. Puesta a tierra de las masas y dispositivos de corte por intensidad de defecto

Este sistema de protección consiste en la puesta a tierra de las masas, asociadas a un dispositivo de corte automático sensible a la intensidad de defecto que origine la desconexión de la instalación defectuosa. Requiere que se cumplan las condiciones siguientes:

En instalaciones con el punto neutro unido directamente a tierra (como es el caso):

- La corriente a tierra producida por un solo defecto franco debe hacer actuar el dispositivo de corte en un tiempo no superior a 5 segundos.

- Una masa cualquiera no puede permanecer en relación a una toma de tierra eléctricamente distinta, a un potencial superior, en valor eficaz a:

24 voltios en locales conductores.

50 voltios en los demás casos.

- Todas las masas de una instalación deben estar unidas a la misma toma de tierra.

Se utilizarán como dispositivos de corte automático sensibles a la corriente de defecto interruptores diferenciales. Los diferenciales provocan la apertura automática de la instalación cuando la suma vectorial de las intensidades que atraviesan los polos del aparato alcanza un valor determinado.

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

4.10. Alumbrados especiales

4.10.1. Alumbrado de emergencia

Es aquel que debe permitir, en caso de fallo del alumbrado general, la evacuación segura y fácil del público hacia el exterior. Solamente podrá ser alimentado por fuentes propias de energía sean o no exclusivas para dicho alumbrado, pero no por fuente de suministro exterior. Cuando la fuente propia de energía esté constituida por baterías de acumuladores o por aparatos autónomos automáticos, se podrá utilizar un suministro exterior para proceder a su carga. El alumbrado de emergencia deberá poder funcionar durante un mínimo de una hora, proporcionando en el eje de los pasos principales una iluminación adecuada.

El alumbrado de emergencia estará previsto para entrar en funcionamiento automáticamente al producirse al fallo de los alumbrados generales o cuando la tensión de éstos baje al 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. 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.

4.10.2. 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 normal, complementario o procedente de fuente propia de energía eléctrica de las admitidas en el Capítulo 3 de esta Instrucción. 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 en 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.

4.10.3. Locales que deberán ser provistos de alumbrados especiales

Con alumbrado de emergencia

Todos los locales de reunión que puedan albergar a 300 personas o más, los locales de espectáculos y los establecimientos sanitarios.

Con alumbrado de señalización

Estacionamientos subterráneos de vehículos, teatros y cines en sala oscura, grandes establecimientos sanitarios y cualquier otro local donde puedan producirse aglomeraciones de público en horas o lugares en que la iluminación natural de luz solar no sea suficiente para proporcionar en el eje de los pasos principales una iluminación mínima de 1 lux.

4.10.4. Fuentes propias de energía

La fuente propia de energía estará constituida por baterías de acumuladores o aparatos autónomos automáticos, o grupos electrógenos; la puesta en funcionamiento de

unos y otros se realizará al producirse la falta de tensión en los circuitos alimentados por los diferentes suministros procedentes de la Empresa o Empresas, distribuidoras de la energía eléctrica, o cuando aquella tensión descienda por debajo del 70 por 100 de su valor nominal.

La fuente propia de energía en ningún caso podrá estar constituida por baterías de pilas. La capacidad mínima de esta fuente propia de energía será, como norma general, la precisa para proveer al alumbrado de emergencia en las condiciones señaladas en el apartado 2.1 de esta Instrucción.

4.10.5. Instrucciones complementarias

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

4.11. Local

4.11.1. Prescripciones de carácter general

Las instalaciones en los locales a que afectan las presentes prescripciones cumplirán las condiciones de carácter general que a continuación se señalan, así como para determinados locales, las complementarias que más adelante se fijan.

1. Será necesario disponer de una acometida individual, siempre que el conjunto de las dependencias del local considerado constituya un edificio independiente, o igualmente en el caso en existan varios locales o viviendas en el mismo edificio y la potencia instalada en el local de pública concurrencia los justifique.
2. El cuadro general de distribución deberá colocarse en el punto más próximo posible a la entrada de la acometida o de la derivación individual y se colocara junto o sobre él el dispositivo de mando y protección preceptivo, según la instrucción MI-BT 016. Cuando no sea posible la instalación del cuadro general en este punto, se instalara, de todas formas, en dicho punto, un dispositivo de mando y protección.

De dicho cuadro general saldrán las líneas que alimentan directamente los aparatos receptores o bien las líneas generales de distribución a las que se conectara mediante cajas o a través de cuadros secundarios de distribución los distintos circuitos alimentadores. Los aparatos receptores que consuman mas de 15 A se alimentarán directamente desde el cuadro general o desde los secundarios.

3. El cuadro general de distribución, e igualmente los cuadros secundarios, se instalarán en locales o recintos a los que no tenga acceso el público y que

estarán separados de los locales donde exista un peligro acusado de incendio o de pánico, por medio de elementos a prueba de incendios y puertas no propagadoras de fuego. Los contadores podrán instalarse en otro lugar, de acuerdo con la empresa distribuidora de energía eléctrica y siempre antes del cuadro general.

4. En el cuadro general de distribución o en los secundarios se dispondrán dispositivos de mando y protección para cada una de las líneas generales de distribución, y las de alimentación directa a receptores. Cerca de cada uno de los interruptores del cuadro se colocara una placa indicadora del circuito al que pertenecen.
5. Las canalizaciones estarán constituidas por:
 - Conductores aislados, de tensión nominal de aislamiento no inferior a 750 V, colocados bajo tubos protectores, de tipo no propagador de llama, preferentemente empotrados, en especial en las zonas accesibles al público.
 - Conductores aislados, de tensión nominal de aislamiento no inferior a 750 V, con cubierta de protección, colocados en huecos de la construcción, totalmente construidos en materiales incombustibles.
 - Conductores rígidos, aislados de tensión nominal no inferior a 1000 V, armados colocados directamente sobre las paredes.
6. Se adoptaran las disposiciones convenientes para que las instalaciones no puedan ser alimentadas simultáneamente por dos fuentes de alimentación independientes entre sí.

4.12. Mejoramiento del factor de potencia

Las instalaciones que suministren energía a receptores de los que resulte un factor de potencia inferior a 0,90 deberán ser compensadas, sin que en ningún momento la energía absorbida por la red pueda ser capacitiva.

La compensación del factor de potencia podrá hacerse por una de las dos formas siguientes:

- Por cada receptor o grupo de receptores que funcionen por medio de un solo interruptor; es decir funcionen simultáneamente.
- Para la totalidad de la instalación. En este caso, la instalación de compensación ha de estar dispuesta para que, de forma automática, asegure que la variación del factor de potencia no sea superior de un 10% del valor medio obtenido en un prolongado periodo de funcionamiento.

Cuando se instalen condensadores y la conexión de estos con los receptores pueda ser cortada por medio de interruptores, estarán provistos aquellos de resistencias o reactancias se descarga a tierra.

4.13. Puestas a tierra

4.13.1. Objeto de las puestas a tierra

Las puestas a tierra se establecen con objeto, principalmente, 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 el material utilizado.

Las puestas a tierra, a las que se refiere la presente Instrucción, se aplicarán a todo elemento o parte de la instalación que otras instrucciones prescriban como obligatoria su puesta a tierra.

4.13.2. Puestas a tierra. Definición

La denominación "puesta a tierra" comprende toda la ligazón metálica directa sin fusible ni protección alguna, de sección suficiente, entre determinados elementos o partes de una instalación y un electrodo, o grupo de electrodos, enterrados en el suelo, con objeto de conseguir que el conjunto de instalaciones, edificios y superficie próxima del terreno no existan diferencias de potencial peligrosas y que, al mismo tiempo, permita el paso a tierra de las corrientes de falta o la descarga de origen atmosférico.

4.13.3. Partes que comprenden las puestas a tierra

Todo sistema de puesta a tierra constará de las siguientes partes:

- Tomas de tierra.
- Líneas principales de tierra.
- Derivaciones de las líneas principales de tierra.
- Conductores de protección.

El conjunto de conductores, así como sus derivaciones y empalmes, que forman las diferentes partes de las puestas a tierra, constituyen el circuito de puesta a tierra.

4.13.3.1. Tomas de tierra

Las tomas de tierra estarán constituidas por los elementos siguientes:

- Electrodo. Es una masa metálica, permanentemente en buen contacto con el terreno para facilitar el paso a éste de las corrientes de defecto que puedan presentarse o la carga eléctrica que tenga o pueda tener.
- Línea de enlace con tierra. Está formada por los conductores que unen el electrodo o conjunto de electrodos con el punto de puesta a tierra.
- Punto de puesta a tierra es un punto situado fuera del suelo que sirve de unión entre la línea de enlace con tierra y la línea principal de tierra.

Las instalaciones que lo precisen, dispondrán de un número suficiente de puntos de puesta a tierra, convenientemente distribuidos, que estarán conectados al mismo electrodo o conjunto de electrodos.

El punto de puesta a tierra estará constituido por un dispositivo de conexión (regleta, placa, borne, etc.) que permita la unión entre los conductores de las líneas de enlace y principal de tierra de forma que pueda, mediante útiles apropiados, separarse éstas, con el fin de poder realizar la medida de la resistencia de tierra.

4.13.3.2 Líneas principales de tierra

Las líneas principales de tierra estarán formadas por conductores que partirán del punto de puesta a tierra y a las cuales estarán conectadas las derivaciones necesarias para la puesta a tierra de las masas generalmente a través de los conductores de protección.

4.13.3.3 Derivaciones de las líneas principales de tierra

Las derivaciones de las líneas de tierra estarán constituidas por conductores que unirán la línea principal de tierra con los conductores de protección o directamente con las masas.

4.13.3.4 Conductores de protección

Los conductores de protección sirven para unir eléctricamente las masas de una instalación a ciertos elementos con el fin de asegurar la protección contra los contactos indirectos.

En el circuito de puesta a tierra, los conductores de protección unirán las masas a la línea principal de tierra.

En otros casos reciben igualmente el nombre de conductores de protección, aquellos conductores que unen las masas:

- al neutro de la red.
- a otras masas.
- a elementos metálicos distintos de las masas.

4.13.3.5 Resistencia de tierra

El electrodo se dimensionará de forma que su resistencia de tierra, en cualquier circunstancia previsible, no sea superior al valor especificado para ella en cada caso.

Este valor de resistencia de tierra será tal que cualquier masa no pueda dar lugar a tensiones de contacto superiores a:

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

La resistencia de tierra de un electrodo depende de sus dimensiones, de su forma y de la resistividad del terreno en que se establece. Esta resistividad varía frecuentemente de un punto a otro del terreno, y varía también con la profundidad.

Aunque los cálculos efectuados a partir de estos valores no dan más que un valor muy aproximado de la resistencia de tierra del electrodo, la medida de resistencia de tierra de este electrodo puede permitir estimar el valor medio local de la resistividad del terreno.

4.13.3.6 Revisión de tomas de tierra

Por la importancia que ofrece, desde el punto de vista de la seguridad, cualquier instalación de toma de tierra, deberá ser obligatoriamente comprobada por los servicios oficiales en el momento de dar de alta la instalación para el funcionamiento.

Personal, técnicamente competente, efectuará esta comprobación anualmente en la época en que el terreno esté más seco. Para ello, se medirá la resistencia de tierra, reparando inmediatamente los defectos que se encuentren.

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



Fdo.: Javier Mendinueta Igoa
Pamplona, Septiembre de 2011



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación :

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BAJA TENSION DE NAVE
INDUSTRIAL Y CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

DOCUMENTO Nº5. Presupuesto.

Aritz López de Zubiría Aguirre

Amaia Pérez Ezcurdia

Pamplona, 28 de Mayo de 2009



5. PRESUPUESTO



INDICE

5. PRESUPUESTO	PÁGINA
5.1. Nave industrial	3
Capítulo I: Cuadros de distribución	3
Capítulo II: Alumbrado	13
Capítulo III: Conductores, tubos y canalizaciones	14
Capítulo IV: Puesta a tierra	16
Capítulo V: Interruptores y tomas de corriente	16
Capítulo VI: Batería de condensadores	17
Capítulo VII: Equipo de seguridad y salud	17
Resumen presupuesto de la nave	18
5.2. Centro de transformación	19
Capítulo VIII: Centro de transformación	19
Capítulo IX: Puesta a tierra	21
5.3. Presupuesto total de la instalación	22



5.1 Nave industrial

Capítulo I: Cuadro general de distribución

CAPITULO I: CUADRO GENERAL DE DISTRIBUCION

Código	Resumen	Unidad	CanPres	PrPres	ImpPres
PV2082	Armario metálico con puerta transparente ABB ArTu K, de dimensiones 2000x800x390	Unidad	1,00	743,74	743,74
62875	Interruptor magnetotérmico Marca: ABB T7S Poder de corte: 50 KA, curva C, III+N Calibre 1250 A	Unidad	1,00	5.701,59	5.701,59
2CDS272001R0164	Interruptor magnetotérmico Marca: ABB S202M-C16 Poder de corte: 15 KA, curva C, I+N Calibre 16 A	Unidad	2,00	55,88	111,76
2CDS274001R0254	Interruptor magnetotérmico Marca: ABB S204M-C25 Poder de corte: 15 KA, curva C, III+N Calibre 25 A	Unidad	1	121,3	121,30
2CDS274001R0404	Interruptor magnetotérmico Marca: ABB S204M-C40 Poder de corte: 15 KA, curva C, III+N Calibre 40 A	Unidad	1	144,36	144,36
2CDS274001R0634	Interruptor magnetotérmico Marca: ABB S204M-C63 Poder de corte: 15 KA, curva C, III+N Calibre 63 A	Unidad	1	230,9	230,90
66821	Interruptor magnetotérmico Marca: ABB XT1B Poder de corte: 18 KA, curva C, III+N Calibre 160 A	Unidad	1	505,9	505,90
54122	Interruptor magnetotérmico Marca: ABB T4N Poder de corte: 36 KA, curva D, III+N Calibre 250 A	Unidad	2	2625,77	5.251,54



54317		Unidad	1	2875,84	2.875,84
	Interrupor magnetotérmico Marca: ABB T5N Poder de corte: 36 KA, curva D, III+N Calibre 400 A				
2CSF204001R3250		Unidad	1	224,54	224,54
	Interrupor diferencial Marca: ABB F204AC-25 Calibre: 25 A Sensibilidad: 300mA 4 polos				
2CSF204001R3400		Unidad	1	233,54	233,54
	Interrupor diferencial Marca: ABB F204AC-40 Calibre: 40 A Sensibilidad: 300mA 4 polos				
2CSF204001R3630		Unidad	4	308	1.232,00
	Interrupor diferencial Marca: ABB F204AC-63 Calibre: 63 A Sensibilidad: 300mA 4 polos				
		Unidad	2	491,63	983,26
	Interrupor diferencial Marca: Merlin Gerin Calibre: 250 A Sensibilidad: 300mA 4 polos				
				Subtotal	18.360,27



Capítulo I: Cuadro auxiliar 1

CAPITULO I: CUADRO AUXILIAR 1

Código	Resumen	Unidad	CanPres	PrPres(€)	ImpPres(€)
SRN5420K	Armario metálico ABB SR2 con puerta ciega y placa de montaje. Dimensiones 500x400x200	Unidad	1,00	149,59	149,59
2CDS274001R0161		Unidad	1,00	203,04	203,04
2CDS274001R0251	Interruptor magnetotérmico Marca: ABB S204M-D16 Poder de corte: 15 KA, curva D, III+N Calibre 16 A	Unidad	1	214	214,00
2CDS274001R0324	Interruptor magnetotérmico Marca: ABB S204M-D25 Poder de corte: 15 KA, curva D, III+N Calibre 25 A	Unidad	1	226,77	226,77
2CDS274001R0324	Interruptor magnetotérmico Marca: ABB S204M-D32 Poder de corte: 15 KA, curva D, III+N Calibre 32 A	Unidad	1	226,77	226,77
2CDS272001R0164	Interruptor magnetotérmico Marca: ABB S202M-C16 Poder de corte: 15 KA, curva C, I+N Calibre 16 A	Unidad	1,00	55,88	55,88
2CDS274001R0254	Interruptor magnetotérmico Marca: ABB S204M-C25 Poder de corte: 15 KA, curva C, III+N Calibre 25 A	Unidad	1	121,3	121,30
2CSF204001R3160	Interruptor diferencial Marca: ABB F204AC-16 Calibre: 16 A Sensibilidad: 300mA 4 polos	Unidad	1	142,51	142,51
2CSF204001R3250	Interruptor diferencial Marca: ABB F204AC-25 Calibre: 25 A Sensibilidad: 300mA 4 polos	Unidad	1	224,54	224,54
2CSF204001R3400	Interruptor diferencial Marca: ABB F204AC-40 Calibre: 40 A Sensibilidad: 300mA 4 polos	Unidad	2	233,54	467,08



1SCA105365R1001	Unidad	1	68,3	68,30
	Interruptor seccionador Marca: ABB OT63F4N2 Calibre: 63 A			
			Subtotal	1.873,01



Capítulo I: Cuadro auxiliar 2

CAPITULO I: CUADRO AUXILIAR 2

Código	Resumen	Unidad	CanPres	PrPres(€)	ImpPres(€)
SRN5420K	Armario metálico ABB SR2 con puerta ciega y placa de montaje. Dimensiones 500x400x200	Unidad	1,00	149,59	149,59
2CDS272001R0164	Interrupor magnetotérmico Marca: ABB S202M-C16 Poder de corte: 15 KA, curva C, I+N Calibre 16 A	Unidad	2,00	55,88	111,76
2CDS274001R0254	Interrupor magnetotérmico Marca: ABB S204M-C25 Poder de corte: 15 KA, curva C, III+N Calibre 25 A	Unidad	1	121,3	121,30
2CDS274001R0324	Interrupor magnetotérmico Marca: ABB S204M-D32 Poder de corte: 15 KA, curva c, III+N Calibre 32 A	Unidad	1	123,78	123,78
2CDS274001R0404	Interrupor magnetotérmico Marca: ABB XT4N Poder de corte: 36 KA, curva D, III+N Calibre 125 A	Unidad	1	681,83	681,83
2CSF202001R3160	Interrupor diferencial Marca: ABB F202AC-16 Calibre: 16 A Sensibilidad: 300mA 2 polos	Unidad	1	140,1	140,10
2CSF204001R3630	Interrupor diferencial Marca: ABB F204AC-63 Calibre: 63 A Sensibilidad: 300mA 4 polos	Unidad	1	308	308,00
2CSF204001R3950	Interrupor diferencial Marca: ABB F204AC-125 Calibre: 125 A Sensibilidad: 300mA 4 polos	Unidad	1	652,81	652,81
1SCA022259R8060	Interrupor seccionador Marca: ABB OT160E4 Calibre: 63 A	Unidad	1	149,75	149,75
				Subtotal	2.438,92



Capítulo I: Cuadro auxiliar 3

CAPITULO I: CUADRO AUXILIAR 3

Código	Resumen	Unidad	CanPres	PrPres(€)	ImpPres(€)
SRN5420K	Armario metálico ABB SR2 con puerta ciega y placa de montaje. Dimensiones 500x400x200	Unidad	1,00	149,59	149,59
2CDS272001R0164		Unidad	1,00	55,88	55,88
2CDS274001R0634	Interruptor magnetotérmico Marca: ABB S202M-C16 Poder de corte: 15 KA, curva C, I+N Calibre 16 A	Unidad	2	230,9	461,80
2CSF202001R3160	Interruptor magnetotérmico Marca: ABB S204M-C63 Poder de corte: 15 KA, curva C, III+N Calibre 63 A	Unidad	1	140,1	140,10
2CSF204001R3630	Interruptor diferencial Marca: ABB F202AC-16 Calibre: 16 A Sensibilidad: 300mA 2 polos	Unidad	2	308	616,00
1SCA105018R1001	Interruptor diferencial Marca: ABB F204AC-63 Calibre: 63 A Sensibilidad: 300mA 4 polos	Unidad	1	102,73	102,73
	Interruptor seccionador Marca: ABB OT100FN2 Calibre: 115 A				
				Subtotal	1.526,10



Capítulo I: Cuadro auxiliar 4

CAPITULO I: CUADRO AUXILIAR 4

Código	Resumen	Unidad	CanPres	PrPres(€)	ImpPres(€)
SRN5420K	Armario metálico ABB SR2 con puerta ciega y placa de montaje. Dimensiones 500x400x200	Unidad	1,00	149,59	149,59
2CDS272001R0164	Interrupitor magnetotérmico Marca: ABB S202M-C16 Poder de corte: 15 KA, curva C, I+N Calibre 16 A	Unidad	2,00	55,88	111,76
2CDS274001R0254	Interrupitor magnetotérmico Marca: ABB S204M-C25 Poder de corte: 15 KA, curva C, III+N Calibre 25 A	Unidad	1	121,3	121,30
2CSF204001R3400	Interrupitor diferencial Marca: ABB F204AC-40 Calibre: 40 A Sensibilidad: 300mA 4 polos	Unidad	2	233,54	467,08
1SCA022259R8060	Interrupitor seccionador Marca: ABB OT160E4 Calibre: 63 A	Unidad	1	149,75	149,75
				Subtotal	999,48



Capítulo I: Cuadro auxiliar 5

CAPITULO I: CUADRO AUXILIAR 5

Código	Resumen	Unidad	CanPres	PrPres(€)	ImpPres(€)
SRN5420K	Armario metálico ABB SR2 con puerta ciega y placa de montaje. Dimensiones 500x400x200	Unidad	1,00	149,59	149,59
2CDS272001R0164	Interrupitor magnetotérmico Marca: ABB S202M-C16 Poder de corte: 15 KA, curva C, I+N Calibre 16 A	Unidad	1,00	55,88	55,88
2CDS274001R0254	Interrupitor magnetotérmico Marca: ABB S204M-C25 Poder de corte: 15 KA, curva C, III+N Calibre 25 A	Unidad	1	121,3	121,30
2CDS274001R0324	Interrupitor magnetotérmico Marca: ABB S204M-D32 Poder de corte: 15 KA, curva c, III+N Calibre 32 A	Unidad	1	123,78	123,78
2CSF204001R3630	Interrupitor diferencial Marca: ABB F204AC-63 Calibre: 63 A Sensibilidad: 300mA 4 polos	Unidad	1	308	308,00
1SCA022259R8060	Interrupitor seccionador Marca: ABB OT160E4 Calibre: 63 A	Unidad	1	149,75	149,75
				Subtotal	908,30



Capítulo I: Cuadro Alumbrado oficinas

CAPITULO I: CUADRO OFICINAS

Código	Resumen	Unidad	CanPres	PrPres(€)	ImpPres(€)
SRN5420K	Armario metálico ABB SR2 con puerta ciega y placa de montaje. Dimensiones 500x400x200	Unidad	1,00	149,59	149,59
2CDS272001R0064	Interrupor magnetotérmico Marca: ABB S202M-C06 Poder de corte: 15 KA, curva C, I+N Calibre 6 A	Unidad	2,00	60,04	120,08
2CDS272001R0104	Interrupor magnetotérmico Marca: ABB S202M-C010 Poder de corte: 15 KA, curva C, I+N Calibre 10 A	Unidad	4,00	54,70	218,80
2CDS272001R0164	Interrupor magnetotérmico Marca: ABB S202M-C016 Poder de corte: 15 KA, curva C, I+N Calibre 16 A	Unidad	6,00	54,70	328,20
2CDS274001R0324	Interrupor magnetotérmico Marca: ABB S204M-D32 Poder de corte: 15 KA, curva c, III+N Calibre 32 A	Unidad	1	123,78	123,78
2CSF204001R3320	Interrupor diferencial Marca: ABB F204AC-32 Calibre: 32 A Sensibilidad: 300mA 2 polos	Unidad	1	140,3	140,30
2CSF202001R3160	Interrupor diferencial Marca: ABB F202AC-16 Calibre: 16 A Sensibilidad: 300mA 2 polos	Unidad	1	147,1	147,10
1SCA022259R8060	Interrupor seccionador Marca: ABB OT160E4 Calibre: 63 A	Unidad	1	149,75	149,75
				Subtotal	1.107,93



Capítulo I: Cuadro Alumbrado nave

CAPITULO I: CUADRO ALUMBRADO NAVE

Código	Resumen	Unidad	CanPres	PrPres(€)	ImpPres(€)
SRN5420K	Armario metálico ABB SR2 con puerta ciega y placa de montaje. Dimensiones 500x400x200	Unidad	1,00	149,59	149,59
2CDS272001R0064	Interrupor magnetotérmico Marca: ABB S202M-C06 Poder de corte: 15 KA, curva C, I+N Calibre 6 A	Unidad	6,00	60,04	360,24
2CDS272001R0104	Interrupor magnetotérmico Marca: ABB S202M-C010 Poder de corte: 15 KA, curva C, I+N Calibre 10 A	Unidad	1,00	54,70	54,70
2CDS272001R0164	Interrupor magnetotérmico Marca: ABB S202M-C016 Poder de corte: 15 KA, curva C, I+N Calibre 16 A	Unidad	6,00	54,70	328,20
2CSF204001R3250	Interrupor diferencial Marca: ABB F202AC-25 Calibre: 25 A Sensibilidad: 30mA 2 polos	Unidad	5	140,1	700,50
2CSF204001R3400	Interrupor diferencial Marca: ABB F202AC-40 Calibre: 40 A Sensibilidad: 30mA 2 polos	Unidad	1	143,2	143,20
				Subtotal	1.736,43



Capítulo II: Alumbrado

CAPITULO II: ALUMBRADO

Unidad	Resumen	CanPres	PrPres(€)	ImpPres(€)
Unidad	Luminaria Philips 4ME550 P-WB 1xSON400W +9ME100 R D550 Totalmente instalada y funcionando	24,00	58,61	1.406,64
Unidad	Luminaria Philips TBS160 4xTL-D18W HFP M6 Totalmente instalada y funcionando	36,00	97,23	3.500,28
Unidad	Down light, Luminaria Philips FBH024 2xPL-C/4P26W HF RG Totalmente instalada y funcionando	23,00	85,00	1.955,00
Unidad	Luminaria Mazda TCS198 2xTL-D58W HFP DPM Totalmente instalada y funcionando	6,00	35,00	210,00
Unidad	Luminaria Philips MWF330 1xHPI TP 400W S Totalmente instalada y funcionando	7,00	56,38	394,66
Unidad	Luminarias de emergencia autónomas Daisalux, serie hydra FL 8W Totalmente instalada y funcionando	38,00	76,26	2.897,88
Unidad	Luminarias de emergencia autónomas Daisalux Serie, pantallas fluorescentes estancas Totalmente instalada y funcionando	15,00	169,01	2.535,15
			Subtotal	11.492,97

Capítulo III: Conductores, tubos y canalizaciones

CAPITULO III: TUBOS Y CANALIZACIONES

Unidad	Resumen	CanPres	PrPres(€)	ImpPres(€)
Unidad	Bandeja portacables de malla Pemsaband Standard G.S, referencia 75221200, de dimensiones 200x35 mm. Totalmente instalada.	180,00	12,60	2.268,00
Unidad	Soporte para la bandeja, Marca: Pensaband, Modelo: Omega, Ref. 62021203. Totalmente instalado.	89,00	6,10	542,90
Metro lineal	Tubo de acero flexible galvanizado de Ø 20 mm, incluido fijaciones y material complementario. Totalmente instalado.	20,00	1,23	24,60
Metro lineal	Tubo de acero flexible galvanizado de Ø 25 mm, incluido fijaciones y material complementario. Totalmente instalado.	20,00	1,65	33,00
Metro lineal	Tubo de acero flexible galvanizado de Ø 32 mm, incluido fijaciones y material complementario. Totalmente instalado.	15,00	1,85	27,75
Metro lineal	Tubo de acero flexible galvanizado de Ø 40 mm, incluido fijaciones y material complementario. Totalmente instalado.	38,00	2,90	110,20
Metro lineal	Tubo de PVC flexible de Ø 20 mm, incluido fijaciones y material complementario. Totalmente instalado.	300,00	0,55	165,00
Metro lineal	Tubo de PVC flexible de Ø 25 mm, incluido fijaciones y material complementario. Totalmente instalado.	300,00	0,76	228,00
Metro lineal	Tubo de termoplástico de PVC corrugado, de 125 mm de color rojo, con guía incorporada.	50,00	3,21	160,50
Metro lineal	Tubo de termoplástico de PVC corrugado, de 225 mm de color rojo, con guía incorporada.	45,00	8,05	362,25
Unidad	Tubo de PVC rígido de Ø 20 mm, incluido fijaciones y material complementario. Totalmente instalado. Se presenta en largos de 3 m.	98	0,97	95,06
Unidad	Tubo de PVC rígido de Ø 25 mm, incluido fijaciones y material complementario. Totalmente instalado. Se presenta en largos de 3 m.	136	1,43	194,48
			Subtotal	4.211,74



CAPITULO III: CONDUCTORES

Unidad	Resumen	CanPres	PrPres(€)	ImpPres(€)
Metro lineal	Conductor Top Cable RZ1-K 0,6/1kV, 185 mm ² , Cu, aislamiento XLPE. Totalmente instalado.	493,00	29,85	14.716,05
Metro lineal	Conductor Top Cable RZ1-K 0,6/1kV, 150 mm ² , Cu, aislamiento XLPE. Totalmente instalado.	35,00	26,40	924,00
Metro lineal	Conductor Top Cable V-K 0,6/1kV, 95 mm ² , Cu. Totalmente instalado.	135,00	23,70	3.199,50
Metro lineal	Conductor Top Cable V-K 0,6/1kV, 70 mm ² , Cu. Totalmente instalado.	70,00	19,80	1.386,00
Metro lineal	Conductor Top Cable V-K 0,6/1kV, 50 mm ² , Cu. Totalmente instalado.	93,00	14,65	1.362,45
Metro lineal	Conductor Top Cable V-K 0,6/1kV, 35 mm ² , Cu. Totalmente instalado.	32,00	11,30	361,60
Metro lineal	Conductor Top Cable V-K 0,6/1kV, 25 mm ² , Cu. Totalmente instalado.	360,00	7,35	2.646,00
Metro lineal	Conductor Top Cable V-K 0,6/1kV, 16mm ² , Cu. Totalmente instalado.	342,00	5,15	1.761,30
Metro lineal	Conductor Top Cable V-K 0,6/1kV, 10mm ² , Cu. Totalmente instalado.	195,00	3,64	709,80
Metro lineal	Conductor Top Cable V-K 0,6/1kV, 6mm ² , Cu. Totalmente instalado.	155,00	2,50	387,50
Metro lineal	Conductor Top Cable V-K 0,6/1kV, 2,5mm ² , Cu. Totalmente instalado.	2586	1,64	4.241,04
Metro lineal	Conductor Top Cable V-K 0,6/1kV, 1,5mm ² , Cu. Totalmente instalado.	1563	1,44	2.250,72
			Subtotal	33.945,96



Capítulo IV: Puesta a tierra

CAPITULO IV: PUESTA A TIERRA

Unidad	Resumen	CanPres	PrPres(€)	ImpPres(€)
Unidad	Pica de tierra de acero y recubierta de cobre, de 2 m de longitud y Ø de 14 mm. Totalmente instalada.	4,00	14,78	59,12
Unidad	Arqueta de registro de instalación de tierra Ingesco, de hormigón, con tapa de registro. Totalmente instalada.	4,00	27,50	110,00
Metro lineal	Metros de cable de cobre desnudo de 50mm ² . Totalmente instalado.	179,00	6,35	1.136,65
Unidad	Grapa para la conexión de la estructura y picas con el conductor de puesta a tierra. Aleación de cobre. Totalmente instalada.	18,00	6,13	110,34
			Subtotal	1.416,11

Capítulo V: Interruptores y tomas de corriente

CAPITULO V: INTERRUPTORES Y TOMAS DE CORRIENTE

Unidad	Resumen	CanPres	PrPres(€)	ImpPres(€)
Unidad	Interruptor unipolar. Marca: NIESSEN, serie ARCO blanco alpino colocado y conexionado.	22,00	6,65	146,30
Unidad	Conmutador de empotrar completo NIESSEN serie ARCO blanco alpino colocado y conexionado.	4	8,19	32,76
Unidad	Cruzamiento de empotrar completo NIESSEN serie ARCO blanco alpino colocado y conexionado.	1	9,2	9,20
Unidad	Toma de corriente FN + TT 16 A, 230 V. Serie CETAC de BJC. Totalmente instalado.	59	7,05	415,95
Unidad	Toma de corriente 3F+N + TT 25 A, 400 V. Serie CETAC de BJC. Totalmente instalado.	6	9,15	54,90
Unidad	Toma de corriente 3F+N + TT 32 A, 400 V. Serie CETAC de BJC. Totalmente instalado.	2	11,2	22,40
			Subtotal	502,45

Capítulo VI: Batería de condensadores

CAPITULO VI: BATERIA DE CONDESADORES				
<i>Unidad</i>	<i>Resumen</i>	<i>CanPres</i>	<i>PrPres(€)</i>	<i>ImpPres(€)</i>
Unidad	Batería de compensación automática, 275 KVAR Incluido conexionado y puesta en marcha. Marca: Legrand Modelo: M22540, 400V	1	6.385,67	6.385,67
			Subtotal	6.385,67

Capítulo VII: Equipo de seguridad y salud

CAPITULO VII: EQUIPO SEGURIDAD Y SALUD				
<i>Unidad</i>	<i>Resumen</i>	<i>CanPres</i>	<i>PrPres(€)</i>	<i>ImpPres(€)</i>
Unidad	Casco de seguridad dieléctrico con pantalla para protección de descargas eléctricas, amortizable en 5 usos.	2,00	5,50	11,00
Unidad	Arnés de seguridad con amarre dorsal, torsal y lateral. Acolchado y cinturón giro 180º para trabajos de electricidad. Certificado CE.	2,00	60,00	120,00
Unidad	Placa señalización-información en PVC serigrafiado de 50x30 cm, fijada mecánicamente, amortizable en 3 usos.	1,00	5,00	5,00
Unidad	Gafas protectoras contra impactos, antipolvos y antiempañables.	2,00	7,50	15,00
Unidad	Protectores auditivos con arnés a la nuca. Certificado CE	2,00	5,50	11,00
Unidad	Juego de tapones antirruído de silicona ajustables. Certificado CE.	10,00	1,00	10,00
Unidad	Par de guantes de uso general. Certificado CE.	10,00	3,50	35,00
Unidad	Par de botas seguridad con puntera metálica. Certificado CE	2,00	36,00	72,00
Unidad	Extintor de polvo químico ABC polivalente antibrasa de eficacia 34 ^a /233B, de 6kg de agente extintor, con soporte, manómetro, boquilla con difusor, según norma UNE 23110.	1,00	40,00	40,00
			Subtotal	319,00



Resumen presupuesto

RESUMEN PRESUPUESTO DE LA NAVE INDUSTRIAL

CAPITULO I	28.950,76 €
CAPITULO II	11.492,97 €
CAPITULO III	38.157,70 €
CAPITULO IV	1.416,11 €
CAPITULO V	502,45 €
CAPITULO VI	6.385,87 €
CAPITULO VII	319,00 €
TOTAL	87.224,86 €



5.2 Centro de transformación

Capítulo VIII: Centro de transformación

CAPITULO VIII: CENTRO DE TRANSFORMACION

<i>Unidad</i>	<i>Resumen</i>	<i>CanPres</i>	<i>PrPres</i>	<i>ImpPres</i>
	Edificio de Transformación: miniSUB - H	1	48125,00	48125,00

Edificio prefabricado constituido por una envolvente, de estructura monobloque, de hormigón armado, tipo miniSUB - H , de dimensiones generales aproximadas 4500 mm de largo por 2460 mm de fondo por 2470 mm de alto. Incluye el edificio, todos sus elementos exteriores según RU-1303A, transporte, montaje, accesorios y aparataje interior que esta formada sobre un bastidor por los siguientes elementos:

Equipos de Media Tensión

E/S1,E/S2,PT1: CGMCOSMOS-2LP
Equipo compacto de corte y aislamiento íntegro en gas, extensible y preparado para una eventual inmersión, fabricado por ORMAZABAL con las siguientes características:

- Un = 24 kV
- In = 400 A
- Icc = 21 kA / 52,5 kA
- Dimensiones: 1190 mm / 735 mm / 1300 mm
- Mando 1: motorizado BM
- Mando 2: motorizado BM
- Mando (fusibles): manual tipo BR

Interconexiones de Media Tensión

Puentes MT Transformador 1: Cables MT 12/20 kV

Cables MT 12/20 kV del tipo DHZ1, unipolares, con conductores de sección y material 1x50 Al empleando 3 de 10 m de longitud, y terminaciones ELASTIMOLD de 24 kV del tipo enchufable acodada y modelo K-158-LR.

En el otro extremo son del tipo enchufable acodada y modelo K-158-LR.

Equipo de potencia

Transformador 1: Transformador aceite 24 kV

Transformador trifásico reductor de tensión, según las normas citadas en la Memoria con neutro accesible en el secundario, de potencia 630 kVA y refrigeración natural aceite, de tensión primaria 13,2 kV y tensión secundaria 420 V en vacío (B2), grupo de conexión Dyn11, de tensión de cortocircuito de 4% y regulación primaria de + 2,5%, + 5%, + 7,5%, + 10 %.

Equipo de Baja Tensión

Cuadros BT - B2 Transformador 1: Cuadros Baja Tensión UNESA

Cuadro de BT especialmente diseñado para esta aplicación, con las características indicadas en la Memoria.

Interconexiones de Baja Tensión

Puentes BT - B2 Transformador 1: Puentes BT - B2 Transformador 1

Juego de puentes de cables de BT, de sección y material Al (Etileno-Propileno) sin armadura, y todos los accesorios para la conexión, formados por un grupo de cables en la cantidad 3xfase + 2xneutro de 2,5 m de longitud.

Varios

Equipos de Iluminación en el edificio de transformación

Iluminación Edificio de Transformación: Equipo de iluminación

Equipo de iluminación compuesto de:

Equipo de alumbrado que permita la suficiente visibilidad para ejecutar las maniobras y revisiones necesarias en los equipos de MT.

Equipos de operación, maniobra y seguridad en el edificio de transformación

Equipo de seguridad y maniobra

Equipo de operación que permite tanto la realización de maniobras con aislamiento suficiente para proteger al personal durante la operación, tanto de maniobras como de mantenimiento, compuesto por:

- Par de guantes de amianto
- Una palanca de accionamiento

Subtotal 48.125,00



CAPITULO IX: Puesta a tierra

CAPITULO IX: PUESTA A TIERRA CT

<i>Unidad</i>	<i>Resumen</i>	<i>CanPres</i>	<i>PrPres</i>	<i>ImpPres</i>
	Instalaciones de Tierras Exteriores			
	Tierras Exteriores Prot Transformación: Anillo rectangular	1,00	2.025,00	2.025,00
	<p>Instalación exterior de puesta a tierra de protección en el edificio de transformación, debidamente montada y conexionada, empleando conductor de cobre desnudo. El conductor de cobre está unido a picas de acero cobreado de 14mm de diámetro.</p> <p>Características:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Geometría: Anillo rectangular • Profundidad: 0,8 m • Número de picas: ocho • Longitud de picas: 8 metros • Dimensiones del rectángulo: 5.0x5.0 m 			
	Tierras Exteriores Serv Transformación: Picas alineadas	1	630	630,00
	<p>Tierra de servicio o neutro del transformador. Instalación exterior realizada con cobre aislado con el mismo tipo de materiales que las tierras de protección.</p> <p>Características:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Geometría: Picas alineadas • Profundidad: 0,5 m • Número de picas: Tres • Longitud de picas: 2 metros • Distancia entre picas: 3 metros 			
			Subtotal	2.655,00

Resumen presupuesto del CT

RESUMEN PRESUPUESTO CT

CAPITULO VIII	48.125,00 €
CAPITULO IX	2.655,00 €
TOTAL	50.780,00 €

5.3 Presupuesto total de la instalación

1)	Presupuesto de la nave	87.224,86 €
2)	presupuesto del CT	50.780,00 €

Presupuesto ejecución material 138.004,86€

El presupuesto total de la ejecución material de la instalación asciende a la cantidad de ciento treinta y ocho mil cuatro euros con ochenta y seis céntimos.

3)	GASTOS GENERALES 5%	6.900,24 €
4)	BENEFICIO INDUSTRIAL 10 %	13.800,48 €

SUMA: 158.705,74 €

5)	IVA 18%	28.567,03 €
----	---------	-------------

PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA: 187.272,77 €

El presupuesto total de la ejecución por contrata de la instalación asciende a la cantidad de ciento ochenta y siete mil doscientos setenta y dos euros, con setenta y siete céntimos.

6)	PRESUPUESTO PROYECTISTA (3% ejecución material)	5.618,2 €
----	---	-----------

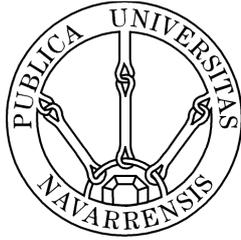
7)	P. DIRECCIÓN DE OBRA (3% ejecución material)	5.618,2 €
----	--	-----------

PRESUPUESTO TOTAL 198.509,14 €

El presupuesto total de la instalación asciende a la cantidad de ciento noventa y ocho mil quinientos nueve euros, con catorce céntimos.



Fdo.: Javier Mendinueta Igoa
Pamplona, Septiembre de 2011



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación :

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BAJA TENSIÓN DE NAVE
INDUSTRIAL Y CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

DOCUMENTO N°6. Estudio básico de seguridad y salud.

Javier Mendinueta Igoa

Javier Fernandez Militino

Pamplona, 2 de Septiembre del 2011



ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD LABORAL

INDICE

6. ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD LABORAL	PÁGINA
6.1. Introducción	.3
6.2. Objeto del proyecto	3
6.3. Principios generales aplicables al proyecto	3
6.3.1. Proyecto	3
6.3.2. Planificación de los trabajos	4
6.4. Antes del inicio de los trabajos	4
6.4.1. Riesgos más frecuentes	5
6.4.2. Protecciones individuales	6
6.4.3. Protecciones colectivas	8
6.4.3.1. Señalización general	8
6.4.3.2. Excavaciones de fosos y zanjas para cableado subterráneo	8
6.4.3.3. Instalación eléctrica	8
6.4.3.4. Andamiajes y escaleras	10
6.4.3.5. Solados y alicatados	10
6.4.3.6. Protección contra incendios	11
6.4.3.7. Formación	11
6.4.3.8. Medicina preventiva y primeros auxilios	11
6.4.3.9. Prevención de riesgos de daños a terceros	12
6.4.4. Funciones del personal técnico a pie de obra	12
6.4.5. Funciones de los mandos intermedios	13
6.4.6. Normas de carácter general	15
6.4.7. Normas de carácter específico	15
6.4.7.1. Intervención en instalaciones eléctricas.	15
6.4.7.2. Manipulación de sustancias químicas	16
6.4.7.3. Manejo de herramientas manuales.	17
6.4.7.4. Manejo de herramientas punzantes.	18
6.4.7.5. Pistola fija clavos	19
6.4.7.6. Manejo de herramientas de percusión.	20
6.4.7.7. Máquinas eléctricas portátiles	21
6.4.7.8. Montacargas	23
6.4.7.9. Manipulación de cargas con la grúa	24

6. Estudio básico de seguridad y salud laboral

6.1. Introducción

6.2. Objeto del proyecto

Este proyecto de Seguridad y Salud establece, durante la ejecución del presente proyecto, las previsiones respecto a la prevención de riesgos de accidentes, enfermedades profesionales y los derivados de los trabajos de reparación, conservación, entretenimiento y mantenimiento. También establece las instalaciones preceptivas de higiene y bienestar de los trabajadores.

El Plan podrá ser modificado en función del proceso de ejecución de la obra y de las posibles incidencias que puedan surgir a lo largo del mismo, pero siempre con la probación expresa de la Dirección Facultativa y la necesaria información y comunicación al Comité de Seguridad e Higiene y en su defecto, a los representantes de los trabajadores en el centro de trabajo.

La realización del Proyecto de Seguridad y Salud del presente proyecto viene obligada según dispone el RD 1627/1997.

6.3. Principios generales aplicables al proyecto

6.3.1. Proyecto

El proyecto, al desarrollar la actividad contemplada en este trabajo, deberá de haber integrado todos los factores de seguridad para personas y las cosas, quedando relegada la colocación de protecciones colectivas, defensas, resguardos y utilización de protecciones personales a aquellas situaciones de riesgo que no han sido previstas ni integradas al proceso productivo. El proyectista, el coordinador de los trabajos por parte de la Dirección Facultativa, el planificador técnico de los trabajos y el propio empresario de la contrata, son piezas claves para la consecución de éste objetivo.

La Dirección Facultativa deberá haber tenido en cuenta en fase de proyecto, todos aquellos aspectos del proceso productivo que, de una u otra forma, pueden poner en peligro la salud e integridad física de los trabajadores o de terceras personas ajenas a la obra.

Se tendrá en cuenta la existencia o no de conducciones eléctricas aéreas a fin de solicitar a la compañía correspondiente el desvío, apantallado o descargo que corresponda.

La Dirección Técnica de la obra habrá planificado los trabajos seleccionando las técnicas más adecuadas a emplear en cada caso concreto y las que mayores garantías de seguridad ofrezcan a los trabajadores que realizan la actividad objeto de este procedimiento.

La Dirección Facultativa conjuntamente con el máximo responsable técnico del contratista a pie de obra, deberán comprobar previamente el conjunto de los siguientes aspectos:

- Revisión de los planos del proyecto y de obra.
- Replanteo.
- Maquinaria y herramientas adecuadas.
- Andamios.
- Aberturas no incluidas en los planos.
- Condiciones de almacenamiento de los materiales.

La Dirección Facultativa informará al constructor de los riesgos y dificultades que, si bien están minimizados, no se han podido solventar en fase de proyecto y contando con la opinión de los propios trabajadores, se evaluará el nivel de riesgo que asume, quedando reflejado tanto en el Estudio de Seguridad como en el Plan que lo desarrolla.

6.3.2. Planificación de los trabajos

En la preparación del plan de obra, el comienzo de los trabajos, sólo deberá acometerse cuando se disponga de todos los elementos necesarios para proceder a su asentamiento y delimitación definida de las zonas de influencia durante las maniobras, suministro de materiales así como el radio de actuación de los equipos en condiciones de seguridad para las personas y los restantes equipos.

Se deberá establecer un programa para cadenciar el avance de los trabajos, así como la retirada y acopio de la totalidad de los materiales empleados, en situación de espera.

En el caso de que tenga que instalarse un cuadro, equipo o se utilice cualquier otra maquinaria, se mantendrá la distancia de seguridad respecto a las líneas de conducción eléctricas y se consultarán las normas NTE-IEB “Instalaciones de Electricidad. Baja Tensión” y NTE-IEP “Instalaciones de Electricidad. Puesta a tierra”.

Se revisará todo lo concerniente a la instalación eléctrica comprobando su adecuación a la potencia requerida y el estado de conservación en el que se encuentra.

Será debidamente cercada la zona en la cual pueda haber peligro de caída de materiales y no se haya podido apantallar adecuadamente la previsible parábola de caída del material.

6.4. Antes del inicio de los trabajos

Antes de comenzar los trabajos, estarán aprobados por la Dirección Facultativa el método constructivo empleado y los circuitos que afectan a la obra.

Se efectuará un estudio de acondicionamiento de las zonas de trabajo, para prever la colocación de plataformas, torretas, zonas de paso y formas de acceso y poderlos utilizar de forma conveniente.

En general, las vallas o palenques acotarán no menos de 1 metro el paso de peatones y 2 metros el de vehículos.

Se dispondrá en obra, para proporcionar en cada caso, el equipo indispensable y necesario, prendas de protección individual tales como cascos, gafas, guantes, botas de seguridad homologadas, impermeables y otros medios que puedan servir para eventualidades o socorrer y evacuar a los operarios que puedan accidentarse.

El personal habrá sido instruido sobre la utilización correcta de los equipos individuales de protección, necesarios para la realización de su trabajo. En los riesgos puntuales y esporádicos de caída de altura, se utilizará obligatoriamente el cinturón de seguridad ante la imposibilidad de disponer de la adecuada protección colectiva u observarse vacíos al respecto a la integración de la seguridad en el proyecto de ejecución.

En los trabajos sobre una instalación de B.T. y previamente al inicio de los mismos, se realizarán en el lugar de corte las operaciones siguientes:

- Abrir los circuitos con la finalidad de aislar todas las fuentes de tensión que puedan alimentar la instalación en la que se debe trabajar. Esta apertura debe efectuarse en cada uno de los conductores, comprendiendo el neutro y en los conductores de alumbrado público si los hubiese, mediante elementos de corte omnipolar, o en su defecto, abriendo primero las fases y en último lugar el neutro. Si la instalación está en funcionamiento imposibilitando la sección o separación del neutro, o bien si este está en bucle, se realizará el trabajo como si se tratara de un trabajo en tensión (apantallado, aislamiento, enclavamiento, etc.).
- Bloquear, si es posible y en posición de apertura, los aparatos de corte. En cualquier caso, colocar en el mando de estos aparatos una señalización de prohibición de maniobrar.
- Verificación de la ausencia de tensión en cada uno de los conductores, incluido el neutro y los de alumbrado público si los hubiese, en una zona lo más próxima posible al punto de corte, así como en las masas metálicas próximas.

6.4.1. Riesgos más frecuentes

- Caída al mismo nivel.
- Caída a distinto nivel.
- Caída de objetos.
- Afecciones en la piel.
- Contactos eléctricos directos e indirectos.
- Caída o colapso de andamios.
- Contaminación acústica.
- Lumbalgia por sobre esfuerzo.
- Lesiones en manos.

- Lesiones en pies.
- Quemaduras por partículas incandescentes.
- Quemaduras por contacto con objetos calientes.
- Choques o golpes contra objetos.
- Cuerpos extraños en los ojos.
- Incendio.
- Explosión.

6.4.2. Protecciones individuales

Los equipos de protección individual (EPI) de prevención de riesgos eléctricos deberán ajustarse a las especificaciones y para los valores establecidos por las distintas normas.

Los guantes aislantes, además de estar perfectamente conservados y ser verificados frecuentemente, deberán estar adaptados a la tensión de las instalaciones o equipos en los cuales se realicen trabajos o maniobras.

Durante la ejecución de todos aquellos trabajos que conlleven un riesgo de proyección de partículas no incandescentes, se establecerá la obligatoriedad del uso de gafas de seguridad, con cristales incoloros, templados, curvados y ópticamente neutros, montura resistente, puente universal y protecciones laterales de plástico perforado o rejilla metálica. En los casos precisos, estos cristales serán graduados y protegidos por otros superpuestos.

En los trabajos de desbarbado de piezas metálicas, se utilizarán las gafas herméticas tipo cazoleta, ajustables mediante banda elástica, por ser las únicas que garantizan la protección ocular contra partículas rebotadas.

En los trabajos y maniobras sobre fusibles, seccionadores, bornas o zonas en tensión en general, en los que pueda cebarse intempestivamente el arco eléctrico, será preceptivo el empleo de: casco de seguridad normalizado para A.T., pantalla facial de policarbonato con atalaje aislado, gafas con ocular filtrante de color DIN-2 ópticamente neutro, guantes dieléctricos o si se necesita mucha precisión, guantes de cirujano bajo guantes de piel de cabritilla curtida al cromo con manguitos incorporados (tipo taponero).

De todos aquellos trabajos que se desarrollen en entornos con niveles de ruidos superiores a los permitidos en la normativa vigente, se deberán utilizar protectores auditivos.

La totalidad del personal que desarrolle trabajos en el interior de la obra, utilizará cascos protectores que cumplan las especificaciones.

Durante la ejecución de todos aquellos trabajos que se desarrollen en entornos con niveles de ruido superiores a los permitidos en la normativa vigente, se deberán utilizar protectores auditivos.

La totalidad del personal que desarrolle trabajos en el interior de la obra, utilizará cascos protectores que cumplan las especificaciones.

Durante la ejecución de todos aquellos trabajos que se desarrollen en ambientes de humos de soldadura, se facilitará a los operarios mascarillas respiratorias bucos nasales con filtro mecánico y de carbono activo contra humos metálicos.

El personal utilizará durante el desarrollo de su trabajo, guantes de protección adecuados a las operaciones que realicen.

A los operarios sometidos al riesgo de electrocución y como medida preventiva frente al riesgo de golpes en extremidades inferiores, se dotará al personal de adecuadas botas de seguridad dieléctricas con puntera reforzada de “Akulón”, sin herrajes metálicos.

Todos los operarios utilizarán cinturón de seguridad dotado de arnés, anclado a un punto fijo, en aquellas operaciones en las que por el proceso productivo no puedan ser protegidos mediante el empleo de elementos de protección colectiva.

En la presente obra, se atenderá especialmente a:

1. Protección de cabezas:

- Cascos: para todas las personas que participan en la obra, incluso visitantes.
- Gafas contra impactos y antipolvo.
- Mascarillas antipolvo.
- Pantalla contra protección de partículas.
- Gafas de oxicorte.
- Filtros para mascarillas.
- Protectores auditivos.

2. Protección del cuerpo:

- Cinturones de seguridad, cuya clase se adaptará a los riesgos específicos de cada trabajo.
- Cinturón antivibratorio.
- Monos o buzos: se tendrán en cuenta las reposiciones a lo largo de la obra, según Convenio Colectivo Provincial.
- Trajes de agua. Se prevé un acopio en obra.
- Mandil de cuero.

3. Protección de extremidades superiores:

- Guantes de goma finos, para albañiles y operarios que trabajen en hormigonado.
- Guantes de cuero y anticorte para manejo de materiales y objetos.
- Guantes dieléctricos para su utilización en baja tensión.
- Equipo de soldador (guantes y manguitos).

4. Protección de extremidades inferiores:

- Botas de agua, de acuerdo con MT-27.
- Botas de seguridad clase III (lona y cuero).
- Polainas de soldador.
- Botas dieléctricas.

6.4.3. Protecciones colectivas

6.4.3.1. Señalización general

La señalización de Seguridad se ajustará a lo dispuesto en el RD 485/1997 de 14 de abril, y durante la ejecución del presente Proyecto, se dispondrán, al menos:

- Obligatorio uso de cascos, cinturón de seguridad, gafas, mascarillas, protectores auditivos, botas y guantes, etc.
- Riesgo eléctrico, caída de objetos, caída a distinto nivel, maquinaria en movimiento, cargas suspendidas.
- Entrada y salida de vehículos.
- Prohibido el paso a toda persona ajena a la obra, prohibido encender fuego, prohibido fumar y prohibido aparcar.
- Señal informativa de localización de botiquín y extintor, cinta de balizamiento.

6.4.3.2. Excavaciones de fosos y zanjas para cableado subterráneo

Las disposiciones mínimas a tener en cuenta en relación a este aspecto son:

1. Antes de comenzar los trabajos de movimientos de tierras, deberán tomarse medidas para localizar y reducir al mínimo los peligros debidos a cables subterráneos y demás sistemas de distribución, aunque por las características de las parcelas no son previsibles tales peligros.
2. En las excavaciones, pozos, trabajos subterráneos o túneles deberán tomarse las precauciones adecuadas:
 - Para prevenir los riesgos de sepultamiento por desprendimiento de tierras, caídas de personas, tierras, materiales u objetos, mediante sistemas de estibación, blindaje, apeo, taludes u otras medidas adecuadas.
 - Para prevenir la irrupción accidental de agua mediante los sistemas o medidas adecuados.
 - Para garantizar una ventilación suficiente en todos los lugares de trabajo de manera que se mantenga una atmósfera apta para la respiración que no sea peligrosa o nociva para la salud.

- Para permitir que los trabajadores puedan ponerse a salvo en caso de que se produzca un incendio o una irrupción de agua o la caída de materiales.
- 3. Deberán preverse vías seguras para entrar y salir de la excavación.
- 4. Las acumulaciones de tierras, escombros o materiales y los vehículos en movimiento deberán mantenerse alejados de las excavaciones o deberán tomarse las medidas adecuadas, en su caso mediante la construcción de barreras, para evitar su caída en las mismas o el derrumbamiento del terreno.

6.4.3.3. Instalación eléctrica

- Deberán verificarse y mantenerse con regularidad las instalaciones de distribución de energía presentes en la obra, en particular las que estén sometidas a factores externos. A este respecto deberá prestarse especial atención al cuadro eléctrico provisional.
- Las instalaciones existentes antes del comienzo de la obra deberán estar localizadas, verificadas y señalizadas claramente.

Las medidas y protecciones son las siguientes:

1. Se realizará de acuerdo con el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión. Se dispondrán interruptores diferenciales y magnetotérmicos, así como la toma de tierra de forma que la tensión de contacto no supere los 24 voltios o 50 voltios según las condiciones ambientales de los locales.
2. Las máquinas de doble aislamiento no se conectarán a tierra. Siempre que sea posible se colocarán los cables aéreos, y en todo caso se evitará que vayan por zonas de paso.
3. A efectos de movilidad de las máquinas, éstas han de alimentarse con mangueras de cuatro conductores, (tres fases y tierra unida a la del cuadro eléctrico) para evitar tomas de tierra locales con los consiguientes problemas de conexión y medición.
4. Las reparaciones se realizarán desconectando la fuente de alimentación y colocando el cartel de “No conectar”,
5. Las tomas de tierra serán como mínimo de 35 mm² de sección si son de cobre y de 100 mm² si son de hierro galvanizado.
6. Todas las uniones o empalmes se realizarán con cinta autovulcanizante o similar.
7. Las conexiones de los cables y mangueras a las distintas máquinas o cuadros se harán por medio de clavijas y base de enchufe. Las clavijas y bases de enchufe, serán de intemperie, recomendándose la utilización de las llamadas de petaca, por su estanqueidad y duración.

6.4.3.4. Andamiajes y escaleras

- Los andamios deberán proyectarse, construirse y mantenerse convenientemente de manera que se evite que se desplomen o se desplacen accidentalmente.
- Las plataformas de trabajo, las pasarelas y las escaleras de los andamios deberán construirse, protegerse y utilizarse de forma que se evite que las personas caigan o estén expuestas a caídas de objetos. A tal efecto, sus medidas se ajustarán al número de trabajadores que vayan a utilizarlos.
- Los andamios deberán ser inspeccionados por una persona competente:
 - Antes de su puesta en servicio.
 - A intervalos regulares en lo sucesivo.
 - Después de cualquier modificación, período de no utilización, exposición a la intemperie, sacudidas sísmicas, o cualquier otra circunstancia que hubiera podido afectar a su resistencia o a su estabilidad.
- Los andamios móviles deberán asegurarse contra los desplazamientos involuntarios.
- Las escaleras de mano deberán cumplir las condiciones de diseño y utilización señaladas en el Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.

Además, de lo indicado en el punto anterior y de las disposiciones mínimas comentadas, se establecen las siguientes medidas y protecciones:

- El andamio se mantendrá en todo momento libre de todo material que no sea el estrictamente necesario.
- Para la seguridad de los andamios se colocarán barandillas a la altura de la andamiada sujetas a las caras posteriores, de una altura mínima de 90 cm. Para altura de caída superior a 2 metros desde su base se dispondrá de barandilla perimetral y rodapiés. Para altura de caída superior a 2 metros desde su base se dispondrá además un rodapié.
- Las escaleras a usar, si son de tijera, estarán dotadas de tirantes de limitación de apertura, y si son de mano, tendrán un dispositivo antideslizante.

6.4.3.5. Solados y alicatados

Las máquinas eléctricas que se utilicen para el corte de piezas y pulidos de suelo serán de doble aislamiento o protegidos contra el riesgo eléctrico. Se utilizarán portátiles de seguridad. El alicatado con adhesivo, los recipientes estarán alejados de cualquier foco de calor, fuego o chispa.

6.4.3.6. Protección contra incendios

Se emplearán extintores portátiles y se dispondrá en todo momento de una manguera conectada a la toma de la finca.

6.4.3.7. Formación

Se impartirá formación en materia de Seguridad y Salud en el Trabajo al personal de la obra, según lo dispuesto en la *Ley de Prevención de Riesgos Laborales* y los Reales Decretos que la desarrollan, citados en este Estudio Básico.

Formación del Personal Técnico

- Profesionalidad.
- Interpretación del proyecto en sus aspectos estructurales y su influencia en el resto de trabajos confluyentes.
- Cálculo de los tiempos óptimos.
- Sincronización de equipos y su influencia respecto a terceros.
- Control de producción y mantenimiento de los trabajos.
- Equipamiento electromecánico de los equipos.
- Mantenimiento preventivo y prácticas con los equipos.
- Sistemas de trabajo.
- Seguridad eléctrica, apantallado.
- Primeros auxilios, shock eléctrico.

Formación del Personal de Producción

Profesionalidad elemental del funcionamiento electromecánico de los equipos.

- Conocimiento mecánico de las unidades.
- Sistema de trabajo.
- Sincronización de las diferentes máquinas y equipos eléctricos.
- Mantenimiento preventivo.
- Conocimiento de la operatividad de las máquinas.
- Prácticas con equipos y herramientas.
- Seguridad en el trabajo.

6.4.3.8. Medicina preventiva y primeros auxilios

Botiquín

- Se dispondrá de un botiquín conteniendo el material especificado en el RD 486/1997 de 14 de abril.

Asistencia a accidentados

- Se deberá informar a la obra del emplazamiento de los diferentes Centros Médicos (Servicios propios, Mutuas Patronales, Mutualidades Laborales, Ambulatorios, etc.), donde debe trasladarse a los accidentados para su más rápido y efectivo tratamiento.
- Es muy conveniente disponer en la obra, y en sitio bien visible, de una lista con los teléfonos y direcciones de los centros asignados para urgencias, ambulancias, taxis, etc., para garantizar un rápido transporte de los posibles accidentados a los centros de asistencia.

Reconocimiento médico

- Todo el personal que empiece a trabajar en la obra, deberá pasar un reconocimiento médico previo al trabajo.

6.4.3.9. Prevención de riesgos de daños a terceros

Se señalará el acceso natural a la obra prohibiéndose el paso a toda persona ajena a la misma sin la debida autorización, colocándose en su caso los cerramientos necesarios.

6.4.4. Funciones del personal técnico a pie de obra

Antes de iniciar los trabajos se deberán considerar por parte de la Dirección Ejecutiva coordinadamente con el mando intermedio responsable del trabajo, los siguientes aspectos de la seguridad de los mismos:

- Comprobará la realización de apertura con corte visible de los circuitos o instalaciones solicitadas.
- Verificará la ausencia de tensión en cada uno de los conductores, antes y después de realizados los trabajos.
- Se asegurará de la correcta puesta a tierra y en cortocircuito.
- Determinará el ámbito de la zona protegida por consignación o descargo de línea.
- Dará las órdenes para la colocación de apantallamientos protectores en proximidad de otras instalaciones en tensión.

Se planificará la zona de acopios, la posición de las máquinas y el desarrollo de los trabajos considerando la variación de la disponibilidad de espacio, acotándose las zonas con vallas y balizas.

Se establecerán los accesos a la zona de trabajo a utilizar por el personal, vehículos y cargas suspendidas.

Se estudiarán las posibles interferencias que se pudieran producir con otros trabajos y las medidas de seguridad que se adoptarán llegado el caso.

Se considerará si las protecciones colectivas previstas en el Plan de Seguridad son suficientes para garantizar el normal desarrollo de los trabajos y si las condiciones de trabajo supuestas en dicho Plan se corresponden con la situación real.

En caso de tenerse que realizar modificaciones, se informará a la Dirección Facultativa de la situación, solicitando de ésta la aprobación de las nuevas medidas a adoptar.

Se informará de posibles riesgos adicionales que pudieran existir (Ej.: cables en tensión próximos a la zona de trabajo ajenos a la obra, situaciones climáticas extremas, proximidad de la obra a industrias de actividades consideradas nocivas o peligrosas, etc...) y de las medidas de seguridad que deberá adoptar previas al inicio de los trabajos o por el personal durante el desarrollo de los mismos.

Se pondrá en conocimiento de los mandos intermedios las normas de seguridad generales de la obra y del presente Procedimiento Operativo de Seguridad, así como los específicos sobre, máquinas, herramientas y medios auxiliares a utilizar en los trabajos.

6.4.5. Funciones de los mandos intermedios

- Verificará la ausencia de tensión.
- Comprobará la puesta a tierra y en cortocircuito de la instalación.
- Delimitará la zona de trabajo mediante señalización visible.
- Comprobará la dotación e idoneidad de las protecciones personales, equipos y herramientas dieléctricas de los operarios a su cargo.
- Inspeccionarán el estado de los accesos y de las zonas de trabajo de las distintas plantas, antes del inicio de las operaciones.
- Inspeccionarán el estado de las instalaciones colectivas, dando las instrucciones para que se repongan los elementos deteriorados o sustraídos y reponiendo en el almacén el material empleado.

- Planificará los trabajos de forma que el personal será el especializado en cada tipo de tarea.

- Pondrá en conocimiento del personal las normas de seguridad generales de la obra y del presente Procedimiento Operativo de Seguridad, así como los específicos sobre máquinas, herramientas y medios auxiliares a utilizar en los trabajos.

- Informará al personal a su cargo de los trabajos que deberán realizar, así como de las medidas de seguridad que se van a adoptar (medidas organizativas y protecciones colectivas) y las que deben adoptar con carácter individual.

- El “Encargado General de los Trabajos” deberá formar previamente a su personal en los “Principios Básicos de Manipulación de Materiales”.

- El tiempo dedicado a la manipulación de los distintos materiales es directamente proporcional a la exposición al riesgo de accidentes derivados de dicha actividad. La manipulación eleva el costo de la producción sin aumentar el valor de la obra ejecutada. Consecuentemente, hay que tender a la supresión de toda manipulación que no sea absolutamente imprescindible, simplificando al máximo los procesos de trabajo.

- Procurar que los distintos materiales, así como la plataforma de apoyo y de trabajo del operario, estén a la altura en que se ha de trabajar con ellos. Cada vez que se sube o se baja una pieza o se desplaza un operario para recogerla, existe la posibilidad de evitar una manipulación y/o un desplazamiento.

- Evitar el depositar los materiales sobre el suelo, hacerlo sobre bateas o los contenedores que permitan su transporte a granel.

- Acortar en lo posible las distancias a recorrer por el material manipulado, evitando estacionamientos intermedios entre el lugar de partida del material y el emplazamiento definitivo de su puesta en obra.

- Acarrear siempre las piezas a granel mediante paloniers, bateas, contenedores o palets, en lugar de llevarlas una a una, salvo para su manipulación individual.

- Mantener despejados los lugares de paso de los materiales a manipular. De nada sirve mecanizar los portes, o invertir en bateas o contenedores, si después quedan retenidos por obstáculos, o se convierten ellos mismos a su vez en impedimento de la misma índole para las restantes actividades simultáneas coincidentes en la obra.

Límites del transporte manual del material:

$F \times d \times p < 800$

F = Carga media en Kg < 30Kg.

d = Distancia media (m) recorrida con carga < 30m.

p = Producción diaria considerando la frecuencia < 10 Tm/día.

Nota: El valor límite de 30Kg para hombres puede superarse puntualmente a 50Kg cuando se trate de descargar una carga pesada para colocarla con un medio mecánico de manutención. En el caso de tratarse de mujeres se reducen estos valores a 15 y 25Kg respectivamente.

6.4.6. Normas de carácter general

Las zonas de trabajo y circulación deberán permanecer limpias, ordenadas y bien iluminadas.

Las herramientas y máquinas estarán en perfecto estado, empleándose las más adecuadas para cada uso, siendo utilizadas por personal autorizado o experto a criterio del encargado de obra.

Los elementos de protección colectiva permanecerán en todo momento instalados y en perfecto estado de mantenimiento. En caso de rotura o deterioro se deberán reponer con la mayor diligencia.

La señalización será revisada a diario de forma que en todo momento permanezca actualizada a las condiciones reales de trabajo.

Después de haber adoptado las operaciones previas (apertura de circuitos, bloqueo de los aparatos de corte y verificación de la ausencia de tensión) a la realización de los trabajos eléctricos, se deberán realizar en el propio lugar de trabajo, las siguientes:

Verificación de la ausencia de tensión y de retornos.

Puesta en cortocircuito lo más cerca posible del lugar de trabajo y en cada uno de los conductores sin tensión, incluyendo el neutro y los conductores de alumbrado público si existieran. Si la red conductora es aislada y no puede realizarse la puesta en cortocircuito, deberá procederse como si la red estuviera en tensión.

Delimitar la zona de trabajo, señalizándola adecuadamente si existe la posibilidad de error en la identificación de la misma.

6.4.7. Normas de carácter específico

6.4.7.1. Intervención en instalaciones eléctricas

Para garantizar la seguridad de los trabajadores y minimizar la posibilidad de que se produzcan contactos eléctricos directos, al intervenir en instalaciones

eléctricas realizando trabajos sin tensión, se seguirán al menos tres de las siguientes reglas (cinco reglas de oro de la seguridad eléctrica):

- El circuito se abrirá con corte visible.
- Los elementos de corte se enclavarán en posición de abierto, si es posible con llave.

- Se señalarán los trabajos mediante letrero indicador en los elementos de corte “prohibido maniobrar. personal trabajando”.

- Se verificará la ausencia de tensión con un discriminador de tensión o medidor de tensión.

- Se cortocircuitarán las fases y se pondrán a tierra.

- Los trabajos en tensión se realizarán cuando existan causas muy justificadas, se realizarán por parte de personal autorizado y adiestrado en los métodos de trabajo a seguir, estando en todo momento presente un jefe de trabajos que supervisará la labor del grupo de trabajo. Las herramientas que utilicen y prendas de protección personal deberán ser homologadas.

- Al realizar trabajos en proximidad a elementos en tensión, se informará al personal de este riesgo y se tomarán las siguientes precauciones:
 - En un primer momento, se considerará si es posible cortar la tensión en aquellos elementos que producen el riesgo.
 - Si no es posible cortar la tensión, se protegerá mamparas aislantes (vinilo).
 - En el caso de que no fuera necesario tomar las medidas indicadas anteriormente se señalará y delimitará la zona de riesgo.

6.4.7.2. Manipulación de sustancias químicas

En los trabajos eléctricos, se utilizan sustancias químicas que pueden ser perjudiciales para la salud, encontrándose presentes en productos tales como desengrasantes, disolventes, ácidos, pegamento y pinturas de uso corriente en estas actividades.

Estas sustancias pueden producir diferentes efectos sobre la salud como dermatosis, quemaduras químicas, narcosis, etc.

Cuando se utilicen se deberán tomar las siguientes medidas:

- Los recipientes que contengan estas sustancias estarán etiquetados indicando el nombre comercial, composición, peligros derivados de su manipulación y normas de actuación según la legislación vigente.

- Se seguirán fielmente las indicaciones del fabricante.
- No se rellenarán envases de bebidas comerciales con estos productos.
- Se utilizarán en lugares ventilados, haciendo uso de gafas panorámicas o pantalla facial, guantes resistentes a los productos y mandil igualmente resistente.
- En el caso de tenerse que utilizar en lugares cerrados o mal ventilados, se utilizarán mascarillas con filtro químico adecuado a las sustancias manipuladas.
- Al hacer disoluciones con agua, se verterá el producto químico sobre el agua con objeto de que las salpicaduras estén más rebajadas.
- No se mezclarán productos de distinta naturaleza.

6.4.7.3. Manejo de herramientas manuales.

Causas de los riesgos

- Negligencia del operario.
- Herramientas con mangos sueltos o rajados.
- Destornilladores improvisados fabricados “in situ” con material y procedimientos inadecuados.
- Utilización inadecuada como herramienta de golpeo sin serlo.
- Utilización de llaves, limas o destornilladores como palanca.
- Prolongar los brazos de palanca con tubos.
- Destornillador o llave inadecuada a la cabeza o tuerca a sujetar.
- Utilización de limas sin mango.

Medidas de prevención

- No se llevarán las llaves y destornilladores sueltos en el bolsillo, si no en fundas adecuadas y sujetas al cinturón.
- No sujetar con la mano la pieza en la que se va a atornillar.
- No se emplearán cuchillos o medios improvisados para sacar o introducir tornillos.

- Las llaves se utilizarán limpias y sin grasa.
- No utilizar las llaves para martillar, remachar o como palanca.
- No empujar nunca una llave, si no tirar de ella.
- Emplear la llave adecuada a cada tuerca, no introduciendo nunca cuñas para ajustarla.

Medidas de protección

- Para el uso de llaves y destornilladores utilizar guantes de tacto.
- Para romper, golpear y arrancar rebabas de mecanizado, utilizar gafas antiimpactos.

6.4.7.4. Manejo de herramientas punzantes.

Causas de los riesgos

- Cabezas de cinceles y punteros floreados con rebabas.
- Inadecuada fijación al astil o mango de la herramienta.
- Material de calidad deficiente.
- Uso prolongado sin adecuado mantenimiento.
- Maltrato de la herramienta.
- Utilización inadecuada por negligencia o comodidad.
- Desconocimiento o imprudencia del operario.

Medidas de prevención

- En cinceles y punteros, comprobar las cabezas antes de comenzar a trabajar y desechar aquellos que presenten rebabas, rajaduras o fisuras.
- No se lanzarán las herramientas, si no que se entregarán en la mano.
- Para un buen funcionamiento, deberán estar bien afiladas y sin rebabas.
- Nunca cincelar, taladrar, marcar, etc..., hacia uno mismo ni hacia otras personas. Deberá hacerse hacia fuera y procurando que nadie esté en la dirección del cincel.

- No se emplearán nunca los cinceles y punteros para aflojar tuercas.
- El vástago será lo suficientemente largo como para poder cogerlo cómodamente con la mano o bien utilizar un soporte para sujetar la herramienta.
- No mover la broca, el cincel, etc... hacia los lados para así agrandar un agujero, ya que puede partirse y proyectar esquirlas.
- Por tratarse de herramientas templadas, no conviene que cojan temperatura con el trabajo ya que se tornan quebradizas y frágiles.
- En el afilado de este tipo de herramientas, se tendrá presente este aspecto, debiéndose adoptar precauciones frente a los desprendimientos de partículas y esquirlas.

Medidas de protección

- Deben emplearse gafas antiimpactos de seguridad, homologadas para impedir que esquirlas y trozos desprendidos de material puedan dañar a la vista.
- Se dispondrá de pantallas faciales protectoras abatibles, si se trabaja en la proximidad de otros operarios.
- Utilización de protectores de goma maciza para asir la herramienta y absorber el impacto fallido.

6.4.7.5. Pistola fijaclavos

- Deberá de ser de seguridad (“tiro indirecto”) en la que el clavo es impulsado por una buterola o empujador que desliza por el interior del cañón, que se desplaza hasta un tope de final de recorrido, gracias a la energía desprendida por el fulminante. Las pistolas de “Tiro directo” tienen el mismo peligro que un arma de fuego.
- El operario que la utilice, debe estar habilitado para ello por su mando intermedio en función de su destreza demostrada en el manejo de dicha herramienta en condiciones de seguridad.
- El operario estará siempre detrás de la pistola y utilizará gafas antiimpactos.
- Nunca se desmontarán los elementos de protección que traiga la pistola.
- Al manipular la pistola, cargarla, limpiarla, etc..., el cañón deberá apuntar siempre oblicuamente al suelo.
- No se debe clavar sobre tabiques de ladrillo hueco, ni junto a aristas de pilares.

- Se elegirá siempre el tipo de fulminante que corresponda al material sobre el que se tenga que clavar.
- La posición, plataforma de trabajo e inclinación del operario deben garantizar plena estabilidad al retroceso del tiro.
- La pistola debe transportarse siempre descargada y aún así, el cañón no debe apuntar a nadie del entorno.

6.4.7.6. Manejo de herramientas de percusión

Para el izado manual de cargas, es obligatorio seguir los siguientes pasos:

- Acercarse lo más posible a la carga.
- Asentar los pies firmemente.
- Agacharse doblando las rodillas.
- Mantener la espalda derecha.
- Agarrar el objeto firmemente.
- El esfuerzo de levantar lo deben realizar los músculos de las piernas.
- Durante el transporte, la carga debe permanecer lo más cerca posible del cuerpo.

Para el manejo de piezas largas por una sola persona se actuará según los siguientes criterios preventivos:

- Llevará la carga inclinada por uno de sus extremos, hasta la altura del hombro.
- Avanzará desplazando las manos a lo largo del objeto, hasta llegar al centro de gravedad de la carga.
- Se colocará la carga en equilibrio sobre el hombro.
- Durante el transporte, mantendrá la carga en posición inclinada, con el extremo delantero levantado.
- Es obligatoria la inspección visual del objeto pesado a levantar para eliminar aristas afiladas.
- Se prohíbe levantar más de 50Kg por una sola persona, si se rebasa este peso, solicitar ayuda a un compañero.

- Es obligatorio el empleo de un código de señales cuando se ha de levantar un objeto entre varios, para aportar el esfuerzo al mismo tiempo. Puede ser cualquier sistema a condición de que sea conocido o convenido por el equipo.

Para descargar materiales es obligatorio tomar las siguientes precauciones:

- Empezar por la carga o material que aparece más superficialmente, es decir el primero y más accesible.
- Entregar el material, no tirarlo.
- Colocar el material ordenado y en caso de apilado estratificado, que éste se realice en pilas estables, lejos de pasillos o lugares donde pueda recibir golpes o desmoronarse.
- Utilizar guantes de trabajo y botas de seguridad con puntera metálica y plantilla metálicas.
- En el manejo de cargas largas entre dos o más personas, la carga puede mantenerse en la mano, con el brazo estirado a lo largo del cuerpo, o bien sobre el hombro.
- Se utilizarán las herramientas y medios auxiliares adecuados para el transporte de cada tipo de material.
- En las operaciones de carga y descarga, se prohíbe colocarse entre la parte posterior de un camión y una plataforma, poste, pilar o estructura vertical fija.
- Si en la descarga se utilizan herramientas como brazos de palanca, uñas, patas de cabra o similar, ponerse de tal forma que no se venga carga encima y que no se resbale.

6.4.7.7. Máquinas eléctricas portátiles

De forma genérica las medidas de seguridad a adoptar al utilizar las máquinas eléctricas portátiles son las siguientes:

- Cuidar de que el cable de alimentación esté en buen estado, sin presentar abrasiones, aplastamientos, punzaduras, cortes o cualquier otro defecto.
- Conectar siempre la herramienta mediante clavija y enchufe adecuados a la potencia de la máquina.
- Asegurarse de que el cable de tierra existe y tiene continuidad en la instalación si la máquina a emplear no es de doble aislamiento.
- Al terminar, se dejará la máquina limpia y desconectada de la corriente.

- Cuando se empleen en emplazamientos muy conductores (lugares muy húmedos, dentro de grandes masas metálicas, etc.), se utilizarán herramientas alimentadas a 24 voltios como máximo o mediante transformadores separadores de circuitos.
- El operario debe estar adiestrado en el uso y conocer las presentes normas.

Taladro

- Utilizar gafas antipacto o pantalla facial.
- La ropa de trabajo no presentará partes sueltas o colgantes que pudieran engancharse en la broca.
- En el caso de que el material a taladrar se desmenuzará en polvos finos utilizar mascarilla con filtro mecánico (pueden utilizarse las mascarillas de celulosa desechables).
- Para fijar la broca al portabrocas, utilizar la llave específica para tal uso.
- No frenar el taladro con la mano.
- No soltar la herramienta mientras la broca tenga movimiento.
- No inclinar la broca en el taladro con objeto de agrandar el agujero, se debe emplear la broca adecuada para cada trabajo.
- En el caso de tener que trabajar sobre una pieza suelta, ésta estará apoyada y sujeta.
- Al terminar el trabajo retirar la broca de la máquina.

Esmeriladora circular

- El operario se equipará con gafas anti-impacto, protección auditiva y gafas de seguridad.
- Se seleccionará el disco adecuado al trabajo a realizar, al material y a la máquina.
- Se comprobará que la protección del disco está sólidamente fijada, desechando cualquier máquina que carezca de él.
- Comprobar que la velocidad de trabajo de la máquina no supera, la velocidad máxima de trabajo del disco. Habitualmente viene expresado en m/s o r.p.m. Para su conversión se aplicará la fórmula:

$$m/s = (r.p.m. \times 3,14 \times \text{diámetro})/60.$$

siendo diámetro, el diámetro del disco en metros.

- Para fijar los discos, se utilizará la llave específica para tal uso.
- Se comprobará que el disco gira en el sentido correcto.
- Si se trabaja en proximidad a otros operarios, se dispondrán pantallas, mamparas o lonas que impidan la proyección de partículas.
- No se soltará la máquina mientras siga en movimiento el disco.
- En el caso de tener que trabajar sobre una pieza suelta, ésta estará apoyada y sujeta.

6.4.7.8. Montacargas

- La instalación estará protegida con disyuntor diferencial de 300mA y toma de tierra adecuada de las masas metálicas.
- El castillete estará bien cimentado sobre base de hormigón, no presentará desplomes, la estructura será indeformable, resistente y estará perfectamente anclado al edificio para evitar el vuelco y a distancias inferiores a la de pandeo.
- El cable estará sujeto con gazas realizadas con un mínimo de tres grapas correctamente colocadas y no presentará un deshilachado mayor del 10% de hilos.
- Todo el castillete estará protegido y vallado para evitar el paso o la presencia del personal bajo la vertical de carga.
- Existirá de forma bien visible el cartel de “Prohibido el uso por personas ajenas a la obra” en todos los accesos.
- Se extraerán los carros sin pisar la plataforma.
- En todos los accesos se indicará la carga máxima en Kg.
- Todas las zonas de embarco y desembarco cubiertas por los montacargas, deberán protegerse con barandillas dotadas de enclavamiento electromecánico y dispondrán de barandilla basculante.
- Todos los elementos mecánicos agresivos como engranajes, poleas, cables, tambores de enrollamiento, etc..., deberán tener una carcasa de protección eficaz que eviten el riesgo de atrapamiento.
- Las plataformas estarán dotadas en los laterales de rodapiés que impidan la caída de materiales.

- Es necesario que todas las cargas que se embarquen vayan en carros con el fin de extraerlas en las plantas sin acceder a la plataforma.

6.4.7.9. Manipulación de cargas con la grúa

En todas aquellas operaciones que conlleven el empleo de aparatos elevadores, es recomendable la adopción de las siguientes normas generales:

- Señalar de forma visible la carga máxima que pueda elevarse mediante el aparato elevador utilizado.
- Acoplar adecuados pestillos de seguridad a los ganchos de suspensión de los aparatos elevadores.
- Emplear para la elevación de materiales, recipientes adecuados que los contengan o sujetar las cargas de forma que se imposibilite el desprendimiento total o parcial de las mismas.
- Las eslingas llevarán placa de identificación donde constará la carga máxima para la cual están recomendadas.
- De utilizar cadenas, éstas serán de hierro forjado con un factor de seguridad no inferior a 5 de la carga nominal máxima. Estarán libres de nudos y se enrollarán en tambores o polichas adecuadas.
- Para la elevación y transporte de piezas de gran longitud se emplearán elevadores de vigas, de forma que permita esparcir la luz entre apoyos, garantizando de esta forma la horizontalidad y estabilidad.
- Prohibir la permanencia de personas en la vertical de las cargas.
- El gruista antes de iniciar los trabajos comprobará el buen funcionamiento de los finales de carrera.
- Si durante el funcionamiento de la grúa se observara inversión de movimientos, se dejará de trabajar y se dará cuenta inmediata a la Dirección Técnica de la Obra.
- Evitar en todo momento pasar las cargas por encima de las personas.
- No se realizarán tiros sesgados.
- Nunca se elevarán cargas que puedan estar adheridas.
- No deben ser accionados manualmente los contactores e inversores del armario eléctrico de la grúa. En caso de avería, deberá ser subsanado por personal especializado.

- El personal operario que deba recoger el material de las plantas, debe utilizar cinturón de seguridad anclado a elemento fijo de la edificación.
- No se dejará caer el gancho de la grúa al suelo.
- No se permitirá arrastrar o arrancar con la grúa objetos fijos en el suelo o de dudosa fijación. Igualmente no se permitirá la tracción en oblicuo de las cargas a elevar.
- Nunca se dará más de una vuelta a la orientación en el mismo sentido para evitar el retorcimiento del cable de elevación.
- No se dejarán los aparatos de izar con las cargas suspendidas.
- Cuando existan zonas del centro de trabajo que no queden dentro del campo de visión del gruista, será asistido por uno o varios trabajadores que darán las señales adecuadas para la correcta carga, desplazamiento y parada.

Fdo.: Javier Mendinueta Igoa
Pamplona, Septiembre de 2011

