

ANEJO IV. INSTALACIÓN ELÉCTRICA

1.- OBJETO

La misión de este anejo es describir los cálculos referentes a las líneas de distribución en Baja Tensión definiendo el tipo y sección del conductor y el sistema de transporte, el alumbrado y tomas de fuerza, elementos de protección y maniobra y tomas de tierra de la instalación, maquinaria y elementos metálicos de la obra.

2.- INTRODUCCIÓN

En este anejo se determinan las necesidades de fuerza de la maquinaria, aparatos eléctricos, necesidades de alumbrado exterior y alumbrado interior. Para la definición y cálculo de los elementos que componen la instalación eléctrica del proyecto se realizará atendiendo a las especificaciones del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

La acometida de la red se hará directamente desde el centro de transformación existente en la explotación. Las redes de las distintas instalaciones partirán del cuadro de distribución situado en el interior de la nave principal.

La instalación eléctrica constará de dos redes separadas, por un lado la de fuerza y por otro la de alumbrado.

También se dispondrá de alumbrado de emergencia que permita, en caso de fallo del alumbrado general, la evacuación segura y fácil del público hacia el exterior.

Se instalarán puestas a tierra con objeto de eliminar la tensión, que con respecto a tierra, pueden presentar en un momento dado las masas metálicas, y además asegurar la actuación de las protecciones y disminuir el riesgo de averías.

3.- CÁLCULO DE LAS NECESIDADES DE ENERGÍA ELÉCTRICA.

3.1.- Alumbrado interior del edificio principal

3.1.1.- Introducción

Se va a calcular el número de luminarias necesarias, para determinar la potencia de alumbrado necesaria. Conocida esta potencia se diseñan los circuitos eléctricos y se elige una sección del conductor.

Se atenderá para el cálculo de éste apartado la norma NTE-IEI (alumbrado interior). Dicha norma comprende la elección de la clase y número de luminarias así como su distribución, fijación y conexiones, quedando excluida la instalación eléctrica para cuyo estudio se consultará la NTE-IEB : Instalaciones de Electricidad a Baja Tensión.

3.1.2.- Datos previos

✓ Uso del local: Los niveles de iluminación “E”, en lux, correspondientes a cada local según su uso vienen dados en la NTE-IEI.

Se divide en distintas dependencias cuyos niveles de iluminación y dimensiones de las mismas vienen descritos en la siguiente tabla:

DEPARTAMENTO	NIVEL DE ILUMINACIÓN (LUX)	DIMENSIÓN EN PLANTA (M ²)	ALTURA SUELO-TECHO (M)
ZONA DE OFICINAS			
1. Hall	200	25	2,80
2. Pasillos y distribuidor	200	53	2,80
3. Oficinas y archivo	500	80	2,80
4. Sala de catas y despacho	300	70	2,80
5. Aseos	200	28	2,80
6. Laboratorio	500	35	2,80
7. Sala de espera	300	12	2,80
ZONA INDUSTRIAL			
8. Depósitos fermentación	200	170	7,00
9. Sala de estabilización y frío	300	88	7,00
10. Cueva de crianza	100	154	3,20
11. Sala de embotellado	300	120	5,00
12. Botellero	100	254	5,00
13. Almacén producto terminado	100	132	5,00
14. Vestuarios y aseos	200	54	2,80
15. Almacén pequeño material	100	80	2,80
16. Pasillos y distribuidor	200	132	5,00
17. Cuarto montacargas	200	6,25	1,50

✓ Color y acabado de las superficies del local:

Los factores de reflexión “ ρ ”, de las superficies del local indican la relación del flujo luminoso reflejado por dichas superficies respecto al flujo incidente total de las mismas.

Los colores de las superficies del local vendrán determinados por sus factores de reflexión que a efectos de cálculo se ajustarán a las ternas de los valores del Cuadro 2 de la citada norma.

Según la clasificación de la Norma UNE-48103 (colores normalizados): Tenemos color amarillento (M 158) en el techo $\rho_1 = 8$, $\rho_2 = 8$ y paredes y color gris medio (M109) en el suelo $\rho_3 = 3$. Ajustándose a la triada: 8, 7, 5.

Se considerará un factor de reflexión de la tarea visual ρ_{tv} 7

✓ Color aparente de las lámparas de fluorescencia:

El color más aparente para cada local según su nivel de iluminación “E” viene dado en el cuadro 4 de la norma. Nos encontramos en todos los casos por debajo de los 500 lux, por lo que el color aparente es luz cálida.

✓ Rendimientos de color de las lámparas de fluorescencia:

El rendimiento de color (fidelidad en la reproducción de los colores de los objetos iluminados) más adecuado para cada local según su uso viene dado en el Cuadro 5 de la norma.

En el caso que nos ocupa tomaremos un índice de rendimiento del color global: $R_A = 70$

✓ Altura de las luminarias sobre el plano de trabajo.

El plano útil es la superficie de referencia sobre la que se efectúa normalmente un trabajo. Se considera horizontal y situado a 0,85 m del suelo. En zonas de circulación se considera coincidente con el suelo.

DEPARTAMENTO	“H” (metros)	“C” (metros)	“h” (metros)
ZONA DE OFICINAS			
1. Hall	2,85	0	2,00
2. Pasillos y distribuidor	2,85	0	2,00
3. Oficinas y archivo	2,85	0	2,00
4. Sala de catas y despacho	2,85	0	2,00
5. Aseos	2,85	0	2,00
6. Laboratorio	2,85	0	2,00
7. Sala de espera	2,85	0	2,00
ZONA INDUSTRIAL			
8. Depósitos fermentación	7,00	1,25	4,90
9. Sala de estabilización y frío	7,00	1,25	4,90
10. Cueva de crianza	3,20	1,00	1,35
11. Sala de embotellado	4,50	0,75	2,90
12. Botellero	5,00	1,25	2,90
13. Almacén producto terminado	5,00	1,25	21,90
14. Vestuarios y aseos	2,85	0	2,00
15. Almacén pequeño material	2,85	0	2,00
16. Pasillos y distribuidor	2,85	1,25	2,90
17. Cuarto montacargas	1,60	0	0,75

“H” es la altura del local, es suma de la altura de suspensión de la luminaria C, más la altura de montaje h, y más los 0,85 m a los que está el plano útil de trabajo.

“C” es la altura de suspensión. Para luminarias colgadas su valor es igual a 1/3 de la altura entre el plano útil y el techo del local. Para las luminarias adosadas o empotradas su valor es igual a cero.

“h” es la altura de montaje en metros. Se considera la distancia que hay desde la luminaria hasta el plano útil o de trabajo situado a 0,85 m sobre el suelo según la NTE.

3.1.3.- Selección de clases fotométricas.

Los locales a iluminar se clasifican, de acuerdo a sus dimensiones, altura de montaje de las luminarias y tipo de alumbrado. Es lo que denominamos el índice del local, y nos sirve para determinar el factor de utilización.

El índice del local “K” se obtiene de la tabla 2 de la norma, a partir de las dimensiones en planta L y A del local y de la altura “h” entre el plano útil y el plano de las luminarias.

El valor de los parámetros y las clases fotométricas de posible utilización en cada una de las dependencias de la nave vienen recogidas en la siguiente tabla:

La Relación del local = $L \cdot A / h(L+A)$

DEPARTAMENTO	Relación del local	Índice del local “K”
1. Hall	1,25	G
2. Pasillos y distribuidor	1,45	F
3. Oficinas y archivo	2,00	E
4. Sala de catas y despacho	1,45	F
5. Aseos	1,27	G
6. Laboratorio	1,45	F
7. Sala de espera	0,85	G
8. Depósitos fermentación	1,32	F
9. Cueva de crianza	4,80	A
10. Botellero	2,73	D
11. Almacén producto terminado	2,73	C
12. Sala de embotellado	1,90	E
13. Sala de estabilización y frío	0,79	I
14. Vestuarios y aseos	2,60	D
15. Almacén pequeño material	3,20	C
16. Pasillos y distribuidor	1,34	G
17. Cuarto montacargas	0,76	I

3.1.4.- Determinación de la luminaria a utilizar

Se escogen los siguientes tipos de luminarias:

- Lámparas de vapor de mercurio (alta presión) con pantalla metálica normal y potencias de 250 y 400 W que proporcionan un flujo luminoso de 5.600 y 20.500 lúmenes respectivamente.
- Tubos fluorescentes, a equipar con tres lámparas de 40 W, empotrable. El flujo total de la lámpara equipada es $T = 80 \cdot 4 \cdot 3 = 9.600$ lúmenes.
- Lámpara fluorescente de 2×36 W, colgante.

3.1.5.- Determinación del número de luminarias y distribución

El cálculo del número de luminarias a instalar se efectuará mediante la aplicación de la siguiente fórmula:

$$\Phi_t = \frac{E \cdot L \cdot A}{F_m \cdot F_u}$$

Donde:

- ϕ_t = Flujo total a instalar.
- E = Nivel de iluminación en lux.
- L = Largo del local en metros.
- A = Ancho del local en metros.
- F_m = Factor de mantenimiento.
- F_u = Factor de utilización

Por lo tanto para hallar el número de luminarias necesarias en cada departamento, solo tendremos que dividir el flujo total a instalar (ϕ_t), entre el flujo que aporta cada luminaria (ϕ_n):

$$N = \phi_t / \phi_n$$

A continuación se detalla en la siguiente tabla, en la que se muestra, los lúmenes necesarios en la zona por metro cuadrado de superficie.

DEPARTAMENTO	Fu	Fm	LÚMENES	TIPO DE LÁMPARA	Nº
ZONA DE OFICINAS					
Hall	0,52	0,7	13.736	3×40W	2
Oficinas	0,57	0,7	90.225	3×40W	10
Sala de catas	0,59	0,7	25.424	3×40W	4
Despacho	0,59	0,7	25.424	3×40W	4
Aseos	0,52	0,7	15.385	3×40W/25W	3/2
Laboratorio	0,57	0,7	43.860	3×40W	4
Sala de espera	0,46	0,7	11.181	3×40W	2
Pasillo 1	0,52	0,7	7.143	3×40W	2
Pasillo 2	0,52	0,7	8.248	3×40W	1
Distribuidor	0,52	0,7	16.484	3×40W	2
Archivo	0,57	0,7	9.399	3×40W	1
ZONA INDUSTRIAL					
Depósitos de fermentación	0,58	0,7	83.770	250W	12
Cueva de crianza	0,74	0,7	29.730	250W	5
Botellero	0,68	0,7	55.770	250W	10
Almacén prod. terminado	0,65	0,7	53.309	250W	10
Sala de embotellado	0,63	0,7	81.633	400W	4
Sala de estabil. y frío	0,47	0,7	79.788	250W	8
Vestuarios y aseos	0,62	0,7	24.885	3×40W/25W	4/5
Almacén peq. Material	0,65	0,7	17.693	3×40W	2
Pasillos	0,55	0,7	46.754	400W	3
Distribuidor	0,55	0,7	21.819	400W	2
Cuarto montacargas	0,57	0,7	9.000	3×40W	1

La distribución de las luminarias en cada dependencia, queda perfectamente definido en el plano 24 de *Instalación eléctrica: Planta de alumbrado*, dentro del documento Planos.

3.2.- Alumbrado exterior

3.2.1.- Nivel de iluminación

Se opta por establecer un nivel mínimo de iluminación de 50 lux en el perímetro de la nave principal, la nave de recepción y jaraiz, y la bancada de depósitos de almacenamiento.

3.2.2.- Tipo de lámpara

Se dispondrá en la nave de recepción y jaraiz de 14 pantallas fluorescentes, formadas por dos tubos de 36W de potencia cada una en su interior. En el exterior se instalarán en cada lateral de la nave una lámpara de vapor de mercurio de 150W de potencia.

En la zona de depósitos de almacenamiento se dispondrá de 4 lámparas de vapor de mercurio de 250W en los laterales de la bancada.

En el edificio principal se instalarán dos luminarias separadas 6 metros entre sí en los laterales de 150W cada una.

3.3.- Alumbrado de emergencia

Según el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, el alumbrado de emergencia es aquel que deba permitir en caso de fallo del alumbrado general, la evacuación segura y fácil del público hacia el exterior.

Solo podrá ser suministrado por fuentes propias de energía formada por baterías de acumuladores, utilizándose un suministro exterior para proceder a su carga.

Deberá poder funcionar un mínimo de una hora. Entrará en funcionamiento automáticamente al producirse el fallo del alumbrado general o cuando la tensión de estos baje a menos de 70% de su valor nominal.

Se instalarán en las salidas de las distintas áreas de la bodega y en las señales indicadoras de la dirección de salida de las mismas. El Cuadro General de Distribución es primordial que lleve alumbrado de emergencia.

Se han elegido dos modelos de luminarias de emergencia (tubo lineal fluorescente) según la superficie cubierta por cada luminaria. Ambos modelos están fabricados según las normas de obligado cumplimiento: UNE – EN 60 598.2.22, UNE 20 392-93

Las principales características son:

Modelo de luminaria	NTF-6-S	NTF-8301 S
Lúmenes	170	360
Autonomía	1h	1h
Lámparas de emergencia	6W	8W
Superficie cubierta	34m ²	72m ²

Otras características comunes:

- Luminarias no permanentes con señalización.
- Alimentación con 220 V.
- Tiempo de carga: 24horas.
- Larga duración con una vida media de 3 años aproximadamente.
- Dimensiones: 405-134-134 mm.

Teniendo en cuenta la superficie de cada departamento, se calculan las luminarias de emergencia para cada uno de ellos.

Departamento	Nº luminarias	Modelo
Hall	1	NTF-6-S
Oficinas	2	NTF-6-S
Sala de catas	1	NTF-6-S
Despacho	1	NTF-6-S
Aseos	1	NTF-6-S
Laboratorio	1	NTF-6-S
Sala de espera	1	NTF-6-S
Pasillo 1	1	NTF-6-S
Pasillo 2	1	NTF-6-S
Distribuidor	1	NTF-6-S
Archivo	1	NTF-6-S
Depósitos de fermentación	3	NTF-8301-S
Cueva de crianza	2	NTF-8301-S
Botellero	2	NTF-8301-S
Almacén prod. terminado	2	NTF-8301-S
Sala de embotellado	2	NTF-8301-S
Sala de estabil. y frío	1	NTF-8301-S
Vestuarios y aseos	2	NTF-8301-S
Almacén peq. Material	1	NTF-8301-S
Pasillos	1	NTF-8301-S
Distribuidor	1	NTF-8301-S
Cuarto montacargas	1	NTF-8301-S
Total alumbrado emergencia		216 W

3.4.- Necesidades de energía eléctrica de alumbrado

Las necesidades de energía eléctrica de alumbrado exterior e interior en cada una de las dependencias así como la suma total de las necesidades, se recogen en la siguiente tabla:

DEPARTAMENTO	Nº LUMINARIAS	POTENCIA DE LA LUMINARIA	POTENCIA TOTAL
Hall	2	3×40W	240W
Oficinas	10	3×40W	1200W
Sala de catas	4	3×40W	480W
Despacho	4	3×40W	480W
Aseos	3/2	3×40W/25W	360/50W
Laboratorio	4	3×40W	480W
Sala de espera	2	3×40W	240W
Pasillo 1	2	3×40W	240W
Pasillo 2	1	3×40W	120W
Distribuidor	2	3×40W	240W
Archivo	1	3×40W	120W
Depósitos de fermentación	12	250W	3000W
Cueva de crianza	5	250W	1250W
Botellero	10	250W	2500W
Almacén prod. terminado	10	250W	2500W
Sala de embotellado	4	400W	1600W
Sala de estabilización y frío	8	250W	2000W
Vestuarios y aseos	4/5	3×40W/25W	480/125W
Almacén peq. Material	2	3×40W	240W
Pasillos	3	400W	1200W
Distribuidor	2	400W	800W
Cuarto montacargas	1	3×40W	120W
Total alumbrado interior			20.065W
Nave de recepción y jaraiz	14/4	36/150W	504/600W
Depósitos de almacenamiento	4	250W	1000W
Edificio principal	8	150W	1200W
Total alumbrado exterior			3.304W
TOTAL ENERGÍA ELÉCTRICA			23.369W

3.5.- Necesidades de energía eléctrica de la instalación de fuerza

Las necesidades de energía eléctrica de la instalación de fuerza vienen especificadas en las siguientes tablas:

Zona de recepción y jaraiz, y depósitos de almacenamiento

ELEMENTO	UNIDADES	P. UNITARIA (kW)	P. TOTAL (kW)
Tolva de recepción	1	5,52	5,52
Estrujadora-Despalilladora	1	3	3
Evacuador de raspón	1	9,20	9,20
Bomba dosificadora de sulfuroso	1	2,2	2,2
Bomba de vendimia	1	5,5	5,5
Prensa	2	9,5	19
Toma trifásica	2	7,6	15,2
TOTAL			59,62

Zona de depósitos de fermentación

ELEMENTO	UNIDADES	P. UNITARIA (KW)	P. TOTAL (KW)
Toma trifásica (III+T) de20A	3	7,6	22,8
TOTAL			22,8

Zona de estabilización y frío

ELEMENTO	UNIDADES	P. UNITARIA (KW)	P. TOTAL (KW)
Central frigorífica	2	36,8	73,6
Toma trifásica (III+T) de20A	1	7,6	7,6
TOTAL			81,2

Sala de embotellado

ELEMENTO	UNIDADES	P. UNITARIA (KW)	P. TOTAL (KW)
Enjuague	1	2	2
Llenado taponado	1	2	2
Etiquetado	1	2	2
Toma trifásica (III+T) de20A	5	7,6	38
TOTAL			44

Oficinas y archivo

ELEMENTO	UNIDADES	P. UNITARIA (KW)	P. TOTAL (KW)
Toma monofásica (II+T) de 16A	5	2,8	14
TOTAL			14

Sala de espera

ELEMENTO	UNIDADES	P. UNITARIA (KW)	P. TOTAL (KW)
Toma monofásica (II+T) de 16A	1	2,8	2,8
TOTAL			2,8

Sala de catas y reuniones

ELEMENTO	UNIDADES	P. UNITARIA (KW)	P. TOTAL (KW)
Toma monofásica (II+T) de 16A	1	2,8	2,8
TOTAL			2,8

Despacho

ELEMENTO	UNIDADES	P. UNITARIA (KW)	P. TOTAL (KW)
Toma monofásica (II+T) de 16A	2	2,8	5,6
TOTAL			5,6

Laboratorio

ELEMENTO	UNIDADES	P. UNITARIA (KW)	P. TOTAL (KW)
Toma monofásica (II+T) de 16A	5	2,8	14
TOTAL			14

Aseos y vestuarios

ELEMENTO	UNIDADES	P. UNITARIA (KW)	P. TOTAL (KW)
Toma monofásica (II+T) de 16A	4	2,8	11,2
TOTAL			11,2

Almacén de pequeño material

ELEMENTO	UNIDADES	P. UNITARIA (KW)	P. TOTAL (KW)
Toma monofásica (II+T) de 16A	1	2,8	2,8
TOTAL			2,8

Cueva de crianza

ELEMENTO	UNIDADES	P. UNITARIA (KW)	P. TOTAL (KW)
Montacargas	1	3,7	4
Toma trifásica (III+T) de 20A	2	7,6	15,2
TOTAL			19,2

3.6.- Necesidades de energía eléctrica totales

RESUMEN DE ENERGÍA ELÉCTRICA NECESARIA	
Instalación de alumbrado	23,369 kW
Instalación de fuerza	332,56 kW
Total	355,929 kW

Dado que no toda la energía es demandada al mismo tiempo, si no que se considera un coeficiente de simultaneidad de 0,7 en las tomas de fuerza y 0,9 en el resto de la instalación. La potencia necesaria para la industria será:

* Energía eléctrica de las tomas de fuerza (enchufes) = $152 \text{ kW} \times 0,7 = 106,4 \text{ kW}$

* Resto de la energía eléctrica = $151,389 \text{ kW} \times 0,9 = 136,25 \text{ kW}$

* **La potencia necesaria para la industria será: 242,65 kW**

Concluiremos que el transformador existente en la finca de 250 KVA es suficiente para abastecer de energía eléctrica la industria.

4.- CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

4.1.- Suministro de energía eléctrica

La obtención de energía eléctrica para la industria se contratará con la compañía “Unión Fenosa” que suministra la energía en alta tensión en toda la región.

La finca dispone de un transformador de 250 KVA que se alimenta de la red y proporciona una tensión de 380 V entre fases y 220 V entre fase y neutro.

Desde el transformador de la finca se tomará la corriente para el suministro de la fábrica. La acometida en red de baja tensión irá enterrada en zanja a 70 cm de profundidad, con los cables tendidos directamente sobre lecho de arena.

Las líneas interiores y exteriores de la industria serán de conductores de cobre con aislamiento de policloruro de vinilo.

Las conducciones se harán dentro de tubos de PVC, grapeados a las paredes, enterrados desde la pared hasta cada máquina en las zonas donde sea preciso y empotrados en aquellas zonas en las que exista falso techo.

4.2.- Diseño de la instalación

La instalación constará de las siguientes líneas y elementos:

- Acometida.

Instalación comprendida entre la red de distribución pública y la caja general de protección. Irá en canalización subterránea.

- Caja general de Protección.

Aloja los elementos de protección de la línea repartidora y señala el principio de la propiedad de las instalaciones de los usuarios.

- Cuadro general de Distribución

Distribuye y protege las líneas de las instalaciones interiores. Aloja un interruptor de control de potencia que protege la línea de suministro general, un interruptor diferencial que protege a los contactos y un pequeño interruptor automático para proteger cada circuito interior. Se situará en el interior del edificio, próximo a la puerta, en lugar fácilmente accesible y de uso general. Su distancia al pavimento será de 200 cm.

- Líneas repartidoras.

Son líneas constituidas por un conductor de fase, un neutro y uno de protección, que enlaza el Cuadro General de Distribuidor con los cuadros secundarios. En suministros trifásicos estarán constituidos por tres conductores trifásicos estarán constituidos por tres conductores de fase, un neutro y uno de protección.

- Cajas de derivación.

Se utilizarán para efectuar y alojar las conexiones entre conductores. Irán situadas a 20 cm del techo. Se utilizarán de varias secciones según el tipo de líneas.

- Líneas de fuerza motriz.

Es la línea constituida por tres conductores en fase, que enlaza los cuadros secundarios con las tomas de fuerza de las máquinas.

- Línea de alumbrado.

Línea que parte del cuadro general de distribución y que se destina al alumbrado de las distintas áreas de la nave.

- Línea principal de tierra.

Es la línea constituida por un conductor de cobre, que enlaza las máquinas, tuberías de agua, depósitos metálicos y cualquier masa metálica importante con la arqueta de conexión de puesta a tierra.

4.3.- Diseño de la instalación de alumbrado

Se han diseñado cinco líneas para el alumbrado interior de la nave y dos líneas independientes para el exterior, atendiendo a la caída de tensión de la línea.

La tensión entre fase y neutro es de 220 V. El Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión permite una caída de tensión máxima para el alumbrado del 3% entre el origen de la instalación y cualquier punto de utilización. Para realizar los cálculos se ha tomado un valor de caída de tensión del 1,5%, por lo que: $220 \text{ V} \times 0,015 = 3,3\text{V}$ será la caída de tensión permitida en la línea.

La intensidad para cada una de las líneas se calcula: $I = P / V$, siendo:

- I: Intensidad (A).
- P: Potencia (P).
- V: Tensión en la línea (220V).

Con esta intensidad se escoge un cable con un conductor cuya sección dé una intensidad nominal mayor que la calculada, teniendo en cuenta que la sección mínima admitida para los conductores según RT BT MI-BT-017 es de $2,5 \text{ mm}^2$, aunque en instalaciones de alumbrado es permitida secciones de $1,5 \text{ mm}^2$ nosotros tomaremos como mínima secciones de $2,5 \text{ mm}^2$.

A continuación, se hace la comprobación para ver que la caída de tensión de la línea no supera a la caída de tensión máxima permitida (3,3 V).

Para calcular la caída de tensión se calcula la siguiente fórmula:

$$e = \frac{2 \times L \times W}{C \times S \times V} \rightarrow \text{En líneas monofásicas.}$$

$$e = \frac{\sqrt{3} \times L \times W}{C \times S \times V} \rightarrow \text{En líneas trifásicas.}$$

Siendo:

- e: Caída de tensión en V, desde el principio al final de la línea.
- C: Conductividad: 56 para Cu.
- L: Longitud de líneas en metros.
- V: Tensión en voltios.
- S: Sección de los conductores en mm^2

- W: Potencia que se transforma en watios.

La potencia total de la línea es:

Así la potencia total consumida por cada línea según el número de luminarias y la potencia unitaria de las mismas que se instalarán en cada departamento viene recogido en los siguientes cuadros:

LINEA A

<i>Departamento</i>	<i>Nº de luminarias</i>	<i>P. Luminarias (W)</i>	<i>P. Línea (W)</i>
<i>Almacén producto terminado</i>	10	250	2.500
<i>Botellero</i>	10	250	2.500
<i>Embotelladora</i>	4	400	1.600
<i>Pasillo y distribuidor</i>	5	400	2.000
TOTAL			8.600

LINEA B

<i>Departamento</i>	<i>Nº de luminarias</i>	<i>P. Luminarias (W)</i>	<i>P. Línea (W)</i>
<i>Depósitos de estabilización</i>	4	400	1.600
<i>Depósitos de fermentación</i>	12/4	400/250	4.800/1.600
TOTAL			7.400

LINEA C

<i>Departamento</i>	<i>Nº de luminarias</i>	<i>P. Luminarias (W)</i>	<i>P. Línea (W)</i>
<i>Oficinas</i>	10	3×40	1.200
<i>Archivo y sala de espera</i>	3	3×40	360
<i>Hall y pasillo</i>	3	3×40	360
<i>Distribuidor y pasillo</i>	3	3×40	360
<i>Almacén producto terminado, Pasillo y montacargas</i>	4	3×40	480
TOTAL			2.760

LINEA D

<i>Departamento</i>	<i>Nº de luminarias</i>	<i>P. Luminarias (W)</i>	<i>P. Línea (W)</i>
<i>Sala de catas</i>	4	3×40	480
<i>Despachos</i>	4	3×40	480
<i>Laboratorio</i>	4	3×40	480
<i>Vestuarios y aseos</i>	4/5	3×40/25	605
<i>Aseos</i>	3/2	3×40	410
TOTAL			2.455

LÍNEA E

<i>Departamento</i>	<i>Nº de luminarias</i>	<i>P. Luminarias (W)</i>	<i>P. Línea (W)</i>
<i>Cueva de crianza</i>	5	250	1.250
TOTAL			1.250

LÍNEA F

<i>Departamento</i>	<i>Nº de luminarias</i>	<i>P. Luminarias (W)</i>	<i>P. Línea (W)</i>
<i>Alumbrado exterior edificio principal</i>	8	150	1.200
TOTAL			2.658

LÍNEA G

<i>Departamento</i>	<i>Nº de luminarias</i>	<i>P. Luminarias (W)</i>	<i>P. Línea (W)</i>
<i>Nave de recepción y jaraiz</i>	4/14	150/2×36	600/1.008
<i>Depósitos de almacenamiento</i>	4	250	1.000
TOTAL			2.458

4.3.1.- Derivaciones a luminarias

En cumplimiento con la MIE BT-032, el factor de potencia a considerar para estos tipos de luminarias es $\cos \gamma = 0.85$.

Los siete circuitos que partirán del cuadro general C.G.A. estarán formados por una o varias líneas repartidoras de las cuales nacerán derivaciones para cada sala. Se considerarán los receptores concentrados al final de cada línea (parámetros concentrados). Se tendrá en cuenta la ascensión de los cables por las paredes.

El tipo de conductores que se instalarán serán dos cables unipolares de cobre, con aislamiento de PVC de 750V, bajo conducto. La sección mínima a utilizar será de 2,5 mm².

La alimentación de los circuitos según las distintas fases se recoge en el plano correspondiente.

Conocida la potencia se calculan las intensidades que circulan por cada línea aplicando las fórmulas antes explicadas. Sabiendo la intensidad máxima se obtiene la sección mínima necesaria de los conductores según la norma MIE BT 017 y se comprueba que la caída de tensión no supere a la tensión máxima permitida.

Se calcularán las secciones de los cables en cada línea para el caso más desfavorable. Y se tendrá en cuenta el factor de corrección para lámparas de descarga, cuyo valor es de 1,8.

LÍNEA A: DERIVACIONES

Derivaciones más desfavorable	Potencia (W)	Intensidad (A)	Longitud (m)
Botellero	2.500	14,20	38

✓ Cálculo de la derivación por caída de tensión:

$$I = 14,20 \times 1,8 = 25,56 \text{ A}$$

$$s = \frac{2 \times L \times I \times \cos \gamma}{\gamma \times V} = \frac{2 \times 38 \times 25,56 \times 0,85}{3,3 \times 56} = 8,46 \text{ mm}^2$$

✓ Cálculo de la línea por calentamiento:

Mirando en las tablas los valores mínimos de las secciones de los conductores y diámetro de los tubos correspondientes nos salen los siguientes resultados finales:

Línea	Sección fase (mm ²)	Sección neutro (mm ²)	Diámetro tubos (mm)
A	10	10	13

LÍNEA A: C.G.A. – C.S.A.1

Línea	Potencia (W)	Intensidad (A)	Longitud (m)
A	8.600	16,33	20

✓ Cálculo de la línea por caída de tensión:

$$I = 16,33 \times 1,8 = 29,39 \text{ A}$$

$$s = \frac{\sqrt{3} \times L \times I \times \cos \gamma}{\gamma \times V} = \frac{\sqrt{3} \times 20 \times 29,39 \times 0,8}{3,3 \times 56} = 4,40 \text{ mm}^2$$

✓ Cálculo de la línea por calentamiento:

Mirando en las tablas los valores mínimos de las secciones de los conductores, se toma una sección de **10 mm²** que irá instalada sobre bandeja metálica adosada a las paredes a una altura de 4,5m.

LÍNEA B: DERIVACIONES

Derivaciones más desfavorable	Potencia (W)	Intensidad (A)	Longitud (m)
Depósitos de fermentación	1.600	9,09	29

✓ Cálculo de la derivación por caída de tensión:

$$I = 9,09 \times 1,8 = 16,36 \text{ A}$$

$$s = \frac{2 \times L \times I \times \cos \gamma}{\gamma \times V} = \frac{2 \times 29 \times 16,33 \times 0,85}{3,3 \times 56} = 4,36 \text{ mm}^2$$

✓ Cálculo de la línea por calentamiento:

Mirando en las tablas los valores mínimos de las secciones de los conductores y diámetro de los tubos correspondientes nos salen los siguientes resultados finales:

Línea	Sección fase (mm ²)	Sección neutro (mm ²)	Diámetro tubos (mm)
B	6	6	13

LÍNEA B: C.G.A. – C.S.A.1

Línea	Potencia (W)	Intensidad (A)	Longitud (m)
B	7.400	14,05	26

✓ Cálculo de la línea por caída de tensión:

$$I = 14,05 \times 1,8 = 25,29 \text{ A}$$

$$s = \frac{\sqrt{3} \times L \times I \times \cos \gamma}{\gamma \times V} = \frac{\sqrt{3} \times 26 \times 25,29 \times 0,8}{3,3 \times 56} = 4,93 \text{ mm}^2$$

✓ Cálculo de la línea por calentamiento:

Mirando en las tablas los valores mínimos de las secciones de los conductores, se toma una sección de **6 mm²** que irá instalada sobre bandeja metálica adosada a las paredes a una altura de 4,5m.

LÍNEA C: DERIVACIONES

Derivaciones más desfavorable	Potencia (W)	Intensidad (A)	Longitud (m)
Oficinas	1.200	6,81	35

✓ Cálculo de la derivación por caída de tensión:

$$I = 5,24 \times 1,8 = 12,25 A$$

$$s = \frac{2 \times L \times I \times \cos \gamma}{\gamma \times V} = \frac{2 \times 35 \times 12,25 \times 0,85}{3,3 \times 56} = 3,90 \text{ mm}^2$$

✓ Cálculo de la línea por calentamiento:

Mirando en las tablas los valores mínimos de las secciones de los conductores y diámetro de los tubos correspondientes nos salen los siguientes resultados finales:

Línea	Sección fase (mm ²)	Sección neutro (mm ²)	Diámetro tubos (mm)
C	4	4	13

LÍNEA C: C.G.A. – C.S.A.1

Línea	Potencia (W)	Intensidad (A)	Longitud (m)
C	2.760	5,24	27

✓ Cálculo de la línea por caída de tensión:

$$I = 5,8 \times 1,8 = 10,44 A$$

$$s = \frac{\sqrt{3} \times L \times I \times \cos \gamma}{\gamma \times V} = \frac{\sqrt{3} \times 27 \times 10,44 \times 0,8}{3,3 \times 56} = 2,11 \text{ mm}^2$$

✓ Cálculo de la línea por calentamiento:

Mirando en las tablas los valores mínimos de las secciones de los conductores, se toma una sección de $2,5 \text{ mm}^2$ que irá instalada sobre bandeja metálica adosada a las paredes a una altura de 4,5m.

LÍNEA D: DERIVACIONES

Derivaciones más desfavorable	Potencia (W)	Intensidad (A)	Longitud (m)
Aseos y vestuarios	605	3,43	20

✓ Cálculo de la derivación por caída de tensión:

$$I = 3,43 \times 1,8 = 6,18 \text{ A}$$

$$s = \frac{2 \times L \times I \times \cos \gamma}{\gamma \times V} = \frac{2 \times 20 \times 6,18 \times 0,85}{3,3 \times 56} = 1,13 \text{ mm}^2$$

✓ Cálculo de la línea por calentamiento:

Mirando en las tablas los valores mínimos de las secciones de los conductores y diámetro de los tubos correspondientes nos salen los siguientes resultados finales:

Línea	Sección fase (mm ²)	Sección neutro (mm ²)	Diámetro tubos (mm)
D	2,5	2,5	13

LÍNEA D: C.G.A. – C.S.A.1

Línea	Potencia (W)	Intensidad (A)	Longitud (m)
D	2.455	4,66	17

✓ Cálculo de la línea por caída de tensión:

$$I = 4,64 \times 1,8 = 8,39 \text{ A}$$

$$s = \frac{\sqrt{3} \times L \times I \times \cos \gamma}{\gamma \times V} = \frac{\sqrt{3} \times 17 \times 8,35 \times 0,8}{3,3 \times 56} = 1,06 \text{ mm}^2$$

✓ Cálculo de la línea por calentamiento:

Mirando en las tablas los valores mínimos de las secciones de los conductores, se toma una sección de $2,5 \text{ mm}^2$ que irá instalada sobre bandeja metálica adosada a las paredes a una altura de 4,5m.

LÍNEA E: DERIVACIONES

Derivaciones más desfavorable	Potencia (W)	Intensidad (A)	Longitud (m)
Cueva de crianza	750	4,26	22,5

- ✓ Cálculo de la derivación por caída de tensión:

$$I = 4,26 \times 1,8 = 7,67 \text{ A}$$

$$s = \frac{2 \times L \times I \times \cos \gamma}{\gamma \times V} = \frac{2 \times 22,5 \times 7,67 \times 0,85}{3,3 \times 56} = 1,58 \text{ mm}^2$$

- ✓ Cálculo de la línea por calentamiento:

Mirando en las tablas los valores mínimos de las secciones de los conductores y diámetro de los tubos correspondientes nos salen los siguientes resultados finales:

Línea	Sección fase (mm ²)	Sección neutro (mm ²)	Diámetro tubos (mm)
E	2,5	2,5	13

LÍNEA E: C.G.A. – C.S.A.1

Línea	Potencia (W)	Intensidad (A)	Longitud (m)
E	1.250	2,37	23,5

- ✓ Cálculo de la línea por caída de tensión:

$$I = 2,37 \times 1,8 = 4,26 \text{ A}$$

$$s = \frac{\sqrt{3} \times L \times I \times \cos \gamma}{\gamma \times V} = \frac{\sqrt{3} \times 23,5 \times 4,26 \times 0,8}{3,3 \times 56} = 0,75 \text{ mm}^2$$

- ✓ Cálculo de la línea por calentamiento:

Mirando en las tablas los valores mínimos de las secciones de los conductores, se toma una sección de $2,5 \text{ mm}^2$ que irá instalada sobre bandeja metálica adosada a las paredes a una altura de 4,5m.

LÍNEA F: DERIVACIONES

Derivaciones más desfavorable	Potencia (W)	Intensidad (A)	Longitud (m)
Alumbrado exterior nave ppal.	600	3,40	80

✓ Cálculo de la derivación por caída de tensión:

$$I = 3,40 \times 1,8 = 6,12 \text{ A}$$

$$s = \frac{2 \times L \times I \times \cos \gamma}{\gamma \times V} = \frac{2 \times 80 \times 6,12 \times 0,85}{3,3 \times 56} = 4,5 \text{ mm}^2$$

✓ Cálculo de la línea por calentamiento:

Mirando en las tablas los valores mínimos de las secciones de los conductores y diámetro de los tubos correspondientes nos salen los siguientes resultados finales:

Línea	Sección fase (mm ²)	Sección neutro (mm ²)	Diámetro tubos (mm)
F	6	6	13

LÍNEA F: C.G.A. – C.S.A.1

Línea	Potencia (W)	Intensidad (A)	Longitud (m)
F	1.200	2,28	1

✓ Cálculo de la línea por caída de tensión:

$$I = 2,28 \times 1,8 = 4,10 \text{ A}$$

$$s = \frac{\sqrt{3} \times L \times I \times \cos \gamma}{\gamma \times V} = \frac{\sqrt{3} \times 1 \times 4,10 \times 0,8}{3,3 \times 56} = 0,03 \text{ mm}^2$$

✓ Cálculo de la línea por calentamiento:

Mirando en las tablas los valores mínimos de las secciones de los conductores, se toma una sección de $2,5 \text{ mm}^2$ que irá instalada sobre bandeja metálica adosada a las paredes a una altura de 4,5m.

LÍNEA G: DERIVACIONES

Derivaciones más desfavorable	Potencia (W)	Intensidad (A)	Longitud (m)
Recepción y jaraiz	1008	5,73	30

✓ Cálculo de la derivación por caída de tensión:

$$I = 5,73 \times 1,8 = 10,30 \text{ A}$$

$$s = \frac{2 \times L \times I \times \cos \gamma}{\gamma \times V} = \frac{2 \times 30 \times 10,30 \times 0,85}{3,3 \times 56} = 2,84 \text{ mm}^2$$

✓ Cálculo de la línea por calentamiento:

Mirando en las tablas los valores mínimos de las secciones de los conductores y diámetro de los tubos correspondientes nos salen los siguientes resultados finales:

Línea	Sección fase (mm ²)	Sección neutro (mm ²)	Diámetro tubos (mm)
G	4	4	13

LÍNEA G: C.G.A. – C.S.A.1

Línea	Potencia (W)	Intensidad (A)	Longitud (m)
G	2.458	4,66	90

✓ Cálculo de la línea por caída de tensión:

$$I = 4,66 \times 1,8 = 8,38 \text{ A}$$

$$s = \frac{\sqrt{3} \times L \times I \times \cos \gamma}{\gamma \times V} = \frac{\sqrt{3} \times 8,38 \times 90 \times 0,8}{3,3 \times 56} = 6,00 \text{ mm}^2$$

- ✓ Cálculo de la línea por calentamiento:

Mirando en las tablas los valores mínimos de las secciones de los conductores, se toma una sección de 6 mm^2 que irá instalada sobre bandeja metálica adosada a las paredes a una altura de 4,5m.

LÍNEA DE EMERGENCIA

La línea de emergencia se instalará para cargar las baterías que abastecen a su vez a las lámparas de emergencia situadas en el edificio.

La sección de los cables de los dos ramales será de $2,5 \text{ mm}^2$ e irán protegidos sobre tubo de 13mm de diámetro.

La línea de cables que va del C.G. hasta el secundario tendrá una sección de 4 mm^2 sobre bandeja metálica adosada a las paredes a una altura de 4,5m.

4.4.- Diseño de la instalación de fuerza

Se procederá al cálculo de secciones en régimen normal según la instrucción MIE BT 017:

- ✓ La sección de los conductores a utilizar se determinará de forma que, la caída de tensión entre el origen de la instalación y cualquier punto de utilización, sea menor que el 5% de la tensión nominal en el origen de la instalación. Esta caída de tensión se calculará considerando alimentados todos los aparatos de utilización susceptibles de funcionar simultáneamente.

- ✓ Las intensidades máximas admisibles en servicio permanente para conductores aislados en canalizaciones fijas, y a una temperatura de 40°C son las señaladas en la citada instrucción, según sea el tipo de aislamiento y sistema de instalación.

Se, ha calculado la instalación de fuerza atendiendo a la caída de tensión que no debe sobrepasar lo indicado en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión

La tensión entre fases es de 380V.

Se toma como valor de la caída de tensión total para la instalación el 1% de la tensión entre fases, es decir: $380 \times 0,01 = 3,8\text{V}$.

La intensidad circula por cada línea vendrá dada por:

$$I = \frac{f \times g \times p}{\sqrt{3} \times V \times C \times \cos \varphi}$$

Siendo:

- I: intensidad de fase.
- f: factor de pérdida de potencia (1,05)
- g: coeficiente de simultaneidad (0,8).
- P: potencia instalada (W).
- V: Tensión de la línea.
- C: rendimiento medio de los motores (0,85).
- Cosφ: factor de potencia (0,95)

La caída de tensión vendrá dada por la siguiente fórmula:

$$e = \frac{L \times W}{C \times S \times V}$$

Siendo:

- W: Potencia que se transforma en vatios
- L: Longitud de la línea (m)
- C: Conductividad: 56 CU
- S: Sección del conductor (mm²)
- V: Tensión entre fases en voltios

Los conductores a instalar son una pareja de cables unipolares de cobre, con aislamiento de PVC de 750 V y bajo conducto. La sección mínima según el REBT es de 2,5 mm² para líneas que alimentan a motores. El reglamento establece también que todos los receptores que consuman más de 15A se alimentarán directamente del cuadro parcial, el resto podrán agruparse en una misma línea si se cree conveniente.

A continuación se procederá a calcular la sección de los conductores según MIE BT 017 p.4, para cables con conductores de cobres aislados con goma, o con policloruro de vinilo.

La potencia de la maquinaria instalada y de las tomas de fuerza, según las distintas áreas es la siguiente:

LÍNEA A

ELEMENTO	UNIDADES	P.UNITARIO (KW)	P. TOTAL (KW)
<i>Motor de la tolva</i>	1	5,52	5,52
<i>Estrujadora despalilladora</i>	1	3	3
<i>Evacuador de raspón</i>	1	9,20	9,20
<i>Bomba dosificadora sulfuroso</i>	1	2,2	2,2
<i>Bomba de vendimia</i>	1	5,5	5,5
<i>Prensa</i>	2	9,5	19
<i>Toma trifásica (III+T) de 20A</i>	2	7,6	15,2

LÍNEA B

ELEMENTO	UNIDADES	P.UNITARIO (KW)	P. TOTAL (KW)
<i>Equipo frigorífico</i>	2	36,775	73,6
<i>Toma trifásica (III+T) de 20A</i>	3	7,6	22,8

LÍNEA C

ELEMENTO	UNIDADES	P.UNITARIO (KW)	P. TOTAL (KW)
<i>Enjuague</i>	1	2	2
<i>Llenado y taponado</i>	1	2	2
<i>Etiquetado</i>	1	2	2
<i>Toma trifásica (III+T) de 20A</i>	6	7,6	45,6

LÍNEA D

ELEMENTO	UNIDADES	P.UNITARIO (KW)	P. TOTAL (KW)
<i>Montacargas</i>	1	4	4
<i>Toma trifásica (III+T) de 20A</i>	2	7,6	15,2
<i>Toma monofásica (II+T) 16A</i>	1	2,8	2,8

LÍNEA E

ELEMENTO	UNIDADES	P.UNITARIO (KW)	P. TOTAL (KW)
<i>Toma monofásica (II+T) 16A</i>	6	2,8	16,8

LÍNEA F

<i>ELEMENTO</i>	<i>UNIDADES</i>	<i>P.UNITARIO (KW)</i>	<i>P. TOTAL (KW)</i>
<i>Toma monofásica (II+T) 16A</i>	12	2,8	33,6

Conocida la potencia se calculan las intensidades que circulan por cada línea aplicando las fórmulas antes explicadas. Sabiendo la intensidad máxima se obtiene la sección mínima máxima necesaria de los conductores según la norma MIE BT 017 y se comprueba que la caída de tensión no supere a la máxima permitida.

LÍNEA A: DERIVACIONES

Se trata de motores trifásicos por lo que el cálculo de la intensidad vendrá determinado por la siguiente expresión:

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

Derivaciones	Intensidad (A)	Longitud (m)	Sección (mm²)
Motor tolva de recepción	10,48	12	2,5
Estrujadora despalilladora	5,70	10	2,5
Evacuador de raspón	17,48	10	4
Bomba de vendimia	10,50	10	2,5
Bomba de vendimia	10,50	10	2,5
Prensa	18	5	4
Prensa	18	5	4
Toma trifásica (III+T) 20A	20	2	4
Toma trifásica (III+T) 20A	20	2	4

LÍNEA A: C.G.F.-C.S.F.2.

Para el cálculo de esta línea se mayorará la intensidad del mayor motor al que alimenta la línea en 1,25 en cumplimiento de la MIE. BT-034.

- ✓ Cálculo de la línea por caída de tensión:

$$s = \frac{\sqrt{3} \times L \times I \times \cos \gamma}{\gamma \times V} = \frac{\sqrt{3} \times 90 \times 135,66 \times 0,85}{3,8 \times 56} = 84,46 \text{ mm}^2$$

- ✓ Cálculo de la línea por calentamiento:

Se realiza bajo tubo, van a estar aislados hasta 750 V y vamos a meter varios cables (3 unipolares).

Mirando en las tablas los valores mínimos de las secciones de los conductores y diámetro de los tubos correspondientes nos salen los siguientes resultados finales:

Línea	Sección fase (mm ²)	Sección neutro (mm ²)	Sección protección (mm ²)	Diámetro tubos (mm)
A	95	50	95	48

LÍNEA B: DERIVACIONES

Se trata de motores trifásicos por lo que el cálculo de la intensidad vendrá determinado por la siguiente expresión:

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

Derivaciones	Intensidad (A)	Longitud (m)	Sección (mm ²)
Equipo frigorífico	69,84	18	2,5
Equipo frigorífico	69,84	18	2,5
Toma trifásica (III+T) 20A	20	10	4
Toma trifásica (III+T) 20A	20	10	4
Toma trifásica (III+T) 20A	20	10	4

LÍNEA B: C.G.F.2.

Para el cálculo de esta línea se mayorará la intensidad del mayor motor al que alimenta la línea en 1,25 en cumplimiento de la MIE. BT-034.

- ✓ Cálculo de la línea por caída de tensión:

$$s = \frac{\sqrt{3} \times L \times I \times \cos \gamma}{\gamma \times V} = \frac{\sqrt{3} \times 35,5 \times 217,14 \times 0,8}{3,8 \times 56} = 50,19 \text{ mm}^2$$

- ✓ Cálculo de la línea por calentamiento:

Se realiza bajo tubo, van a estar aislados hasta 750 V y vamos a meter varios cables (3 unipolares).

Mirando en las tablas los valores mínimos de las secciones de los conductores y diámetro de los tubos correspondientes nos salen los siguientes resultados finales:

Línea	Sección fase (mm ²)	Sección neutro (mm ²)	Sección protección (mm ²)	Diámetro tubos (mm)
B	120	70	120	48

LÍNEA C: DERIVACIONES

Se trata de motores trifásicos por lo que el cálculo de la intensidad vendrá determinado por la siguiente expresión:

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

Derivaciones	Intensidad (A)	Longitud (m)	Sección (mm ²)
Enjuague	4	13	2,5
Llenado y taponado	4	13	2,5
Etiquetado	4	13	2,5
Toma trifásica (III+T) 20A	20	9	4
Toma trifásica (III+T) 20A	20	9	4
Toma trifásica (III+T) 20A	20	9	4
Toma trifásica (III+T) 20A	20	14	4
Toma trifásica (III+T) 20A	20	14	4
Toma trifásica (III+T) 20A	20	14	4

- ✓ Cálculo por caída de tensión:

$$s = \frac{\sqrt{3} \times L \times I \times \cos \gamma}{\gamma \times V} = \frac{\sqrt{3} \times 26,5 \times 137 \times 0,8}{3,8 \times 56} = 23,63 \text{ mm}^2$$

- ✓ Cálculo de la línea por calentamiento:

Se realiza bajo tubo, van a estar aislados hasta 750 V y vamos a meter varios cables (3 unipolares).

Mirando en las tablas los valores mínimos de las secciones de los conductores y diámetro de los tubos correspondientes nos salen los siguientes resultados finales:

Línea	Sección fase (mm ²)	Sección neutro (mm ²)	Sección protección (mm ²)	Diámetro tubos (mm)
C	50	35	50	36

LÍNEA D: DERIVACIONES

Se trata de motores trifásicos por lo que el cálculo de la intensidad vendrá determinado por la siguiente expresión:

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

Derivaciones	Intensidad (A)	Longitud (m)	Sección (mm ²)
Montacargas	7,15	16	2,5
Toma trifásica (III+T) 20A	20	25	4
Toma trifásica (III+T) 20A	20	25	4
Toma monofásica (II+T) 16A	16	18	2,5

- ✓ Cálculo por caída de tensión:

$$s = \frac{\sqrt{3} \times L \times I \times \cos \gamma}{\gamma \times V} = \frac{\sqrt{3} \times 2 \times 68,15 \times 0,8}{3,8 \times 56} = 0,88 \text{ mm}^2$$

- ✓ Cálculo de la línea por calentamiento:

Se realiza bajo tubo, van a estar aislados hasta 750 V y vamos a meter varios cables (3 unipolares).

Mirando en las tablas los valores mínimos de las secciones de los conductores y diámetro de los tubos correspondientes nos salen los siguientes resultados finales:

Línea	Sección fase (mm ²)	Sección neutro (mm ²)	Sección protección (mm ²)	Diámetro tubos (mm)
D	16	16	16	29

LÍNEA E: DERIVACIONES

Se trata de una línea monofásica por lo que el cálculo de la intensidad vendrá determinado por la siguiente expresión:

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

Derivaciones	Intensidad (A)	Longitud (m)	Sección (mm ²)
Toma monofásica (II+T) 16A	16	20	2,5
Toma monofásica (II+T) 16A	16	20	2,5
Toma monofásica (II+T) 16A	16	20	2,5
Toma monofásica (II+T) 16A	16	10	2,5
Toma monofásica (II+T) 16A	16	10	2,5
Toma monofásica (II+T) 16A	16	10	2,5

Se considera que simultáneamente podrán ir conectadas un total de 4 tomas, por lo que la intensidad total será:

$$I = 16 \times 4 = 64 A$$

- ✓ Cálculo por caída de tensión:

$$s = \frac{\sqrt{3} \times L \times I \times \cos \gamma}{\gamma \times V} = \frac{\sqrt{3} \times 23 \times 64 \times 0,8}{2,2 \times 56} = 16,55 \text{ mm}^2$$

- ✓ Cálculo de la línea por calentamiento:

Se realiza bajo tubo, van a estar aislados hasta 750 V y vamos a meter varios cables (3 unipolares).

Mirando en las tablas los valores mínimos de las secciones de los conductores y diámetro de los tubos correspondientes nos salen los siguientes resultados finales:

Línea	Sección fase (mm ²)	Sección neutro (mm ²)	Sección protección (mm ²)	Diámetro tubos (mm)
E	25	25	25	29

LÍNEA F: DERIVACIONES

Se trata de una línea monofásica por lo que el cálculo de la intensidad vendrá determinado por la siguiente expresión:

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

Derivaciones	Intensidad (A)	Longitud (m)	Sección (mm ²)
Toma monofásica (II+T) 16A	16	15	2,5
Toma monofásica (II+T) 16A	16	12	2,5
Toma monofásica (II+T) 16A	16	2	2,5
Toma monofásica (II+T) 16A	16	2	2,5
Toma monofásica (II+T) 16A	16	5	2,5
Toma monofásica (II+T) 16A	16	5	2,5
Toma monofásica (II+T) 16A	16	5	2,5
Toma monofásica (II+T) 16A	16	5	2,5
Toma monofásica (II+T) 16A	16	8	2,5
Toma monofásica (II+T) 16A	16	10	2,5
Toma monofásica (II+T) 16A	16	12	2,5
Toma monofásica (II+T) 16A	16	14	2,5

Se considera que simultáneamente podrán ir conectadas un total de 7 tomas, por lo que la intensidad total será:

$$I = 16 \times 7 = 112 \text{ A}$$

- ✓ Cálculo por caída de tensión:

$$s = \frac{\sqrt{3} \times L \times I \times \cos \gamma}{\gamma \times V} = \frac{\sqrt{3} \times 23 \times 112 \times 0,8}{2,2 \times 56} = 28,97 \text{ mm}^2$$

- ✓ Cálculo de la línea por calentamiento:

Se realiza bajo tubo, van a estar aislados hasta 750 V y vamos a meter varios cables (3 unipolares).

Mirando en las tablas los valores mínimos de las secciones de los conductores y diámetro de los tubos correspondientes nos salen los siguientes resultados finales:

Línea	Sección fase (mm ²)	Sección neutro (mm ²)	Sección protección (mm ²)	Diámetro tubos (mm)
F	70	70	70	48

4.5.- Cálculo de la acometida

La acometida en B.T. enlaza el secundario del centro de transformación de la industria con el C.G. La longitud de la línea será de 51 metros.

Se dispondrá una acometida conjunta para ambas redes: La red de alumbrado (interior y exterior) y para instalación de fuerza. Dicha acometida irá enterrada en zanja de 80 cm de profundidad con base de lecho de arena o tierra cernida de 15 cm de espesor. Sobre dicho lecho se instalarán cuatro unipolares para el transporte de la energía recubiertos de 15cm de arena o tierra cernida y posteriormente se coloca una protección mecánica a base de rasillones con la correspondiente señalización.

Se asumirá una caída de tensión del 0,75% para el alumbrado y del 2,5% para la fuerza. De esta forma no se superarán los límites impuestos por el REBT.

El conductor elegido es una tétroda de cables unipolares de cobre, con aislamiento de PE reticulado de 1.000 V, enterrado directamente en zanja individual.

RESUMEN DE ENERGÍA ELÉCTRICA NECESARIA	
<i>Instalación de alumbrado</i>	23,369 Kw
<i>Instalación de fuerza</i>	280,02 Kw
TOTAL	303,389 Kw

La intensidad total que circula por la línea será 460 A.

- ✓ Cálculo por caída de tensión:

$$s = \frac{\sqrt{3} \times L \times I \times \cos \gamma}{\gamma \times V} = \frac{\sqrt{3} \times 50 \times 460 \times 0,8}{2,85 \times 56} = 199 \text{ mm}^2$$

- ✓ Cálculo por calentamiento:

$$I = 460 \text{ A} \rightarrow s = 300 \text{ mm}^2$$

Para el cálculo por calentamiento en el caso de cables enterrados se ha de tener en cuenta la aplicación de un coeficiente de reducción de 0,8 en el cálculo de la intensidad máxima admisible que los cables son capaces de soportar.

Tomando una terna de cables unipolares de 300 mm² de sección, obtendríamos una intensidad máxima por calentamiento de:

$$590 \text{ A} \times 0,8 = 472 \text{ A}$$

Pero dado que este tipo de cables es difícil de encontrar en el mercado, se opta por la utilización de dos ternas de cables unipolares de 120 mm² de sección con aislamiento de polietileno reticulado, bajo conducto de PVC.

$$I_{\text{máx, adm}} = 2 \times 355 = 568 \text{ A} > 460 \text{ A.} \rightarrow \text{Admisible}$$

5- SISTEMAS DE PROTECCIÓN EN BAJA TENSIÓN.

5.1- Introducción.

El esquema de distribución de baja tensión se denominará TT, es decir, el conductor neutro estará conectado directamente a tierra mediante electrodos apropiados al efecto. El punto de conexión será el centro del a estrella del bobinado secundario del transformador de distribución en BT. Por otro lado, todas las masas conductoras no activas estarán conectadas directamente a tierra.

5.2- Protección de la instalación eléctrica.

5.2.1. Protección contra sobre intensidades.

Todo circuito estará protegido contra los efectos de las sobrecargas 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 sobrecargas previsibles.

Las sobrecargas 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 sobrecargas.

a) 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.

✓ 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.

b) 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 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.

5.2.2- 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.

5.2.3- Características de los dispositivos de protección.

Los dispositivos de protección cumplirán las condiciones generales siguientes:

✓ 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.

✓ Los fusibles serán 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.

✓ 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.

Se dispondrán interruptores automáticos magnetotérmicos como elementos de maniobra y protección, destinados a interrumpir o restablecer el servicio en la parte de la instalación que tenga asignado. Estos interruptores sirven tanto para defectos de sobrecarga como de cortocircuito, y se dimensionan de tal manera que el límite de intensidad admisible en un conductor debe quedar garantizado (MIE BT 020.)

En los esquemas unificares correspondientes se especifican situación y características de cada uno de ellos, su intensidad nominal y el número de polos. Estos interruptores automáticos se dispondrán en los correspondientes cuadros generales de protección.

5.2.4- 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 in interruptor general de corte omnipolar, así como los dispositivos que parten de dicho cuadro.

5.2.5.- Protección contra sobretensiones de origen atmosférico.

Quando 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.

La línea de puesta a tierra de los descargadores debe estar aislada. La resistencia de tierra tendrá un valor de 10 ohmios, como máximo.

5.3- Protección de las personas.

Los interruptores diferenciales tienen como misión proteger a las personas que maniobran en las instalaciones eléctricas de los riesgos producidos por la corriente. Se dispondrán diferenciales de alta sensibilidad (10-30mA) en los correspondientes cuadros de protección.

5.4- Protecciones para la instalación.

Las instalaciones quedan protegidas a través de los interruptores magnetotérmicos y diferenciales que protegerán las diferentes líneas de sobrecargas producidas por derivaciones, cortocircuitos, y permitirán la manipulación de la instalación sin peligro cuando sea necesario.

El montaje de estos aparatos queda perfectamente detallado en el Documento Planos en los esquemas unifilares.

5.5- Sistemas de puesta a tierra.

5.5.1- 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, se aplicarán a todo el elemento o parte de la instalación que otras instrucciones prescriban como obligatoria su puesta a tierra.

5.5.2- 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, como objeto de conseguir que el conjunto de instalaciones, edificios y superficie próxima del terreno no existan diferencias de potencial peligrosa y que, al mismo tiempo, permita el paso a tierra de las corrientes de falta o la descarga de origen atmosférico.

5.5.3- 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 circuitito de puesta a tierra.

A) 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 puedan, mediante útiles apropiados, separarse éstas, con el fin de poder realizar la medida de la resistencia de tierra.

B) 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.

C) 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.

D) 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.
- A un relé de protección.

5.5.4- Prohibición de incluir en serie las masas y los elementos metálicos en los circuitos de tierra

Los circuitos de puesta a tierra formarán una línea eléctricamente continua en la que no podrán incluirse en serie ni masas ni elementos metálicos, cualquiera que sean estos. Siempre la conexión de las masas y los elementos metálicos al circuito de puesta a tierra, se efectuará por derivaciones desde éste.

5.5.5- Tomas de tierra independientes

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

5.5.6- Electrodo: Naturaleza, constitución, dimensiones y condiciones de instalación

A) Naturaleza de los electrodos.

Los electrodos pueden ser artificiales o naturales. Se entiende por electrodos artificiales los establecidos con el exclusivo objeto de obtener la puesta a tierra, y por electrodos naturales las masas metálicas que puedan existir enterradas.

Para las puestas a tierra se emplearán principalmente electrodos artificiales. No obstante los electrodos naturales que existirán en la zona de una instalación y que presenten y aseguren un buen contacto permanente con el terreno, pueden utilizarse bien solos o conjuntamente con otros electrodos artificiales. En general, se puede prescindir de éstos cuando su instalación presente serias dificultades y cuando los electrodos naturales cumplan los requisitos anteriormente señalados con sección suficiente y la resistencia de tierra que se obtenga con los mismos, presente un valor adecuado.

B) Constitución de los electrodos artificiales.

Los electrodos podrán estar constituidos por:

- Electrodos simples constituidos por barras, tubos, placas, cables, pletinas u otros perfiles.

- Anillos o mallas metálicas constituidos por elementos indicados anteriormente o por combinaciones de ellos.

Los electrodos serán de metales inalterables a la humedad y a la acción química del terreno, tal como el cobre, el hierro galvanizado, hierro sin galvanizar con protección catódica o fundición de hierro. Para este último tipo de electrodos las secciones mínimas serán el doble de las secciones mínimas que se indican para los electrodos de hierro galvanizados.

Sólo se admite los metales ligeros, cuando sus resistencias a la corrosión son netamente superiores a la que presentan, en el terreno que se considere, el cobre o el hierro galvanizado.

- La sección de un electrodo no debe ser inferior a $\frac{1}{4}$ de la sección del conductor que constituye la línea principal de tierra.

✓ Placas enterradas

Las placas de cobre tendrán un espesor mínimo de 2 mm y las de hierro galvanizado de 2.5 mm. En ningún caso la superficie útil de la placa será inferior a 0.5 m². Se colocarán en

el terreno en posición vertical y en el caso en que sea necesaria la colocación de varias placas se separarán unos 3 metros unas de otras.

✓ Picas verticales

Las picas verticales podrán estar constituidas por:

- Tubos de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior, como mínimo.
- Perfiles de acero dulce galvanizado de 60 mm de largo, como mínimo.

Barras de cobre o de acero de 14 mm de diámetro como mínimo; las barras de acero tienen que estar recubiertas de una capa protectora exterior de cobre de espesor apropiado.

Las longitudes mínimas de estos electrodos no serán inferiores a 2 m. Si son necesarias dos picas conectadas en paralelo con el fin de conseguir una resistencia de tierra admisible, la separación entre ellas es recomendable que sea igual, por lo menos, a la longitud enterrada de las mismas; si son necesarias varias picas conectadas en paralelo, la separación entre ellas deberá ser mayor que en el caso anterior.

✓ Conductores enterrados horizontalmente.

Estos conductores pueden ser:

- Conductores o cables de cobre desnudo de 35 mm² de sección, como mínimo.
- Pletinas de cobre de, como mínimo, 35 mm² de sección y 2 mm de espesor.
- Pletinas de acero dulce galvanizado de, como mínimo, 100 mm² de sección y 3 mm de espesor.
- Cable de acero galvanizado de 95 mm² de sección, como mínimo. El empleo de cables formado por alambres menores de 2.5 mm de diámetro está prohibido.
- Alambre de acero, como mínimo, 20 mm² de sección, cubiertos con una capa de cobre de 6 mm² como mínimo.

Los electrodos deberán estar enterrados a una profundidad que impida sean afectados por las labores del terreno y por las heladas y nunca a menos de 50 cm. No obstante, si la capa superficial del terreno tiene una resistividad pequeña y las capas más profundas son de elevada resistividad, la profundidad de los electrodos puede reducirse a 30 cm.

El terreno será tan húmedo como sea posible y preferentemente tierra vegetal, prohibiéndose constituir los electrodos por picas metálicas simplemente sumergidas en agua. Se tenderán a suficiente distancia de los depósitos o infiltraciones que puedan atacarlos, y si es posible, fuera de los pasos de personas y vehículos.

Como superficie de contacto con el terreno, para las placas se considerarán las dos caras, mientras que para los tubos sólo cuenta la superficie externa de los mismos.

C) Constitución de los electrodos naturales

Los electrodos naturales pueden estar constituidos por:

- a) Una red extensa de conducciones metálicas enterradas, siempre que la continuidad de estas conducciones quede perfectamente asegurada, y en el caso de que las conducciones pertenezcan a una distribución pública o privada, haya acuerdo con los distribuidores correspondientes. Se prohíbe utilizar como electrodos las canalizaciones de gas, calefacción central y las conducciones de desagüe, humos o basuras.
- b) La cubierta de plomo de los cables de una red eléctrica de baja tensión enterrada, con la condición de que la continuidad de la cubierta de plomo esté perfectamente asegurada y, en el caso de que la red pertenezca a una distribución pública, haya acuerdo con el distribuidor.
- c) Los pilares metálicos de los edificios, están interconectados, mediante una estructura metálica y enterrados a cierta profundidad.

5.5.7- 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

Si las condiciones de la instalación son tales que puedan dar lugar a tensiones superiores a los valores señalados anteriormente, se asegurará la rápida eliminación de la falta mediante dispositivos de corte adecuados de la corriente de servicio.

NOTA.- La resistencia de tierra de un electrodo depende de sus dimensiones, de su forma y de la resistividad del terreno en el que se establece. Esta resistividad varía frecuentemente de un punto a otro del terreno, y varía también con la profundidad.

5.5.8- Características y condiciones de instalación de las líneas de enlace con tierra, de las líneas principales de tierra y de sus derivaciones

A) Naturaleza y secciones mínimas.

Los conductores que constituyen las líneas de enlace con tierra, las líneas principales de tierra y sus derivaciones, serán de cobre o de otro metal de alto punto de fusión y su sección debe ser ampliamente dimensionada de tal forma que cumpla las condiciones siguientes:

La máxima corriente de falta que pueda producirse en cualquier punto de la instalación, no debe originar en el conductor una temperatura cercana a la fusión, ni poner en peligro los empalmes o conexiones en el tiempo máximo previsible de duración de la falta, el cual sólo podrá ser considerado como menor de dos segundos en los casos justificados por las características de los dispositivos de corte utilizados.

De cualquier forma los conductores no podrán ser, en ningún caso, menos de 16 mm² de sección para las líneas principales de tierra ni de 35 mm² para las líneas de enlace con tierra, si son de cobre. Para otros metales o combinaciones de ellos, la sección mínima será aquella que tenga la misma conductancia que un cable de cobre de 16 mm² o 35 mm² según el caso.

Para las derivaciones de las líneas principales de tierra, las secciones mínimas serán las que se indican en la Instrucción MI BT 017 para los conductores de protección.

B) Tendido de los conductores de la línea de enlace con tierra.

Los conductores de enlace con tierra desnudos enterrados en el suelo se considerarán que forman parte del electrodo.

Si en una instalación existen tomas de tierra independientes se mantendrá que los conductores de tierra un aislamiento apropiado a las tensiones susceptibles de aparecer entre estos conductores en caso de falta.

C) Tendido de los conductores de la línea principal de tierra y sus derivaciones y de los conductores de protección.

El recorrido de estos conductores será lo más corto posible y sin cambios bruscos de dirección. No estarán sometidos a esfuerzos y estarán protegidos contra la corrosión y desgaste mecánico. Además, los conductores de protección cumplirán con lo establecido en la Instrucción MI BT 017.

D) Conexiones de los conductores de los circuitos de tierra con las partes metálicas y masas y con los electrodos.

Los conductores de los circuitos de tierra tendrán un buen contacto eléctrico tanto con las partes metálicas y masas que desean poner a tierra como en el electrodo. A estos efectos se dispone que las conexiones de los conductores de los circuitos de tierra con las partes metálicas y con los electrodos se efectúen con todo cuidado por medio de piezas de empalme adecuadas, asegurando las superficies de contacto de forma que la conexión sea efectiva, por medio de tornillos, elementos de compresión, remaches o soldadura de alto punto de fusión. Se prohíbe el empleo de soldaduras de bajo punto de fusión, tales como estaño, plata, etc.

Los contactos deben disponerse limpios, sin humedad y en forma tal que no sea fácil que la acción del tiempo destruya por efectos electroquímicos las conexiones

efectuadas. A este fin, y procurando siempre que la resistencia de los contactos no sea elevada, se protegerán éstos en forma adecuada con envolvente o pastas, si ello se estimase conveniente.

En caso de utilizar como electrodo la conducción del agua, la conexión del conductor de enlace con tierra a dicha conducción se efectuará inmediatamente después de la entrada a ésta en el edificio y antes del contador general de agua. Su conexión se efectuará por medio de un conductor que estará necesariamente protegido especialmente contra los ataques químicos.

Si no se pudiera respetar la condición anterior, por tropezar con grandes dificultades prácticas, el punto de conexión podrá encontrarse después del contador y de los accesorios que se encuentren en la conducción principal de agua. En este caso el contador y los demás accesorios de la conducción de agua serán puenteados por medio de un conductor de cobre de 16 mm^2 de sección, como mínimo, u otro conductor de resistencia eléctrica equivalente, y dispuesto de forma que el contador de agua pueda ser montado o desmontado sin que sea necesario quitar el puente.

E) Prohibición de interrumpir los circuitos de tierra.

Se prohíbe intercalar en circuitos de tierra seccionadores, fusibles o interruptores. Sólo se permite disponer un dispositivo de corte en los puntos de puesta a tierra, de forma que permita medir la resistencia de la toma de tierra.

5.5.9- Separación entre las tomas de tierra de las masas de las instalaciones de utilización.

Se verificará que las masas puestas a tierra en una instalación, así como los conductores de protección asociados a estas masas o a los relés de protección de masa, no están unidas a la toma de tierra de las masas de un centro de transformación. Si no se hace el control mediante la medida efectuada entre las tomas de tierra de las masas de las instalaciones de utilización y de las masas del centro de transformación, se considera que las tomas de tierra son eléctricamente independientes cuando se cumplen todas y cada una de las condiciones siguientes:

- a) No existe canalización metálica conductora (cubierta metálica de cable no aislada especialmente, canalización de agua, gas, etc.) que una la zona de tierra del centro de transformación con la zona donde se encuentran los aparatos de utilización.
- b) La distancia entre las tomas de tierra del centro de transformación y las tomas de tierra u otros elementos conductores enterrados en los locales de utilización, es al menos igual a 15 metros para terreno cuya resistividad no sea elevada (100 ohmios) metro cuadrado/metro. Cuando el terreno sea muy mal conductor, esta distancia será aumentada.

- c) El centro de transformación está situado en un recinto aislado de los locales de utilización o bien, si está contiguo a los locales de utilización o en el interior de los mismos, está establecido de tal manera que sus elementos metálicos no está unidos eléctricamente a los elementos metálicos constructivos de los locales de utilización.

5.5.10- Puesta a tierra de la instalación

La puesta a tierra de la nave irá desde el electrodo situado en contacto con el terreno, hasta su conexión con las líneas principales de bajada a tierra de las instalaciones y masas metálicas.

La instalación de toma de tierra de la nave constará de los siguientes elementos:

- Un anillo de conducción enterrada, siguiendo el perímetro del edificio. A él se conectarán las puestas a tierra situadas en dicho perímetro.
- Una serie de conducciones enterradas que unan todas las conexiones de puesta a tierra situadas en el interior del edificio. Estos conductores irán conectados por ambos extremos al anillo. La separación entre dos de estos conductores no será inferior a 4 m. Las conducciones enterradas se situarán a una profundidad no inferior a 80 cm, pudiéndose disponer en el fondo de las zanjas de la cimentación. Serán conducciones de cobre desnudo recocido, de 35 mm² de sección.
- Conjunto de picas de puesta a tierra, para ampliar la eficacia de la conducción enterrada. Las picas se repartirán proporcionalmente a lo largo de la conducción, conectadas a ésta y separadas a una distancia no menor de 4 m. Serán de acero recubierto de cobre de 1,4 cm de diámetro de longitud. Debido a la longitud de las conducciones enterradas, no serán necesarias picas de puesta a tierra.

Durante la ejecución de la obra se realizará una puesta a tierra provisional formada por un cable conductor que una las máquinas eléctricas y masas metálicas que no dispongan de doble aislamiento, y un conjunto de electrodos de pica.

Los sistemas de puesta a tierra constarán de las siguientes partes:

A) Toma de tierra:

Estará formada por los siguientes elementos:

- Electrodo constituido por una pica vertical construida por una barra de cobre $\Phi_{\min} = 14$ mm. La longitud mínima será de 2 m.
- Línea de enlace con tierra, formada por un conductor de cobre desnudo de 35 mm de sección mínimo.

- Punto de puesta a tierra situado fuera del suelo, sirviendo de unión entre la línea de enlace a tierra y la línea principal de la misma.

B) Línea principal de tierra:

Formada por un conductor que parte desde el punto de puesta a tierra y a la cual están conectadas las derivaciones necesarias para la puesta a tierra de las masas, generalmente a través de los conductores de protección, es decir, tal conductor terminará en el correspondiente cuadro de protección. De acuerdo con la Instrucción MIE BT 039, será un conductor de cobre de 16 mm².

C) Derivación de la línea principal:

Las derivaciones estarán formadas por conductores que unirán la línea principal de tierra con los conductores de protección o directamente con las masas. Las secciones mínimas serán, según la Instrucción MIE BT 017, iguales a las fijadas en función de la sección de los conductores de fase o polares de la instalación, siempre que ambos sean del mismo material.

D) Conductores de protección:

Parten desde el aparato a proteger, hasta los cuadros generales de protección correspondientes, e irán en la misma envolvente que los conductores activos.

5.5.11- Revisión de tomas de tierra

Por la importancia que ofrece, desde el punto de vista de la seguridad, cualquier instalación de toma a 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.