

ÍNDICE

1. INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BAJA TENSIÓN	1
1.1 Potencia total	1
1.2 Criterios de las bases de cálculo.....	1
1.2.1 Intensidad de cálculo e intensidad máxima admisible.....	1
1.2.2 Caída de tensión máxima reglamentaria.....	2
1.2.3 Intensidad de cortocircuito	4
1.3 Circuitos interiores	7
1.4 Sistema de protección frente al rayo	8
1.4.1 Procedimiento de verificación	8
1.4.2 Tipo de instalación exigido.....	10
1.4.2.1 Eficiencia requerida	10
1.4.2.2 Nivel de protección.....	10
1.4.2.3 Sistema de protección frente al rayo proyectado.....	10
1.5 Puesta a tierra	13
1.6 Equipos de corrección de energía reactiva.....	13

1. INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BAJA TENSIÓN

1.1 Potencia total

La potencia total se calcula conforme a los criterios establecidos en el apartado 7. *PROGRAMA DE NECESIDADES. POTENCIA TOTAL DEL EDIFICIO*, correspondiente a la Memoria Descriptiva del presente Proyecto.

El uso del edificio objeto de este Proyecto es el de un edificio de oficinas o Uso Administrativo. La potencia prevista, según la ITC-BT-10, es de 327,904 kW, considerando 100 W/m² para la superficie del edificio. Por lo tanto, en la previsión de potencia se considerará la potencia prevista en vez de la instalada, por ser la primera superior a la segunda, según se podrá comprobar en los sucesivos apartados.

1.2 Criterios de las bases de cálculo

Para dimensionar las líneas eléctricas se han seguido los siguientes criterios de comprobación de la validez de la sección adoptada para los conductores por:

- Intensidad de cálculo e intensidad máxima admisible.
- Caída de tensión máxima reglamentaria.
- Intensidad de cortocircuito.

1.2.1 Intensidad de cálculo e intensidad máxima admisible

Para el cálculo de la intensidad se empleará la siguiente formulación:

- Para líneas trifásicas: $I_C = \frac{P}{\sqrt{3} \times U \times \cos \varphi}$.
- Para líneas monofásicas: $I_C = \frac{P}{U \times \cos \varphi}$.

Donde:

I_C = Intensidad de cálculo (A).

P = Potencia (W).

U = Tensión (V).

$\cos\varphi$ = Factor de potencia.

Se comprobará que el valor de intensidad máxima admisible de los conductores empleados nunca se encuentre por debajo del valor de intensidad de cálculo.

En las líneas eléctricas se emplearán elementos protectores contra sobreintensidades: interruptores automáticos o fusibles. Se comprobará el funcionamiento adecuado de las protecciones elegidas, de tal manera que su corriente nominal o de ajuste I_n sea superior a la corriente de carga máxima (intensidad de cálculo I_C), pero inferior a la corriente máxima permitida por el cable (intensidad admisible I_{ADM}).

1.2.2 Caída de tensión máxima reglamentaria

La caída de tensión se calcula atendiendo a la siguiente formulación:

- Para líneas trifásicas: $e\% = \frac{100 \times P \times L}{C \times U^2 \times S}$.
- Para líneas monofásicas: $e\% = \frac{200 \times P \times L}{C \times U^2 \times S}$.

Siendo:

$e\%$ = Caída de tensión porcentual.

P = Potencia (W).

L = Longitud (m).

C = Conductividad del conductor en función del material.

U = Tensión (V).

S = Sección del conductor (mm^2).

Para condiciones normales de cálculo, los valores de conductividad (C) se tomarán de la siguiente tabla en función del tipo de material y de la temperatura prevista de cálculo.

Material	C_{20}	C_{40}	C_{70}	C_{90}
Cobre	56	52	48	44
Aluminio	35	32	30	28
temperatura	20°C	40°C	70°C	90°C

Debido a que las condiciones reales de servicio no son las normales de cálculo, se calculará la conductividad del conductor (C) como la inversa de la resistividad del mismo a la temperatura prevista de servicio (ρ_T), es decir:

$$C = \frac{1}{\rho_T},$$

$$\rho_T = \rho_{20} \times [1 + \alpha \times (T - 20)], \text{ donde :}$$

ρ_{20} = Resistividad del conductor a 20°C:

- Para Cu, $\rho_{20} = 0,0176$ ($\Omega \times \text{mm}^2/\text{m}$).
- Para Al, $\rho_{20} = 0,0286$ ($\Omega \times \text{mm}^2/\text{m}$).

α = Coeficiente de temperatura:

- Para Cu, $\alpha = 0,00392$ ($^{\circ}\text{C}^{-1}$).
- Para Al, $\alpha = 0,00403$ ($^{\circ}\text{C}^{-1}$).

La temperatura prevista de servicio del conductor (T) se calcula por medio de la siguiente fórmula:

$$T = T_0 + (T^* - T_0) \times \left(\frac{I_C}{I_{ADM}} \right)^2 \text{ (}^{\circ}\text{C)}, \text{ donde:}$$

T_0 = Temperatura ambiente de referencia para el conductor. Según lo dispuesto en la Norma UNE 20460-5-523: 2004, las temperaturas ambientes de referencia serán:

- Para conductores aislados y cables al aire (independientemente del modo de instalación): 40°C.
- Para cables enterrados en el terreno (directamente o en conductos): 25°C.

T^* = Temperatura máxima de funcionamiento del conductor en función del tipo de aislamiento:

- Para aislamiento de PVC (material termoplástico): 70°C.
- Para aislamiento de XLPE o EPR (materiales termoestables): 90°C.

I_C = Intensidad de cálculo (A).

I_{ADM} = Intensidad máxima admisible por el conductor (A).

Se comprobará que el valor de intensidad máxima admisible de los conductores empleados nunca se encuentre por debajo del valor de intensidad de cálculo. Asimismo también se tendrá en cuenta que el valor de caída de tensión no supere los siguientes valores:

- 1,5% para derivaciones individuales en suministros para un único usuario en el que no existe línea general de alimentación.
- 3% para líneas de alumbrado.
- 5% demás usos.

LINEA	P	L	S	I	Imax	e%	
	KW	m	mm ²	A	adm Cu		PROT.
DERIV. INDIV.	327,9	120	480	526	640	1,09	630

1.2.3 Intensidad de cortocircuito

Se verificarán las siguientes condiciones para las protecciones contra cortocircuitos:

- Las protecciones deberán ser capaces de controlar y despejar las corrientes de cortocircuito mínimas ($I_{ccMÍN}$).
- Tendrán un poder de corte suficiente para hacer frente a las corrientes de cortocircuito máximas ($I_{ccMÁX}$), debiéndose determinar tanto el poder de corte

(PdC) último (I_{cu} / I_{cn}) como de servicio (I_{cs}). El PdC del dispositivo de protección deberá ser igual o mayor que la intensidad de cortocircuito máxima ($I_{ccMÁX}$) prevista en su punto de instalación. Se acepta un PdC inferior si existe otro dispositivo con el suficiente poder de corte instalado aguas arriba. En este caso, las características de ambos dispositivos deben coordinarse de forma que la energía que dejan pasar ambos dispositivos de protección no exceda la que pueden soportar, sin dañarse, el dispositivo y el cableado situado aguas abajo del primer dispositivo.

- Tendrán un poder de cierre (I_{cm}) suficiente para hacer frente a las corrientes de cortocircuito máximas.
- Se deberá comprobar que el calentamiento de los cables no supere la temperatura máxima admisible por la cubierta aislante para la intensidad de cortocircuito. En consecuencia, el tiempo de corte de toda corriente que resulte de un cortocircuito que se produzca en un punto cualquiera del circuito, no debe ser superior al tiempo que los conductores tardan en alcanzar su temperatura límite admisible. Esta condición se puede representar de forma práctica mediante la siguiente expresión:

$$I^2 t \leq k^2 S^2, \text{ donde:}$$

t = duración del cortocircuito (s).

S = sección del cable (mm^2).

I = corriente de cortocircuito efectiva expresada en valor eficaz (A).

k = constante que toma los valores de la siguiente tabla:

	Aislamiento de los conductores						Mineral	Mineral
	PVC 70°C ≤ 300 mm ²	PVC 70°C > 300 mm ²	PVC 90°C ≤ 300 mm ²	PVC 90°C > 300 mm ²	PR/EPR	Goma 60 °C	Con PVC	Desnudo
Temperatura inicial °C	70	70	90	90	90	60	70	105
Temperatura final °C	160	140	160	140	250	200	160	250
Material del conductor								
Cobre	115	103	100	86	143	141	115 *	135
Aluminio	76	68	66	57	94	93	-	-
Conexiones soldadas con estaño para conductores de cobre	115	-	-	-	-	-	-	-

Para una mayor seguridad, y como medida adicional de protección contra el riesgo de incendio, esta condición de la duración del cortocircuito se puede transformar, en el caso de instalar un interruptor automático, en la condición siguiente, que resulta más fácil de aplicar y es generalmente más restrictiva: I_m (intensidad magnética) < $I_{ccMÍN}$.

Como el centro de transformación, origen de la alimentación, está fuera del edificio afectado, las corrientes de cortocircuito (máxima y mínima) se podrán determinar en cada línea eléctrica, mediante la siguiente fórmula simplificada definida en el ANEXO 3 de la Guía Técnica de Aplicación del RBT:

$$I_{cc} = \frac{0,8 \times U}{R}, \text{ siendo:}$$

I_{cc} = intensidad de cortocircuito máxima en el punto considerado (A).

U = tensión de alimentación fase neutro = 230 V.

R = resistencia del conductor de fase entre el punto considerado y la alimentación.

$$R_{(DI)} = \rho \frac{L_{(DI)}}{S_{(DI)}} = 0,018 \frac{\Omega \text{ mm}^2}{\text{m}} * \frac{120 * 2 \text{ m}}{300 \text{ mm}^2} = 0,0144 \Omega$$

$$I_{cc} = \frac{0,8 * U}{R} = \frac{0,8 * 230}{0,0144} = 12777,77 \text{ A}$$

El dispositivo de protección elegido tendrá un poder de corte mínimo de 15 kA.

Como criterio de diseño, se tendrá en cuenta la longitud máxima del circuito aguas abajo del dispositivo de protección (interruptor automático) para la cual el dispositivo es capaz de controlar y disipar la corriente de cortocircuito mínima ($I_{ccMÍN}$). Si la longitud del circuito es menor que dicha longitud máxima, se asegura que $I_m < I_{ccMÍN}$. De esta manera no se superará la temperatura máxima admisible por la cubierta aislante del cable para la intensidad de cortocircuito. Para interruptores automáticos de Tipo C, en circuitos

trifásicos de Cu de 400 V de 4 cables o circuitos monofásicos de Cu de 230 V de 2 cables, esta longitud máxima ($L_{m\acute{a}x.CC}$) se obtiene de la siguiente tabla facilitada por el fabricante:

Corriente nominal de los interruptores automáticos (en A)	Sección de los conductores (en mm ²)								
	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50
6	100	167	267	400	667				
10	60	100	160	240	400	640			
16	37	62	100	150	250	400	625	875	
20	30	50	80	120	200	320	500	700	
25	24	40	64	96	160	256	400	560	760
32	18,0	31	50	75	125	200	313	438	594
40	15,0	25	40	60	100	160	250	350	475
50	12,0	20	32	48	80	128	200	280	380
63	9,5	16,0	26	38	64	102	159	222	302
80	7,5	12,5	20	30	50	80	125	175	238
100	6,0	10,0	16,0	24	40	64	100	140	190
125	5,0	8,0	13,0	19,0	32	51	80	112	152

1.3 Circuitos interiores

Las características de cada uno de los circuitos eléctricos interiores y de sus protecciones pueden consultarse tanto en los esquemas unifilares de los planos adjuntos como en las siguientes tablas de cálculo.

LINEA	P	L	S	I	Imax	Icc	e%	PROT.
	KW	m	mm ²	A	adm Cu	A		
PLANTA BAJA	7,759	24	25	12,4	77	3758	0,09	4 x 63A
PLANTA PRIMERA	7,702	27,5	25	12,4	77	3407	0,10	4 x 63A
PLANTA SEGUNDA	8,482	31	25	13,6	77	3117	0,13	4 x 63A
PLANTA TERCERA	7,702	34,5	25	12,4	77	2871	0,13	4 x 63A
PLANTA CUARTA	8,482	38	25	13,6	77	2662	0,15	4 x 63A
ASCENSORES	7,15	55	10	11,5	44	866	0,47	4 x 25A
SALA MAQUINAS	6,6	40	10	10,6	44	1162	0,31	4 x 25A
VENTILACION	3,75	70	10	6,0	44	691	0,31	4 x 16A
PCI	11	40	10	17,6	44	1162	0,52	4 x 40A

Los dispositivos de protección elegidos tendrán un poder de corte mínimo de 6 kA.

1.4 Sistema de protección frente al rayo

1.4.1 Procedimiento de verificación

Conforme al Documento Básico SU 8 del Código Técnico de la Edificación, será necesaria la instalación de un sistema de protección contra el rayo cuando la frecuencia esperada de impactos N_e sea mayor que el riesgo admisible N_a .

La frecuencia esperada de impactos, N_e , expresada en nº impactos/año, puede determinarse mediante la siguiente expresión:

$$N_e = N_g \times A_e \times C_1 \times 10^{-6}, \text{ donde:}$$

N_g : densidad de impactos sobre el terreno (nº impactos/año, km²), obtenida según la figura 1.1 del apartado 1 del CTE-DB SU 8.

A_e : superficie de captura equivalente del edificio aislado en m², que es la delimitada por una línea trazada a una distancia 3H de cada uno de los puntos del perímetro del edificio, siendo H la altura del edificio en el punto del perímetro considerado.

C_1 : coeficiente relacionado con el entorno, según la tabla 1.1 del apartado 1 del CTE-DB SU 8.

Sustituyendo datos:

- $N_g = 1$, para la zona geográfica en la que nos movemos.
- $A_e = 32488 \text{ m}^2$.
- $C_1 = 0,50$, ya que se trata de un edificio próximo a otros edificios o árboles de la misma altura o más altos.

$$N_e = N_g \times A_e \times C_1 \times 10^{-6} = 1 \times 32488 \times 0,50 \times 10^{-6} \rightarrow N_e = 0,016244.$$

El riesgo admisible, N_a , puede determinarse mediante la expresión:

$$N_a = \frac{5,5 \times 10^{-3}}{C_2 \times C_3 \times C_4 \times C_5}, \text{ siendo:}$$

C_2 : coeficiente en función del tipo de construcción, conforme a la tabla 1.2 del apartado 1 del CTE-DB SU 8.

C_3 : coeficiente en función del contenido del edificio, conforme a la tabla 1.3 del apartado 1 del CTE-DB SU 8.

C_4 : coeficiente en función del uso del edificio, conforme a la tabla 1.4 del apartado 1 del CTE-DB SU 8.

C_5 : coeficiente en función de la necesidad de continuidad en las actividades que se desarrollan en el edificio, conforme a la tabla 1.5 del apartado 1 del CTE-DB SU 8.

Consultando las tablas pertinentes, se obtienen los siguientes valores:

- $C_2 = 1$, para estructura de hormigón y cubierta también de hormigón.
- $C_3 = 1$, para edificios con contenidos no inflamables.
- $C_4 = 3$, para Uso Pública Concurrencia.
- $C_5 = 1$, para locales cuyo deterioro no interrumpe ningún servicio imprescindible, ni ocasiona un impacto ambiental grave.

Por lo tanto, el riesgo admisible, N_a tiene el siguiente valor:

$$N_a = \frac{5,5 \times 10^{-3}}{C_2 \times C_3 \times C_4 \times C_5} = \frac{5,5 \times 10^{-3}}{1 \times 1 \times 3 \times 1} \rightarrow N_a = 0,001834.$$

En consecuencia, como el valor de la frecuencia esperada de impactos (N_e) es mayor que el riesgo admisible (N_a), es necesaria una instalación de protección frente al rayo.

1.4.2 Tipo de instalación exigido

1.4.2.1 Eficiencia requerida

La instalación de protección frente al rayo dispondrá de una eficiencia E, determinada mediante la siguiente fórmula:

$$E = 1 - \frac{N_a}{N_e} = 1 - \frac{0,001834}{0,016244} \rightarrow E = 0,8871.$$

1.4.2.2 Nivel de protección

El nivel de protección para la eficiencia requerida es 3, según la tabla 2.1 del CTE-DB SU 8.

1.4.2.3 Sistema de protección frente al rayo proyectado

SISTEMA EXTERNO

El sistema externo de protección contra el rayo está formado por dispositivos captadores y por derivadores o conductores de bajada.

El dispositivo captador, en este caso, será un pararrayos con dispositivo de cebado, diseñado por CIRPROTEC, modelo Nimbus CPT-1 (o similar), con tiempo de avance en el cebado de 27 μ s.

Según el Anejo B del CTE-DB SU, el volumen protegido por cada punta se define de la siguiente forma, según la figura B.4 mostrada:

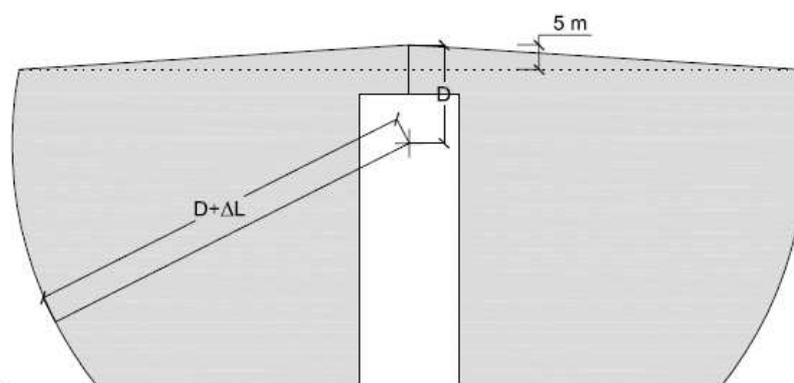


Figura B.4 Volumen protegido por pararrayos con dispositivo de cebado

- Bajo el plano horizontal situado 5 m por debajo de la punta, el volumen protegido es el de una esfera cuyo centro se sitúa en la vertical de la punta a una distancia D y cuyo radio es: $R = D + \Delta L$, siendo:
 - R el radio de la esfera en m que define la zona protegida.
 - D distancia en m que figura en la tabla B.4 en función del nivel de protección.
 - ΔL distancia en m, función del tiempo del avance en el cebado Δt del pararrayos en μs . Se adoptará $\Delta L = \Delta t$ para valores de Δt inferiores o iguales a $60 \mu s$, y $\Delta L = 60$ m para valores de Δt superiores.
- Por encima de este plano, el volumen protegido es el de un cono definido por la punta de captación y el círculo de intersección entre este plano y la esfera.

En nuestro caso, tenemos:

- $D = 45$ m (nivel de protección 3).
- $\Delta L = 27$ m ($\Delta t = 27 \mu s < 60 \mu s$).

Por lo que el radio de cobertura es $R = 72$ m, distancia más que suficiente para proteger el conjunto edificatorio en su totalidad mediante el volumen de protección resultante.

Los derivadores conducirán la corriente de descarga atmosférica desde el dispositivo captador a la toma de tierra, sin calentamientos y sin elevaciones de potencial peligrosas, discurriendo por donde no presente riesgo de electrocución o protegido adecuadamente. En

nuestro caso, se ha previsto un conductor de bajada de Cu de 50 mm² de sección, ya que disponemos de un solo pararrayos. Las conexiones equipotenciales de los derivadores a nivel del suelo se realizarán mediante arquetas de registro de equipotencialidad de 0,30×0,30 (m).

SISTEMA INTERNO

Este sistema comprende los dispositivos que reducen los efectos eléctricos y magnéticos de la corriente de la descarga atmosférica dentro del espacio a proteger y que figuran tanto en planos como en medición.

Deberá unirse la estructura metálica del edificio, la instalación metálica, los elementos conductores externos, los circuitos eléctricos y de telecomunicación del espacio a proteger y el sistema externo de protección si lo hubiera, con conductores de equipotencialidad o protectores de sobretensiones a la red de tierra.

PUESTA A TIERRA

La red de tierra será la adecuada para dispersar en el terreno la corriente de las descargas atmosféricas. En nuestro se realizará una puesta a tierra y equipotencialidad mediante el método de profundidad, ejecutado con jabalinas o picas.

La red de tierra del pararrayos estará formada por tres picas de 2,00 m de longitud y 14 mm de diámetro, enterradas verticalmente, formando un triángulo equilátero de lado igual al doble de la longitud de las picas, es decir, separadas 4,00 m. Éstas se unirán entre sí mediante cable de cobre desnudo de 50 mm² de sección, enterrado en una zanja de 60 a 80 cm de profundidad. La introducción de las picas al terreno se ejecutará por hincado, tratando previamente el terreno con un aditivo de mejora de la conductividad.

Con el fin de asegurar una buena equipotencialidad y evitar saltos de chispas al paso del rayo, la red de tierra del pararrayos se conectará a la red de tierra del edificio mediante puente de comprobación dentro de una arqueta de registro, tal y como figura en planos.

1.5 Puesta a tierra

Se considera una resistencia óhmica del terreno de $500 \Omega \times m$.

El edificio objeto de este proyecto dispone de una red de puesta a tierra compuesta por un electrodo de Cu desnudo perimetral de 50 mm^2 de sección enterrado a 0,80 m de profundidad.

El valor de resistencia de puesta a tierra para la red perimetral de puesta a tierra se calcula, a continuación, por medio de la siguiente formulación:

$$R = \frac{2 \times R_o}{L}, \text{ donde:}$$

R_o = resistividad del terreno ($\Omega \times m$).

L = longitud del conductor (m).

Sustituyendo datos, tenemos:

$$R = \frac{2 \times R_o}{L} = \frac{2 \times 500}{160} \rightarrow R = 6,25 \Omega.$$

Valor de resistencia de puesta a tierra mucho menor de lo mínimo exigido para una puesta a tierra en edificios con pararrayos (15Ω).

1.6 Equipos de corrección de energía reactiva

Para el cálculo de los equipos de corrección de energía reactiva se empleará el método simplificado, por medio del cálculo por tabla (facilitada por el fabricante), para un $\cos\phi$ inicial de 0,75 y un $\cos\phi$ final de 0,96.

cos φ	cos φ a obtener			
	0,9	0,92	0,94	0,96
0,4				
0,45				
0,5				
0,55				
0,6				
0,65				
0,7				
0,75	0,398	0,453	0,519	0,591

Para el cuadro general del edificio se parte de una potencia instalada de 83,067 kW y una previsión de aire acondicionado hasta alcanzar los 200 kW.

- $P_{INST} = 200$ kW.
- $\cos\phi$ inicial = 0,75.
- $\cos\phi$ deseado = 0,96.

Consultando la tabla anterior, se obtiene un factor = 0,591. Multiplicando este factor por la potencia activa de la instalación (200 kW) se obtiene la potencia reactiva a instalar:

$$Q = 200 \times 0,591 = 118,20 \text{ kVAr.}$$

Para estas condiciones se conectará, en el cuadro general, un equipo de compensación con interruptor automático incorporado de 120 kVAr de potencia reactiva, formado por condensadores con filtros de rechazo, sintonizados a 215 Hz.

$$P = 120 \times 0,8 = 96 \text{ kW.}$$

La intensidad para los 96 kW es de 173,2 A y la intensidad de cálculo del cable será $1,5 \times 173,2 = 259,81$ A. Por lo tanto el cable de potencia será de Cu, XLPE3, 0,6/1 kV, con la siguiente configuración: $4 \times (1 \times 150) + 1 \times 150$ mm² y una intensidad admisible de 300 A.

Las Palmas de Gran Canaria, mayo de 2009

INGENIERO INDUSTRIAL

Agustín Juárez Navarro

Colegiado nº 713