



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

Curso Académico:

ÍNDICE

Memoria

Capítulo 1: introducción

1. Objetivo del proyecto.....	4
2. Alcance del proyecto.....	4
3. Justificación del proyecto	4
4. Descripción de la actividad.....	5
5. Emplazamiento.....	5

Capítulo 2: instalación eléctrica

1. Definición del suministro	6
2. Previsión de cargas.....	6
3. Instalación interior.....	9
3.1 Alumbrado.....	9
3.2 Diseño de líneas por criterio térmico.....	12
3.3 Diseño de líneas por máxima caída de tensión.....	14
3.4 Protecciones.....	18
3.4.1 Protección contra sobrecargas.....	18
3.4.2 Protección contra contactos directo e indirectos.....	26
3.4.3 Protección contra sobretensiones.....	29
3.5 Cableado y conductos.....	30
3.6 Cuadros de distribución.....	33
3.6.1 Cuadro general.....	33
3.6.2 Cuadro secundario 1.....	34
3.6.3 Cuadro secundario 2.....	35
3.6.4 Cuadro secundario 3.....	36
3.6.5 Cuadro secundario 4.....	36
3.6.6 Cuadro secundario 5.....	37
3.7 Puesta a tierra.....	37

Capítulo 3: bibliografía

1. Bibliografía.....	44
----------------------	----

Capítulo 4: conclusiones

1. Conclusiones.....	44
----------------------	----

PRESUPUESTO

1. Presupuesto.....	45
---------------------	----

PLANOS

1. Emplazamiento.....	50
2. Planta inferior.....	51
3. Planta superior.....	52
4. Esquema unifilar.....	53

ANEXO DE CÁLCULOS

1. Diseño completo de un circuito.....	54
2. Estudio iluminación con Dialux.....	65

Capítulo 1: Introducción

Objetivo del proyecto

La finalidad de este proyecto es definir el desarrollo del diseño de la instalación eléctrica de baja tensión de una nave industrial de dos plantas, dedicada a la fabricación de máquinas generadoras de hielo, basándose en las instrucciones técnicas de baja tensión.

Alcance del proyecto

El proyecto abarcará el diseño del cableado eléctrico de las líneas de alimentación, se realizará un estudio de la iluminación necesaria en cada sección de la nave, una vez calculado el cableado, se diseñaran los aparatos de protección necesarios para la seguridad de las personas y líneas en toda la instalación, así como el diseño de las puestas a tierra, diseño de conductores y conductos.

Justificación del proyecto

El propósito de nuestro proyecto es demostrar los conocimientos adquiridos durante los años de carrera y afianzar los conocimientos en la rama eléctrica, aplicándolos a un diseño completo y funcional de una industria.

Descripción de la actividad

La industria objeto del proyecto se dedica a la producción y venta de máquinas de generación de hielo, el proceso productivo comienza con la llegada del camión con las materias primas que son descargadas directamente en el almacén de entrada, a partir del almacén, se traslada la granza a las máquinas de inyección donde se realizan las piezas de plástico. Paralelamente el acero es llevado a la zona de fabricación donde se comienza la realización de las piezas necesarias, en la zona de fabricación se encuentra también la maquinaria para la realización de piezas especiales a través de los tornos y fresadoras. Una vez acabadas todas las partes necesarias para el montaje se pasa a la zona de montaje y taller electrónico donde se finaliza el montaje de la máquina añadiendo la parte electrónica.

Nuestra industria cuenta también con oficinas en el piso superior, exposición del producto para posibles compradores y almacén de repuestos.

Emplazamiento

En cuanto a la localización de la nave industrial se situará en Utiel, en el polígono de Nuevo Tollo fase 1, por sus buenas comunicaciones entre Valencia y Madrid por la autovía A-3 facilitando la circulación de mercancías y personal.

En la normativa del polígono encontramos los retranqueos y el porcentaje de ocupación ,3 metros de retranqueos laterales y traseros, 10 metros de retranqueo de fachada y un porcentaje de ocupación del 75% de la parcela.

La parcela donde se sitúa la nave es la 406, con una superficie de 2135,14m²

La superficie construida de nuestra parcela es de 1138,76 m², donde 912,84 m² corresponden a la planta baja y 225,92 m² a la planta superior.

Capítulo 2: Instalación eléctrica

Definición del suministro

La instalación eléctrica de baja tensión de nuestra nave industrial estará compuesta por los siguientes elementos enumerados a continuación.

Cuadro general

Cuadros secundarios

Circuitos de alumbrado

Circuitos de fuerza y tomas de corriente

La corriente eléctrica demandada por nuestra instalación deberá tener las siguientes características:

Será trifásica, con una frecuencia de 50Hz, tensión entre fases de 400 v y tensión entre fase y neutro de 230 v.

Se utilizará para el suministro de nuestra industria un centro de transformación de aceite de 400 KVA. Con línea de suministro que conecta el CT con el cuadro general de $2 \times (3 \times 150) + 150 \text{ mm}^2$ para evitar usar secciones superiores a 240 mm².

Previsión de cargas

Para el estudio de la previsión del consumo de las cargas de la nave industrial se ha tenido en cuenta tanto la potencia absorbida y el factor de utilización de cada circuito, así como el factor de simultaneidad de cada zona de la industria para obtener la potencia prevista con la que realizar el diseño de cada línea.

Se le aplicará un factor de utilización de 0,75 a los motores ya que rara vez trabajan a plena carga, a las cargas resistivas como los hornos y al alumbrado no se le ha aplicado ningún factor

de utilización, a las máquinas de inyección de plástico al tener parte de carga resistiva se le aplicará un factor de utilización de 0,8, por último en las tomas de corriente , se usarán del tipo de 16 A 2P+t .No se les ha aplicado ningún factor de utilización ya que se han tenido en cuenta los consumos previstos de cada una en su diseño, 700 W por cada toma de corriente en las líneas que alimentan oficinas o zona de montaje y para las tomas de la zona de producción o comedor 3450 W por cada 2 tomas de corriente .

En cuanto a los factores de simultaneidad se ha aplicado 0,7 al cuadro secundario 5 encargado de alimentar las máquinas inyectoras de plástico, para los demás cuadros secundarios se ha estimado un coeficiente de simultaneidad de 0,8.

Cuadro general	fs	fu	P.Prevista(w)
c.1 alumbrado alm. sal.	1	1	352
c.2 subcuadro 1	0,8	1	145146,92
c.3 subcuadro 2	0,8	1	47865,12
c.4 subcuadro 3	0,8	1	16195,09
c.5 subcuadro 4	0,8	1	9048,4
PLANTA BAJA (ZONA FABRICACIÓN)			
subcuadro 1	fs	fu	P.Prevista(w)
c.6 subcuadro 5	0,7	1	67640,44
c.7 soldadura	1	0,75	13721,59
c.8 pintura	1	0,75	6818,18
c.9 cizalla	1	0,75	6896,55
c.10 plegadora	1	0,75	10227,27
c.11 horno secado1	1	1	26000
c.12 horno secado2	1	1	26000
c.13 sierra1	1	0,75	1057,69
c.14 sierra2	1	0,75	1057,69
c.15 alumb fabricación1	1	1	1280
c.16 alumbrado almac	1	1	374
c.17 tomas fabricación	1	1	3450
PLANTA BAJA (ZONA FABRICACIÓN)			
subcuadro 2	fs	fu	P.Prevista(w)
c.18 fresadora cnc1	1	0,75	7848,84
c.19 fresadora cnc2	1	0,75	7848,84
c.20 torno cnc	1	0,75	19090,91
c.21 torno manual	1	0,75	5487,8
c.22 fresadora manual1	1	0,75	3750
c.23 fresadora manual2	1	0,75	3750
c.24 taladro1	1	0,75	2812,5
c.25 taladro2	1	0,75	2812,5

c.26 alum fab2	1	1	1280
c.27 alum fab3	1	1	910
c.28 alum montaje	1	1	1440
c.29 tomas montaje1	1	1	2800
PLANTA BAJA (ZONA OFICINAS)			
subcuadro 3	fs	fu	P.Prevista(w)
c.30 alumbrado	1	1	1251
c.31 montacargas	1	1	7142,86
c.32 tomas montaje2	1	1	2800
c.33 tomas montaje3	1	1	2800
c.34 tomas comedor	1	1	3450
c.35 tomas ingeniería	1	1	2800
PLANTA SUPERIOR (COMPLETA)			
subcuadro 4	fs	fu	P.Prevista(w)
c.36 tomas izquierda1	1	1	2800
c.37 tomas izquierda2	1	1	2800
c.38 tomas derecha	1	1	2800
c.39 alumb derecha	1	1	1256,5
c.40 alumb izquierda	1	1	1654
PLANTA BAJA (ZONA INYECCIÓN)			
subcuadro 5	fs	fu	P.Prevista(w)
c.41 inyectora1	1	0,8	21500
c.42 inyectora2	1	0,8	21500
c.43 inyectora3	1	0,8	21500
c.44 inyectora4	1	0,8	21500
c.45 tomas inyección	1	1	3450
c.46 alumbrado inyecc.	1	1	1440
			P.Prevista(w)
TOTAL			218607,53

Tabla resumen con las potencias previstas para cada circuito

Para las cargas que se alimentan de tensión monofásica a través de una de las fases y el conductor neutro, con objeto de no provocar desequilibrios en la red cargando una de las fases más que las demás, los circuitos monofásicos se instalarán alternando las fases de forma que en conjunto toda la potencia se reparta de manera que estén lo más equilibradas posibles.

Instalación interior

En lo referente a la instalación eléctrica, se diseñará de manera que se encuentre separada por sectores para evitar cortes generales que se produzcan por un fallo en un circuito y que puedan detener varias zonas de producción.

Para evitar el corte de corriente en amplias zonas de la industria, por un fallo en un circuito nuestra nave industrial, se diseñará con 5 cuadros secundarios situados en distintas zonas de la instalación eléctrica, el cuadro secundario 5 se situará en la zona de las inyectoras de plástico ,los cuadros secundarios 1 y 2, se ocuparán del suministro de la zona del almacén de entrada , la zona de fabricación y montaje electrónico , el cuadro secundario 3 se colocará en la zona de los despachos que se ocupará principalmente de iluminación y tomas de corriente de esa parte de la nave y por último el cuadro secundario 4 será el encargado de alimentar los consumos del piso superior.

Cada una de las líneas serán protegidas mediante las medidas necesarias basándose en las itc correspondientes ITC-BT-22 para la protección de líneas mediante dispositivos de protección contra sobrecorrientes, ITC-BT-23 para el diseño de las protecciones contra sobretensiones y ITC-BT-24 para el diseño de las protecciones contra contactos directos e indirectos.

Alumbrado

Para el cálculo de las luminarias necesarias en cada zona de nuestra nave industrial, se ha utilizado un programa de cálculo llamado Dialux, que permite importar los datos de las luminarias de los diferentes fabricantes para usarlas directamente en el programa, sin necesidad de incluir los datos de instalación o las características de la luminaria manualmente, este programa también permite generar distribuciones en campo y radiales facilitando así el cálculo de la iluminancia media en cada zona de la industria.

El alumbrado utilizado para nuestro proyecto es exclusivamente alumbrado del tipo LED ya que tiene bastantes aspectos positivos, en primer lugar, este tipo de alumbrado consume poca corriente, no emite calor al ambiente y se puede manipular si fuese necesario nada más desconectarlo ya que no se calienta, además es ecológico, no posee materiales contaminantes como el mercurio o el tungsteno, tiene una larga vida de uso y no requiere apenas mantenimiento.

A continuación, se exponen las distintas luminarias utilizadas concretando para que zonas se van a utilizar.



Las luminarias **LG H1657P901SA CE_LG LED Highbay Solaris 160W 5700K 90D** se utilizaran en las zonas de inyección de plástico, fabricación y montaje , donde se requieren unos requisitos de iluminancia media considerables y con unas superficies extensas.



Las luminarias **LG LGE-HB-70-40-P-BL UL_LG LED Highbay 70W 4000K (Pendant)** se utilizaran en las zonas de los despachos, oficinas y exposición donde también se exigen unos requisitos de iluminancia considerables, pero en superficies medianas.



Las luminarias **LG D2230RH818B_1 CE_LG LED Downlight VIC21 8inch 22W 3000K 80D Haze (UGR22)** se utilizarán en las zonas donde la iluminancia requerida es baja como es el caso de almacenes y pasillos con zonas de extensión considerable y también en zonas pequeñas.



Las luminarias **LG D1040RW6T3A CE_LG Essentials LED Downlight HAL Rep.9.5W 4000K 60D (Fixed)** se utilizarán principalmente en los baños y vestuarios donde los requerimientos de iluminancia son bajos y hay muchos espacios pequeños que iluminar.

Para las simulaciones de los locales generados en el Dialux se han tomado como coeficientes de reflexión 70% para el techo 50% para las paredes y un 20% para el suelo. En cuanto al factor de mantenimiento de las luminarias se ha tomado un factor de mantenimiento total de 0,8 considerando las salas limpias con mantenimiento anual.

Dependiendo de la actividad desarrollada, si son actividades de fabricación con detalles u otro tipo de actividades menos exigentes, se han considerado distintos valores de la iluminancia media necesaria, estos se han obtenido a través de los valores recomendados que propone la norma UNE 12464-1 en sus tablas, definiendo los requerimientos de la actividad con su iluminancia en servicio asociada.

Tomaremos para el cálculo de las zonas de almacenes y pasillos una iluminancia media de 100 lux, ya que son zonas sin actividad permanente. Para las zonas de oficinas, despachos y salas de reuniones al ser tareas de lectura y escritura se ha estimado un valor de 500 lux, igual que en la zona de inyección donde no se requiere un esfuerzo visual exigente. Para la amplia zona de fabricación se ha considerado una iluminancia media de 750 ya que se realizan tareas visuales difíciles. En las zonas de vestuarios, cuartos de baño y zonas de archivos se considerará una exigencia de 200 lux y por último en la zona de montaje y taller electrónico, donde se finalizan las piezas con detalles visuales exigentes, se exigirá una iluminancia media de 1000 lux.

Por último, hay que considerar el plano útil de trabajo a 0,85 metros donde se deberá asegurar los requisitos de iluminancia expuestos anteriormente.

Diseño de líneas por criterio térmico

El dimensionado de conductores por el criterio térmico se basa en la idea de que, en funcionamiento normal, el conductor no debe de superar una cierta temperatura.

La base de este criterio de dimensionado consiste en recurrir a condiciones normalizadas de instalación, para las cuales utilizando tablas recogidas en la norma UNE 20 460-5-523(2004) se obtiene la intensidad admisible en función de la sección, el tipo de conductor, el aislante del conductor y el método de instalación del cableado.

Para comenzar a aplicar el criterio térmico debemos obtener la intensidad de diseño de la línea, para ello primero obtendremos la intensidad nominal que circula, a través de las expresiones siguientes.

$$IN = \frac{\frac{P}{\eta}}{\cos\phi * U * \sqrt{3}} \quad \text{para líneas trifásicas}$$

$$IN = \frac{\frac{P}{\eta}}{\cos\phi * U} \quad \text{para líneas monofásicas}$$

Para las cargas que sean motores tal y como se contempla en la ITC-BT-47 ,la intensidad de diseño se calculará como 1,25 veces la intensidad de plena carga calculada anteriormente si solo hay un motor en la línea, si la línea contiene más de un motor se mayorará el motor de mayor potencia nominal y se sumara la intensidad a plena carga del resto.

Para cargas de alumbrado la ITC-BT-44 contempla una mayoración en el alumbrado de descarga, como nuestra instalación está constituida íntegramente por iluminación del tipo LED, no se le aplicará la mayoración, pero teniendo en cuenta que comparten con la iluminación de descarga que consumen corrientes distorsionadas se tendrá en cuenta a la hora de diseñar las líneas, no cargándolas al límite de la intensidad admisible que puede soportar la sección calculada.

Una vez calculada la intensidad de diseño IB de cada circuito, se tiene que tener en cuenta el método de instalación que se va a utilizar en cada caso.

Los circuitos los circuitos de alumbrado se instalarán en su totalidad en los vacíos de techos, método de instalación B, se utilizarán cables unipolares de aislamiento de PVC para la alimentación, utilizándose una fase y el neutro (monofásica).

En los circuitos de tomas de corriente se instalarán en su totalidad en conductos empotrados, método de instalación B, al igual que para el alumbrado se utilizarán cables unipolares de aislamiento de PVC para la alimentación utilizándose una fase y el neutro.

Para los circuitos situados en el centro de la nave c9,c10,c13,c14 donde el acceso del cableado a través de la pared o por el suelo no es posible por poder suponer un riesgo para la seguridad o entorpecer el movimiento de la maquinaria se utilizarán bandejas perforadas que discurrirán cercanas al techo y que llegarán a la maquinaria a través de un falso pilar de bajada de cableado, método de instalación E, para la alimentación se realizará con trifásica utilizando cable de aislamiento de PVC.

Para los circuitos situados en la pared opuesta a los cuadros de fabricación c21,c22,c23,c24,c25 , con el fin de no generar un agrupamiento excesivo haciéndolos llegar a través de la pared, se utilizarán bandejas perforadas para llegar hasta ellos, método de instalación E, utilizando falsos pilares para bajar hasta la maquinaria del mismo modo que los circuitos del centro de la nave, por último a la alimentación será trifásica a través de cables multiconductores de aislamiento de PVC.

para el circuito c31, se instalará empotrado en las paredes, método de instalación B, se alimentarán con corriente trifásica utilizando cables multiconductores de aislamiento de PVC.

Para las líneas de alimentación c4, c5 , se instalarán empotrados , método de instalación B, se alimentarán con corriente trifásica utilizando cables unipolares de aislamiento de PVC

En cuanto a las líneas de alimentación c2,c3,c6, se instalarán sobre bandejas perforadas, método de instalación F ya que su sección supera los 25 mm², con alimentación trifásica a través de cables multiconductores con aislamiento de PVC.

Para los circuitos cercanos a los cuadros secundarios de fabricación c7 ,c8, c11, c12, c18, c19 ,c20 y las líneas de inyección c41,c42,c43,c44 se instalarán fijados directamente sobre las paredes en tubos , método de instalación B, con alimentación trifásica a través de cables multiconductores con aislamiento de PVC.

Por último, la línea de distribución que une el centro de transformación con el cuadro general de protección, se instalará enterrada, método de instalación D, con alimentación trifásica a través de cables unipolares con aislamiento de XLPE.

Una vez definidos los métodos de instalación, se considerarán los factores de corrección que afectarán a cada tipo de circuito. Los factores a tener en cuenta son, factor de corrección por temperatura K_t , factor de corrección por agrupamiento de varios circuitos k_a y factor de corrección por resistividad del terreno k_r , que solo se tendrá en cuenta en el diseño de líneas enterradas cuando la resistividad del terreno sea distinta de 2,5 $\Omega\text{m/w}$.

En nuestra instalación se considerará una temperatura de 30 grados para los circuitos en contacto con el ambiente y para las instalaciones enterradas se considerará una temperatura del terreno de 20 grados para el cálculo del factor de corrección por temperatura.

Para el cálculo del factor de corrección por agrupamiento hay que considerar los circuitos que discurren por la misma canalización.

CIRCUITOS AGRUPADOS	
C9 , c10	c24 , c25
c11 , c12	c31 , c34
c13 , c14	c32 , c33
c15 , c16	c36 , c37
c18 , c19	c2 , c3
c21, c22 , c23	c41, c42,c43, c44

Cuadro resumen de los agrupamientos de circuitos en la instalación

Por último para la línea enterrada se considerará un factor por resistividad del terreno de 1.

Una vez tenidos en cuenta todos los factores de corrección de cada uno de los circuitos se calcula la intensidad "I1" aplicando la siguiente expresión:

$$I1=IB/K$$

Donde k es la multiplicación de todos los factores de corrección que tenga la línea en proceso de diseño.

Con la "I1" obtenida y sabiendo las características de la instalación se recurre a las tablas de intensidad admisible, donde seleccionando una intensidad normalizada "IT" superior a la intensidad "I1", se obtiene la sección de la línea.

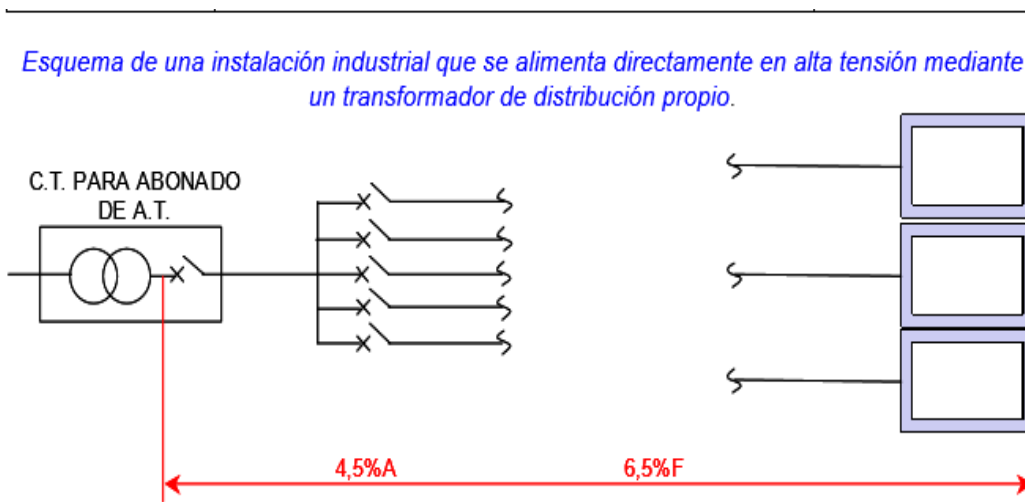
Para finalizar el diseño por criterio térmico, a modo de comprobación se debe multiplicar los factores de corrección por la intensidad normalizada "IT" para obtener la intensidad admisible "IZ" en condiciones de nuestra instalación, que siempre deberá ser mayor que la intensidad I1

Diseño de líneas por máxima caída de tensión

La caída de tensión en las líneas se produce cuando, por efecto de la impedancia de los conductores la tensión que llega a la carga no es la suministrada en el inicio.

Para el diseño del tendido eléctrico por el criterio de caída de tensión la primera cosa que se ha tenido en cuenta es el tipo de instalación que tenemos en nuestra industria, al superar un consumo de más de 50kw, en nuestro caso 218kw como se ha obtenido de la previsión de cargas, es necesario que el suministro se realice a través de un centro de transformación propio.

Se considerará como origen de la instalación la salida de baja tensión del transformador, admitiéndose una caída de tensión de 4,5% en circuitos cuyos receptores sean alumbrado y un 6% para circuitos de fuerza motriz u otros usos tal y como se muestra en el siguiente esquema extraído de la guía-BT-19.



Para iniciar el cálculo de la caída de tensión primero se han diseñado todas las líneas conforme al criterio térmico como se ha visto anteriormente y el diseño de la caída de tensión se hará comprobando si las secciones obtenidas en el criterio térmico cumplen los requisitos de caída de tensión impuestos por nuestro tipo de alimentación.

Para comenzar el diseño calculamos la caída de tensión absoluta producida en la línea

$$\Delta U_{mono} = 2 * (R \cos \varphi + X * \sin \varphi) * I_B \text{ para líneas monofásicas.}$$

$$\Delta U_{tri} = \sqrt{3} * (R \cos \varphi + X * \sin \varphi) * I_B \text{ para líneas trifásicas.}$$

“I” es la intensidad de diseño del receptor calculada mayorando, si es preciso, en base a las ITC-BT-44 e ITC-BT-47

“X” es la reactancia del cable que se puede calcular a través de la expresión:

$$X = x_u * L$$

“x_u” es la reactancia unitaria del cable que suele venir dada en ohm/km.

Para el cálculo de la caída de tensión de todas las líneas, se ha estimado una reactancia unitaria de $x_u=0,08$ ohm/km, en líneas de baja sección la reactancia del cable suele ser despreciable frente al valor de la resistencia, pero se ha tenido en cuenta indistintamente.

“R” es la resistencia de la línea que se puede calcular a través de la expresión:

$$R = \rho * L / s$$

Donde “s” es la sección, “L” la longitud de la línea y “ ρ ” la resistividad del conductor a la temperatura máxima de servicio que aguanta el conductor utilizado, puesto que cuanto mayor es la temperatura, más alta es la resistividad y por tanto mayor caída de tensión se producirá en la línea.

Una vez calculada la caída de tensión absoluta calculamos la caída relativa porcentual de nuestra línea a través de la expresión:

$$U(\%) = \Delta U * 100 / U$$

Donde U es 400 v para circuitos trifásicos y 230 para circuitos monofásicos.

Una vez obtenida la caída de tensión porcentual de la línea, debemos sumarle las caídas de tensión de las líneas que van desde el centro de transformación hasta la línea que estamos diseñando para obtener la caída de tensión porcentual total de todo el recorrido y saber si cumple con lo establecido para el suministro por centro de transformación propio.

A continuación, se muestra un cuadro con todas las secciones y longitud de las líneas, con la caída de tensión, la caída de tensión acumulada y el máximo de caída de tensión para el circuito al que se refiere.

Cuadro general	Longitud (m)	Seccion (mm2)	Cdt(%)	Cdt Acumulada (%)	Cdt permitida(%)
c.1 alumbrado alm salida	53	1,5	0,97	1,097	4,5
c.2 subcuadro 1	46	120	0,869	0,996	6
c.3 subcuadro 2	32	25	0,839	0,966	6
c.4 subcuadro 3	42	10	0,892	1,019	6
c.5 subcuadro 4	7	2,5	0,327	0,453	6
subcuadro 1					
c.6 subcuadro 5	28	35	0,738	1,734	6
c.7 soldadura	8	10	0,184	1,18	6
c.8 pintura	3	2,5	0,133	1,129	6
c.9 cizalla	19	2,5	0,85	1,846	6
c.10 plegadora	19	4	0,791	1,787	6
c.11 horno secado1	9	16	0,189	1,185	6
c.12 horno secado2	9	16	0,189	1,185	6
c.13 sierra1	26	1,5	0,297	1,293	6
c.14 sierra2	26	1,5	0,297	1,293	6
c.15 alumb fabricación1	28	1,5	1,864	2,86	4,5
c.16 alumbrado almacén	65	1,5	1,264	2,26	4,5
c.17 tomas fabricación	9	2,5	0,969	1,965	6
subcuadro 2					
c.18 fresadora cnc1	5	4	0,16	1,126	6
c.19 fresadora cnc2	5	4	0,16	1,126	6
c.20 torno cnc	3	16	0,06	1,026	6
c.21 torno manual	25	2,5	0,89	1,856	6
c.22 fresadora manual1	25	1,5	1,012	1,198	6
c.23 fresadora manual2	25	1,5	1,012	1,198	6
c.24 taladro1	26	1,5	0,789	1,755	6
c.25 taladro2	26	1,5	0,789	1,755	6
c.26 alum fab2	32	1,5	2,13	3,096	4,5
c.27 alum fab3	29	1,5	1,372	2,338	4,5
c.28 alum montaje	42	1,5	3,14	4,111	4,5
c.29 tomas montaje1	37	2,5	3,232	4,198	6
subcuadro 3					
c.30 alumbrado	76	2,5	2,966	3,985	4,5
c.31 montacargas	22	4	0,642	1,661	6
c.32 tomas montaje2	43	2,5	3,756	4,775	6
c.33 tomas montaje3	34	2,5	2,97	3,989	6
c.34 tomas comedor	26	2,5	2,798	3,818	6
c.35 tomas ingeniería	21	2,5	1,834	2,853	6
subcuadro 4					
c.36 tomas izquierda1	34	2,5	2,97	3,423	6
c.37 tomas izquierda2	45	2,5	3,931	4,384	6
c.38 tomas derecha	29	2,5	2,533	2,987	6
c.39 alumb derecha	60	1,5	3,92	4,373	4,5
c.40 alumb izquierda	48	2,5	2,477	2,93	4,5
subcuadro 5					
c.41 inyectora1	3	25	0,041	1,775	6
c.42 inyectora2	7	25	0,095	1,829	6
c.43 inyectora3	11	25	0,149	1,883	6
c.44 inyectora4	15	25	0,203	1,937	6
c.45 tomas inyección	8	2,5	0,861	2,595	6
c.46 alumbrado inyecc.	45	2,5	2,022	3,756	4,5
Derivación	10	150	0,127	0,127	6

Protecciones

Una vez diseñadas las líneas eléctricas, estas están preparadas para soportar las condiciones de utilización en funcionamiento normal, pero durante la utilización de cualquier instalación se suelen producir, de forma ocasional, averías o otras circunstancias que hacen que las corrientes y las tensiones en la instalación puedan aumentar y superar a lo que en el apartado de diseño se había considerado. Cuando se presentan estas situaciones, sobreintensidades o sobretensiones, es necesario que la instalación conste de algún tipo de protección para detectar la anomalía y actuar sobre ella para salvaguardar la integridad de la instalación. También se tratarán las medidas de protección que se deben de instalar, para asegurar seguridad de las personas que puedan estar en contacto de forma directa o indirecta con la instalación.

En los siguientes apartados se tratará el diseño de estas protecciones, así como las condiciones que se deben de cumplir en cada caso.

Protección frente a sobreintensidades

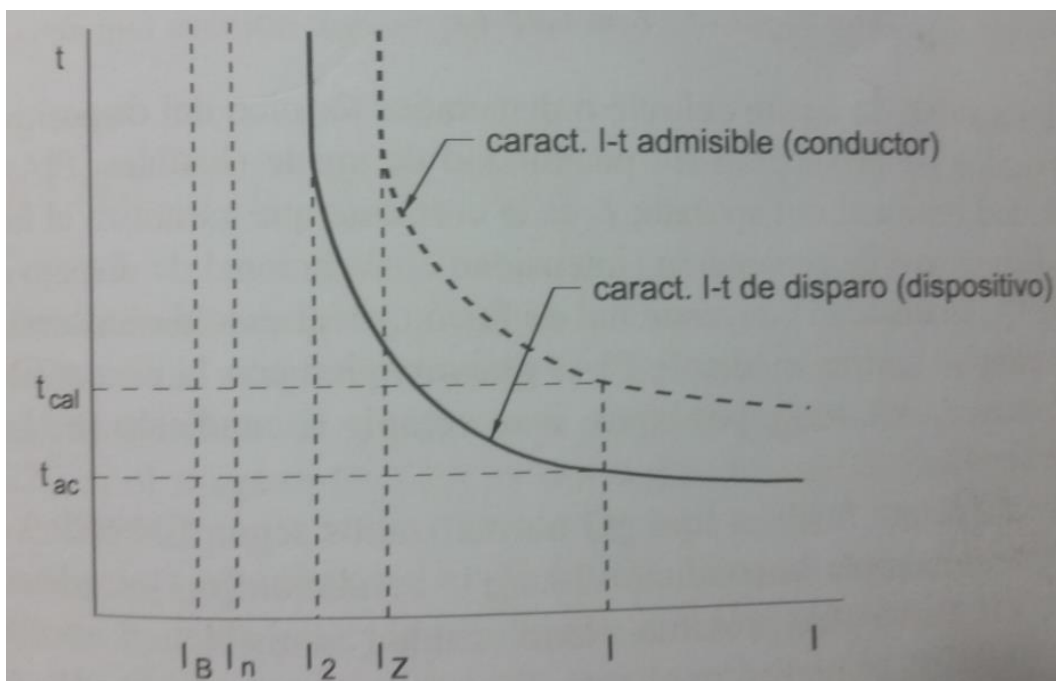
Para tratar el tema de sobreintensidades primero se debe diferenciar los distintos tipos que se pueden producir. Se hablará de sobrecarga cuando en la línea se produzca una sobreintensidad sin existir un fallo eléctrico, pueden producirse por transitorios esperados como en arranque de motores de inducción o por deterioro de la maquinaria y sobreutilización de las líneas. Se considerará cortocircuito cuando se produzca una sobreintensidad por un defecto de aislamiento de impedancia despreciable.

Para la protección frente a sobrecargas y cortocircuitos haremos uso de interruptores automáticos, ya que estos dispositivos pueden restablecer el suministro más rápido que si las líneas fueran protegidas por fusibles y por tanto, son más convenientes para nuestra instalación.

Protección frente a sobrecargas

Cuando en un circuito circula una corriente mayor a la admisible la temperatura del cable supera el valor de temperatura admisible, si esta situación se mantiene prolongadamente provoca una aceleración en el envejecimiento del cable y lo deteriora, pudiendo generar defectos de aislamiento causando cortocircuitos.

Para evitar esta situación el dispositivo utilizado para la protección de la línea debe actuar antes de que se alcance la temperatura máxima admisible del conductor.



Gráfica extraída del libro de tecnología eléctrica

Para tener la línea completamente protegida contra sobrecargas, el dispositivo de protección utilizado debe cumplir las siguientes 2 condiciones:

$$I_B \leq I_n \leq I_Z$$

Donde "I_B" es la intensidad de diseño de la línea, "I_n" es la intensidad nominal protección y "I_Z" es la intensidad máxima admisible de nuestro circuito.

$$I_2 \leq 1,45 \cdot I_Z$$

Donde "I₂" es la corriente que garantiza el funcionamiento del dispositivo.

En nuestro caso si la condición 1 se cumple podremos asegurar que la condición 2 también se cumplirá ya que para interruptores automáticos la corriente "I₂" tiene una intensidad convencional de disparo.

$$I_2=1,45 \cdot I_n$$

Por tanto, sólo pasaremos a comprobar si se cumple la condición primera.

En la siguiente tabla se muestra la intensidad nominal de la protección, para cada circuito de nuestra instalación.

Cuadro general	IN automático	Subcuadro 3	IN automático
c.1 alumbrado alm salida	10	c.30 alumbrado	10
c.2 subcuadro 1	250	c.31 montacargas	20
c.3 subcuadro 2	100	c.32 tomas montaje2	16
c.4 subcuadro 3	32	c.33 tomas montaje3	16
c.5 subcuadro 4	16	c.34 tomas comedor	16
Subcuadro 1		c.35 tomas ingeniería	16
c.6 subcuadro 5	125	Subcuadro 4	
c.7 soldadura	40	c.36 tomas izquierda1	16
c.8 pintura	16	c.37 tomas izquierda2	16
c.9 cizalla	16	c.38 tomas derecha	16
c.10 plegadora	25	c.39 alumb. derecha	10
c.11 horno secado1	40	c.40 alumb. izquierda	10
c.12 horno secado2	40	Subcuadro 5	
c.13 sierra1	10	c.41 inyectora1	50
c.14 sierra2	10	c.42 inyectora2	50
c.15 alumb. fabricación1	10	c.43 inyectora3	50
c.16 alumbrado almacén	10	c.44 inyectora4	50
c.17 tomas fabricación	16	c.45 tomas inyección	16
Subcuadro 2		c.46 alumbrado inyecc.	10
c.18 fresadora cnc1	20	Derivación	400
c.19 fresadora cnc2	20		
c.20 torno cnc	50		
c.21 torno manual	16		
c.22 fresadora manual1	10		
c.23 fresadora manual2	10		
c.24 taladro1	10		
c.25 taladro2	10		
c.26 alum fab2	10		
c.27 alum fab3	10		
c.28 alum montaje	10		
c.29 tomas montaje1	16		

Protección frente a cortocircuitos

Una vez aseguradas las líneas frente a las sobrecargas que puedan aparecer pasamos a asegurarlas frente a los cortocircuitos.

Los cortocircuitos pueden ser provocados por un fallo de aislamiento o defectos en la carga, que al darse lugar provocan corrientes extremadamente elevadas que provocan que los cables lleguen a la temperatura máxima admisible en milisegundos.

Para el diseño de nuestros interruptores automáticos contra las corrientes de cortocircuito que se puedan provocar en cualquier punto de la instalación, nuestros interruptores deben de cumplir varias condiciones.

Lo primero que debemos asegurar que cumplen nuestros interruptores automáticos es que sean capaces de cortar cualquier cortocircuito que se pueda provocar en la línea en la que están situados.

Comenzaremos calculando las impedancias de todas las líneas necesarias para el cálculo de todos los cortocircuitos que se puedan producir en cualquier punto de la instalación.

La primera impedancia a tener en cuenta viene dada por la red de media tensión, en nuestro caso al ser una red de distribución muy mallada la potencia de cortocircuito del transformador a la red de media es $S=500\text{MVA}$, al ser tan alta se considerará la impedancia de la red como despreciable, esta simplificación hace que los cortocircuitos que se calculen en la instalación sean ligeramente mayores a los que realmente se producen dando un margen de seguridad a los cálculos de las características necesarias de los interruptores automáticos que se diseñen.

Para el cálculo de la impedancia de cortocircuito del transformador debemos conocer los parámetros básicos del transformador, S_n , $ercc(\%)$, $excc(\%)$, teniendo todos los datos utilizamos las siguientes expresiones:

$$R_{cc} = \frac{ercc(\%) * U^2}{100 * S_n}$$

$$X_{cc} = \frac{excc(\%) * U^2}{100 * S_n}$$

$$Z_{cc} = \sqrt{R_{cc}^2 + X_{cc}^2}$$

Por último calculamos la impedancia de la línea, tomando como reactancia unitaria $X=0,08\text{ohm/km}$ y calculando la R de la línea a través de la fórmula utilizada en la caída de tensión, tenemos todos los datos para obtener la impedancia de las líneas.

Para el cálculo de la corriente de cortocircuito máxima se utilizará, la resistividad del conductor a baja temperatura ya que ,en baja temperatura la resistencia disminuye y por tanto el cortocircuito es mayor.

El cortocircuito que genera mayores corrientes es el cortocircuito trifásico. A través del circuito equivalente monofásico calcularemos, usando las impedancias necesarias dependiendo de donde esté situado el circuito, sabiendo que el cortocircuito máximo se produce al inicio de la línea y utilizando la formula siguiente obtenemos su valor máximo.

$$IK3 = \frac{400}{\sqrt{3} * \sum Z}$$

Con este valor debemos asegurar que el poder de corte (PDC) de nuestro dispositivo sea mayor que el cortocircuito máximo.

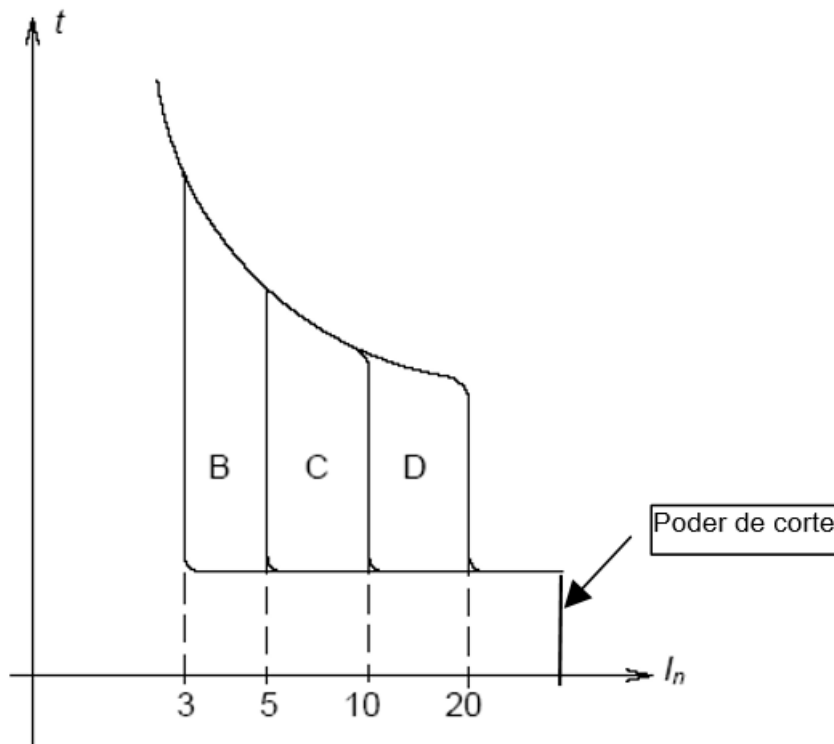
$$PDC_{automatico} > IK3$$

Para asegurar que el dispositivo sea capaz de cortar todas las corrientes de cortocircuito que se puedan producir en la línea protegida.

Otra condición que debe cumplir el interruptor automático es que debe ser capaz de activarse cuando en la línea se produzca el cortocircuito más pequeño que puede ocurrir y no detectarlo como una sobrecarga. Para ello debemos asegurar la siguiente condición.

$$ICC_{min} > I_a$$

Donde "I_a" es la corriente de activación del disparo electromagnético que depende del tipo de curva del automático.



Curvas de disparo de interruptores automáticos

Siguiendo lo expuesto en la GUIA-BT-22 usaremos automáticos de curva D $I_a=20 \cdot I_n$ para los circuitos de motores a causa del pico de corriente que producen en el arranque para dar más margen al disparo y curva C $I_a=10 \cdot I_n$ para el resto de circuitos incluyendo también las máquinas de inyección que aunque llevan motores parte importante del consumo es resistivo considerándose carga mixta.

Para el cálculo del cortocircuito mínimo se tendrán en cuenta varias consideraciones, primero todas las resistencias de las líneas se calcularán con usando la resistividad del conductor a su temperatura máxima de servicio ya con cuanto mayor sea la temperatura mayor es la resistencia y por tanto menor es el cortocircuito.

En segundo lugar, calcularemos el cortocircuito trifásico mínimo de la misma manera que anteriormente sabiendo que el mínimo se genera en el final de la línea. Una vez obtenido, hay que tener en cuenta que este cortocircuito nunca es el mínimo, dependiendo del tipo de circuito el cortocircuito mínimo puede ser el producido por un fallo fase-fase o el producido por un fallo fase-neutro.

En nuestro caso para las líneas que alimenten a motores en las que el neutro no va distribuido el cortocircuito mínimo que se puede producir se produce con el fallo fase-fase y se puede calcular a través de la siguiente expresión.

$$I_{ccmin}=0,866 \cdot I_k3$$

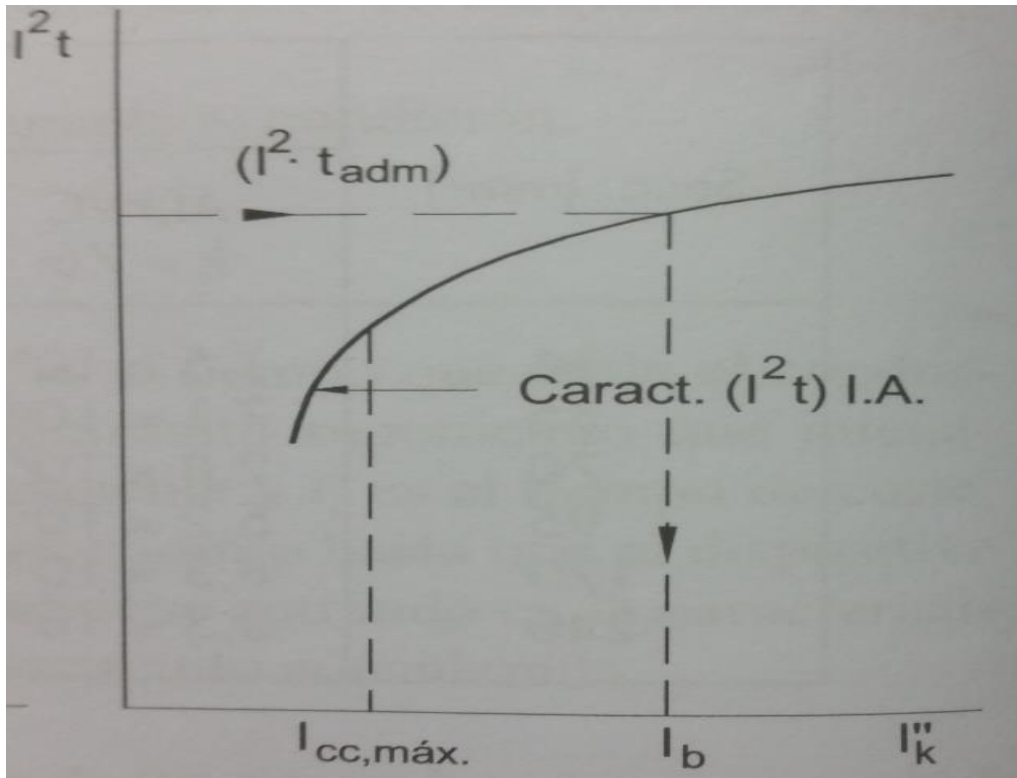
Para las líneas de alumbrado y tomas de corriente donde el neutro va distribuido y la sección del neutro no está reducida respecto de las fases, el cortocircuito mínimo se produce con un fallo fase-neutro el cual, se puede calcular con la siguiente expresión.

$$I_{ccmin}=0,5 \cdot I_k3$$

Para las líneas de distribución a los cuadros de mayor potencia prevista, donde la sección del neutro si esta reducida a la mitad, el fallo que produce el cortocircuito mínimo es el fase-neutro, pero al tener la sección del neutro reducida a la mitad, la expresión a utilizar es la siguiente.

$$I_{ccmin}=0,33 \cdot I_k3$$

Una vez cumplidas las condiciones anteriores podemos asegurar que el dispositivo utilizado es capaz de reconocer y cortar todos los cortocircuitos producidos en la línea, pero aún queda por comprobar si ,para el valor máximo de la corriente de cortocircuito ,la temperatura del cable no alcanza el valor máximo admisible, para ello hay que asegurar que el valor del (I^2t) admisible del cable sea capaz de resistir una corriente de cortocircuito mayor que la corriente de cortocircuito máxima de la línea, como se muestra en la siguiente gráfica.



Extraído del libro de tecnología eléctrica

Expresando la condición matemáticamente.

$$(I^2 * t)_{disp} \leq (I^2 * t)_{adm}$$

Para el cálculo de la característica $(I^2 * t)$ de las líneas se necesitará conocer la sección de la línea y el tipo de conductor con su aislamiento que la protege para utilizar la siguiente expresión.

$$(I^2 * t)_{adm} = (K * s)^2$$

Donde K para las líneas de cobre con PVC será 115 y para las líneas de cobre con XLPE 143.

Para el cálculo de la característica $(I^2 * t)_{disp}$, se utilizarán las curvas de características del automático seleccionado, buscando el valor de $(I^2 * t)$ que se produce con nuestro cortocircuito máximo.

Una vez comprobadas todas las condiciones expuestas anteriormente obtenemos los siguientes valores de característicos de cortocircuito de cada línea.

Cuadro general	I _{cc} max (KA)	I _{cc} min (KA)	$(KS)^2(A^2s)$
c.1 alumbrado alm salida	13,272	0,155	29756,25
c.2 subcuadro 1	13,272	2,914	190440000

c.3 subcuadro 2	13,272	1,74	8265625
c.4 subcuadro 3	13,272	1,106	1322500
c.5 subcuadro 4	13,272	1,531	82656,25
subcuadro 1			
c.6 subcuadro 5	9,251	1,786	16200625
c.7 soldadura	9,251	4,661	1322500
c.8 pintura	9,251	3,91	82656,25
c.9 cizalla	9,251	1,092	82656,25
c.10 plegadora	9,251	1,608	211600
c.11 horno secado1	9,251	3,037	3385600
c.12 horno secado2	9,251	3,037	3385600
c.13 sierra1	9,251	0,521	29756,25
c.14 sierra2	9,251	0,521	29756,25
c.15 alumb fabricación1	9,251	0,282	29756,25
c.16 alumbrado almacén	9,251	0,126	29756,25
c.17 tomas fabricación	9,251	1,163	82656,25
subcuadro 2			
c.18 fresadora cnc1	5,829	2,857	211600
c.19 fresadora cnc2	5,829	2,857	211600
c.20 torno cnc	5,829	4,16	3385600
c.21 torno manual	5,829	0,798	82656,25
c.22 fresadora manual1	5,829	0,515	29756,25
c.23 fresadora manual2	5,829	0,515	29756,25
c.24 taladro1	5,829	0,497	29756,25
c.25 taladro2	5,829	0,497	29756,25
c.26 alum fab2	5,829	0,24	29756,25
c.27 alum fab3	5,829	0,263	29756,25
c.28 alum montaje	5,829	0,187	29756,25
c.29 tomas montaje1	5,829	0,335	82656,25
subcuadro 3			
c.30 alumbrado	2,569	0,161	82656,25
c.31 montacargas	2,569	0,918	211600
c.32 tomas montaje2	2,569	0,259	82656,25
c.33 tomas montaje3	2,569	0,311	82656,25
c.34 tomas comedor	2,569	0,379	82656,25
c.35 tomas ingeniería	2,569	0,439	82656,25
subcuadro 4			
c.36 tomas izquierda1	3,516	0,333	82656,25

c.37 tomas izquierda2	3,516	0,264	82656,25
c.38 tomas derecha	3,516	0,378	82656,25
c.39 alumb derecha	3,516	0,129	29756,25
c.40 alumb izquierda	3,516	0,25	82656,25
subcuadro 5			
c.41 inyectora1	5,931	4,392	8265625
c.42 inyectora2	5,931	4,094	8265625
c.43 inyectora3	5,931	3,834	8265625
c.44 inyectora4	5,931	3,604	8265625
c.45 tomas inyección	5,931	1,1	82656,25
c.46 alumbrado inyecc.	5,931	0,281	82656,25
Derivación	14,4338	4,419	460102500

Se instalarán, interruptores automáticos con un poder de corte como mínimo de 6 kA

Protección frente a contactos directos e indirectos

La protección frente a contactos directos como indirectos tiene como objetivo proteger a las personas de cualquier daño que pueda producirse por interactuar con instalaciones eléctricas. Hay que diferenciar primero los dos tipos de contactos, los contactos directos se producen cuando una persona entra en contacto con una parte de la instalación, que en funcionamiento normal está bajo una tensión y los contactos indirectos se producen cuando una persona entra en contacto con una parte de la instalación que en funcionamiento normal no tiene tensión pero que por un fallo de aislamiento está bajo tensión.

Protección frente a contactos directos

Teniendo como base el REBT más concretamente la ITC-BT-24, todas las partes activas estarán recubiertas completamente de aislamiento que solo se pueda retirar destruyéndolo y que sea capaz de aguantar las condiciones de funcionamiento, tanto eléctricas térmicas mecánicas o químicas, que puedan producirse durante su uso.

Las partes activas como las tomas de corriente estarán instaladas tras barreras o en el interior de envolventes que solo se puedan eliminar con el uso de herramientas.

Tanto los circuitos que discurren por los vacíos de techos, los circuitos por bandejas , como los circuitos empotrados estarán protegidos por estar fuera del alcance y por interposición de obstáculos.

Con estas medidas conseguiremos la protección contra contactos directos que se puedan producir de manera accidental o intencionada.

Protección frente a contactos indirectos

Para la protección de nuestra instalación contra contactos involuntarios además de realizar un buen mantenimiento a la maquinaria para impedir que se produzcan fallos en el aislamiento, se dotará a la instalación de dispositivos de protección diferencial residual para en caso de provocarse un fallo en el aislamiento de alguno de los circuitos de la instalación, estos dispositivos corten la corriente de manera que ninguna persona pueda resultar perjudicada.

Para comenzar el diseño de los interruptores diferenciales primero debemos fijar un orden de magnitud para las sensibilidades de los diferenciales, en nuestro caso para la protección de una nave industrial se utilizará como valor mínimo de sensibilidad 100 mA, únicamente para el cuadro de inyección para que, a la hora de ajustarlo en cascada no tener que recurrir a diferenciales de corriente diferencial muy alta. Para el resto de protecciones mínimo 300mA, ya que si se escogieran sensibilidades más pequeñas se podrían producir disparos de los diferenciales innecesarios (intempestivos) que causaran desconexiones de la maquinaria.

En nuestro caso, usando un esquema de instalación TT, la corriente diferencial nominal (IAN) seleccionada para nuestros diferenciales debe cumplir la siguiente expresión extraída de la ITC-BT-24

$$IAN * RA \leq UI$$

Donde Ra es la resistencia de la puesta a tierra de las masas de baja tensión y UI es la tensión límite convencional a la que pueden estar las masas de nuestra instalación, en nuestro caso por ser un local seco el valor de nuestra tensión límite convencional es de 50 V.

Al tener una toma de tierra de las masas de baja tensión con una resistencia bastante baja, Ra=6,05ohm, realizada entre otras cosas para tener un margen de seguridad ante las posibles variaciones que se puedan producir a la hora de instalarla en el terreno y para reducir la tensión que se puede producir en las masas cuando aparece un defecto, podríamos usar calibres de hasta unos 8 amperios de sensibilidad y se seguiría cumpliendo el requisito de la tensión límite convencional por tanto no habrá problemas con los calibres seleccionados a continuación.

En nuestra instalación utilizaremos un interruptor diferencial para la protección de cada cuadro secundario existente en nuestra instalación y un interruptor diferencial general que se encargará de proteger a toda la instalación. Para llevarlo a cabo se diseñarán los interruptores con selectividad entre ellos, es decir, la corriente diferencial nominal de no actuación del interruptor de aguas arriba debe ser superior a la corriente diferencial nominal de actuación del dispositivo aguas abajo.

$$IAN2 < \frac{IAN1}{2} = IANF1$$

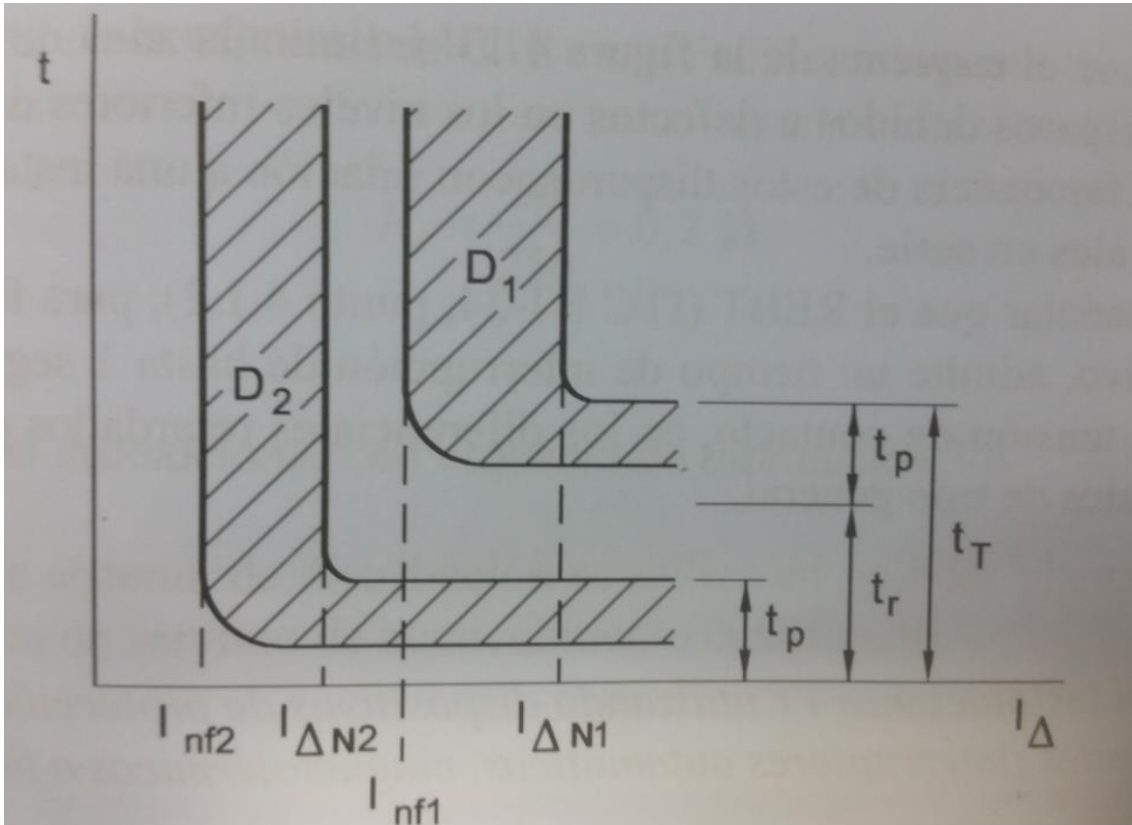


Gráfico resumen de la selectividad en diferenciales

Además, los interruptores diferenciales aguas arriba de otro diferencial, deben estar retardados con respecto a los situados bajo ellos, para dejarlos actuar antes y que el corte de corriente sea del menor número de circuitos posibles.

Estarán retardados los diferenciales situados en el cuadro general y en el cuadro secundario 1, que alimenta al cuadro secundario 5. Se usarán para ello diferenciales del tipo S con un tiempo de retardo de 0,5 s y 0,1 s respectivamente.

Las intensidades diferenciales nominales resultantes del diseño en cascada, son las expresadas en la siguiente tabla.

	SENSIBILIDADES(mA)
CUADRO SECUNDARIO 1	300
CUADRO SECUNDARIO 2	300
CUADRO SECUNDARIO 3	300
CUADRO SECUNDARIO 4	300
CUADRO SECUNDARIO 5	100
CUADRO GENERAL	1000

Como nota final, todos los diferenciales deberán ser capaces de soportar la corriente que los atraviesa en funcionamiento normal, por tanto, habrá que escoger los dispositivos con una corriente nominal mayor que la corriente de paso en condiciones normales.

Protección contra sobretensiones

Para la protección completa de nuestra instalación, debemos considerar la protección de nuestra instalación contra sobretensiones transitorias y temporales. Para la protección contra la caída del rayo ,se conectarán varios puntos de la estructura metálica de la nave a la puesta a tierra de las masas de baja tensión.

Para la protección contra sobretensiones transitorias primero debemos saber si es necesario instalar algún tipo de protección. Tomando en consideración las recomendaciones de instalación, recogidas en la GUIA-BT-23, se considera recomendable instalar este tipo de protección para nuestra nave industrial, ya que nuestra industria está situada en una zona con más de 20 días de tormenta al año y además puede considerarse recomendable para proteger los equipos informáticos.

Colocaremos un solo dispositivo de protección contra sobretensiones transitorias, situado en el inicio de la instalación entre el interruptor automático y el dispositivo diferencial, considerándose de tipo 2.

Las características de este dispositivo de protección serán las siguientes. El nivel de protección (Up), considerado será menor de 2,5 KV ya que se utilizará para proteger a equipos con categoría de sobretensión II, la tensión máxima de servicio permanente será considerada un 10% superior a la nominal y se seleccionará un dispositivo de corriente nominal de descarga mayor de 5 KA. Por último, para acabar con el diseño de la protección contra sobretensiones transitorias, se diseñará el conductor a tierra que une el dispositivo con la instalación a tierra con una sección de 4 mm².

Para la protección de sobretensiones temporales, provocadas por sucesos difíciles de predecir como roturas, desconexión del neutro o fallos en la red, se instalará el dispositivo adecuado, asociado a nuestro interruptor automático general, que será el encargado de cortar el suministro cuando se produzca la sobretensión.



Imagen de dispositivo permanente asociado con un automático

Mediante la instalación de estas medidas se mantendrá protegida la instalación contra las sobretensiones.

Cableado y conductos

Tipos de cables

En nuestra instalación utilizaremos 3 tipos diferentes de cables.

Para los circuitos de maquinaria que se instalen fijados en las paredes o por bandejas para cumplir el requisito exigido en la ITC-BT-20 de tensión asignada de 0,6/1 KV , se instalará el tipo de cable VV-K de conductores de cobre, con aislamiento de PVC , se trata de un cable muy flexible, no propagador de llama con una reducida emisión de halógenos y con una tensión de ensayo de 3500V.

En los circuitos de alumbrado, de tomas de corriente y líneas empotradas, se utilizará el cable H07V-K, de conductores de cobre, con una tensión asignada de 450/750 V, con aislamiento de

PVC, no propagador de llama con una reducida emisión de halógenos y con una tensión de ensayo de 2500 V.

Por último para la línea de distribución enterrada se utilizará el cable RV-K, de conductores de cobre, con una tensión asignada de 0,6/1 KV, con aislamiento de XLPE , no propagador de llama, resistente a las condiciones ambientales y con una tensión de ensayo de 3500 V.

Todos los conductores de los circuitos deben estar debidamente señalizados para ser reconocidos con facilidad, especialmente el conductor neutro y de protección. Se utilizarán los colores marrón, negro y gris para la identificación de las fases. En los circuitos con neutro distribuido, este será identificado con el color azul y por último se identificará el conductor de protección con el color verde-amarillo.

En lo referente al diseño del neutro, se reducirá únicamente en las líneas trifásicas de distribución de los cuadros.

Conductos

Con el fin de proteger a los conductores de nuestra instalación y siguiendo lo especificado en la GUIA-BT-21, se diseñarán conductos de protección para los tipos de instalación que se han usado.

El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo líneas verticales y horizontales o paralelas a las aristas de las paredes. Las canalizaciones estarán dispuestas de manera que se facilite la maniobra, inspección y acceso a sus conexiones.

Para la canalización enterrada, se utilizarán tubos enterrados a 0,6 metros del nivel del terreno, dejando un recubrimiento superior de 0,06 metros y uno inferior de 0,03 metros, estas canalizaciones deben tener especial resistencia contra la penetración del agua y de objetos solidos, código 3 y 4 respectivamente.

Para las canalizaciones fijas en superficie se utilizarán tubos rígidos, sujetos a la pared, a través de abrazaderas. Deben tener una resistencia a la compresión fuerte ,código 4, una resistencia al impacto media, código 3, y un grado de resistencia al curvado de rígido correspondiente al código 1.

Para las canalizaciones en los vacíos de techos y empotradas, se instalarán en tubos flexibles con resistencia a la compresión y al impacto ligera, código 2, deben resistir la penetración de objetos solidos de diámetro 1 mm o mayores y una resistencia al curvado de código 3 seleccionada para poder instalar las canalizaciones con mayor facilidad, especialmente para las conducciones del alumbrado.

Por ultimo para los cables que discurren en bandeja no será necesario la instalación de tubos, pero se requerirá una tensión asignada en los cables de 0,6/1KV y se deberán usar conductores aislados bajo cubierta.

A continuación, se muestra el diámetro escogido para los tubos ,en función de cómo se instalará el circuito al que protegen y la sección de los conductores.

	Sección(mm2)	Diámetro del tubo (mm)
c.1 alumbrado alm salida	1,5	12
c.2 subcuadro 1	120	no necesario
c.3 subcuadro 2	25	no necesario
c.4 subcuadro 3	10	25
c.5 subcuadro 4	2,5	16
c.6 subcuadro 5	35	no necesario
c.7 soldadura	10	25
c.8 pintura	2,5	16
c.9 cizalla	2,5	no necesario
c.10 plegadora	4	no necesario
c.11 horno secado1	16	40
c.12 horno secado2	16	40
c.13 sierra1	1,5	no necesario
c.14 sierra2	1,5	no necesario
c.15 alumb fabricación1	1,5	16
c.16 alumbrado almacén	1,5	16
c.17 tomas fabricación	2,5	16
c.18 fresadora cnc1	4	25
c.19 fresadora cnc2	4	25
c.20 torno cnc	16	32
c.21 torno manual	2,5	no necesario
c.22 fresadora manual1	1,5	no necesario
c.23 fresadora manual2	1,5	no necesario
c.24 taladro1	1,5	no necesario
c.25 taladro2	1,5	no necesario
c.26 alum fab2	1,5	12
c.27 alum fab3	1,5	12
c.28 alum montaje	1,5	12
c.29 tomas montaje1	2,5	16
c.30 alumbrado	2,5	12
c.31 montacargas	4	25

c.32 tomas montaje2	2,5	20
c.33 tomas montaje3	2,5	20
c.34 tomas comedor	2,5	25
c.35 tomas ingeniería	2,5	16
c.36 tomas izquierda1	2,5	no necesario
c.37 tomas izquierda2	2,5	no necesario
c.38 tomas derecha	2,5	no necesario
c.39 alumb derecha	1,5	12
c.40 alumb izquierda	2,5	12
c.41 inyectora1	25	63
c.42 inyectora2	25	63
c.43 inyectora3	25	63
c.44 inyectora4	25	63
c.45 tomas inyección	2,5	16
c.46 alumbrado inyecc.	2,5	12
Derivación	150	180

Cuadros de distribución

Una vez obtenidas todas las protecciones, pasaremos a determinar los módulos necesarios de cada cuadro de nuestra instalación, dejando los módulos extra que puedan quedar libres para cubrir una posible expansión futura.

Cuadro general

Contiene los dispositivos generales de control, con una potencia prevista de 218607,5 W y una corriente nominal de 350,59 A. se utilizará un armario empotrable de 54 módulos.

Con objetivo de cortar todas las corrientes de cortocircuito posibles, nuestros interruptores automáticos tendrán un poder de corte mínimo de 15 KA.

Los dispositivos instalados en este cuadro son los siguientes:

Un interruptor general automático tetrapolar(4P) de 400 A, que protegerá toda la instalación y llevará asociada la protección contra sobretensiones temporales.

Un interruptor general diferencial tetrapolar(4P) de tipo S de 400 A, con una sensibilidad de corriente residual de 1000 mA y un tiempo de retardo de 0,5 s, que protegerá la instalación completa contra contactos indirectos

Un interruptor automático bipolar(2P) de 10 A, que protegerá el circuito c1.

Un interruptor automático tetrapolar (4P) de 250 A, que protegerá el circuito c2 de alimentación del cuadro secundario.

Un interruptor automático tetrapolar (4P) de 100 A ,que protegerá el circuito c3 de alimentación del cuadro secundario.

Un interruptor automático tetrapolar (4P) de 32 A ,que protegerá el circuito c4 de alimentación del cuadro secundario.

Un interruptor automático tetrapolar (4P) de 16 A , que protegerá el circuito c5 de alimentación del cuadro secundario.

Un interruptor diferencial tetrapolar(4P) de tipo S de 250 A, con una sensibilidad de corriente residual de 300 mA y un tiempo de retardo de 0,1 s , que protegerá los circuitos desde el c6 al c17.

Un interruptor diferencial tetrapolar(4P) de 100 A , con una sensibilidad de corriente residual de 300 mA , que protegerá los circuitos desde el c18 al c29.

Un interruptor diferencial tetrapolar(4P) de 32 A, con una sensibilidad de corriente residual de 300 mA , que protegerá los circuitos desde el c30 al c35.

Un interruptor diferencial tetrapolar(4P) de 16 A, con una sensibilidad de corriente residual de 300 mA , que protegerá los circuitos desde el c36 al c40.

Un limitador de sobretensiones transitorias tetrapolar(4P) de 20 KA

Tres bobinas MZ212, contra sobretensiones permanentes(1P) acopladas a nuestro interruptor general automático.

Cuadro secundario 1

Se encargará del suministro de la primera zona de fabricación y el almacén de entrada, con una potencia prevista de 145146,9 W y una corriente nominal de 230,22 A. Se utilizará un armario empotrable de 40 módulos.

Todos los interruptores automáticos de este cuadro tendrán un poder de corte mínimo de 10 KA.

Los dispositivos instalados en este cuadro son los siguientes:

Un interruptor automático tetrapolar (4P) de 125 A, que protegerá el circuito c6.

Un interruptor automático tripolar(3P) de 40 A, que protegerá el circuito c7.

Un interruptor automático tripolar(3P) de 16 A, que protegerá el circuito c8.

Un interruptor automático tripolar(3P) de 16 A, que protegerá el circuito c9.

Un interruptor automático tripolar(3P) de 25 A, que protegerá el circuito c10.

Un interruptor automático tetrapolar(4P) de 40 A, que protegerá el circuito c11.

Un interruptor automático tetrapolar(4P) de 40 A, que protegerá el circuito c12.

Un interruptor automático tripolar(3P) de 10 A, que protegerá el circuito c13.

Un interruptor automático tripolar(3P) de 10 A, que protegerá el circuito c14.

Un interruptor automático bipolar(2P) de 10 A, que protegerá el circuito c15.

Un interruptor automático bipolar(2P) de 10 A, que protegerá el circuito c16.

Un interruptor automático bipolar(2P) de 16 A, que protegerá el circuito c17.

Un interruptor diferencial tetrapolar(4P) de 125 A, con una sensibilidad de corriente residual de 100 mA, que protegerá los circuitos desde c41 hasta c46.

Cuadro secundario 2

se encargará del suministro de la segunda zona de fabricación y de parte de la zona de montaje, con una potencia prevista de 47865,12 W y una corriente nominal de 82,25 A. Se utilizará un armario empotrable de 36 módulos.

Todos los interruptores automáticos localizados en este cuadro tendrán un poder de corte mínimo de 6 KA.

Los dispositivos instalados en este cuadro son los siguientes:

Un interruptor automático tripolar(3P) de 20 A, que protegerá el circuito c18.

Un interruptor automático tripolar(3P) de 20 A, que protegerá el circuito c19.

Un interruptor automático tripolar(3P) de 50 A, que protegerá el circuito c20.

Un interruptor automático tripolar(3P) de 16 A, que protegerá el circuito c21.

Un interruptor automático tripolar(3P) de 10 A, que protegerá el circuito c22.

Un interruptor automático tripolar(3P) de 10 A, que protegerá el circuito c23.

Un interruptor automático tripolar(3P) de 10 A, que protegerá el circuito c24.

Un interruptor automático tripolar(3P) de 10 A, que protegerá el circuito c25.

Un interruptor automático bipolar(2P) de 10 A, que protegerá el circuito c26.

Un interruptor automático bipolar(2P) de 10 A, que protegerá el circuito c27.

Un interruptor automático bipolar(2P) de 10 A, que protegerá el circuito c28.

Un interruptor automático bipolar(2P) de 16 A, que protegerá el circuito c29.

Cuadro secundario 3

Se encargará del suministro de parte de las tomas de corriente y de los circuitos de oficinas, vestuarios, comedor y del montacargas, con una potencia prevista de 16195,09 W y una corriente nominal de 25,69 A. Se utilizará un armario empotrable de 13 módulos.

Todos los interruptores automáticos de este cuadro tienen un poder de corte mínimo de 6 KA

Los dispositivos instalados en este cuadro son los siguientes:

Un interruptor automático bipolar(2P) de 10 A, que protegerá el circuito c30.

Un interruptor automático tripolar(3P) de 20 A, que protegerá el circuito c31.

Un interruptor automático bipolar(2P) de 10 A, que protegerá el circuito c32.

Un interruptor automático bipolar(2P) de 10 A, que protegerá el circuito c33.

Un interruptor automático bipolar(2P) de 10 A, que protegerá el circuito c34.

Un interruptor automático bipolar(2P) de 16 A, que protegerá el circuito c35.

Cuadro secundario 4

Se encargará del suministro completo de la planta superior, con una potencia prevista de 9048,4 W y una corriente nominal de 13,06 A. Se utilizará un armario empotrable de 10 módulos.

Todos los interruptores automáticos de este cuadro tendrán un poder de corte mínimo de 6 KA.

Los dispositivos instalados en este cuadro son los siguientes:

Un interruptor automático bipolar(2P) de 16 A, que protegerá el circuito c36.

Un interruptor automático bipolar(2P) de 16 A, que protegerá el circuito c37.

Un interruptor automático bipolar(2P) de 16 A, que protegerá el circuito c38.

Un interruptor automático bipolar(2P) de 10 A, que protegerá el circuito c39.

Un interruptor automático bipolar(2P) de 10 A, que protegerá el circuito c40.

Cuadro secundario 5

Se encargará del suministro completo de la zona de inyección, con una potencia prevista de 67640,44 W y una corriente nominal de 106,12 A. Se utilizará un armario empotrable de 24 módulos.

Todos los interruptores automáticos de este cuadro tendrán un poder de corte mínimo de 6 KA.

Los dispositivos instalados en este cuadro son los siguientes:

Un interruptor automático tripolar(3P) de 50 A, que protegerá el circuito c41.

Un interruptor automático tripolar(3P) de 50 A, que protegerá el circuito c42.

Un interruptor automático tripolar(3P) de 50 A, que protegerá el circuito c43.

Un interruptor automático tripolar(3P) de 50 A, que protegerá el circuito c44.

Un interruptor automático bipolar(2P) de 16 A, que protegerá el circuito c45.

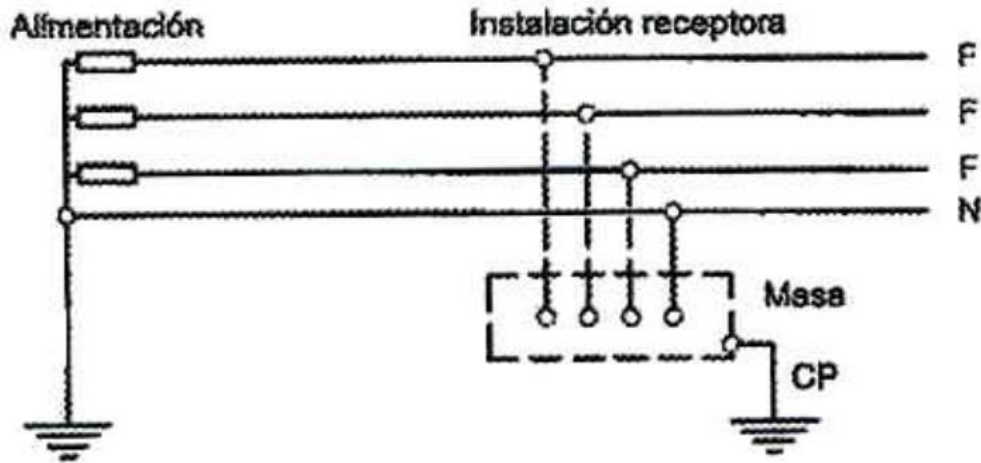
Un interruptor automático bipolar(2P) de 10 A, que protegerá el circuito c46.

Instalación de Puesta a tierra

Puesta a tierra

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

Para la puesta a tierra de nuestra nave industrial utilizaremos un esquema TT de los mencionados en la ITC-BT-08, en la que se conectará la instalación a tierra en tres puntos, puesta a tierra de las masas de baja tensión (Ra), puesta a tierra del neutro del transformador(Rb), puesta a tierra de las masas del centro de transformación (Rt)



Esquema de la puesta a tierra de distribución TT

El cálculo de la puesta a tierra se realizará acorde con lo dispuesto en la ITC-BT-18 del reglamento de baja tensión.

Analizando el terreno donde se sitúa nuestra nave industrial en utiel sabemos que se encuentra en una zona donde predominan las margas y calizas arcillosas estimando una resistividad del terreno de $\rho=300 \Omega\text{m}$.

Diseño de la puesta a tierra de las masas de baja tensión

El circuito de puesta a tierra deberá formar una línea eléctricamente continua, desde cada masa hasta los electrodos, no admitiendo intercalar en serie ni masas ni elementos metálicos, además en el circuito de puesta a tierra no se instalará ningún elemento de corte.

Los componentes de la instalación de puesta a tierra, en especial los electrodos y conductor de tierra estarán protegidos contra deterioros de origen mecánico, químico corrosivo o de cualquier otro tipo de factor externo.

La profundidad de la toma de tierra será de 0,8 m para minimizar los efectos climáticos que puedan causar un cambio en la resistencia de puesta a tierra.

En cuanto al tipo de electrodo utilizado, se utilizará un conductor enterrado horizontalmente cuya expresión es:

$$R_a = 2 \rho / L$$

La longitud del conductor corresponde al perímetro de la mitad de la nave desde la entrada de los camiones hasta el final de la sala de inyección en total una longitud de $L = 99,2 \text{ m}$

Con todos los datos se obtiene una resistencia de $R_a = 6,05 \text{ ohmios}$.

Por último, diseñaremos el conductor a tierra con cobre desnudo con 35 mm^2 de sección.

Diseño de los conductores de protección

Para el diseño de los conductores de protección de las masas de la instalación se seguirá el criterio establecido en la ITC-BT-18

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

Si aplicando la tabla anterior se consigue una sección no normalizada, se utilizará la sección normalizada inmediatamente superior.

	sección fase(mm2)	S protección (mm2)
c.1 alumbrado alm salid	1,5	1,5
c.2 subcuadro 1	120	70
c.3 subcuadro 2	25	16
c.4 subcuadro 3	10	10
c.5 subcuadro 4	2,5	2,5
c.6 subcuadro 5	35	16
c.7 soldadura	10	10
c.8 pintura	2,5	2,5
c.9 cizalla	2,5	2,5
c.10 plegadora	4	4
c.11 horno secado1	16	16
c.12 horno secado2	16	16
c.13 sierra1	1,5	1,5
c.14 sierra2	1,5	1,5
c.15 alumb fabricación1	1,5	1,5
c.16 alumbrado almacén	1,5	1,5
c.17 tomas fabricación	2,5	2,5
c.18 fresadora cnc1	4	4

c.19 fresadora cnc2	4	4
c.20 torno cnc	16	16
c.21 torno manual	2,5	1,5
c.22 fresadora manual1	1,5	1,5
c.23 fresadora manual2	1,5	1,5
c.24 taladro1	1,5	1,5
c.25 taladro2	1,5	1,5
c.26 alum fab2	1,5	1,5
c.27 alum fab3	1,5	1,5
c.28 alum montaje	1,5	1,5
c.29 tomas montaje1	2,5	2,5
c.30 alumbrado	2,5	2,5
c.31 montacargas	4	4
c.32 tomas montaje2	2,5	2,5
c.33 tomas montaje3	2,5	2,5
c.34 tomas comedor	2,5	2,5
c.35 tomas ingeniería	2,5	2,5
c.36 tomas izquierda1	2,5	2,5
c.37 tomas izquierda2	2,5	2,5
c.38 tomas derecha	2,5	2,5
c.39 alumb. derecha	1,5	1,5
c.40 alumb. izquierda	2,5	2,5
c.41 inyectora1	25	16
c.42 inyectora2	25	16
c.43 inyectora3	25	16
c.44 inyectora4	25	16
c.45 tomas inyección	2,5	2,5
c.46 alumbrado inyecc.	2,5	2,5

Los conductores de protección se situarán en la misma canalización que los conductores activos del circuito que protegen. En los circuitos con cable multiconductor el conductor de protección será uno de los conductores del cable, mientras que en circuitos unipolares será un conductor aislado.

Diseño de la puesta a tierra del neutro del transformador

UNESA prescribe que el conductor de conexión entre el neutro del transformador y los electrodos sea de cable aislado de 0,6/1kv para evitar que los defectos en media tensión se transfieran a la toma de tierra del neutro y que además estará protegido por un tubo aislante con grado de protección 7.

Para el diseño de la puesta a tierra del neutro del transformador se utilizará el electrodo tipo de pica vertical cuya expresión de resistencia a tierra es:

$$R_b = \rho / L$$

La resistencia de puesta a tierra tiene que dimensionarse con un valor bajo , para que ante una corriente de defecto se garantice la actuación de las protecciones contra contactos indirectos, para instalaciones con distribución de puesta a tierra TT , se considera un valor aceptable si:

$$R_b < 30 \text{ ohmios}$$

Con todo lo expuesto anteriormente la puesta a tierra de nuestro neutro del transformador se diseñará con una longitud de pica de $L=12$ m obteniéndose un valor de resistencia de $R_b=25$ ohmios.

Diseño de la puesta a tierra de las masas del centro de transformación

Para el diseño del electrodo de la puesta a tierra de las masas del centro de transformación se utilizará un electrodo tipo siguiendo la recomendación UNESA.

Se utilizará un electrodo en forma de anillo rectangular de 4x3 metros con una sección del conductor de 50 mm² y un diámetro de las picas de 14 mm . La configuración utilizada serán 4 picas situadas en los extremos del anillo rectangular, enterradas a 0,8 metros de profundidad, para mitigar los efectos del clima en la resistencia de la puesta a tierra, con una longitud de pica de 6 metros.

En estas configuraciones de electrodos tipo la resistencia de la puesta a tierra se obtiene a través de la expresión:

$$R_t = k_r * \rho$$

Donde k_r representa el factor que conforma nuestra resistencia en función de la longitud de la pica, la profundidad de enterramiento , la disposición y varias consideraciones más.

Independencia de las puestas a tierra

El REBT en la ITC-BT-18 considera que una toma a tierra A es independiente respecto de otra B, si los electrodos de A no alcanzan respecto de un punto de potencial cero una tensión superior a 50 V.

Para el diseño de las tomas de tierra de nuestra planta industrial, la cuestión fundamental es limitar las tensiones transferidas desde la toma de tierra de las masas del centro de transformación, producidas por un defecto de aislamiento en la parte de media tensión, a los sistemas de tierra de las masas de baja tensión y del neutro del transformador.

En cuanto a la independencia entre la toma de tierra de las masas de baja tensión y la toma de tierra del centro de transformación se deben de cumplir ciertos requisitos:

No existirá canalización metálica conductora que una la zona de tierras del centro de transformación con la zona donde se encuentran los aparatos de utilización.

Los elementos metálicos del centro de transformación no estarán unidos eléctricamente a elementos metálicos de la construcción de nuestra nave industrial.

Por último se debe garantizar una distancia mínima entre la toma de tierra de las masas del centro de transformación y la toma a tierra de las masas de baja tensión, en nuestro caso como nuestro terreno no tiene buena conductividad, es bastante mayor que 100 Ωm, para el cálculo de la distancia mínima utilizaremos la siguiente expresión planteada en la ITC-BT-18

$$D = \frac{\rho I_d}{2\pi U}$$

siendo:

D : distancia entre electrodos, en metros

ρ : resistividad media del terreno en ohmios.metro

I_d : intensidad de defecto a tierra, en amperios, para el lado de alta tensión, que será facilitado por la empresa eléctrica

U : 1200 V para sistemas de distribución TT, siempre que el tiempo de eliminación del defecto en la instalación de alta tensión sea menor o igual a 5 segundos y 250 V, en caso contrario. Para redes TN, U será inferior a dos veces la tensión de contacto máxima admisible de la instalación definida en el punto 1.1 de la MIE-RAT 13 del Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantía de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación.

Tomando como intensidad de defecto a tierra 500 A ,limitada por la reactancia limitante situada por la compañía distribuidora , nuestra resistividad del terreno de $\rho=300 \Omega\text{m}$ y por ultimo tomando U como 1200 v ya que el defecto se eliminará de la instalación antes de 5 segundos obtenemos la distancia mínima entre nuestras dos tomas de tierra

$$D_{\min}= 19,89 \text{ m}$$

Tratando la independencia de la toma de tierra de las masas del centro de transformación y la toma de tierra del neutro , se debe tener en cuenta que cuando se disipa un defecto en media tensión las partes activas de baja tensión quedan sometidas a una tensión respecto de tierra más la tensión transferida al electrodo del neutro desde la toma de tierra de las masas del centro de transformación, por tanto hay que limitar la tensión transferida al neutro a un valor que asegure que los aislamientos de la instalación puedan soportar la tensión total a la que están sometidos sin perforarse.

En el REBT en la ITC-BT-19 en el apartado de rigidez dieléctrica, establece que todas las instalaciones de baja tienen que resistir una tensión de prueba U_{prueba} durante un minuto ,siendo esta tensión como mínimo de 1500 V y calculada como:

$$U_{\text{prueba}}=2*U+1000$$

La recomendación UNESA limita la tensión transferida al electrodo del neutro a 1000 V

Teniendo en cuenta estas dos consideraciones, la recomendación UNESA admite asimilar que el sistema de electrodos de la toma de tierra de las masas de media tensión sea un electrodo semiesférico, dando como resultado la siguiente fórmula para el cálculo de la distancia mínima entre los electrodos:

$$D_{\min} \geq (\rho * I_d) / (2000 * \pi)$$

Tomando la expresión anterior adaptada a nuestra situación con $I_d=500 \text{ A}$ y resistividad del terreno $\rho=300 \Omega\text{m}$.

$$D_{\min}=23,87 \text{ m}$$

Capítulo 3: Bibliografía

Libro de tecnología eléctrica

<https://www.abb.com/>

<http://www.schneider-electric.es/>

<http://www.direct-electro.es/>

<http://www.hager.es/>

<http://www.lg.com/>

<http://products.geindustrial.com/>

<http://www.electromaterial.com/>

<http://masvoltaje.com/>

Reglamento electrotécnico para baja tensión, incluidas las instrucciones técnicas complementarias.

Normas UNE

Capítulo 4: Conclusiones

Gracias a la realización de este proyecto, he aprendido a enfrentarme a problemas que ocurren más allá de los conceptos aprendidos durante mi formación en la carrera. He aprendido, a través de la recogida de información de diferentes fuentes a plantear los problemas que surgen de la realización del proyecto de manera más clara e intentando ofrecer soluciones viables.

Todo este trabajo, me ha servido para profundizar en un campo muy interesante de la ingeniería, que aunque no es innovadora, si tiene infinidad de aspectos sobre los que investigar.

En conclusión, este proyecto ha sido una experiencia muy enriquecedora a nivel conceptual, en lo referente a la percepción de órdenes de magnitud y formas de plantear las instalaciones, y además plantea una base de preparación para el futuro laboral sirviendo para futuros proyectos que puedan desarrollarse.

PRESUPUESTO

Presupuesto parcial cuadro general

REFERENCIA	DESCRIPCIÓN	UNIDADES	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
A9L16574	protección contra sobretensiones transitorias IPRD enchufable Tipo 2	1	160,86	160,86
MZ212	bobina contra sobretensiones permanentes	3	105	315
LV432734	Interruptor automático VigiCompact NSX400N - Micrologic 2.3 - 400 A - 4 polos 4R curva C 15KA	1	6486,87	6486,87
FPS4400/1000	Interruptor diferencial FP 4P 400A 1000mA clase S	1	3573,66	3573,66
NCN210A	Int.aut. serie N, 2P, 10A, curva C, 15kA	1	71,97	71,97
NJGF36250TW	PowerPact multistandard - J-Frame - 250 A 18 KA	1	1210,27	1210,27
LV429640	Interruptor automático Compact NSX100F - TMD - 100 A - 4 polos 22 KA	1	742,97	742,97
NCN432A	Int.aut. serie N, 4P, 32A, curva C, 15kA	1	154,85	154,85
NCN416A	Int.aut. serie N, 4P, 16A, curva C, 15kA	1	139,32	139,32
FPS4250/300	Interruptor diferencial FP 4P 250A 300mA clase S	1	460,34	460,34
A9R34491	Interruptor diferencial iID - 4P - 100A - 300mA - clase A	1	263,29	263,29
A9Z06432	ID K - Interruptor diferencial - 4P - 32A - 300mA - clase AC	1	170,81	170,81
A9Z06416	ID K - interruptor diferencial - 4P - 25A - 300mA - tipo AC	1	72,57	72,57
IDEIB58PO	CAJA EMPOTRABLE 54 MODULOS CON PUERTA	1	79,2	79,2
			TOTAL	13901,98
				€

Presupuesto parcial cuadro secundario 1

REFERENCIA	DESCRIPCIÓN	UNIDADES	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
IDEIB44PO	CAJA AUTOMATICOS 40 MODULOS CON PUERTA	1	54,84	54,84
HMF499	Int.aut. serie HM, 4P, 125A, curva C, 10kA	1	470,21	470,21
NDN340A	Int.aut. serie N, 3P, 40A, curva D, 10kA	1	134,16	134,16
NDN316A	Int.aut. serie N, 3P, 16A, curva D, 10kA	2	104,52	209,04
NDN325A	Int.aut. serie N, 3P, 25A, curva D, 10kA	1	109,67	109,67
NDN440A	Int.aut. serie N, 4P, 40A, curva D, 10kA	2	174,26	348,52
NDN310A	Int.aut. serie N, 3P, 10A, curva D, 10kA	2	102,41	204,82
NCN210A	Int.aut. serie N, 2P, 10A, curva C, 10kA	2	71,97	143,94
NCN216A	Int.aut. serie N, 2P, 16A, curva C, 10/15kA	1	73,22	73,22
A9R12440	Interruptor diferencial IID - 4P - 125A - 100mA - clase AC	1	327,46	327,46
			TOTAL	2075,88 €

Presupuesto parcial cuadro secundario 2

REFERENCIA	DESCRIPCIÓN	UNIDADES	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
HAGVF312PE	Caja empotrable Hager, 3 filas, 36M, puerta opaca blanca, VF312PE	1	67,48	67,48
NDN320A	Int.aut. serie N, 3P, 20A, curva D, 10kA	2	107,38	214,76
NDN350A	Int.aut. serie N, 3P, 50A, curva D, 10kA	1	202,37	202,37
NDN316A	Int.aut. serie N, 3P, 16A, curva D, 10kA	1	104,52	104,52
NDN310A	Int.aut. serie N, 3P, 10A, curva D, 10kA	4	102,41	409,64

NCN210A	Int.aut. serie N, 2P, 10A, curva C, 10kA	3	71,97	215,91
NCN216A	Int.aut. serie N, 2P, 16A, curva C, 10kA	1	73,22	73,22
			TOTAL	1287,9 €

Presupuesto parcial cuadro secundario 3

REFERENCIA	DESCRIPCIÓN	UNIDADES	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
601832	Cuadro estanco Plexo 3 Legrand IP65 de 2 Filas y 24 Módulos	1	47,32	47,32
NCN210A	Int.aut. serie N, 2P, 10A, curva C, 10kA	4	71,97	287,88
NDN320A	Int.aut. serie N, 3P, 20A, curva D, 10kA	1	107,38	107,38
NCN216A	Int.aut. serie N, 2P, 16A, curva C, 10kA	1	73,22	73,22
			TOTAL	515,8 €

Presupuesto parcial cuadro secundario 4

REFERENCIA	DESCRIPCIÓN	UNIDADES	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
601831	Cuadro estanco Plexo 3 Legrand IP65 de 1 Fila y 12 Módulos	1	23,12	23,12
NCN216A	Int.aut. serie N, 2P, 16A, curva C, 10kA	3	73,22	219,66
NCN210A	Int.aut. serie N, 2P, 10A, curva C, 10kA	2	71,97	143,94
			TOTAL	386,72 €

Presupuesto parcial cuadro secundario 5

REFERENCIA	DESCRIPCIÓN	UNIDADES	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
601832	Cuadro estanco Plexo 3 Legrand IP65 de 2 Filas y 24 Módulos	1	47,32	47,32

NDN350A	Int.aut. serie N, 3P, 50A, curva D, 10kA	4	202,37	809,48
NCN216A	Int.aut. serie N, 2P, 16A, curva C, 10kA	1	73,22	73,22
NCN210A	Int.aut. serie N, 2P, 10A, curva C, 10kA	1	71,97	71,97
			TOTAL	1001,99 €

Presupuesto parcial cableado

DESCRIPCION	SECCIÓN	UNIDADES	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
cable HO7V-K unipolar	1,5 mm2	927	0,37	342,99
cable HO7V-K unipolar	2,5 mm2	1400	0,62	868
cable HO7V-K unipolar	4 mm2	88	0,98	86,24
cable HO7V-K unipolar	10 mm2	210	2,67	560,7
cable RV-K unipolar	150 mm2	70	30,68	2147,6
cable VV-K multiconductor	1,5 mm2	103	2,01	207,03
cable VV-K multiconductor	2,5 mm2	47	3,7	173,9
cable VV-K multiconductor	4 mm2	29	5,35	155,15
cable VV-K multiconductor	10 mm2	8	11,11	88,88
cable VV-K multiconductor	16 mm2	12	17,03	204,36
cable VV-K multiconductor	25 mm 2	68	26,99	1835,32
cable VV-K multiconductor	35 mm 2	28	37,49	1049,72
cable VV-K multiconductor	120 mm 2	46	123,12	5663,52
			TOTAL	13383,41 €

Presupuesto parcial puesta a tierra

DESCRIPCION		UNIDADES	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Borne de puesta a tierra		1	23,21	23,21
conductor a tierra desnudo 35 mm2 cobre		30	3,18	95,4
flagelo toma a tierra		100	27,68	2768
Arqueta de PVC cuadrada de 200 X 200 GEWISS DX 59401		1	8,94	8,94
			TOTAL	2895,55 €

Presupuesto parcial iluminación

DESCRIPCIÓN		UNIDADES	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
LG D2230RH818B_1 CE_LG LED Downlight VIC21 8inch 22W 3000K 80D Haze (UGR22)		70	24,85	1739,5
LG D1040RW6T3A CE_LG Essentials LED Downlight HAL Rep.9.5W 4000K 60D (Fixed)		27	7,75	209,25
LG H1657P901SA CE_LG LED Highbay Solaris 160W 5700K 90D		39	183,69	7163,91
LG LGE-HB-70-40-P-BL UL_LG LED Highbay 70W 4000K (Pendant)		46	51,32	2360,72
			TOTAL	11473,38 €

Presupuesto parcial canalizaciones

DESCRIPCIÓN		UNIDADES	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Tubo rigido gris de PVC libre de halogenos de 16 mm con manguito		3	4,08	12,24
Tubo rigido gris de PVC libre de halogenos de 25 mm con manguito		13	6,92	89,96
Tubo rigido gris de PVC libre de halogenos de 32 mm con manguito		3	9,53	28,59
Tubo rigido gris de PVC libre de halogenos de 40 mm con manguito		9	13,96	125,64

Tubo rigido gris de PVC libre de halogenos de 63 mm con manguito	15	21,09	316,35
Tubo corrugado de PVC 12 mm	385	0,27	103,95 €
Tubo corrugado de PVC 16mm	162	0,33	53,46
Tubo corrugado de PVC 20 mm	43	0,35	15,05
Tubo corrugado de PVC 25mm	68	0,49	33,32
Tubo corrugado de PVC 180mm	10	16,17	161,7
		TOTAL	940,26 €

Presupuesto parcial elementos de instalación

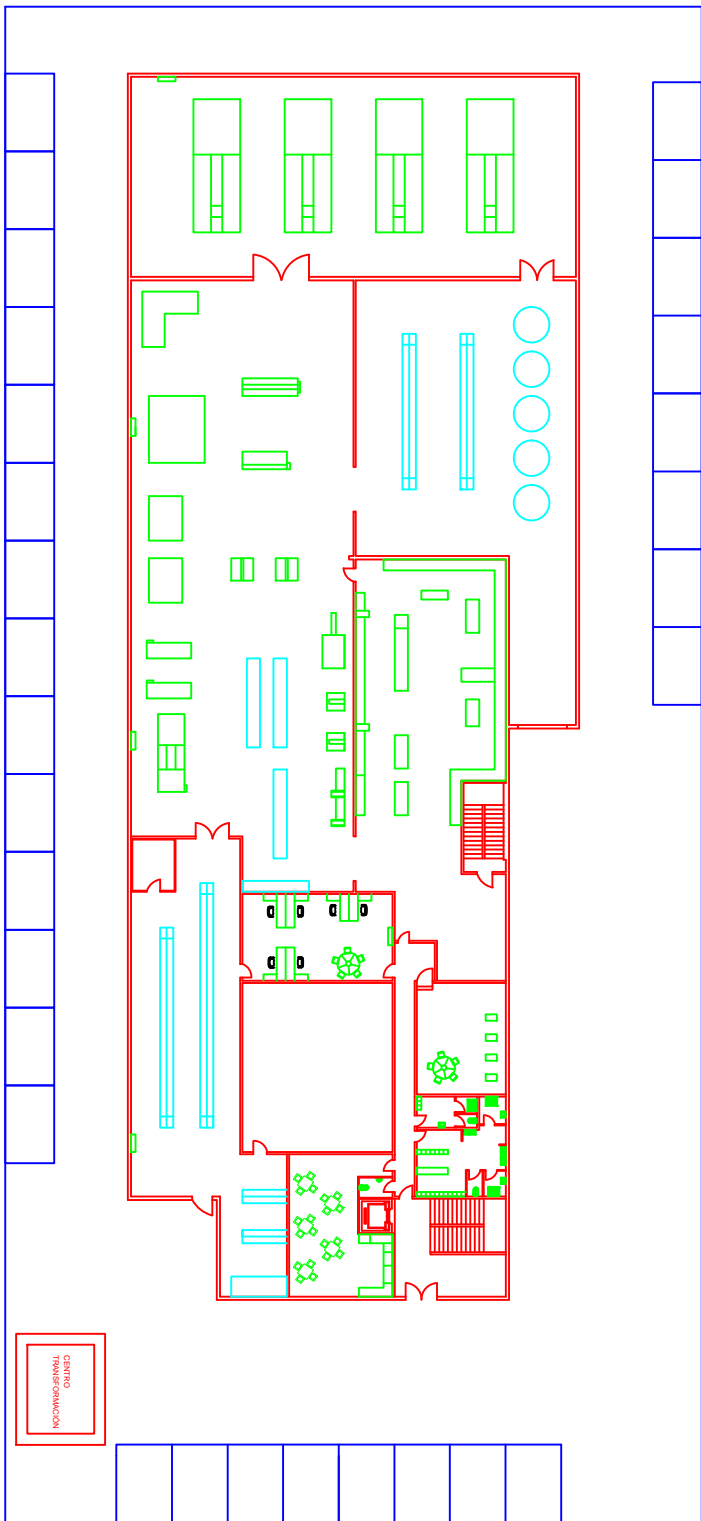
DESCRIPCIÓN	UNIDADES	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
bandeja metálica perforada 400X 60 mm galvanizada	174	30,58	5320,92
canalizaciones para bajada de cables	15	17,39	260,85
Abrazadera PVC M63	30	0,37	11,1
Abrazadera PVC M40	10	0,18	1,8
Abrazadera PVC M25	10	0,09	0,9
Abrazadera PVC M16	3	0,06	0,18
Tomas de corriente 16A 2P+T	33	3,03	99,99
		TOTAL	5695,74 €

Presupuesto total

PRESUPUESTO DE EJECUCION MATERIAL	53558,61 €
GASTOS GENERALES +BENEFICIO INDUSTRIAL (13%-6%)	10176,14 €
TOTAL	63734,74 €
IVA (21%)	13384,29 €
PRESUPUESTO EN BASE DE LICITACIÓN	77119,04 €

Emplazamiento del polígono industrial y parcela donde se localiza la industria



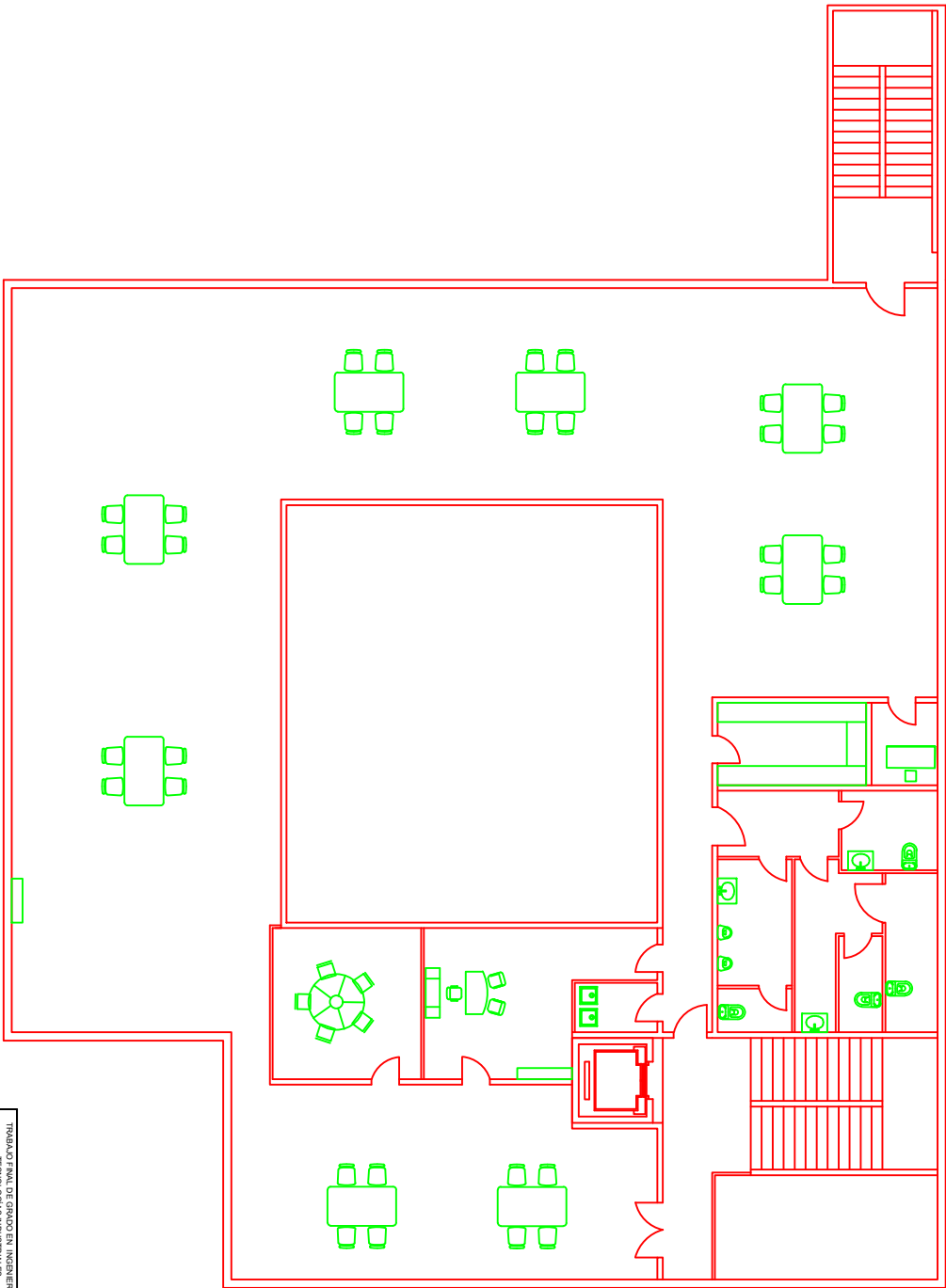



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
 TÈCNIC EN INGENIERIA EN
 TECNOLOGIAS INDUSTRIALES

ESCUELA POLITÈCNICA DE INGENIERIA INDUSTRIAL
 DEPARTAMENT D'INGENIERIA INDUSTRIAL
 MÀQUINES I ELS SEUS ELEMENTS

PROYECTO DE INSTALACION ELÉCTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL DE FABRICACION DE MAQUINAS GENERADORAS DE HIELO
 Septiembre 2016
 Autor proyecto: **ALEXANDRE ABRANZONZINGO**
 Escala: **1/100**
 Planta inferior

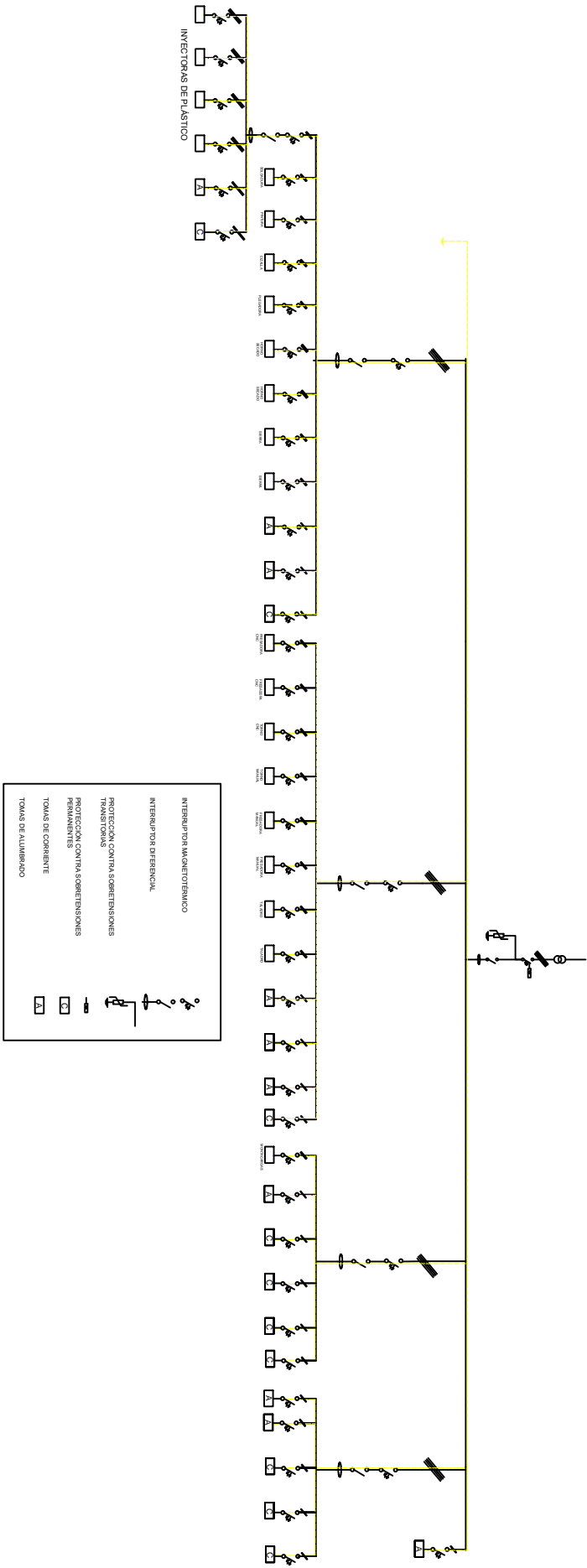
1



TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERIA EN
 TECNOLOGIAS INDUSTRIALES
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
ESCUELA POLITÈCNICA DE INGENIEROS INDUSTRIALES
 Autor: ALEXANDRE ABRANZONZINGO
 Proyecto:

Proyecto:
 PROYECTO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE
 UNA NAVE INDUSTRIAL DE FABRICACIÓN DE
 MÁQUINAS GENERADORAS DE HIELO
 Fecha: Septiembre 2016
 Escala: 1/100
 Planta superior

2



TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERIA EN
 TECNOLOGIAS INDUSTRIALES

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCUELA POLITÈCNICA DE INGENIEROS INDUSTRIALES

PROYECTO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE
 UNA NAVE INDUSTRIAL DE FABRICACIÓN DE
 MÁQUINAS GENERADORAS DE HIELO

NOVENA: Septiembre 2016

ESQUEMA: 1/100

ESQUEMA UNIFILAR

Autor Proyecto: ALEXANDRE ABRANZONZINGO

Anexo de cálculos

Diseño completo de un circuito

Ahora con los datos del circuito de la plegadora, comenzaremos el diseño de la línea completa.

Para comenzar el diseño debemos conocer los datos de partida de nuestra instalación.

$$P=12000 \text{ W} \quad \eta=0,88 \quad \cos \phi=0,83$$

La potencia anterior es la potencia útil de la máquina a la que le aplicaremos un factor de utilización de 0,75 para obtener la potencia útil prevista, considerando como se explicó en la previsión de la demanda, que los motores no trabajaran a plena carga de manera continua.

$$P=12000*0,75=9000 \text{ W}$$

Una vez obtenida con los datos del rendimiento, el factor de potencia y de la tensión de alimentación de la red calcularemos la intensidad demandada despejando de las formulas siguientes.

$$S = \sqrt{3} * U * I$$

$$P = S * \cos \phi$$

Se obtendrá la siguiente expresión:

$$IN = \frac{\frac{P}{\eta}}{\cos \phi * U * \sqrt{3}}$$

Dando como resultado:

$$IN = \frac{\frac{9000}{0,88}}{0,83 * 400 * \sqrt{3}} = 17,78 \text{ A}$$

Una vez obtenida la corriente nominal debemos considerar el tipo de receptor, en este caso al ser un motor debemos aplicar la mayoración recogida en la ITC-BT-47 para motores, que indica que en una línea de un solo motor, para el diseño, la intensidad del motor debe de ser mayorada en un 125% de su intensidad nominal.

Aplicando lo expuesto en el párrafo anterior obtenemos la intensidad de diseño que utilizaremos.

$$IB=22,23 \text{ A}$$

Una vez obtenida la intensidad de diseño comenzamos con el cálculo de la sección de la **línea por criterio térmico**, lo primero que tenemos que tener en cuenta son las características de la línea. El circuito de la plegadora estará alimentado a través de un cable multiconductor que contendrá las tres fases y el conductor de protección, con conductor de cobre ,aislamiento de PVC y se instalará al estar en el centro de la nave a través de bandejas perforadas, método de instalación E, que discurrirán cercanas al techo.

Sabiendo sus características pasamos a determinar los factores de corrección que debemos aplicar, se tendrán en cuenta los factores de corrección por temperatura K_t y el factor de corrección por agrupamiento.

En cuanto al factor de corrección por temperatura basándonos en las tablas de la norma UNE 20460 5.523 (2004) , más concretamente en la tabla 52-D1 como nuestra temperatura ambiente se estimará en el peor de los casos a 30 grados ,que es la temperatura con la que están diseñadas las tablas ,el factor de corrección será de 1.

Para considerar el factor de corrección por agrupamiento recurrimos de nuevo a la norma UNE 20460 5.523 (2004) , más concretamente a la tabla 52-E4, sabiendo que por la bandeja de la plegadora discurre además la línea de la cizalla y los cables multiconductores están en contacto, obtenemos el factor de corrección por agrupamiento K_a en este caso 0,88

Una vez obtenidos los factores de corrección debemos calcular la intensidad de diseño corregida, con la que accederemos a las tablas de las secciones.

Para ello usaremos la siguiente expresión:

$$I_1 = \frac{IB}{K_a * K_t} = \frac{22,23}{0,88 * 1}$$

$$I_1 = 25,26 \text{ A}$$

Con el valor de I_1 entramos en la tabla A52-1 de intensidades admisibles, sabiendo que nuestro circuito es trifásico de PVC y con método de instalación E , utilizamos la columna 7 de la tabla correspondiente al PVC3. Debemos de encontrar una intensidad admisible normalizada superior a la que hemos calculado con los factores de corrección.

Mirando en la tabla obtenemos que la intensidad admisible inmediatamente superior a la "11" calculada es:

$$I_T = 34 \text{ A con una sección asociada de } S = 4 \text{ mm}^2$$

Una vez obtenida la intensidad admisible normalizada debemos calcular la de nuestra línea real ,multiplicando la intensidad admisible de tablas por los factores de corrección para obtener I_Z .

$$I_Z = I_T * K_a * K_t$$

$$I_Z = 34 * 0,88 * 1 = 29,92 \text{ A}$$

Ahora **aplicaremos el criterio de máxima caída de tensión** con la sección obtenida en el desarrollo del criterio térmico, para comprobar si cumple la caída de tensión máxima de 6%, que se corresponde para los circuitos de fuerza.

Primero calcularemos la caída de tensión absoluta que se produce en la línea de la plegadora, a través de la expresión siguiente.

$$\Delta U = \sqrt{3} * (R \cos \varphi + X * \operatorname{sen} \varphi) * IB$$

Para el cálculo de la R utilizaremos la expresión siguiente que depende de la resistividad y la sección.

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

Tomando como valor de ρ la resistividad del cobre a la temperatura máxima de funcionamiento que es a 70 grados para el PVC y su valor es :

$$\rho = 0,02063 \frac{\Omega \text{mm}^2}{\text{m}}$$

Con la sección calculada en el criterio térmico de 4mm² y con la longitud de la línea L=19m calculada sobre las distancia en el plano obtenemos la R

$$R = 0,02063 * \frac{19}{4}$$

$$R = 0,098 \Omega$$

Para el calculo de la reactancia X utilizaremos como reactancia unitaria $X_u = 0,08 \Omega/\text{km}$ y la longitud de la línea.

$$X = X_u * L$$

$$X = 0,00008 * 19$$

$$X = 1,52 * e - 3 \Omega$$

Aquí se puede apreciar que la reactancia para secciones pequeñas se puede despreciar frente a la resistencia como se comentó en la memoria.

Tomando la IB y con todos los parámetros calculados obtenemos la caída de tensión absoluta de la línea.

$$\Delta U = \sqrt{3} * (0,098 * 0,83 + 1,52 * e - 3 * 0,558) * 22,23$$

$$\Delta U = 3,165 V$$

Una vez calculada la caída de tensión absoluta calculamos la caída de tensión porcentual con la expresión siguiente:

$$U(\%) = \frac{\Delta U}{U} * 100$$

$$U(\%) = \frac{3,165}{400} * 100$$

$$U(\%)=0,791 \%$$

Esta caída de tensión porcentual es la producida en el tramo de línea desde el cuadro secundario a la maquina ,pero no es la caída de tensión porcentual total ,para calcular la caída de tensión que hay desde el transformador, debemos sumarle las caídas de tensión que se producen en las líneas desde la salida del centro de transformación hasta la llegada al cuadro secundario desde donde parte nuestra línea.

Para la línea de la plegadora debemos sumarle la caída de tensión producida por la línea de distribución y la caída de tensión producida por la línea que alimenta desde el cuadro general a el cuadro secundario de la plegadora.

$$U_{total}(\%) = U(\%) + U_{cg}(\%) + U_{cs}(\%)$$

Calculando de la misma manera que para la línea de la plegadora se calculan las caídas de tensión para los otros dos tramos obteniéndose.

$U_{cg}(\%)=0,126\%$ para la línea del CT al cuadro general y $U_{cs}(\%)=0,869\%$ para la línea desde el cuadro general al cuadro secundario.

$$U_{total}(\%)=1,786 \%$$

Como se comprueba, la caída de tensión porcentual total es menor que el 6% exigido para las líneas de fuerza por tanto nuestra sección cumple por criterio de máxima caída de tensión.

Ahora comenzaremos el diseño de la protección de la línea mediante un interruptor automático.

Lo primero que debemos asegurar es que, para nuestro diseño, la línea está protegida contra sobrecargas ,para ello nuestro interruptor automático debe cumplir las siguientes condiciones.

$$IB \leq IN \leq IZ$$

Para nuestra línea debemos encontrar un calibre normalizado IN que esté entre nuestra IB y la IZ de la línea.

De los cálculos anteriores sabemos que:

$$I_B = 22,23 \text{ A y } I_Z = 29,92 \text{ A}$$

Consultando los calibres normalizados encontramos un calibre de 25 A que cumple la condición.

$$22,23 \leq 25 \leq 29,92$$

La segunda condición que debe cumplir es la siguiente:

$$I_2 \leq 1,45 * I_Z$$

Como se comentó en la memoria, esta condición en interruptores automáticos siempre se cumple si se ha cumplido previamente la primera condición ya que:

$$I_2 = 1,45 * I_N$$

Se determina un calibre de 25 A para la protección de sobrecargas.

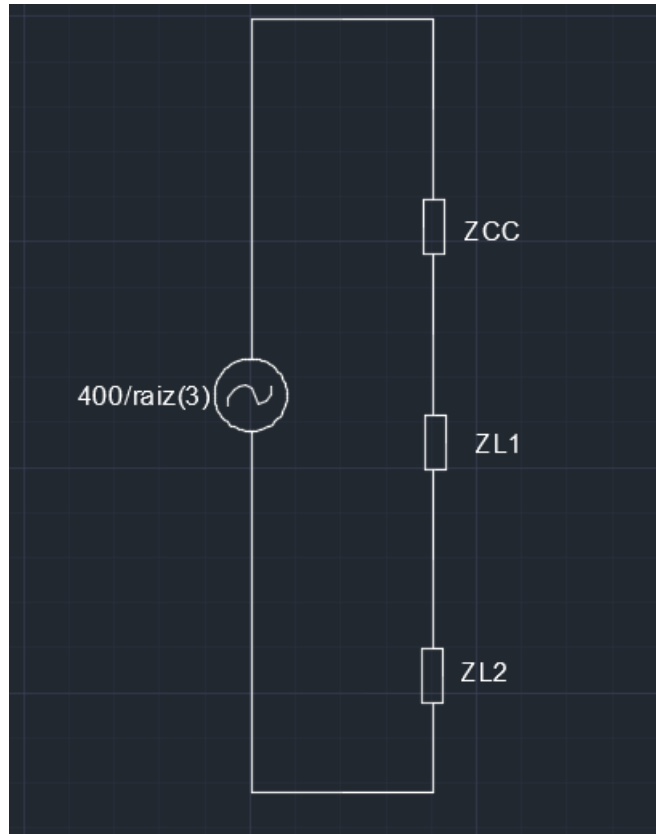
Una vez comprobado que el calibre del interruptor automático seleccionado es capaz de proteger la línea contra sobrecargas pasamos a diseñar la línea contra cortocircuitos.

La primera condición que debemos asegurar es que nuestro interruptor automático sea capaz de cortar todos los cortocircuitos que se puedan producir en nuestra línea.

$$PDC > ICC_{\max}$$

Sabiendo que el mayor cortocircuito en la línea es un cortocircuito trifásico que se produce al inicio de la línea pasamos a calcularlo.

Usando el circuito equivalente monofásico calculamos las impedancias necesarias.



Esquema equivalente monofásico

Las impedancias a calcular son la Z_{cc} del transformador la Z_{L1} que representa a la línea del CT hasta el cuadro general y la Z_{L2} que representa la línea del cuadro general al cuadro secundario de la plegadora. No consideramos la Z de la distribución por lo comentado en la memoria.

Para el cálculo de la Z_{cc} del transformador debemos conocer sus características. En nuestra instalación se instalará un centro de transformación de aceite 400KVA, del cual conocemos los valores de $V_{cc}(\%) = 4\%$ $V_{rcc}(\%) = 1,1\%$.

A través la siguiente expresión calculamos la V_{xcc} .

$$V_{xcc} = \sqrt{V_{cc}^2 - V_{rcc}^2}$$

Resultando $V_{xcc}(\%) = 3,846\%$

Una vez obtenida la $V_{xcc}(\%)$, se aplican las fórmulas del transformador.

$$R_{cc} = \frac{V_{rcc}(\%) \cdot U^2}{100 \cdot SN} \quad R = \frac{1,1 \cdot 400^2}{100 \cdot 400} = 4,4 \text{ m}\Omega$$

$$X_{cc} = \frac{V_{x_{cc}(\%)} * U^2}{100 * SN} \quad R = \frac{3,846 * 400^2}{100 * 400} = 15,384 \text{ m}\Omega$$

Una vez obtenidas, se calcula la impedancia Zcc.

$$Z_{cc} = \sqrt{R_{cc}^2 + X_{cc}^2}$$

$$Z_{cc} = 16 \text{ m}\Omega$$

Para el cálculo de las líneas ZL1 y ZL2 se usan las expresiones de cálculo de R y X usadas en la caída de tensión, teniendo en cuenta ahora que el cortocircuito máximo se produce cuando la temperatura del conductor es baja ya que disminuye la resistencia.

Tomando para ZL1 y ZL2 una $\rho = 0,01724 \frac{\Omega \text{mm}^2}{\text{m}}$ considerando el cobre a 20 grados.

Aplicamos las expresiones para cada línea:

$$R = \rho * \frac{L}{s} \quad X = X_u * L \quad Z = \sqrt{R^2 + X^2}$$

Para ZL1 RL1= 1,149 mΩ XL1= 0,8 mΩ ZL1= 1,4 mΩ

Para ZL2 RL2=6,609 mΩ XL2= 3,68 mΩ ZL2= 7,564 mΩ

Una vez calculadas todas las impedancias que intervienen en el cortocircuito máximo pasamos a calcularlo.

$$I_{ccmax} = \frac{400}{\frac{\sqrt{3}}{\sum Z}}$$

$$I_{ccmax} = \frac{400}{\frac{\sqrt{3}}{16 + 1,4 + 7,564}}$$

$$I_{ccmax} = 9,251 \text{ KA}$$

Una vez calculada la corriente de cortocircuito máxima debemos asegurar que nuestro interruptor automático tenga el suficiente poder de corte como para cortar esta corriente. De los poderes de corte normalizados seleccionamos el más cercano por encima de I_{ccmax} en este caso 10 KA.

$$10 \text{ KA} > 9,251 \text{ KA}$$

Cumple la condición de tener suficiente poder de corte para cortar cualquier cortocircuito.

Ahora debemos comprobar que nuestro dispositivo es capaz de reconocer la corriente de cortocircuito mínima como un cortocircuito y no como una sobrecarga, para ello debe cumplir la siguiente condición.

$$I_{ccmin} \geq I_a$$

La “ I_a ”, corriente de activación, se calcula dependiendo de la curva del automático que usemos, como nuestra línea alimenta un motor que tiene un transitorio importante utilizaremos curva D, por tanto, utilizaremos para el cálculo la siguiente expresión.

$$I_a = 20 \cdot I_N \quad I_a = 20 \cdot 25 = 500 \text{ A}$$

Obtenida la corriente de activación de nuestro dispositivo, debemos comprobar que el cortocircuito mínimo active el disparo.

Para calcular el cortocircuito mínimo de la línea comenzamos calculando el cortocircuito mínimo trifásico, que se produce al final de la línea de la plegadora y cuando los cables están a la temperatura máxima de servicio.

Volveremos a usar el equivalente monofásico, pero ahora debemos considerar la impedancia de la línea que va desde el cuadro secundario hasta donde está la plegadora y recalcularemos todas las impedancias para el cortocircuito mínimo.

Consideraremos un valor de ρ distinto para cada impedancia ya que ahora que suponemos el cortocircuito mínimo, el aislante XLPE puede llegar a una temperatura de servicio de 90 grados tomando como valor $\rho = 0,02198 \frac{\Omega \text{mm}^2}{\text{m}}$ y para las líneas de PVC se tomará el valor de la

resistividad para su temperatura de servicio de 70 grados es decir $\rho = 0,02063 \frac{\Omega\text{mm}^2}{\text{m}}$. Todas las líneas son de cobre.

Recalculamos todas las impedancias añadiendo la nueva impedancia de la línea de la plegadora.

$$Z_{cc}=16 \text{ m}\Omega$$

La ZL1 se calculará con la resistividad $\rho = 0,02198 \frac{\Omega\text{mm}^2}{\text{m}}$ por el aislante XLPE.

$$Z_{L1}= 1,669 \text{ m}\Omega$$

La ZL2 y ZL3 se calcularán con la resistividad $\rho = 0,02063 \frac{\Omega\text{mm}^2}{\text{m}}$ por el aislante PVC.

$$Z_{L2}=8,722 \text{ m}\Omega \quad \text{y} \quad Z_{L3}= 98,004 \text{ m}\Omega$$

Una vez calculadas las impedancias volvemos a utilizamos el circuito equivalente monofásico de nuevo.

$$I_{ccmin - tri} = \frac{400}{\frac{\sqrt{3}}{\sum Z}}$$

$$I_{ccmin - tri} = \frac{400}{\frac{\sqrt{3}}{16 + 1,669 + 8,722 + 98,004}}$$

$$I_{ccmin-tri}= 1,856 \text{ KA}$$

Una vez calculado el cortocircuito mínimo trifásico, sabemos que nunca será el cortocircuito mínimo, en la línea de la plegadora como alimenta a un motor y el neutro no está distribuido, sabemos que el cortocircuito mínimo es el fase-fase y se puede calcular a través de la siguiente expresión.

$$I_{ccmin}=0,866*I_{ccmin-tri}$$

$$\text{Obteniéndose} \quad I_{ccmin}=1,607 \text{ KA}$$

Ahora comprobamos si nuestro cortocircuito mínimo real hace activa el dispositivo.

$$1607 \text{ A} > 500 \text{ A}$$

Por tanto, la protección si actúa sobre todos los cortocircuitos que se puedan provocar en la línea.

Por ultimo hay que asegurar que el conductor, en caso de producirse la corriente de cortocircuito máxima, sea capaz de no llegar a la temperatura máxima del cable.

Para ello calculamos la $(I^2 * t)_{adm}$,de los conductores.

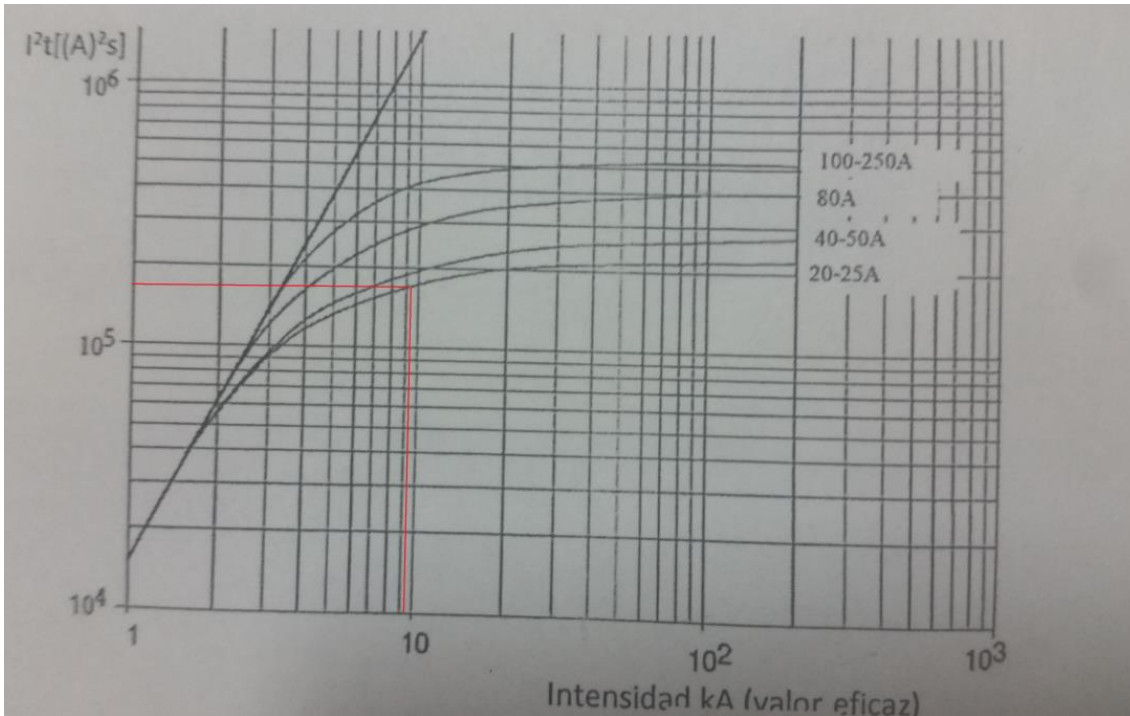
$$(I^2 * t)_{adm} = (Ks)^2$$

Con la $K=115$ por ser cobre y PVC y s la sección de la línea.

$$(I^2 * t)_{adm} = (115 * 4)^2$$

$$(I^2 * t)_{adm} = 211600 \text{ A}^2\text{s}$$

Una vez obtenida la característica $(I^2 * t)_{adm}$ del conductor para un automático de 25 A buscamos en la gráfica con nuestro cortocircuito máximo y obtenemos el $(I^2 * t)$ de la protección.



Leyendo de la curva vemos que la característica $(I^2 * t)_{disp}$ obtenida para nuestro automático de 25 A es:

$$(I^2 * t)_{disp} = 180000 \text{ A}^2 * \text{s}$$

Aplicando la condición que se debe cumplir:

$$(I^2 * t)_{disp} \leq (I^2 * t)_{adm}$$

$$180000 \leq 211600$$

Por tanto, se comprueba que el conductor no llega a su temperatura máxima admisible.

Una vez cumplidos todos los requisitos expuestos anteriormente podemos asegurar que nuestra línea está protegida frente a cualquier efecto de los cortocircuitos y sobrecargas.

Estudio iluminación con Dialux

En este apartado se adjuntan los cálculos realizados con el programa de iluminación Dialux para el diseño de las distribuciones de las luminarias.

Proyecto 1

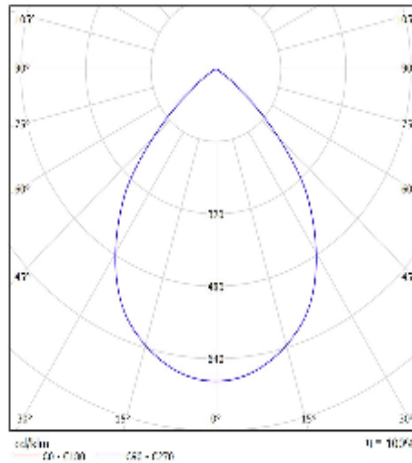


Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

LG D2230RH818B_1 CE_LG LED Downlight VIC21 8inch 22W 3000K 80D Haze (UGR22) / Hoja de datos de luminarias



Emisión de luz 1:



Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 79 99 100 100 100

- + Light weight
- A breakthrough heat dissipation technology is built in, eliminating the need for a heavy heat sink and reducing the weight of product significantly.
- + Easy installation and removal
- A highly elastic plate spring is used for easy installation and removal of the product. In addition, the rounded edge of the spring reduces the possibility to damage the ceiling textile during installation and removal.
- + IP20
- The metal reflector, trim, and the polycarbonate lighting chamber all contribute to excellent product durability.
- + IP54
- For water proofing and dust proofing, a sealing gasket is inserted between an inner cover and a diffuser film. Therefore, the IP54 rating can be achieved without separate accessories such as a glass cover.

Emisión de luz 1:

Valoración de deslumbramiento según UGR												
Luminaria		70	70	30	50	20	70	70	30	50	20	
Código		05	05	05	20	20	05	05	05	20	20	
Código		05	05	05	20	20	05	05	05	20	20	
Tamaño de local		Plano perpendicular al eje de dirección					Plano longitudinal al eje de dirección					
X	Y	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
20	2	10.3	10.1	10.6	10.4	10.9	10.3	10.1	10.6	10.4	10.9	
	3	10.2	10.7	10.8	10.2	10.1	10.2	10.7	10.8	10.2	10.1	
	4	10.1	10.9	10.9	10.1	10.6	10.1	10.9	10.9	10.1	10.6	
	5	10.0	10.7	10.4	10.0	10.0	10.0	10.7	10.4	10.0	10.0	
	6	10.0	10.5	10.4	10.0	10.0	10.0	10.5	10.4	10.0	10.0	
30	2	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	
	3	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	
	4	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	
	5	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	
	6	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	
40	2	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	
	3	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	
	4	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	
	5	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	
	6	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	
50	2	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	
	3	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	
	4	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	
	5	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	
	6	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	
Cálculo de deslumbramiento según UGR		Luminaria					Luminaria					
UGR	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	
Tamaño estándar	0.00					0.00						
Características de construcción	0.7					0.7						

Podemos observar la luminaria utilizada y adjunta su curva isolux.

Proyecto 1



DIALux

09.09.2016

Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Almacén / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 34871 lm
Potencia total: 374.0 W
Factor mantenimiento: 0.80
Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m ²]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	118	26	144	/	/
Suelo	109	26	135	20	8.57
Techo	0.00	27	27	70	6.11
Pared 1	37	28	64	50	10
Pared 2	38	29	65	50	10
Pared 3	11	14	25	50	4.03
Pared 4	3.55	11	15	50	2.31
Pared 5	28	23	51	50	8.04
Pared 6	35	28	62	50	9.93

Simetrías en el plano útil

E_{min} / E_m : 0.168 (1:6)

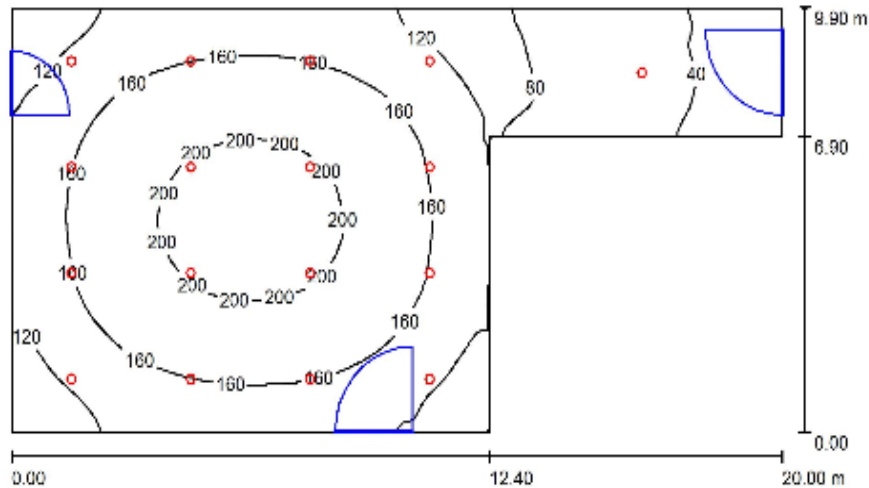
E_{min} / E_{max} : 0.114 (1:9)

Valor de eficiencia energética: $2.57 \text{ W/m}^2 = 1.79 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 145.50 m²)



Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Almacen / Output en hoja simple



Altura del local: 7.000 m, Altura de montaje: 7.086 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:143

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	144	24	212	0.168
Suelo	20	135	24	197	0.177
Techo	70	27	8.19	35	0.299
Paredes (6)	50	52	9.20	123	/

Plano útil:

Altura: 0.850 m
Trama: 128 x 64 Puntos
Zona marginal: 0.000 m

Lista de piezas - Luminarias

N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	17	LG D2230RH818B_1 CE_LG LED Downlight VC21 8inch 22W 3000K 80D Haze (UGR22) (1.000)	2039	2040	22.0
Total:			34671	34680	374.0

Valor de eficiencia energética: 2.57 W/m² = 1.79 W/m²/100 lx (Base: 145.50 m²)