ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA DE SEVILLA

1.- MEMORIA DE CÁLCULO

Titulación: Ingeniero Técnico Industrial especialidad Electricidad
Autor: Francisco José Oviedo Mata
Director de proyecto: Pedro José Martínez Lacañina
Junio 2010

2. MEMORIA DE CÁLCULO

2.1. CONDUCTORES 6

2.2. CÁLCULOS LUMINOTÉCNICOS 7

2.3. PREVISIÓN DE POTENCIA 12

2.4. CÁLCULO DE MEDIA TENSIÓN 19

2.4.1. INTENSIDAD EN ALTA TENSIÓN 19

2.4.2. INTENSIDAD EN BAJA TENSIÓN 19

2.4.3. CÁLCULOS DE LAS CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO 20

2.4.4. DIMENSIONADO DEL EMBARRADO 21

2.4.4.1. COMPROBACIÓN POR DENSIDAD DE CORRIENTE 21

2.4.4.2. COMPROBACIÓN POR SOLICITACIÓN ELECTRODINÁMICA 21

2.4.4.2. COMPROBACIÓN POR SOLICITACIÓN TERMICA 21

2.4.5. SELECCIÓN DE LAS PROTECCIONES DE ALTA Y BAJA TENSIÓN 22

2.4.5.1. PROTECCIONES EN ALTA TENSIÓN 22

2.4.5.2. PROTECCIONES EN BAJA TENSIÓN 22

2.4.6. DIMENSIONADO DE LA VENTILACIÓN DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN 22

2.4.7. DIMENSIONES DEL POZO APAGAFUEGOS 23

2.4.8. CALCULOS DE LAS INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA (P.A.T) 23

2.4.8.1. INVESTIGACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL SUELO 23

2.4.8.2. DETERMINACIÓN DE LAS CORRIENTES MÁXIMAS DE P.A.T. Y TIEMPO MÁXIMO CORRESPONDIENTE A LA ELIMINACIÓN DEL DEFECTO 23

2.4.8.3. DISEÑO DE LA INSTALACIÓN DE TIERRA 24

2.4.8.4. CÁLCULO DE LA RESISTENCIA DEL SISTEMA DE TIERRAS 26

2.4.8.5. CÁLCULOS DE LAS TENSIONES EN EL EXTERIOR DE LA INSTALACIÓN 27

2.4.8.6. CÁLCULOS DE LAS TENSIONES EN EL INTERIOR DE LA INSTALACIÓN 27

2.4.8.7. CÁLCULO DE LAS TENSIONES APLICADAS 28

2.4.8.8. INVESTIGACIÓN DE TENSIONES TRANSFERIBLES AL EXTERIOR 30

2.5. CALCULOS DE BAJA TENSIÓN 31

2.5.1. FÓRMULAS EMPLEADAS 31

2.5.2. CÁLCULOS DE LAS LÍNEAS Y CIRCUITOS DE ALIMENTACIÓN 33

2.5.2.1. PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO 33

2.5.2.2. PUENTE DE BAJA TENSIÓN 34

2.5.2.3. LÍNEAS DE ALIMENTACIÓN A CUADROS SECUNDARIOS 34

2.5.2.4. CÁLCULO DE LOS CIRCUITOS DE LOS CUADROS SECUNDARIOS 36

2.5.2.5. CÁLCULO DE LA PROTECCIÓN DIFERENCIALES 44

2.5.3. CÁLCULO DE LAS PROTECCIONES CONTRA CORTOCIRCUITOS 57

2.5.3.1 CÁLCULO DE LAS PROTECCIONES DE CORTOCIRCUITO EN EL CUADRO GENERAL DE BAJA TENSIÓN 58

2.5.3.1.1. CÁLCULO DE LAS PROTECCIONES DE CORTOCIRCUITO EN EL CUADRO DE ALUMBRADO DE EMERGENCIA 1 (CAE1) 59

2.5.3.1.2. CÁLCULO DE LAS PROTECCIONES DE CORTOCIRCUITO EN EL CUADRO DE ALUMBRADO DE EMERGENCIA 2 (CAE2) 59

2.5.3.1.3. CÁLCULO DE LAS PROTECCIONES DE CORTOCIRCUITO EN EL CUADRO DE ALUMBRADO DE EMERGENCIA 3 (CAE3) 60

2.5.3.1.4. CÁLCULO DE LAS PROTECCIONES DE CORTOCIRCUITO EN EL CUADRO DE ALUMBRADO DE GENERAL 1 (CAG1) 60

2.5.3.1.5. CÁLCULO DE LAS PROTECCIONES DE CORTOCIRCUITO EN EL CUADRO DE ALUMBRADO DE GENERAL 2 (CAG2) 61

2.5.3.1.6. CÁLCULO DE LAS PROTECCIONES DE CORTOCIRCUITO EN EL CUADRO DE ALUMBRADO DE GENERAL 3 (CAG3) 61

2.5.3.1.7. CÁLCULO DE LAS PROTECCIONES DE CORTOCIRCUITO EN EL CUADRO DE ALUMBRADO DE GENERAL 4 (CAG4) 62

2.5.3.1.8. CÁLCULO DE LAS PROTECCIONES DE CORTOCIRCUITO EN EL CUADRO DE FUERZA DE EMERGENCIA 1 (CFE1) 62

2.5.3.1.9. CÁLCULO DE LAS PROTECCIONES DE CORTOCIRCUITO EN EL CUADRO DE FUERZA DE EMERGENCIA 2 (CFE2) 63

2.5.3.1.10. CÁLCULO DE LAS PROTECCIONES DE CORTOCIRCUITO EN EL CUADRO DE FUERZA DE EMERGENCIA 3 (CFE3) 63

2.5.3.1.11. CÁLCULO DE LAS PROTECCIONES DE CORTOCIRCUITO EN EL CUADRO DE FUERZA DE EMERGENCIA 4 (CFE4) 64

2.5.3.1.12. CÁLCULO DE LAS PROTECCIONES DE CORTOCIRCUITO EN EL CUADRO DE FUERZA GENERAL 1 (CFG1) 64

2.5.3.1.13. CÁLCULO DE LAS PROTECCIONES DE CORTOCIRCUITO EN EL CUADRO DE FUERZA GENERAL 2 (CFG2) 65

2.5.3.1.14. CÁLCULO DE LAS PROTECCIONES DE CORTOCIRCUITO EN EL CUADRO DE FUERZA GENERAL 3 (CFG3) 65

2.5.3.1.15. CÁLCULO DE LAS PROTECCIONES DE CORTOCIRCUITO EN EL CUADRO DE FUERZA GENERAL 4 (CFG4) 66

2.5.3.1.16. RESUMEN CDE LAS PROTECCIONES DE CORTOCIRCUITO 66

2.5.4. CÁLCULO DE COMPENSACIÓN DE ENERGÍA REACTIVA 67

2.5.5. CÁLCULO DE CANALIZACIONES 67

2.5.6. CÁLCULO DE PUESTA A TIERRA EN BAJA TENSIÓN 68

2. MEMORIA DE CÁLCULO

CONCIDERACIONES GENERALES

En este apartado se desarrollaran los cálculos y la justificación de las solucionas aportadas en las instalaciones eléctricas, siempre bajo el cumplimiento del Reglamento Electrotécnico de Baja tensión y sus Instrucciones complementarias.

2.1. CONDUCTORES

Los conductores usados se regirán por las especificaciones del proyecto, según se indica en memoria y planos. Serán de los siguientes tipos:

- ESO7Z1-K (AS): conductor unipolar aislado de tensión asignada 450/750 V con conductor de cobre clase 5 (-K) y aislamiento de compuesto termoplástico a base de poliolefina con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1), regulado por la norma UNE 211002. Su temperatura de servicio normal es 70ºC y de cortocircuito 160ºC (5s de duración máxima).

- VV-K: cable de tensión asignada 0,6/1kV, con conductor de cobre clase 5 (-K), con aislamiento y cubierta de policloruro de vinilo (VV), regulado por la norma UNE 21123-2. Su temperatura de servicio normal es de 70oC y de cortocircuito de 160oC (5s de duración máxima). También se usara con bandeja metálica perforada con tapa.

- RZ1-K (AS): cable de tensión asignada 0,6/1 kV con conductor de cobre de clase 5 (-K), aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina con baja emisión de humos y gases corrosivos, regulado mediante la norma UNE 21123-4. Su temperatura de servicio normal es de 90ºC y de cortocircuito de 250ºC (5s de duración máxima).

Para el dimensionado de los cables se realizará el cálculo para la máxima carga y deberán cumplir tanto por caída de tensión como por sobrecarga con lo establecido en el REBT.

2.2. CÁLCULOS LUMINOTÉCNICOS

Los niveles de iluminación recomendados para un local dependen de la actividad que se va a realizar en él. En general podemos distinguir entre tareas con requerimientos luminosos mínimos, normales y exigentes.

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

El nivel de iluminación deberá cumplir con las exigencias mínimas de la normativa de iluminación de interiores en lugares de trabajo y del código técnico de la edificación. Los aspectos mas importantes a tener en cuenta para la obtención de una buena iluminación son:

- Actividades o tareas a realizar en cada local
- El uso de las zonas a iluminar.
- El tipo de tarea visual a realizar.
- Las necesidades de luz del usuario del local.
- Dimensiones de los locales.
- La reflectación de las paredes, techo y suelo de la sala.
- Las características y tipo de techo.
- Colores y factores de reflexión del suelo, paredes y techo.
- Condiciones de luz natural.
- Situación de maquinaria, mobiliario y demás equipos.
- Condiciones de humedad, polvo y temperatura.
- Altura del plano de trabajo.

La altura del techo es un factor muy decisivo a la hora de elegir e instalar luminarias, ya que impide y condiciona el tipo y número de luminarias.

El tipo de luminarias más utilizadas en superficies comerciales (depende de las dimensiones y características del comercio) son las siguientes:

- Incandescentes
- Halógenas
- Fluorescentes
- Mercurio a alta presión y halogenuros metálicos

Los valores de reflexión de las paredes, techo y suelo se encuentran tabulados y se corresponde con lo indicado en la siguiente tabla 2-1:

	Color	Factor de reflexión
Techo	**Blanco o muy claro**	**0.7**
	Claro	**0.5**
	Medio	**0.3**
Paredes	**Claro**	**0.5**
	Medio	**0.3**
	Oscuro	**0.1**
Suelo	**Claro**	**0.3**
	Oscuro	**0.1**

Tabla 2-1. Valores de reflexión.

Los valores escogidos en función de las características del local son: techos de todas las zonas del local son blancos, las paredes claras y el suelo oscuro, por lo que los factores de reflexión que se usaran para el cálculo de luminarias será de 0.7 para techos, 0.5 para paredes y 0.3 para el suelo.

El nivel de iluminación mínimo de cada sala en función de la actividad se obtendrá en función de la tabla 2-2, correspondiente a el código técnico de edificación que aplicada al centro comercial nos proporciona los valores siguientes:

Lugar o Actividad	Iluminancia media (lux)
Pasillos y vías de circulación	100
Vestuarios, servicios y aseos	100
Salas de cuadros eléctricos	200
Oficinas	500
Almacenes	100
Áreas de embalados	300
Panaderías	300
Puestos de trabajo en mataderos, carnicerías, lecherías, etc	300
Clasificación y troceado de frutas y verduras	300
Áreas de venta al público	300
Puesto de cajero/a	500
Mesa de empaquetado	500

Tabla 2-2. Iluminancia media.

Una vez concretado el nivel de iluminación, los valores de reflexión y la iluminancia media, se ha de elegir entre los diferentes tipos de iluminación según las características de las mismas además de tener en cuenta el punto de vista económico y estético. En todo el local se van a usar generalmente lámparas de descarga (fluorescentes) que aunque son caras consumen bastante menos que otro tipo de luminarias. El uso de cualquier otro tipo de luminaria si es necesario quedara reflejado en los planos.

Para el cálculo de la distribución de las diferentes luminarias se ha utilizado el programa de calculo DIALux 4.6 utilizando los valores de reflexión descritos anteriormente, considerando el local limpio (factor de mantenimiento de 0.8). En los anexos de cálculo quedaran reflejados los valores anteriores así como la distribución que han de llevar las luminarias en cada zona.

En función de los diferentes valores introducidos para cada zona del centro comercial se han obteniendo un número aproximado de luminarias a instalar, pero en función de lo requerido se ha modificado para obtener los resultados requeridos que son los que se muestran en la tabla 2-3.

ZONA	LARGO (m)	ANCHO (m)	SUPERFICIE (m^2)	RECOMENDADO (lux)
Líneas de cajas	25,71	10,41	267,64	500
Hall de acceso			95,45	500
Sala de ventas			2287,11	300
Acceso de servicios	6,2	1,76	10,91	100
Acceso de vestuarios	8,66	2,54	22,00	100
Acceso de mercancías	6,2	16,38	101,56	100
Almacén			567,00	100
Servicio de hombres	3,4	5	17,00	100
Servicio de mujeres	6	3	18,00	100
Vestuarios de hombres	3,4	5	17,00	100
Vestuario de mujeres	6	3	18,00	100
Panadería			142,77	300
Frutería			214,74	300
Carnicería	6,15	9,65	59,35	300
Pescadería			86,07	300
Preparado de pescado	5,35	3,22	17,23	300
Sala de cuadro general	8,7	2,74	23,84	200
Sala de transformadores	5	3,4	17,00	200
Probadores	5	4,14	20,70	200
Celdas	5	3,4	17,00	200
Oficinas	9,52	2,09	19,90	500
Aparcamientos				100

Tabla 2-3. Resultados introducidos.

Los datos obtenidos son los expuestos en la tabla 2-4:

ZONA	Nº LUMINARIAS TOTAL	Nº LUMINARIAS ALUMBRADO EMERGENCIA	Nº LUMINARIAS ALUMBRADO GENERAL	POTENCIA INDIVIDUAL LUMINARIA (w)	POTENCIA TOTAL (w)
Líneas de cajas	80	32	48	162	12960
Hall de acceso	36	18	18	162	5832
Sala de ventas	496	125	371	162	80352
Acceso de servicios	4	2	2	56	224
Acceso de vestuarios	4	2	2	56	224
Acceso de mercancías	3	1	2	285	855
Almacén	14	6	8	285	3990
Servicio de hombres	9	3	6	56	504
Servicio de mujeres	9	3	6	56	504
Vestuarios de hombres	9	3	6	56	504
Vestuario de mujeres	9	3	6	56	504
Panadería	17	7	10	162	2754
Frutería	13	4	9	162	2106
Carnicería	6	2	4	162	972
Pescadería	11	4	7	162	1782
Preparado de pescado	3	1	2	162	486
Sala de cuadro general	3	1	2	166	498
Sala de transformadores	3	1	2	166	498
Probadores	6	2	4	56	336
Celdas	3	1	2	166	498
Oficinas	24	8	16	56	1344
Aparcamientos	36	11	25	230	8280

Tabla 2-4. Resultados obtenidos.

2.3. PREVISIÓN DE POTENCIA

Para la previsión de carga han de tenerse en cuenta los cálculos luminotécnicos obtenidos tanto interiores como exteriores, asín como el consumo de los diferentes aparatos conectados en la superficie comercial y la climatización de todas las zonas.

En las siguientes tablas se va a describir cada uno de los cuadros en los que se divide la alimentación del centro comercial.

Circuito	Descripción del circuito	Nº de luminarias por circuito	Potencia individual (w)	Potencia total instalada (w)
108	Alumbrado panadería	4	162	648
109	Alumbrado panadería	6	162	972
111	Alumbrado frutería	5	162	810
112	Alumbrado frutería	4	162	648
114	Alumbrado carnicería	4	162	648
116	Alumbrado pescadería	7	162	1134
117	Alumbrado preparado de pescado	2	162	324
119	Alumbrado almacén	4	285	1140
120	Alumbrado almacén	4	285	1140
122	Alumbrado acceso de mercancías	2	285	570
124	Alumbrado vestuarios hombres	6	56	336
127	Alumbrado vestuarios mujeres	6	56	336
128	Alumbrado acceso de vestuarios	2	56	112
130	Alumbrado probador	4	56	224
132	Alumbrado centro de transformación	2	166	332
134	Alumbrado sala cuadro general	2	166	332
136	Alumbrado sala de celdas	2	166	332
138	Alumbrado de aparcamientos	4	230	920
139	Alumbrado de aparcamientos	4	230	920
140	Alumbrado de aparcamientos	4	230	920
141	Alumbrado de aparcamientos	4	230	920
142	Alumbrado de aparcamientos	4	230	920
143	Alumbrado de aparcamientos	3	230	690
147	Alumbrado de aparcamientos	2	230	460
POTENCIA TOTAL DEL CUADRO CAG1				15788

Circuito	Descripción del circuito	Nº de luminarias por circuito	Potencia individual (w)	Potencia total instalada (w)
1	Alumbrado líneas de cajas	8	162	1296
2	Alumbrado líneas de cajas	8	162	1296
5	Alumbrado líneas de cajas	8	162	1296
6	Alumbrado líneas de cajas	8	162	1296
9	Alumbrado líneas de cajas	8	162	1296
10	Alumbrado líneas de cajas	8	162	1296
12	Alumbrado hall de acceso	5	162	810
14	Alumbrado hall de acceso	5	162	810

16	Alumbrado hall de acceso	4	162	648
18	Alumbrado hall de acceso	4	162	648
20	Alumbrado acceso de servicios	2	56	112
21	Alumbrado servicios hombres	6	56	336
23	Alumbrado servicios mujeres	6	56	336
25	Alumbrado oficina	8	56	448
27	Alumbrado oficina	8	56	448
POTENCIA TOTAL DEL CUADRO CAG2				12372

Circuito	Descripción del circuito	Nº de luminarias por circuito	Potencia individual (w)	Potencia total instalada (w)
28	Alumbrado sala de ventas	4	162	648
30	Alumbrado sala de ventas	6	162	972
32	Alumbrado sala de ventas	5	162	810
33	Alumbrado sala de ventas	7	162	1134
34	Alumbrado sala de ventas	7	162	1134
35	Alumbrado sala de ventas	8	162	1296
37	Alumbrado sala de ventas	6	162	972
39	Alumbrado sala de ventas	5	162	810
40	Alumbrado sala de ventas	7	162	1134
41	Alumbrado sala de ventas	7	162	1134
42	Alumbrado sala de ventas	8	162	1296
44	Alumbrado sala de ventas	6	162	972
46	Alumbrado sala de ventas	5	162	810
47	Alumbrado sala de ventas	7	162	1134
48	Alumbrado sala de ventas	7	162	1134
49	Alumbrado sala de ventas	8	162	1296
51	Alumbrado sala de ventas	6	162	972
53	Alumbrado sala de ventas	5	162	810
54	Alumbrado sala de ventas	7	162	1134
55	Alumbrado sala de ventas	7	162	1134
56	Alumbrado sala de ventas	8	162	1296
58	Alumbrado sala de ventas	6	162	972
60	Alumbrado sala de ventas	5	162	810
61	Alumbrado sala de ventas	7	162	1134
62	Alumbrado sala de ventas	7	162	1134
63	Alumbrado sala de ventas	8	162	1296
65	Alumbrado sala de ventas	6	162	972
67	Alumbrado sala de ventas	5	162	810
68	Alumbrado sala de ventas	7	162	1134
POTENCIA TOTAL DEL CUADRO CAG3				30294

Circuito	Descripción del circuito	Nº de luminarias por circuito	Potencia individual (w)	Potencia total instalada (w)
69	Alumbrado sala de ventas	7	162	1134
70	Alumbrado sala de ventas	8	162	1296
72	Alumbrado sala de ventas	6	162	972
74	Alumbrado sala de ventas	5	162	810

75	Alumbrado sala de ventas	7	162	1134
76	Alumbrado sala de ventas	7	162	1134
77	Alumbrado sala de ventas	8	162	1296
79	Alumbrado sala de ventas	6	162	972
81	Alumbrado sala de ventas	5	162	810
82	Alumbrado sala de ventas	7	162	1134
83	Alumbrado sala de ventas	7	162	1134
84	Alumbrado sala de ventas	8	162	1296
86	Alumbrado sala de ventas	6	162	972
88	Alumbrado sala de ventas	5	162	810
89	Alumbrado sala de ventas	7	162	1134
90	Alumbrado sala de ventas	7	162	1134
91	Alumbrado sala de ventas	8	162	1296
93	Alumbrado sala de ventas	6	162	972
95	Alumbrado sala de ventas	5	162	810
96	Alumbrado sala de ventas	7	162	1134
97	Alumbrado sala de ventas	7	162	1134
98	Alumbrado sala de ventas	8	162	1296
100	Alumbrado sala de ventas	6	162	972
102	Alumbrado sala de ventas	5	162	810
103	Alumbrado sala de ventas	7	162	1134
104	Alumbrado sala de ventas	7	162	1134
105	Alumbrado sala de ventas	8	162	1296
107	Alumbrado sala de ventas	4	162	648
POTENCIA TOTAL DEL CUADRO CAG4				29808

Circuito	Descripción del circuito	Nº de luminarias por circuito	Potencia individual (w)	Potencia total instalada (w)
110	Alumbrado panadería	7	162	1134
113	Alumbrado frutería	4	162	648
149	Alumbrado carnicería	2	162	324
115	Alumbrado pescadería	4	162	648
118	Alumbrado preparado de pescado	1	162	162
121	Alumbrado almacén	6	285	1710
123	Alumbrado acceso de mercancías	1	285	285
125	Alumbrado vestuarios hombres	3	56	168
126	Alumbrado vestuarios mujeres	3	56	168
129	Alumbrado acceso de vestuarios	2	56	112
131	Alumbrado probador	2	56	112
133	Alumbrado centro de transformación	1	166	166
135	Alumbrado sala cuadro general	1	166	166
137	Alumbrado sala de celdas	1	166	166
144	Alumbrado de aparcamientos	4	230	920
145	Alumbrado de aparcamientos	4	230	920
146	Alumbrado de aparcamientos	3	230	690
148	Rótulos luminosos	3	300	900
POTENCIA TOTAL DEL CUADRO CAE1				9399

Circuito	Descripción del circuito	Nº de luminarias por circuito	Potencia individual (w)	Potencia total instalada (w)
3	Alumbrado líneas de cajas	8	162	1296
4	Alumbrado líneas de cajas	8	162	1296
7	Alumbrado líneas de cajas	8	162	1296
8	Alumbrado líneas de cajas	8	162	1296
11	Alumbrado hall de acceso	5	162	810
13	Alumbrado hall de acceso	5	162	810
15	Alumbrado hall de acceso	4	162	648
17	Alumbrado hall de acceso	4	162	648
19	Alumbrado acceso de servicios	2	56	112
22	Alumbrado servicios hombres	3	56	168
23	Alumbrado servicios mujeres	3	56	168
26	Alumbrado oficina	8	56	448
POTENCIA TOTAL DEL CUADRO CAE2				8996

Circuito	Descripción del circuito	Nº de luminarias por circuito	Potencia individual (w)	Potencia total instalada (w)
29	Alumbrado sala de ventas	6	162	972
31	Alumbrado sala de ventas	5	162	810
36	Alumbrado sala de ventas	6	162	972
38	Alumbrado sala de ventas	5	162	810
43	Alumbrado sala de ventas	6	162	972
45	Alumbrado sala de ventas	5	162	810
50	Alumbrado sala de ventas	6	162	972
52	Alumbrado sala de ventas	5	162	810
57	Alumbrado sala de ventas	6	162	972
59	Alumbrado sala de ventas	5	162	810
64	Alumbrado sala de ventas	6	162	972
66	Alumbrado sala de ventas	5	162	810
71	Alumbrado sala de ventas	6	162	972
73	Alumbrado sala de ventas	5	162	810
78	Alumbrado sala de ventas	6	162	972
80	Alumbrado sala de ventas	5	162	810
85	Alumbrado sala de ventas	6	162	972
87	Alumbrado sala de ventas	5	162	810
92	Alumbrado sala de ventas	6	162	972
94	Alumbrado sala de ventas	5	162	810
99	Alumbrado sala de ventas	6	162	972
101	Alumbrado sala de ventas	5	162	810
106	Alumbrado sala de ventas	4	162	648
POTENCIA TOTAL DEL CUADRO CAE3				20250

Circuito	Descripción del circuito	Potencia individual (w)
1	T.C. Almacén	2000
2	T.C. Almacén	2000
3	T.C. Almacén	2000
4	T.C. Secador manos hombres	5000
5	T.C. Secador manos mujeres	5000
6	T.C. Termo eléctrico	2500
7	T.C. Termo eléctrico	2500
8	T.C. Vestuarios	4000
9	T.C. Vestuarios	4000
10	T.C. Probador	4000
POTENCIA TOTAL DEL CUADRO DE FUERZA 1		

Circuito	Descripción del circuito	Potencia individual (w)
11	T.C. Pescadería	4000
12	T.C. Carnicería	4000
13	T.C. Frutería	4000
14	T.C. Horno	12500
15	T.C. Panadería	2350
16	T.C. Panadería	6000
17	T.C. Sala de ventas	3800
18	T.C. Sala de ventas	4200
19	T.C. Sala de ventas	6000
20	T.C. Sala de ventas	4200
21	T.C. Sala de ventas	5400
22	T.C. Charcutería	6600
POTENCIA TOTAL DEL CUADRO DE FUERZA 2		

Circuito	Descripción del circuito	Potencia individual (w)
23	T.C. Hall de acceso	4000
24	T.C. Paquetería	2000
25	T.C. Farmacia	3600
26	T.C. Venta de disco	3600
27	T.C. Secador manos hombres	5000
28	T.C. Secador manos mujeres	5000
29	T.C. Termo eléctrico	2500
30	T.C. Termo eléctrico	2500
31	T.C. Aseos	4000
32	T.C. Aseos	4000
POTENCIA TOTAL DEL CUADRO DE FUERZA 3		

Circuito	Descripción del circuito	Potencia individual (w)
33	Climatización	40000
34	Climatización	40000
35	Climatización	40000
36	Climatización	40000
POTENCIA TOTAL DEL CUADRO DE FUERZA 4		

Circuito	Descripción del circuito	Potencia individual (w)
E1	Plataforma hidráulica	2250
E2	Plataforma hidráulica	2250
E3	Cargador carretilla	6000
E4	Cargador carretilla	6000
E5	Cargador carretilla	6000
E6	Cargador carretilla	6000
E7	T.C. Pescadería	1300
E8	Mostradores frigoríficos	7500
E9	Mostradores frigoríficos	7500
E10	Mostradores frigoríficos	7500
E11	T.C. Carnicería	4300
E12	Mostradores frigoríficos	7500
POTENCIA TOTAL DEL CUADRO DE FUERZA DE EMERGENCIA 1		

Circuito	Descripción del circuito	Potencia individual (w)
E23	Arcones congeladores	10000
E24	Arcones congeladores	10000
E25	Arcones congeladores	10000
E26	Arcones congeladores	10000
E27	Mostradores frigoríficas	9000
E28	T.C. Charcutería	4500
E29	Mostradores frigoríficos	7000
E30	Mostradores frigoríficos	7000
E31	Cámara frigorífica	13800
POTENCIA TOTAL DEL CUADRO DE FUERZA DE EMERGENCIA 2		

Circuito	Descripción del circuito	Potencia individual (w)
E13	Líneas de cobro	3450
E14	Líneas de cobro	3450
E15	Líneas de cobro	3450
E16	Motor puerta acceso	1200
E17	Motor puerta salida	1200
E18	Líneas de cobro farmacia	750
E19	Líneas de cobro venta discos	750
E20	T.C. Oficina	6600
E21	T.C. Oficina	6600
E22	T.C. Oficina	6600
POTENCIA TOTAL DEL CUADRO DE FUERZA DE EMERGENCIA 3		

Circuito	Descripción del circuito	Potencia individual (w)
E32	Cámaras frigoríficas	13800
E33	Cámaras frigoríficas	13800
E34	Cámaras frigoríficas	13800
E35	Cámaras frigoríficas	13800
E36	Cámaras frigoríficas	13800
E37	Cámaras frigoríficas	13800
POTENCIA TOTAL DEL CUADRO DE FUERZA DE EMERGENCIA 4		

Resumen de la potencia consumido:

INSTALACIÓN DE ALUMBRADO		INSTALACIÓN DE FUERZA	
CAG1	12372 W	CFG1	33000 W
CAG2	15788 W	CFG2	63050 W
CAG3	30294 W	CFG3	36200 W
CAG4	29808 W	CFG4	160000 W
CAE1	9399 W	CFE1	64100 W
CAE2	8996 W	CFE2	81300 W
CAE3	20250 W	CFE3	34050 W
		CFE4	82800 W
TOTAL GENERAL	88262 W	TOTAL GENERAL	292250 W
TOTAL EMERGENCIA	38645 W	TOTAL EMERGENCIA	262250 W
TOTAL ALUMBRADO	126907 W	TOTAL FUERZA	554500 W

La potencia total de consumo del centro comercial que sale de la suma de las partes tanto del alumbrado como de la instalación de fuerza es de **681,4 kW**.

2.4. CÁLCULO DE MEDIA TENSIÓN

2.4.1. INTENSIDAD EN ALTA TENSIÓN

En un transformador trifásico la intensidad del circuito primario Ip viene dada por la expresión:

$$Ip = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U}$$

Siendo:

S = Potencia del transformador en kVA.
U = Tensión compuesta primaria en kV = 20 kV.
Ip = Intensidad primaria en Amperios.

Sustituyendo valores, tendremos:

Potencia del transformador (kVA)	Tensión (kV)	Intensidad primaria (A)
1000	20	28,87

2.4.2. INTENSIDAD EN BAJA TENSIÓN

En un transformador trifásico la intensidad secundaria Is viene dada por la expresión:

$$Is = \frac{(S - Wfe - Wcu)}{\sqrt{3} \cdot Us}$$

Siendo:

S = Potencia del transformador en kVA.
Wfe= Perdidas en el hierro.
Wcu= Perdidas en los arrollamientos.
Us = Tensión compuesta en carga del secundario.
Is = Intensidad secundaria en Amperios.

Se ha despreciado las perdidas en el hierro y en los arrollamientos, por lo que la intensidad en el secundario es un poco mayor de la real.

Sustituyendo valores, tendremos:

Potencia del transformador (kVA)	Tensión (V)	Intensidad primaria (A)
1000	400	1443,38

2.4.3. CÁLCULOS DE LAS CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO

Para el cálculo de la intensidad de cortocircuito se determina una potencia de cortocircuito de 500 MVA en la red de distribución, dato proporcionado por la Compañía suministradora.

Para la realización del cálculo de las corrientes de cortocircuito utilizaremos las siguientes expresiones:

- Intensidad primaria para cortocircuito en el lado de Alta Tensión:

$$Iccp = \frac{Scc}{\sqrt{3} \cdot U}$$

Siendo:

S = Potencia de cortocircuito de la red.
U = Tensión primaria.
Iccp = Intensidad de cortocircuito primaria.

Sustituyendo valores, tendremos:

Potencia de cortocircuito (MVA)	Tensión (kV)	Intensidad de cortocircuito primaria (kA)
500	20	14,43

- Intensidad secundaria para cortocircuito en el lado de Baja Tensión (despreciando la impedancia de la red de alta tensión):

$$Iccs = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot \frac{Ucc}{100} \cdot Us}$$

Siendo:

S = Potencia del transformador.
Ucc = Tensión porcentual de cortocircuito del transformador.
Us = Tensión secundaria en carga.
Iccs = Intensidad de cortocircuito secundaria.

Sustituyendo valores, tendremos:

Potencia del transformador (kVA)	Tensión (V)	Tensión de cortocircuito (%)	Intensidad (kA)
1000	400	4	24,06

2.4.4. DIMENSIONADO DEL EMBARRADO

Como resultado de los ensayos que han sido realizados a las celdas por el fabricante no son necesarios los cálculos teóricos ya que con los certificados de ensayo ya se justifican los valores que se indica tanto en esta memoria como en las placas de características de las celdas.

2.4.4.1. COMPROBACIÓN POR DENSIDAD DE CORRIENTE

La comprobación por densidad de corriente tiene como objeto verificar que no se supera la máxima densidad de corriente admisible por el elemento conductor cuando por el circule un corriente igual a la corriente nominal máxima.

Para las celdas modelo SM6 seleccionadas para este proyecto se ha obtenido la correspondiente certificación que garantiza cumple con la especificación citada mediante el protocolo de ensayo 51167219EA realizado por VOLTA.

2.4.4.2. COMPROBACIÓN POR SOLICITACIÓN ELECTRODINÁMICA

La comprobación por solicitación electrodinámica tiene como objeto verificar que los elementos conductores de las celdas incluidas en este proyecto son capaces de soportar el esfuerzo mecánico derivado de un defecto de cortocircuito entre fase.

Para las celdas modelo SM6 seleccionadas para este proyecto se ha obtenido la correspondiente certificación que garantiza cumple con la especificación citada mediante el protocolo de ensayo 51168210XB realizado por VOLTA.

El ensayo garantiza una resistencia electrodinámica de 40kA.

2.4.4.3. COMPROBACIÓN POR SOLICITACIÓN TÉRMICA

La comprobación por solicitación térmica tiene como objeto comprobar que por motivo de la aparición de un defecto o cortocircuito no se producirá un calentamiento excesivo del elemento conductor principal de las celdas que pudiera así dañarlo.

Para las celdas modelo SM6 seleccionadas para este proyecto se ha obtenido la correspondiente certificación que garantiza cumple con la especificación citada mediante el protocolo de ensayo 51168210XB realizado por VOLTA.

El ensayo garantiza una resistencia térmica de 16kA 1 segundo.

2.4.5. SELECCIÓN DE LAS PROTECCIONES DE ALTA Y BAJA TENSIÓN

2.4.5.1. PROTECCIONES EN ALTA TENSIÓN

Los cortacircuitos fusibles son los limitadores de corriente, produciéndose su fusión, para una intensidad determinada, antes que la corriente haya alcanzado su valor máximo. De todas formas, esta protección debe permitir el paso de la punta de corriente producida en la conexión del transformador en vacío, soportar la intensidad en servicio continuo y sobrecargas eventuales y cortar las intensidades de defecto en los bornes del secundario del transformador.

Como regla practica, simple y comprobada, que tiene en cuenta la conexión en vacío del transformador y evita el envejecimiento del fusible, se puede verificar que la intensidad que hace fundir al fusible en 0,1 segundo es siempre superior o igual a 14 veces la intensidad nominal del transformador.

La intensidad nominal de los fusibles se escogerá por tanto en función de la potencia del transformador a proteger.

Potencia del transformador (kVA)	Intensidad del fusible de alta tensión (A)
1000	63

2.4.5.2. PROTECCIONES EN BAJA TENSIÓN

En el circuito de baja tensión del transformador se instalara un Cuadro de Distribución homologado por la Compañía Suministradora.

Potencia del transformador (kVA)	Numero de salidas en baja tensión
1000	8

2.4.6. DIMENSIONADO DE LA VENTILACIÓN DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

Para calcular la superficie de la reja de entrada de aire utilizaremos la siguiente expresión:

$$Sr = \frac{Wfe + Wcu}{0{,}24 \cdot k \cdot \sqrt{h \cdot \Delta T^3}}$$

Siendo:

Wcu = Perdidas en cortocircuito del transformador en kW.
Wfe = Perdidas en vacío del transformador en kW.
h = Distancia vertical entre centros de rejas = 2 m.
ΔT = Diferencia de temperatura entre el aire de salida y el de entrada, considerándose en este caso un valor de 15°C.
k = Coeficiente en función de la reja de entrada de aire, considerándose su valor como 0,6.
Sr = Superficie minima de la reja de entrada de ventilación del transformador.

Sustituyendo valores, tendremos:

Potencia del transformador (kVA)	Pérdidas Wfe+Wcu (kW)	Sr mínima (m^2)
1000	12,2	1.03

2.4.7. DIMENSIONES DEL POZO APAGAFUEGOS

El foso de recogida de aceite deberá ser capaz de alojar la totalidad del volumen de agente refrigerante que contiene el transformador en caso de su vaciamiento total.

Potencia del transformador (kVA)	Volumen mínimo del foso apagafuegos (litros)
1000	12,2

2.4.8. CALCULOS DE LAS INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA (P.A.T)

2.4.8.1. INVESTIGACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL SUELO

Según la investigación previa del terreno donde se instalara este Centro de Transformación, se determina una resistividad media superficial = 200 Ω.m.

2.4.8.2. DETERMINACIÓN DE LAS CORRIENTES MÁXIMAS DE P.A.T. Y TIEMPO MÁXIMO CORRESPONDIENTE A LA ELIMINACIÓN DEL DEFECTO

Según los datos de la red proporcionados por la compañía suministradora (ENDESA), el tiempo máximo de la eliminación del defecto es de 1s. Los valores de K y n para calcular la tensión máxima de contacto aplicada según MIE-RAT 13 en el tiempo de defecto proporcionado por la compañía son:

$$K = 78.5 \text{ y } n = 0.18$$

Por otra parte los valores de la impedancia de puesta a tierra del neutro corresponden a:

$$Rn = 12\ \Omega \text{ y } Xn = 0\ \Omega$$

$$|Zn| = \sqrt{Rn^2 + Xn^2}$$

La intensidad máxima de defecto se producirá en el caso hipotético de que la resistencia de puesta a tierra del C.T. sea nula. Dicha intensidad será, por tanto igual a:

$$Id(\max) = \frac{Us\max}{\sqrt{3} \cdot Zn}$$

Siendo:

Usmax = Tensión máxima en primario.
Zn= Impedancia.
Id = Intensidad máxima de defecto.

Sustituyendo valores, tendremos:

Tensión máxima (v)	Impedancia	Intensidad máxima calculada (A)	Intensidad máxima redondeada por compañía (A)
20000	12	962,25	1000

2.4.8.3. DISEÑO DE LA INSTALACIÓN DE TIERRA

Para los cálculos a realizar emplearemos las expresiones y procedimientos según el "Método de calculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación de tercera categoría", editado por UNESA

- TIERRA DE PROTECCIÓN

Se conectaran a este sistema las partes metálicas de la instalación que no estén en tensión normalmente pero puedan estarlo a consecuencia de averías o causas fortuitas, tales como los chasis y los bastidores de los aparatos de maniobra, envolventes metálicas de las cabinas prefabricadas y carcasas de los transformadores.

Para la tierra de protección optaremos por un sistema de las características que se indica a continuación:

- Identificación: código 5/62 del método de calculo de tierras de UNESA.
- Parámetros característicos:
  Kr = 0.073 W/(W·m).
  Kp = 0.012 V/(W·m·A).

Estará constituida por 6 picas en hilera unidas por un conductor horizontal de cobre desnudo de 50 mm2 de sección. Las picas tendrán un diámetro de 14 mm. y una longitud de 2.00 m. Se enterraran verticalmente a una profundidad de 0.5 m. y la separación entre cada pica y la siguiente será de 3.00 m. Con esta configuración, la longitud de conductor desde la primera pica a la ultima será de 15 m., dimensión que tendrá que haber disponible en el terreno.

La conexión desde el Centro hasta la primera pica se realizara con cable de cobre aislado de 0.6/1 kV protegido contra danos mecánicos.

NOTA: Se podrán utilizar otras configuraciones siempre y cuando los parámetros Kr y Kp de la configuración escogida sean inferiores o iguales a los indicados en el párrafo anterior.

- TIERRA DE SERVICIO

Se conectaran a este sistema el neutro del transformador, así como la tierra de los secundarios de los transformadores de tensión e intensidad de la celda de medida. Las características de las picas serán las mismas que las indicadas para la tierra de protección. La configuración escogida se describe a continuación:

- Identificación: código 5/62 del método de calculo de tierras de UNESA.
- Parámetros característicos:
  Kr = 0.073 W/(W·m).
  Kp = 0.012 V/(W·m·A).

Estará constituida por 6 picas en hilera unidas por un conductor horizontal de cobre desnudo de 50 mm2 de sección. Las picas tendrán un diámetro de 14 mm. y una longitud de 2.00 m. Se enterraran verticalmente a una profundidad de 0.5 m. y la separación entre cada pica y la siguiente será de 3.00 m. Con esta configuración, la longitud de conductor desde la primera pica a la ultima será de 15 m., dimensión que tendrá que haber disponible en el terreno.

NOTA: Se pueden utilizar otras configuraciones siempre y cuando los parámetros Kr y Kp de la configuración escogida sean inferiores o iguales a los indicados en el párrafo anterior.

La conexión desde el Centro hasta la primera pica se realizara con cable de cobre aislado de 0.6/1 kV protegido contra danos mecánicos.

El valor de la resistencia de puesta a tierra de este electrodo deberá ser inferior a 37Ω. Con este criterio se consigue que un defecto a tierra en una instalación de Baja Tensión protegida contra contactos indirectos por un interruptor diferencial de sensibilidad 650 mA., no ocasione en el electrodo de puesta a tierra una tensión superior a 24 Voltios (=37 x 0,650).

Existirá una separación minima entre las picas de la tierra de protección y las picas de la tierra de servicio a fin de evitar la posible transferencia de tensiones elevadas a la red de Baja Tensión.

2.4.8.4. CÁLCULO DE LA RESISTENCIA DEL SISTEMA DE TIERRAS

TIERRA DE PROTECCIÓN

Para el cálculo de la resistencia de la puesta a tierra de las masas del Centro (Rt), intensidad y tensión de defecto correspondientes (Id, Ud), utilizaremos las siguientes formulas:

- Resistencia del sistema de puesta a tierra:

$$Rt = Kr \cdot \sigma$$

- Intensidad de defecto:

$$Id = \frac{Us\max}{\sqrt{3}\cdot\sqrt{(Rn+Rt)^2 + Xn^2}}$$

- Tensión de defecto:

$$Ud = Id \cdot Rt$$

Siendo:

σ = Resistividad del terreno.
Rn y Xn = Neutro puesto a tierra a través de impedancia.
Rt = Resistencia de la puesta a tierra de protección del centro de transformación.
Kr = Coeficiente en función del sistema elegido.

Sustituyendo valores, tendremos:

Usmax (v)	σ (Ω.m.)	Resistencia del sistema de p.a.t (Ω)	Kr (Ω/(Ω.m.))	Rt (Ω)	Intensidad defecto (A)	Tensión defecto (V)
20000	200	12	0,073	14,6	434,1	6337,8

El aislamiento de las instalaciones de baja tensión del C.T. deberá ser mayor o igual que la tensión máxima de defecto calculada (Ud), por lo que deberá ser como mínimo de 8000 Voltios.

De esta manera se evitara que las sobretensiones que aparezcan al producirse un defecto en la parte de Alta Tensión deterioren los elementos de Baja Tensión del centro, y tampoco afecten a la red de Baja Tensión.

Comprobamos asimismo que la intensidad de defecto calculada es superior a 100 Amperios, lo que permitirá que pueda ser detectada por las protecciones normales.

- TIERRA DE PROTECCIÓN

$$Rt = Kr \cdot \sigma = 0.073 \cdot 200 = 14.6\ \Omega$$

Vemos que la resistencia es inferior a 37 Ω.

2.4.8.5. CÁLCULOS DE LAS TENSIONES EN EL EXTERIOR DE LA INSTALACIÓN

Con el fin de evitar la aparición de tensiones de contacto elevadas en el exterior de la instalación, las puertas y rejas de ventilación metálicas que dan al exterior del centro no tendrán contacto eléctrico alguno con masas conductoras que, a causa de defectos o averías, sean susceptibles de quedar sometidas a tensión.

Los muros, entre sus paramentos tendrán una resistencia de 100.000 ohmios como mínimo (al mes de su realización).

Con estas medidas de seguridad, no será necesario calcular las tensiones de contacto en el exterior, ya que estas serán prácticamente nulas. Por otra parte, la tensión de paso en el exterior vendrá determinada por las características del electrodo y de la resistividad del terreno, por la expresión:

$$Up = Kp \cdot \sigma \cdot Id$$

Siendo:

σ = Resistividad del terreno.
Id = Intensidad de defecto.
Kp = Coeficiente de paso.
Up = Tensión de paso.

Sustituyendo valores, tendremos:

σ (Ω.m.)	Kp (V/(Ω.m.)A)	Intensidad defecto (A)	Tensión defecto (V)
200	0,012	434,1	1041,8

2.4.8.6. CÁLCULOS DE LAS TENSIONES EN EL INTERIOR DE LA INSTALACIÓN

El piso del Centro de Transformación estará constituido por un mallazo electrosoldado con redondos de diámetro no inferior a 4 mm. formando una retícula no superior a 0,30 x 0,30 m. Este mallazo se conectara como mínimo en dos puntos preferentemente opuestos a la puesta a tierra de protección del Centro. Con esta disposición se consigue que la persona que deba acceder a una parte que pueda quedar en tensión, de forma eventual, esta sobre una superficie equipotencial, con lo que desaparece el riesgo inherente a la tensión de contacto y de paso interior. Este mallazo se cubrirá con una capa de hormigón de 10 cm. de espesor como mínimo.

En el caso de existir en el paramento interior una armadura metálica, esta estará unida a la estructura metálica del piso.

Así pues, no será necesario el cálculo de las tensiones de paso y contacto en el interior de la instalación, puesto que su valor será prácticamente nulo.

No obstante, y según el método de cálculo empleado, la existencia de una malla equipotencial conectada al electrodo de tierra implica que la tensión de paso de acceso es equivalente al valor de la tensión de defecto, que se obtiene mediante la expresión:

$$Up\ acceso = Ud = Rt \cdot Id$$

Siendo:

Ud = Up acceso = Tensión de defecto.
Rt = Resistencia de la puesta a tierra de protección del centro de transformación.
Id = Intensidad de defecto.

Sustituyendo valores, tendremos:

Rt (Ω)	Intensidad defecto (A)	Tensión defecto (V)
14,6	434,1	6337,8

2.4.8.7. CÁLCULO DE LAS TENSIONES APLICADAS

La tensión máxima de contacto aplicada, en voltios, que se puede aceptar, según el reglamento MIE-RAT, será:

$$Uca = \frac{K}{t^n}$$

Siendo:

Uca = Tensión máxima de contacto aplicada.
K y n = Coeficientes en función del tiempo.
t = Duración de la falta en segundos.

Sustituyendo valores, tendremos:

n	K	Tiempo (s)	Tensión máxima de contacto (V)
0,18	78,5	1	78,5

Para la determinación de los valores máximos admisibles de la tensión de paso en el exterior, y en el acceso al Centro de Transformación, emplearemos las siguientes expresiones:

$$Up(exterior) = 10\frac{K}{t^n}\left(1+\frac{6\cdot\sigma}{1000}\right)$$

$$Up(acceso) = 10\frac{K}{t^n}\left(1+\frac{3\cdot\sigma+3\cdot\sigma h}{1000}\right)$$

Siendo:

Up = Tensión de paso exterior admisible.
K y n = Coeficientes en función del tiempo.
t = Duración de la falta en segundos.
σ = Resistividad del terreno.
σh = Resistividad del hormigón.

Sustituyendo valores, tendremos:

n	K	Tiempo (s)	Resistividad del terreno (Ω.m.)	Tensión de paso exterior (V)
0,18	78,5	1	200	1727

n	K	Tiempo (s)	Resistividad del terreno (Ω.m.)	Resistividad del hormigón (Ω.m.)	Tensión de paso de acceso (V)
0,18	78,5	1	200	3000	8321

Comprobamos que los resultados calculados son inferiores a los máximos admisibles:

- En el exterior:
  Up = 1041.8 V < Up(exterior) = 1727 V

- En el acceso al C.T.:
  Ud = 6337.8 V < Up(acceso) = 8321 V

2.4.8.8. INVESTIGACIÓN DE TENSIONES TRANSFERIBLES AL EXTERIOR

Al no existir medios de transferencia de tensiones al exterior no se considera necesario un estudio previo para su reducción o eliminación.

No obstante, con el objeto de garantizar que el sistema de puesta a tierra de servicio no alcance tensiones elevadas cuando se produce un defecto, existirá una distancia de separación minima Dmin, entre los electrodos de los sistemas de puesta a tierra de protección y de servicio, determinada por la expresión:

$$D\min = \frac{\sigma \cdot Id}{2 \cdot \pi \cdot U}$$

Siendo:

Dmin = Distancia mínima entre electrodos de los sistemas
σ = Resistividad del terreno
U = Tensión para sistemas de distribución TT
Id = Intensidad de defecto

Sustituyendo valores, tendremos:

Resistividad del terreno (Ω.m.)	Tensión distribución TT (V)	Intensidad defecto (A)	Distancia mínima (m)
200	1200	434,1	11,51

2.5. CALCULOS DE BAJA TENSIÓN

El cálculo de las líneas de alimentación a todos y cada uno de los receptores y equipos eléctricos, se han realizado en función de la carga a transportar por cada una de ellas, así como de la caída de tensión máxima permita, de acuerdo con el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

2.5.1. FÓRMULAS EMPLEADAS

- **Sistema Trifásico**

$I = Pc / \sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\phi$
$e\ (\%) = (100 \cdot L \cdot Pc / k \cdot U^2 \cdot s)$

- **Sistema Monofásico:**

$I = Pc / U \times \cos\phi$
$e\ (\%) = (100 \cdot 2 \cdot L \cdot Pc / k \cdot U^2 \cdot s)$

En donde:

Pc = Potencia de cálculo.

Esta sera igual a:

- Pi (Potencia instalada) en casos de receptores normales.
- Pi x 1,8 para lamparas de descarga, como los fluorescentes.
- Pi x 1.25 para motores.

Siendo:

L = Longitud de cálculo.
e = Caida de tensión.
k = Conductividad.
I = Intensidad.
U = Tensión (Trifásica o Monofásica).
s = Sección del conductor.
$\cos\phi$ = Coseno de fi. Factor de potencia.

Fórmula Conductividad Eléctrica

$k = 1/\rho$
$\rho = \rho^{20}[1+\alpha\ (T-20)]$
$T = T0 + [(Tmax- T0)\cdot(I/Imax)^2]$

Siendo:
k = Conductividad del conductor a la temperatura T.
ρ = Resistividad del conductor a la temperatura T.

ρ^{20} = Resistividad del conductor a 20 ºC.
Cu = 0.018
Al = 0.029
α = Coeficiente de temperatura:
Cu = 0.00392
Al = 0.00403
T = Temperatura del conductor.
T0 = Temperatura ambiente:
Cables enterrados = 25 ºC
Cables al aire = 40 ºC
Tmax = Temperatura máxima admisible del conductor:
XLPE, EPR = 90 ºC
PVC = 70 ºC
I = Intensidad prevista por el conductor.
Imax = Intensidad máxima admisible del conductor.

Fórmulas de sobrecargas

$Ical \leq In \leq Iadm$

Donde:

Ical: Intensidad de calculo.
In: Intensidad nominal del dispositivo de protección.
Iadm: Intensidad admisible del conductor.

Compensación de energía reactiva

$tg\ \varphi = Q/P$
$Qc = P \cdot (tg\ \varphi - tg\ \varphi_1)$

Siendo:

P = Potencia activa instalación.
Q = Potencia reactiva instalación.
Qc = Potencia reactiva a compensar.
φ = Angulo de desfase de la instalación sin compensar.
φ_1 = Angulo de desfase que se quiere conseguir.

2.5.2. CÁLCULOS DE LAS LÍNEAS Y CIRCUITOS DE ALIMENTACIÓN

Según el tipo de consumo de potencia, sea de alumbrado o sea de cualquier otro, hay una serie de consideraciones a tener en cuenta marcadas por las instrucciones ITC BT. Dichos índices están marcados en función de los receptores de la referente energía eléctrica, y están indicados en el apartado de cálculo correspondiente.

Una vez calculada la potencia consumida se obtiene la tensión máxima admisible, con la que se adquiere la sección del conductor mediante la tabla 1 de la ITC-BT 19, teniendo en cuenta que a la sección obtenida será para conductores en las características que dicha tabla especifica.

Como el consumo de potencia no es muy elevado, se calculara la intensidad consumida por el circuito en punta que es la situación más desfavorable.

2.5.2.1. PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO

Para calcular la línea de alimentación o los circuitos se partirá de los siguientes valores:

- Tensión de servicio: 400 v (trifásica) y 230 v (monofásica).
- Longitud de la línea o circuito.
- Cos φ que dependerá de los circuitos.
- Canalización utilizada para la línea o circuito.
- Potencia instalada en función de la previsión de carga y distintos coeficientes.

Los circuitos de alimentación de lámparas deben estar previstos para transportar y soportar la carga debida a los propios receptores, a sus elementos asociados y a sus corrientes armónicas. Por esa razón y según la instrucción ITC-BT 44, se multiplicara por 1,8 los circuitos de lámparas de descarga.

El valor crítico de la caída de tensión viene marcado por la instrucción ITC-BT 19, la cual marca que la diferencia entre la tensión en origen de la instalación y cualquier punto de utilización sea menor del 3%.

Los circuitos de las maquinas, o circuitos de fuerza, los cuales alimentan a un solo motor, deben estar sobredimensionados para soportar una intensidad no inferior al 125% de la intensidad a plena carga del motor en cuestión, según marca específicamente la ITC-BT 47.

El valor crítico de la caída de tensión viene marcado por la instrucción ITC-BT 19, la cual marca que la diferencia entre la tensión en origen de la instalación y cualquier punto de instalación sea menor del 5%.

Para el calculo de la sección de los conductores que alimentan los diferentes subcuadros, se tomará como potencia consumida o potencia que necesita el panel, aquella que resulte de la suma de todas las potencias calculadas para los diferentes dispositivos que se alimenten de dicho subcuadro, teniendo en cuenta en cada caso los coeficientes aplicados.

En primer lugar se calculara la intensidad del circuito en función del tipo de sistema, una vez calculada esta y en función del tipo de instalación y de la intensidad obtenida se elige el tipo de conductor. Con el conductor elegido se obtendrá la sección del mismo en función de la intensidad máxima admisible.

Se calculara la caída de tensión del conductor, siendo esta menor del 3% para el alumbrado y menor del 5% para el resto. Una vez calculada la caída de tensión total deberá ser menor del 4,5% para el alumbrado y 6,5% en los demás usos. Para ello se sumará la caída de tensión aguas arriba del circuito o línea en cuestión.

Con el porcentaje de caída de tensión obtenida podremos ver si el cable elegido es el indicado o por lo contrario hay que coger un conductor de una sección mayor o incluso poner más de un conductor por fase.

Para la elección de la protección contra sobrecargas se tendrá en cuenta la formula contra sobrecarga y se elegirá el interruptor automático magnetotérmicos correspondiente.

En aquellos casos en que se aplique factores de corrección como puede darse en el caso de agrupamientos de cable se especificara el mismo.

2.5.2.2. PUENTE DE BAJA TENSIÓN

El puente de Baja Tensión que une el transformador con el cuadro general de Baja Tensión se realizara mediante cables aislados unipolares de aluminio del tipo RV 0,6/1kV, que se ajustará a lo especificado en la norma "Endesa CNL001": para un trasformador de 1000 kVA establece para fase cables de 3x4x240 mm^2 y para neutro 2x240 mm^2.

2.5.2.3. LÍNEAS DE ALIMENTACIÓN A CUADROS SECUNDARIOS

Se va a realizar el ejemplo de cálculo para una de las líneas que alimenta a un subcuadro. Las demás líneas se calcularan por el mismo procedimiento con sus respectivos valores, que dando reflejados los mismos en las tablas posteriores.

El ejemplo realizado para el cálculo es el de la LFG1 partiendo de los siguientes valores:

- Tensión de alimentación 400 V
- Canalización utilizada es de tipo E según tabla 1 ITC-BT 19
- Longitud 10 m
- Cos φ = 0,8
- Potencia de calculo 33000 W

Con estos valores se calcula la intensidad calculada que es:

$$I = Pc / \sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \phi = 59{,}5 \text{ A}$$

Se eligen conductores unipolares de 16 mm^2 de sección de cobre, siendo su designación la siguiente:

$$3x16+1x16+1x16TT\ mm^2\ Cu$$

Con aislamiento de 0,6/1 kV, XLPE (polietileno reticulado) - No propagador de la llama, no propagador del incendio, libre de halógenos, reducida emisión de gases tóxicos, baja emisión de humos opacos y muy baja emisión de gases corrosivos.

Designación UNE: RZ1-K (AS).

Para este tipo de conductor la intensidad máxima admisible a 40 ºC según ITC-BT 19 es de 91 A. Se va aplicar un coeficiente por agrupamiento con otros cables para todos los circuitos de 0,75, por lo que la intensidad admisible cogida para el cálculo es de 68,25 A. Con esta reducción se puede tener en cuenta una posible ampliación del correspondiente cuadro.

Se va a calcular la caída de tensión del conductor que al tratarse de la alimentación de un cuadro de fuerza deberá ser inferior al 5% y la máxima admisible de 6,5%, esta ultima será la suma de la caída de tensión calcula en este punto mas la de aguas arriba, que en este caso es el puente de Baja Tensión.

$$e\ (\%) = (100 \cdot L \cdot Pc / k \cdot U^2 \cdot s\ ) = 0{,}27\ \%$$

Para la elección de la protección contra sobrecarga se aplicara la ecuación siguiente:

$$Ical \leq In \leq Iadm$$

Siendo la intensidad calcula (Ical) 59,5 A, la intensidad nominal (In) elegida para el interruptor magnetotérmicos tetrapolar de 63 A, y la intensidad máxima admisible por el conductor (Iadm) 68,5 A, quedando la formula de la siguiente manera.

$$59{,}5A \leq 63A \leq 68{,}5A$$

La potencia de cálculo de las líneas de fuerza de los cuadros de fuerza general y de emergencia se han calculado de la siguiente forma: a la potencia total instalada se le ha restado la potencia del motor de mayor potencia, a este cuadro se le sumara la potencia del motor de mayor potencia multiplicada por 1,25 según ITC-BT 47.

Para el calculo de la potencia de los cuadros de alumbrado tanto para el de alumbrado general como para el de emergencia se ha calculado de la siguiente forma: a la potencia consumida por el cuadro se le ha restado el circuito que alimenta a la línea de alumbrado de mayor potencia y se le ha sumado esta multiplicada por 1,8 según ITC-BT 44.

Para la elección de los conductores de protección se tendrá en cuenta la tabla 2 de la ITC-BT 19, y en su caso siempre una superior a la calculada.

Los cálculos de las líneas de alimentación a los diferentes subcuadros queda recogida en la siguiente tabla:

CUADRO ALIMENTACIÓN DE LOS SUBCUADROS								
Circuito	L (m)	Pot. Calc. (W)	In (A)	Imax (A)	Tensión (V)	Conductor (mm2 Cu)	Ct (%)	Int. Aut. Magneto. (A)
LAG1	10	13408,8	24,2	36,75	400	4x6+TTx6	0,29	4x32
LAG2	117	16700	30,1	87	400	4x25+TTx16	1,02	4x32
LAG3	117	31330,8	56,5	131,25	400	4x50+TTx25	0,95	4x63
LAG4	117	30844,8	55,7	131,25	400	4x50+TTx25	0,94	4x63
LAE1	10	10032,8	18,1	28,5	400	4x4+TTx4	0,33	4x20
LAE2	117	10767	19,4	68,25	400	4x16+TTx16	1,03	4x20
LAE3	117	21027,6	37,9	108	400	4x35+TTx16	0,92	4x40
LFG1	10	33000	59,5	68,25	400	4x16+TTx16	0,27	4x63
LFG2	92	63050	113,8	131,25	400	4x50+TTx25	1,51	4x125
LFG3	117	36200	65,3	131,25	400	4x50+TTx25	1,10	4x80
LFG4	45	170000	306,7	415	400	4x185+TTx95	0,54	4x400
LFE1	10	64100	115,7	131,25	400	4x50+TTx25	0,17	4x125
LFE2	92	34050	61,4	108	400	4x35+TTx16	1,17	4x63
LFE3	117	81300	146,7	168	400	4x70+TTx35	1,77	4x160
LFE4	10	82800	149,4	168	400	4x70+TTx35	0,15	4x160

2.5.2.4. CÁLCULO DE LOS CIRCUITOS DE LOS CUADROS SECUNDARIOS

A continuación se muestran los cálculos obtenidos para cada circuito de los diferentes subcuadros tanto de los de alumbrado (general y emergencia) como para los de fuerza (general y emergencia). Los cálculos de los circuitos se han realizado de la misma forma que los realizados en el apartado anterior.

CUADRO ALUMBRADO EMERGENCIA 1									
Circuito	L (m)	Pot. Inst. (W)	Pot. Calc. (W)	In (A)	Imax (A)	Tensión (V)	Conductor (mm2 Cu)	Ct (%)	Int. Aut. Magneto. (A)
3	29	1296	2332,8	11,3	24,75	230	2x2,5+TTx2,5	2,13	2x16
4	22,58	1296	2332,8	11,3	24,75	230	2x2,5+TTx2,5	1,66	2x16
7	33,2	1296	2332,8	11,3	24,75	230	2x2,5+TTx2,5	2,44	2x16
8	26,8	1296	2332,8	11,3	24,75	230	2x2,5+TTx2,5	1,97	2x16
11	21,7	810	1458	7,0	18	230	2x1,5+TTx1,5	1,66	2x16
13	24,4	810	1458	7,0	18	230	2x1,5+TTx1,5	1,87	2x16
15	27,4	648	1166,4	5,6	18	230	2x1,5+TTx1,5	1,68	2x10
17	36,4	648	1166,4	5,6	18	230	2x1,5+TTx1,5	2,23	2x10
19	30,5	112	201,6	1,0	18	230	2x1,5+TTx1,5	0,32	2x10
22	36,9	168	302,4	1,5	18	230	2x1,5+TTx1,5	0,59	2x10
23	32	168	302,4	1,5	18	230	2x1,5+TTx1,5	0,51	2x10
26	39,5	448	806,4	3,9	18	230	2x1,5+TTx1,5	1,67	2x10

CUADRO ALUMBRADO EMERGENCIA 2									
Circuito	L (m)	Pot. Inst. (W)	Pot. Calc. (W)	In (A)	Imax (A)	Tensión (V)	Conductor (mm2 Cu)	Ct (%)	Int. Aut. Magneto. (A)
110	113,5	1134	2041,2	9,9	57	230	2x10+TTx10	1,82	2x16
113	88	648	1166,4	5,6	33,75	230	2x4+TTx4	2,02	2x10
149	50,3	324	583,2	2,8	18	230	2x1,5+TTx1,5	1,54	2x10
115	53	648	1166,4	5,6	24,75	230	2x2,5+TTx2,5	1,95	2x10
118	23,6	162	291,6	1,4	18	230	2x1,5+TTx1,5	0,36	2x6
121	71,8	1710	3078	14,9	57	230	2x10+1x10	1,74	2x16
123	41,2	285	513	2,5	18	230	2x1,5+TTx1,5	1,11	2x10
125	24,3	168	302,4	1,5	18	230	2x1,5+TTx1,5	0,39	2x10
126	28	168	302,4	1,5	18	230	2x1,5+TTx1,5	0,44	2x10
129	20,2	112	201,6	1,0	18	230	2x1,5+TTx1,5	0,21	2x10
131	28,3	112	201,6	1,0	18	230	2x1,5+TTx1,5	0,30	2x10
133	13	166	298,8	1,4	18	230	2x1,5+TTx1,5	0,20	2x10
135	15	166	298,8	1,4	18	230	2x1,5+TTx1,5	0,24	2x10
137	15	166	298,8	1,4	18	230	2x1,5+TTx1,5	0,24	2x10
144	99,1	920	1656	8,0	41,14	230	2x6+TTx6	2,15	2x10
145	139,5	920	1656	8,0	54,85	230	2x10+TTx10	1,82	2x10
146	144,3	690	1242	6,0	41,14	230	2x6+TTx6	2,35	2x10
148	145	900	1620	7,8	18	230	2x10+TTx10	1,85	2x10

CUADRO ALUMBRADO EMERGENCIA 3									
Circuito	L (m)	Pot. Inst. (W)	Pot. Calc. (W)	In (A)	Imax (A)	Tensión (V)	Conductor (mm2 Cu)	Ct (%)	Int. Aut. Magneto. (A)
29	43,8	972	1749,6	8,5	24,75	230	2x2,5+TTx2,5	2,41	2x10
31	43,8	810	1458	7,0	24,75	230	2x2,5+TTx2,5	2,01	2x10
36	49,1	972	1749,6	8,5	33,75	230	2x4+TTx4	1,69	2x10
38	49,1	810	1458	7,0	24,75	230	2x2,5+TTx2,5	2,26	2x10
43	54,4	972	1749,6	8,5	33,75	230	2x4+TTx4	1,87	2x10
45	54,4	810	1458	7,0	33,75	230	2x4+TTx4	1,56	2x10
50	59,8	972	1749,6	8,5	33,75	230	2x4+TTx4	2,06	2x10
52	59,8	810	1458	7,0	33,75	230	2x4+TTx4	1,72	2x10
57	65	972	1749,6	8,5	33,75	230	2x4+TTx4	2,24	2x10
59	65	810	1458	7,0	33,75	230	2x4+TTx4	1,87	2x10
64	70,4	972	1749,6	8,5	33,75	230	2x4+TTx4	2,43	2x10
66	70,4	810	1458	7,0	33,75	230	2x4+TTx4	2,02	2x10
71	75,7	972	1749,6	8,5	42,75	230	2x6+TTx6	1,74	2x10
73	75,7	810	1458	7,0	33,75	230	2x4+TTx4	2,17	2x10
78	81	972	1749,6	8,5	42,75	230	2x6+TTx6	1,86	2x10
80	81	810	1458	7,0	33,75	230	2x4+TTx4	2,33	2x10
85	86,3	972	1749,6	8,5	42,75	230	2x6+TTx6	1,98	2x10
87	86,3	810	1458	7,0	42,75	230	2x6+TTx6	1,65	2x10
92	91,7	972	1749,6	8,5	42,75	230	2x6+TTx6	2,11	2x10
94	91,7	810	1458	7,0	42,75	230	2x6+TTx6	1,76	2x10
99	97	972	1749,6	8,5	42,75	230	2x6+TTx6	2,23	2x10
101	97	810	1458	7,0	42,75	230	2x6+TTx6	1,86	2x10
104	102,3	648	1166,4	5,6	33,75	230	2x4+TTx4	2,35	2x10

CUADRO ALUMBRADO GENERAL 1									
Circuito	L (m)	Pot. Inst. (W)	Pot. Calc. (W)	In (A)	Imax (A)	Tensión (V)	Conductor (mm2 Cu)	Ct (%)	Int. Aut. Magneto. (A)
1	27	1296	2332,8	11,3	24,75	230	2x1,5+TTx1,5	1,98	2x16
2	20,5	1296	2332,8	11,3	24,75	230	2x1,5+TTx1,5	1,5	2x16
5	31,1	1296	2332,8	11,3	24,75	230	2x1,5+TTx1,5	2,28	2x16
6	24,7	1296	2332,8	11,3	24,75	230	2x1,5+TTx1,5	1,82	2x16
9	35,3	1296	2332,8	11,3	24,75	230	2x1,5+TTx1,5	2,6	2x16
10	28,9	1296	2332,8	11,3	24,75	230	2x1,5+TTx1,5	2,12	2x16
12	23	810	1458	7	18	230	2x1,5+TTx1,5	1,76	2x10
14	25,8	810	1458	7	18	230	2x1,5+TTx1,5	1,97	2x10
16	29	648	1166,4	5,6	18	230	2x1,5+TTx1,5	1,78	2x10
18	37,5	648	1166,4	5,6	18	230	2x1,5+TTx1,5	2,3	2x10
20	30	112	201,6	1,0	18	230	2x1,5+TTx1,5	0,32	2x10
21	49,2	336	604,8	2,9	18	230	2x1,5+TTx1,5	1,56	2x10
23	38,6	336	604,8	2,9	18	230	2x1,5+TTx1,5	1,23	2x10
25	47,2	448	806,4	3,9	18	230	2x1,5+TTx1,5	2,00	2x10
27	48,5	448	806,4	3,9	18	230	2x1,5+TTx1,5	2,05	2x10

CUADRO ALUMBRADO GENERAL 2									
Circuito	L (m)	Pot. Inst. (W)	Pot. Calc. (W)	In (A)	Imax (A)	Tensión (V)	Conductor (mm2 Cu)	Ct (%)	Int. Aut. Magneto. (A)
108	99,7	648	1166,4	5,6	33,75	230	2x4+TTx4	2,29	2x16
109	113,4	972	1749,6	8,5	42,75	230	2x6+TTx6	2,60	2x16
111	88	810	1458	7,0	33,75	230	2x4+TTx4	2,53	2x16
112	78,4	648	1166,4	5,6	33,75	230	2x4+TTx4	1,80	2x16
114	55	648	1166,4	5,6	33,75	230	2x4+TTx4	2,02	2x16
116	54	1134	2041,2	9,9	33,75	230	2x4+TTx4	2,17	2x16
117	24,5	324	583,2	2,8	18	230	2x1,5+TTx1,5	0,75	2x10
119	51,8	1140	2052	9,9	33,75	230	2x4+TTx4	2,09	2x10
120	55,2	1140	2052	9,9	33,75	230	2x4+TTx4	2,23	2x10
122	47	570	1026	5,0	18	230	2x2,5+TTx2,5	1,52	2x10
124	26,9	336	604,8	2,9	18	230	2x1,5+TTx1,5	0,85	2x10
127	37	336	604,8	2,9	18	230	2x1,5+TTx1,5	1,18	2x10
128	17	112	201,6	1,0	18	230	2x1,5+TTx1,5	0,18	2x10
130	32,3	224	403,2	1,9	18	230	2x1,5+TTx1,5	0,68	2x10
132	14,7	332	597,6	2,9	18	230	2x1,5+TTx1,5	0,46	2x10
134	17,3	332	597,6	2,9	18	230	2x1,5+TTx1,5	0,54	2x10
136	17,3	332	597,6	2,9	18	230	2x1,5+TTx1,5	0,54	2x10
138	86	920	1656	8,0	18	230	2x6+TTx6	1,87	2x10
139	95,4	920	1656	8,0	18	230	2x6+TTx6	2,07	2x10
140	109,6	920	1656	8,0	18	230	2x10+TTx10	1,43	2x10
141	124	920	1656	8,0	18	230	2x10+TTx10	1,62	2x10
142	136,2	920	1656	8,0	18	230	2x10+TTx10	1,78	2x10
143	146,7	690	1242	6,0	18	230	2x10+TTx10	1,44	2x10
147	91	460	828	4,0	18	230	2x4+TTx4	1,48	2x10

CUADRO ALUMBRADO GENERAL 3									
Circuito	L (m)	Pot. Inst. (W)	Pot. Calc. (W)	In (A)	Imax (A)	Tensión (V)	Conductor (mm2 Cu)	Ct (%)	Int. Aut. Magneto. (A)
28	44,2	648	1166,4	5,6	24,75	230	2x2,5+TTx2,5	1,62	2x10
29	44,2	972	1749,6	8,5	24,75	230	2x2,5+TTx2,5	2,44	2x10
30	46,9	810	1458	7,0	24,75	230	2x2,5+TTx2,5	2,15	2x10
32	46,9	1134	2041,2	9,9	33,75	230	2x4+TTx4	1,89	2x16
33	39,8	1134	2041,2	9,9	33,75	230	2x4+TTx4	1,60	2x16
34	49,5	1296	2332,8	11,3	33,75	230	2x4+TTx4	2,27	2x16
35	49,5	972	1749,6	8,5	33,75	230	2x4+TTx4	1,71	2x10
37	52,2	810	1458	7,0	24,75	230	2x2,5+TTx2,5	2,40	2x10
39	52,2	1134	2041,2	9,9	33,75	230	2x4+TTx4	2,10	2x16
40	45,1	1134	2041,2	9,9	33,75	230	2x4+TTx4	1,81	2x16
41	54,9	1296	2332,8	11,3	42,75	230	2x6+TTx6	1,68	2x16
42	54,9	972	1749,6	8,5	33,75	230	2x4+TTx4	1,89	2x10
44	57,5	810	1458	7,0	33,75	230	2x4+TTx4	1,65	2x10
46	57,5	1134	2041,2	9,9	33,75	230	2x4+TTx4	2,31	2x16
47	50,4	1134	2041,2	9,9	33,75	230	2x4+TTx4	2,03	2x16
48	60,2	1296	2332,8	11,3	42,75	230	2x6+TTx6	1,84	2x16
49	60,2	972	1749,6	8,5	33,75	230	2x4+TTx4	2,07	2x10
51	62,8	810	1458	7,0	33,75	230	2x4+TTx4	1,80	2x10
53	62,8	1134	2041,2	9,9	42,75	230	2x6+TTx6	1,68	2x16
55	55,8	1134	2041,2	9,9	42,75	230	2x6+TTx6	1,50	2x16
56	65,5	1296	2332,8	11,3	42,75	230	2x6+TTx6	2,01	2x16
58	65,5	972	1749,6	8,5	33,75	230	2x4+TTx4	2,26	2x10
60	68,1	810	1458	7,0	33,75	230	2x4+TTx4	1,96	2x10
61	68,1	1134	2041,2	9,9	42,75	230	2x6+TTx6	1,82	2x16
62	61,1	1134	2041,2	9,9	42,75	230	2x6+TTx6	1,64	2x16
63	70,8	1296	2332,8	11,3	42,75	230	2x6+TTx6	2,17	2x16
65	70,8	972	1749,6	8,5	33,75	230	2x4+TTx4	2,44	2x10
67	73,5	810	1458	7,0	33,75	230	2x4+TTx4	2,11	2x10
68	73,5	1134	2041,2	9,9	42,75	230	2x6+TTx6	1,97	2x16

CUADRO ALUMBRADO GENERAL 4									
Circuito	L (m)	Pot. Inst. (W)	Pot. Calc. (W)	In (A)	Imax (A)	Tensión (V)	Conductor (mm2 Cu)	Ct (%)	Int. Aut. Magneto. (A)
69	66,4	1134	2041,2	9,9	42,75	230	2x6+TTx6	1,78	2x16
70	76,2	1296	2332,8	11,3	42,75	230	2x6+TTx6	2,33	2x16
72	76,2	972	1749,6	8,5	42,75	230	2x6+TTx6	1,75	2x10
74	78,8	810	1458	7,0	33,75	230	2x4+TTx4	2,26	2x10
75	78,8	1134	2041,2	9,9	42,75	230	2x6+TTx6	2,11	2x16
76	71,7	1134	2041,2	9,9	42,75	230	2x6+TTx6	1,92	2x16
77	81,5	1296	2332,8	11,3	57	230	2x10+TTx10	1,50	2x16
79	81,5	972	1749,6	8,5	42,75	230	2x6+TTx6	1,87	2x10
81	84,1	810	1458	7,0	33,75	230	2x4+TTx4	2,41	2x10
82	84,1	1134	2041,2	9,9	42,75	230	2x6+TTx6	2,25	2x16
83	77	1134	2041,2	9,9	42,75	230	2x6+TTx6	2,06	2x16
84	94,8	1296	2332,8	11,3	57	230	2x10+TTx10	1,74	2x16
86	94,8	972	1749,6	8,5	42,75	230	2x6+TTx6	2,18	2x10
88	97,4	810	1458	7,0	42,75	230	2x6+TTx6	1,86	2x10
89	97,4	1134	2041,2	9,9	57	230	2x10+TTx10	1,57	2x16
90	82,4	1134	2041,2	9,9	42,75	230	2x6+TTx6	2,21	2x16
91	100,1	1296	2332,8	11,3	57	230	2x10+TTx10	1,84	2x16
93	100,1	972	1749,6	8,5	42,75	230	2x6+TTx6	2,30	2x10
95	102,7	810	1458	7,0	42,75	230	2x6+TTx6	1,97	2x10
96	102,7	1134	2041,2	9,9	57	230	2x10+TTx10	1,65	2x16
97	87,7	1134	2041,2	9,9	42,75	230	2x6+TTx6	2,35	2x16
98	105,4	1296	2332,8	11,3	57	230	2x10+TTx10	1,94	2x16
100	105,4	972	1749,6	8,5	42,75	230	2x6+TTx6	2,42	2x10
102	108,1	810	1458	7,0	42,75	230	2x6+TTx6	2,07	2x10
103	108,1	1134	2041,2	9,9	57	230	2x10+TTx10	1,74	2x16
104	93	1134	2041,2	9,9	57	230	2x10+TTx10	1,50	2x16
105	110,7	1296	2332,8	11,3	57	230	2x10+TTx10	2,03	2x16
107	113,4	648	1166,4	5,6	42,75	230	2x6+TTx6	1,74	2x10

CUADRO ALUMBRADO GENERAL 4									
Circuito	L (m)	Pot. Inst. (W)	Pot. Calc. (W)	In (A)	Imax (A)	Tensión (V)	Conductor (mm2 Cu)	Ct (%)	Int. Aut. Magneto. (A)
69	66,4	1134	2041,2	9,9	42,75	230	2x6+TTx6	1,78	2x16
70	76,2	1296	2332,8	11,3	42,75	230	2x6+TTx6	2,33	2x16
72	76,2	972	1749,6	8,5	42,75	230	2x6+TTx6	1,75	2x10
74	78,8	810	1458	7,0	33,75	230	2x4+TTx4	2,26	2x10
75	78,8	1134	2041,2	9,9	42,75	230	2x6+TTx6	2,11	2x16
76	71,7	1134	2041,2	9,9	42,75	230	2x6+TTx6	1,92	2x16
77	81,5	1296	2332,8	11,3	57	230	2x10+TTx10	1,50	2x16
79	81,5	972	1749,6	8,5	42,75	230	2x6+TTx6	1,87	2x10
81	84,1	810	1458	7,0	33,75	230	2x4+TTx4	2,41	2x10
82	84,1	1134	2041,2	9,9	42,75	230	2x6+TTx6	2,25	2x16
83	77	1134	2041,2	9,9	42,75	230	2x6+TTx6	2,06	2x16
84	94,8	1296	2332,8	11,3	57	230	2x10+TTx10	1,74	2x16
86	94,8	972	1749,6	8,5	42,75	230	2x6+TTx6	2,18	2x10
88	97,4	810	1458	7,0	42,75	230	2x6+TTx6	1,86	2x10
89	97,4	1134	2041,2	9,9	57	230	2x10+TTx10	1,57	2x16
90	82,4	1134	2041,2	9,9	42,75	230	2x6+TTx6	2,21	2x16
91	100,1	1296	2332,8	11,3	57	230	2x10+TTx10	1,84	2x16
93	100,1	972	1749,6	8,5	42,75	230	2x6+TTx6	2,30	2x10
95	102,7	810	1458	7,0	42,75	230	2x6+TTx6	1,97	2x10
96	102,7	1134	2041,2	9,9	57	230	2x10+TTx10	1,65	2x16
97	87,7	1134	2041,2	9,9	42,75	230	2x6+TTx6	2,35	2x16
98	105,4	1296	2332,8	11,3	57	230	2x10+TTx10	1,94	2x16
100	105,4	972	1749,6	8,5	42,75	230	2x6+TTx6	2,42	2x10
102	108,1	810	1458	7,0	42,75	230	2x6+TTx6	2,07	2x10
103	108,1	1134	2041,2	9,9	57	230	2x10+TTx10	1,74	2x16
104	93	1134	2041,2	9,9	57	230	2x10+TTx10	1,50	2x16
105	110,7	1296	2332,8	11,3	57	230	2x10+TTx10	2,03	2x16
107	113,4	648	1166,4	5,6	42,75	230	2x6+TTx6	1,74	2x10

CUADRO FUERZA EMERGENCIA GENERAL 1								
Circuito	L (m)	Pot. Calc. (W)	In (A)	Imax (A)	Tensión (V)	Conductor (mm2 Cu)	Ct (%)	Int. Aut. Magneto. (A)
E1	48	2250	12,2	24,75	230	2x2,5+TTx2,5	3,40	2x16
E2	48,5	2250	12,2	24,75	230	2x2,5+TTx2,5	3,44	2x16
E3	42	6000	32,6	42,75	230	2x6+TTx6	3,31	2x32
E4	40	6000	32,6	42,75	230	2x6+TTx6	3,15	2x32
E5	44	6000	32,6	42,75	230	2x6+TTx6	3,47	2x32
E6	46	6000	32,6	42,75	230	2x6+TTx6	3,62	2x32
E7	61	1300	7,1	24,75	230	2x2,5+TTx2,5	2,50	2x10
E8	55	7500	40,8	57	230	2x10+TTx10	3,25	2x50
E9	56	7500	40,8	57	230	2x10+TTx10	3,31	2x50
E10	65	7500	40,8	57	230	2x10+TTx10	3,84	2x50
E11	53,5	4300	23,4	42,75	230	2x6+TTx6	3,02	2x25
E12	73	7500	40,8	78,75	230	2x16+TTx16	2,70	2x50

CUADRO FUERZA EMERGENCIA GENERAL 2								
Circuito	L (m)	Pot. Calc. (W)	In (A)	Imax (A)	Tensión (V)	Conductor (mm2 Cu)	Ct (%)	Int. Aut. Magneto. (A)
E23	49	10000	54,3	78,75	230	2x16+TTx16	2,41	2x63
E24	44	10000	54,3	78,75	230	2x16+TTx16	2,17	2x63
E25	38	10000	54,3	78,75	230	2x16+TTx16	1,87	2x63
E26	54,5	10000	54,3	78,75	230	2x16+TTx16	2,68	2x63
E27	24	9000	48,9	57	230	2x10+TTx10	1,70	2x50
E28	58	4500	24,5	42,75	230	2x6+TTx6	3,43	2x32
E29	55,5	7000	38,0	57	230	2x10+TTx10	3,06	2x40
E30	48	7000	38,0	57	230	2x10+TTx10	2,65	2x40
E31	15	13800	24,9	36,75	400	4x6+TTx6	0,45	4x32

CUADRO FUERZA EMERGENCIA GENERAL 3								
Circuito	L (m)	Pot. Calc. (W)	In (A)	Imax (A)	Tensión (V)	Conductor (mm2 Cu)	Ct (%)	Int. Aut. Magneto. (A)
E13	27	3450	18,8	24,75	230	2x2,5+TTx2,5	2,93	2x20
E14	27,5	3450	18,8	24,75	230	2x2,5+TTx2,5	2,99	2x20
E15	33	3450	18,8	24,75	230	2x2,5+TTx2,5	3,59	2x20
E16	17	1200	6,5	18	230	2x1,5+TTx1,5	1,07	2x10
E17	39	1200	6,5	18	230	2x1,5+TTx1,5	2,46	2x10
E18	41,5	750	4,1	18	230	2x1,5+TTx1,5	1,63	2x6
E19	46,5	750	4,1	18	230	2x1,5+TTx1,5	1,83	2x6
E20	56	6600	35,9	57	230	2x10+TTx10	2,91	2x40
E21	47	6600	35,9	57	230	2x10+TTx10	2,44	2x40
E22	50	6600	35,9	57	230	2x10+TTx10	2,60	2x40

CUADRO FUERZA EMERGENCIA GENERAL 4								
Circuito	L (m)	Pot. Calc. (W)	In (A)	Imax (A)	Tensión (V)	Conductor (mm2 Cu)	Ct (%)	Int. Aut. Magneto. (A)
E32	34	13800	24,9	36,75	400	4x6+TTx6	1,02	4x32
E33	29	13800	24,9	36,75	400	4X6+TTx6	0,87	4x32
E34	24	13800	24,9	36,75	400	4X6+TTx6	0,72	4x32
E35	30	13800	24,9	36,75	400	4X6+TTx6	0,90	4x32
E36	27	13800	24,9	36,75	400	4X6+TTx6	0,81	4x32
E37	40	13800	24,9	36,75	400	4X6+TTx6	1,20	4x32

CUADRO FUERZA GENERAL 1								
Circuito	L (m)	Pot. Calc. (W)	In (A)	Imax (A)	Tensión (V)	Conductor (mm2 Cu)	Ct (%)	Int. Aut. Magneto. (A)
1	27	2000	10,9	18	230	2x1,5+TTx1,5	2,84	2x16
2	39	2000	10,9	24,75	230	2x2,5+TTx2,5	2,46	2x16
3	41,5	2000	10,9	24,75	230	2x2,5+TTx2,5	2,61	2x16
4	22,5	5000	27,2	33,75	230	2x4+TTx4	2,22	2x32
5	24	5000	27,2	33,75	230	2x4+TTx4	2,36	2x32
6	20,5	2500	13,6	18	230	2x1,5+TTx1,5	2,69	2x16
7	22	2500	13,6	18	230	2x1,5+TTx1,5	2,89	2x16
8	23	4000	21,7	24,75	230	2x2,5+TTx2,5	2,90	2x25
9	24,5	4000	21,7	24,75	230	2x2,5+TTx2,5	3,09	2x25
10	25,5	4000	21,7	24,75	230	2x2,5+TTx2,5	3,21	2x25

CUADRO FUERZA GENERAL 2								
Circuito	L (m)	Pot. Calc. (W)	In (A)	Imax (A)	Tensión (V)	Conductor (mm2 Cu)	Ct (%)	Int. Aut. Magneto. (A)
11	64	4000	21,7	57	230	2x10+TTx10	2,02	2x25
12	72,5	4000	21,7	57	230	2x10+TTx10	2,28	2x25
13	25	4000	21,7	33,75	230	2x4+TTx4	1,97	2x25
14	21	12500	67,9	92,25	230	2x25+TTx16	0,83	2x80
15	19	2350	12,8	18	230	2x1,5+TTx1,5	2,34	2x16
16	28	6000	32,6	42,75	230	2x6+TTx6	2,21	2x40
17	34	3800	20,7	33,75	230	2x4+TTx4	2,54	2x25
18	63	4200	22,8	57	230	2x10+TTx10	2,08	2x25
19	93	6000	32,6	78,75	230	2x6+TTx6	2,75	2x40
20	57	4200	22,8	57	230	2x10+TTx10	1,89	2x25
21	85	5400	29,3	57	230	2x10+TTx10	3,62	2x32
22	44,5	6600	35,9	57	230	2x10+TTx10	2,31	2x40

CUADRO FUERZA GENERAL 3								
Circuito	L (m)	Pot. Calc. (W)	In (A)	Imax (A)	Tensión (V)	Conductor (mm2 Cu)	Ct (%)	Int. Aut. Magneto. (A)
23	27,5	4000	21,7	33,75	230	2x4+TTx4	2,17	2x25
24	15,5	2000	10,9	18	230	2x1,5+TTx1,5	1,63	2x16
25	42,5	3600	19,6	33,75	230	2x4+TTx4	3,01	2x25
26	46	3600	19,6	33,75	230	2x4+TTx4	3,26	2x25
27	40	5000	27,2	42,75	230	2x6+TTx6	2,63	2x32
28	42	5000	27,2	42,75	230	2x6+TTx6	2,76	2x32
29	38	2500	13,6	24,75	230	2x2,5+TTx2,5	2,99	2x16
30	39	2500	13,6	24,75	230	2x2,5+TTx2,5	3,07	2x16
31	41	4000	21,7	33,75	230	2x4+TTx4	3,23	2x25
32	42,5	4000	21,7	33,75	230	2x4+TTx4	3,35	2x25

CUADRO FUERZA GENERAL 4								
Circuito	L (m)	Pot. Calc. (W)	In (A)	Imax (A)	Tensión (V)	Conductor (mm2 Cu)	Ct (%)	Int. Aut. Magneto. (A)
33	40	50000	90,2	108	400	4x35+TTx16	0,37	4X100
34	20	50000	90,2	108	400	4x35+TTx16	0,19	4X100
35	20	50000	90,2	108	400	4x35+TTx16	0,19	4X100
36	40	50000	90,2	108	400	4x35+TTx16	0,37	4X100

2.5.2.5. CÁLCULO DE LA PROTECCIÓN DIFERENCIALES

La ITC-BT 19 en su apartado 2.7 (Posibilidad de conectar y desconectar en carga), se establece que los dispositivos colocados en los cuadros principales y secundarios serán de corte omnipolar. Los interruptores automáticos diferenciales de menor intensidad nominal que ofrecen los respectivos fabricantes con corte omnipolar son de 25 A en toda la instalación. Se calcularan los distintos diferenciales para los casos mas desfavorables, se le aplicara al alumbrado el factor de 1,8 y para motores 1,25, considerando que enciendan o arranquen todos los diferentes dispositivos a la vez, un caso casi imposible, pero que sobredimensiona la instalación.

Todas las protecciones diferenciales de los subcuadros tendrán de sensibilidad 30 mA.

- **CAE1**: Posee 12 circuitos que se agruparan de la siguiente manera:
  - 3, 4 y 7: La potencia total será de:

$$P = 3888 \text{ W}$$

Aplicando el factor de 1,8 para lámparas de descarga:

$$P_{cal} = 3888 \cdot 1,8 = 6998,4 \text{ W}$$

$$I_{cal} = \frac{6998,4}{230 \cdot 0,9} = 33,8A$$

Se elige una protección diferencial de 2x40 A

  - 8, 11, 13 y 15: La potencia total será de:

$$P = 3564 \text{ W}$$

Aplicando el factor de 1,8 para lámparas de descarga:

$$P_{cal} = 3564 \cdot 1,8 = 6415,2 \text{ W}$$

$$I_{cal} = \frac{6415,2}{230 \cdot 0,9} = 31A$$

Se elige una protección diferencial de 2x40 A

- 17, 19, 22, 23 y 26: La potencia total será de:

P = 1544 W

Aplicando el factor de 1,8 para lámparas de descarga:

P_{cal} = 1544 · 1,8 = 2779,2 W

$$I_{cal} = \frac{2779,2}{230 \cdot 0,9} = 13,4A$$

Se elige una protección diferencial de 2x25 A

- **CAE2**: Posee 18 circuitos que se agruparan de la siguiente manera:
  - 110, 113, 149 y 115: La potencia total será de:

P = 2754 W

Aplicando el factor de 1,8 para lámparas de descarga:

P_{cal} = 2754 · 1,8 = 4957,2 W

$$I_{cal} = \frac{4957,2}{230 \cdot 0,9} = 23,9A$$

Se elige una protección diferencial de 2x25 A

  - 118, 121, 123, 125, 126, 129 y 131: La potencia total será de:

P = 2717 W

Aplicando el factor de 1,8 para lámparas de descarga:

P_{cal} = 2717 · 1,8 = 4890,6 W

$$I_{cal} = \frac{4890,6}{230 \cdot 0,9} = 23,6A$$

Se elige una protección diferencial de 2x25 A

- 133, 135, 137, 144, 145, 146 y 148: La potencia total será de:

  P = 3928 W

  Aplicando el factor de 1,8 para lámparas de descarga:

  $P_{cal} = 3928 \cdot 1,8 = 7070,4$ W

  $$I_{cal} = \frac{7070,4}{230 \cdot 0,9} = 34,2A$$

  Se elige una protección diferencial de 2x40 A

- **CAE3**: Posee 23 circuitos que se agruparan de la siguiente manera:

  - 29, 31, 36, 38 y 43: La potencia total será de:

    P = 4536 W

    Aplicando el factor de 1,8 para lámparas de descarga:

    $P_{cal} = 4536 \cdot 1,8 = 8164,8$ W

    $$I_{cal} = \frac{8164,8}{230 \cdot 0,9} = 39,5A$$

    Se elige una protección diferencial de 2x40 A

  - 45, 50, 52, 57 y 59: La potencia total será de:

    P = 4374 W

    Aplicando el factor de 1,8 para lámparas de descarga:

    $P_{cal} = 4374 \cdot 1,8 = 7873,2$ W

    $$I_{cal} = \frac{7873,2}{230 \cdot 0,9} = 38A$$

    Se elige una protección diferencial de 2x40 A

  - 64, 66, 71, 73 y 78: La potencia total será igual que la calculada anteriormente para los circuitos 29, 31, 36, 38 y 43.

    Por lo que la protección diferencial escogida será igual de 2x40 A

- 80, 85, 87, 92 y 94: La potencia total será igual que la calculada anteriormente para los circuitos 45, 50, 52, 57 y 59.

  Por lo que la protección diferencial escogida será igual de 2x40 A

- 99, 101 y 104: La potencia total será de:

  P = 2430 W

  Aplicando el factor de 1,8 para lámparas de descarga:

  $P_{cal} = 2430 \cdot 1{,}8 = 4374$ W

  $$I_{cal} = \frac{4374}{230 \cdot 0{,}9} = 21{,}1A$$

  Se elige una protección diferencial de 2x25 A

- **CAG1**: Posee 15 circuitos que se agruparan de la siguiente manera:

  - 1, 2 y 5: La potencia total será de:

    P = 3888 W

    Aplicando el factor de 1,8 para lámparas de descarga:

    $P_{cal} = 3888 \cdot 1{,}8 = 6998{,}4$ W

    $$I_{cal} = \frac{6998{,}4}{230 \cdot 0{,}9} = 33{,}8A$$

    Se elige una protección diferencial de 2x40 A

  - 6, 9 y 10: La potencia total será igual que la calculada anteriormente para los circuitos 1, 2 y 5.

    Por lo que la protección diferencial escogida será igual de 2x40 A

  - 12, 14 y 16: La potencia total será de:

    P = 2268 W

    Aplicando el factor de 1,8 para lámparas de descarga:

    $P_{cal} = 3888 \cdot 1{,}8 = 4082{,}4$ W

    $$I_{cal} = \frac{4082{,}4}{230 \cdot 0{,}9} = 19{,}7A$$

Se elige una protección diferencial de 2x25 A

- 18, 20, 21, 23, 25 y 27: La potencia total será de:

P = 2328 W

Aplicando el factor de 1,8 para lámparas de descarga:

$P_{cal} = 2328 \cdot 1,8 = 4190,4$ W

$$I_{cal} = \frac{4190,4}{230 \cdot 0,9} = 20,24A$$

Se elige una protección diferencial de 2x25 A

- **CAG2**: Posee 24 circuitos que se agruparan de la siguiente manera:

  - 108, 109, 111, 112 y 114: La potencia total será de:

P = 3726 W

Aplicando el factor de 1,8 para lámparas de descarga:

$P_{cal} = 3726 \cdot 1,8 = 6706,8$ W

$$I_{cal} = \frac{6706,8}{230 \cdot 0,9} = 32,4A$$

Se elige una protección diferencial de 2x40 A

  - 116, 117, 119, 120 y 122: La potencia total será de:

P = 4308 W

Aplicando el factor de 1,8 para lámparas de descarga:

$P_{cal} = 4308 \cdot 1,8 = 7754,4$ W

$$I_{cal} = \frac{7754,4}{230 \cdot 0,9} = 37,5A$$

Se elige una protección diferencial de 2x40 A

- 124, 127, 128, 130, 132, 134, 136, 138 y 139: La potencia total será de:

  P = 3844 W

  Aplicando el factor de 1,8 para lámparas de descarga:

  $P_{cal} = 3844 \cdot 1,8 = 6919,2$ W

  $$I_{cal} = \frac{6919,2}{230 \cdot 0,9} = 33,4A$$

  Se elige una protección diferencial de 2x40 A

- 140, 141, 142, 143 y 147: La potencia total será de:

  P = 3910 W

  Aplicando el factor de 1,8 para lámparas de descarga:

  $P_{cal} = 3910 \cdot 1,8 = 7038$ W

  $$I_{cal} = \frac{7038}{230 \cdot 0,9} = 34A$$

  Se elige una protección diferencial de 2x40 A

- **CAG3**: Posee 29 circuitos que se agruparan de la siguiente manera:

  - 28, 29, 30 y 32: La potencia total será de:

    P = 3564 W

    Aplicando el factor de 1,8 para lámparas de descarga:

    $P_{cal} = 3564 \cdot 1,8 = 6415,2$ W

    $$I_{cal} = \frac{6415,2}{230 \cdot 0,9} = 31A$$

    Se elige una protección diferencial de 2x40 A

- 33, 34, 35 y 37: La potencia total será de:

  P = 4212 W

  Aplicando el factor de 1,8 para lámparas de descarga:

  $P_{cal} = 4212 \cdot 1,8 = 7581,6$ W

  $$I_{cal} = \frac{7581,6}{230 \cdot 0,9} = 36,6A$$

  Se elige una protección diferencial de 2x40 A

- 39, 40, 41 y 42: La potencia total será de:

  P = 4536 W

  Aplicando el factor de 1,8 para lámparas de descarga:

  $P_{cal} = 4536 \cdot 1,8 = 8164,8$ W

  $$I_{cal} = \frac{8164,8}{230 \cdot 0,9} = 39,4A$$

  Se elige una protección diferencial de 2x40 A

- 44, 46, 47 y 48: La potencia total será de:

  P = 4374 W

  Aplicando el factor de 1,8 para lámparas de descarga:

  $P_{cal} = 4374 \cdot 1,8 = 7873,2$ W

  $$I_{cal} = \frac{7873,2}{230 \cdot 0,9} = 38A$$

  Se elige una protección diferencial de 2x40 A

- 49, 51, 52 y 55: La potencia total será de:

  P = 4050 W

  Aplicando el factor de 1,8 para lámparas de descarga:

  $P_{cal} = 4050 \cdot 1{,}8 = 7290$ W

  $$I_{cal} = \frac{7290}{230 \cdot 0{,}9} = 35{,}2A$$

  Se elige una protección diferencial de 2x40 A

- 56, 58, 60 y 61: La potencia total será de:

  P = 4212 W

  Aplicando el factor de 1,8 para lámparas de descarga:

  $P_{cal} = 4212 \cdot 1{,}8 = 7581{,}6$ W

  $$I_{cal} = \frac{7581{,}6}{230 \cdot 0{,}9} = 36{,}6A$$

  Se elige una protección diferencial de 2x40 A

- 62, 63 y 65: La potencia total será de:

  P = 3402 W

  Aplicando el factor de 1,8 para lámparas de descarga:

  $P_{cal} = 3402 \cdot 1{,}8 = 6123{,}6$ W

  $$I_{cal} = \frac{6123{,}6}{230 \cdot 0{,}9} = 29{,}6A$$

  Se elige una protección diferencial de 2x40 A

- 67 y 68: La potencia total será de:

$$P = 1944 \text{ W}$$

Aplicando el factor de 1,8 para lámparas de descarga:

$$P_{cal} = 1944 \cdot 1{,}8 = 3499{,}2 \text{ W}$$

$$I_{cal} = \frac{3499{,}2}{230 \cdot 0{,}9} = 16{,}9A$$

Se elige una protección diferencial de 2x25 A

- **CAG4**: Posee 28 circuitos que se agruparan de la siguiente manera:

  - 69, 70, 72 y 74: La potencia total será igual que la calculada anteriormente para los circuitos 33, 34, 35 y 37.

    Por lo que la protección diferencial escogida será igual de 2x40 A

  - 75, 76, 77 y 79: La potencia total será igual que la calculada anteriormente para los circuitos 39, 40, 41 y 42.

    Por lo que la protección diferencial escogida será igual de 2x40 A

  - 81, 82, 83 y 84: La potencia total será igual que la calculada anteriormente para los circuitos 44, 46, 47 y 48.

    Por lo que la protección diferencial escogida será igual de 2x40 A

  - 86, 88, 89 y 90: La potencia total será igual que la calculada anteriormente para los circuitos 49, 51, 53 y 55.

    Por lo que la protección diferencial escogida será igual de 2x40 A

  - 91, 93, 95 y 96: La potencia total será igual que la calculada anteriormente para los circuitos 56, 58, 60 y 61.

    Por lo que la protección diferencial escogida será igual de 2x40 A

  - 97, 98, 100 y 102: La potencia total será igual que la calculada anteriormente para los circuitos 69, 70, 73 y 74.

    Por lo que la protección diferencial escogida será igual de 2x40 A

- 103, 104, 105 y 107: La potencia total será de:

P = 4212 W

Aplicando el factor de 1,8 para lámparas de descarga:

$P_{cal} = 4212 \cdot 1,8 = 7581,6$ W

$$I_{cal} = \frac{7581,6}{230 \cdot 0,9} = 36,6A$$

Se elige una protección diferencial de 2x40 A

Para los cálculos de la protección diferencial en los cuadro de fuerza, prácticamente se dividen en circuitos o líneas que alimentan tomas de corrientes de diferentes dependencias, por lo que prácticamente, cada circuito a ser posible tendrá una protección diferencia con la misma intensidad que la protección magnetotérmica. Los circuitos que se agrupan se calculan a continuación:

- **CFE1**: Posee 12 circuitos que se agruparan de la siguiente manera:

  - E1 y E2: La potencia total será de:

P = 4500 W

$$I_{cal} = \frac{4500}{230 \cdot 0,8} = 24,5A$$

Se elige una protección diferencial de 2x25 A

  - E3 y E4: La potencia total será de:

P = 12000 W

$$I_{cal} = \frac{12000}{230 \cdot 0,8} = 65,2A$$

Se elige una protección diferencial de 2x80 A

  - E5 y E6: La potencia total será igual que la calculada anteriormente para los circuitos E3 y E4.

Por lo que la protección diferencial escogida será igual de 2x80 A

- **CFE2**: Posee 9 circuitos que se agruparan de la siguiente manera:
  - E29 y E30: La potencia total será de:

P = 14000 W

$$I_{cal} = \frac{14000}{230 \cdot 0,8} = 76,1A$$

Se elige una protección diferencial de 2x80 A

- **CFE3**: Posee 10 circuitos que se agruparan de la siguiente manera:
  - E13, E14 y E15: La potencia total será de:

P = 10350 W

$$I_{cal} = \frac{10350}{230 \cdot 0,8} = 56,3A$$

Se elige una protección diferencial de 2x63 A

  - E16 y E17: La potencia total será de:

P = 2400 W

$$I_{cal} = \frac{2400}{230 \cdot 0,8} = 13A$$

Se elige una protección diferencial de 2x25 A

  - E18 y E19: La potencia total será de:

P = 1500 W

$$I_{cal} = \frac{1500}{230 \cdot 0,8} = 8,2A$$

Se elige una protección diferencial de 2x25 A

- **CFG1**: Posee 10 circuitos que se agruparan de la siguiente manera:
  - 1, 2 y 3: La potencia total será de:

    P = 6000 W

    $$I_{cal} = \frac{6000}{230 \cdot 0,8} = 32,6A$$

    Se elige una protección diferencial de 2x40 A
  - 4 y 5: La potencia total será de:

    P = 10000 W

    $$I_{cal} = \frac{10000}{230 \cdot 0,8} = 54,4A$$

    Se elige una protección diferencial de 2x63 A
  - 6, 7, 8 y 9: La potencia total será de:

    P = 13000 W

    $$I_{cal} = \frac{13000}{230 \cdot 0,8} = 70,6A$$

    Se elige una protección diferencial de 2x80 A

- **CFG2**: Posee 13 circuitos que se agruparan de la siguiente manera:
  - 15 y 16: La potencia total será de:

    P = 8350 W

    $$I_{cal} = \frac{8350}{230 \cdot 0,8} = 45,4A$$

    Se elige una protección diferencial de 2x63 A

- 17 y 18: La potencia total será de:

P = 8000 W

$$I_{cal} = \frac{8000}{230 \cdot 0,8} = 43,5A$$

Se elige una protección diferencial de 2x63 A

- 20 y 21: La potencia total será de:

P = 9600 W

$$I_{cal} = \frac{9600}{230 \cdot 0,8} = 52,2A$$

Se elige una protección diferencial de 2x63 A

- **CFG3**: Posee 10 circuitos que se agruparan de la siguiente manera:

- 27 y 28: La potencia total será de:

P = 10000 W

$$I_{cal} = \frac{10000}{230 \cdot 0,8} = 54,4A$$

Se elige una protección diferencial de 2x63 A

- 29, 30, 31 y 32: La potencia total será de:

P = 13000 W

$$I_{cal} = \frac{13000}{230 \cdot 0,8} = 70,6A$$

Se elige una protección diferencial de 2x80 A

2.5.3. CÁLCULO DE LAS PROTECCIONES CONTRA CORTOCIRCUITOS

Para realizar los cálculos de las protecciones contra cortocircuitos se tomaran una serie de hipótesis de cálculo, ya que es imposible obtener los calores auténticos en una instalación hipotética.

Se consideraran los siguientes valores:

- Resistividad del cobre (ρ_{cu}) = 0,018 Ωmm^2 /m
- Reactancia lineal = 0

En el calculo se despreciaran las impedancias aguas arribas del transformador, dado que en alta tensión las impedancias de las líneas son pequeñas; también al tratarse de líneas relativamente cortas las que se van desde el transformador hasta los cuadros secundarios se despreciaran las reactancias lineales de estas. Para el cálculo a realizar un desprecio de la reactancia supone una impedancia menor y observando el cálculo de las tensiones en el exterior de la instalación, se obtendrá una intensidad de cortocircuito mayor, por lo que los cuadros estarán lo suficientemente protegidos.

Para el calculo de cortocircuito es necesario conocer la impedancia aguas arribas del lugar en el cual se calcula el cortocircuito, para ello tenemos que la intensidad en el secundario es de 1443 A y la intensidad de cortocircuito de 24,06 kA calculadas en los apartados 2.4.2 y 2.4.3 de media tensión. La impedancia en función de esto será:

$$Z_{TR} = \frac{Ucc}{\sqrt{3} \cdot In} = \frac{24}{\sqrt{3} \cdot 1443} = 9{,}6 m\Omega$$

Siendo:

Ucc (V) = Tensión de cortocircuito del transformador (6% de 400V).
In (A) = Intensidad nominal del transformador.
Z_{TR} (Ω) = Impedancia del transformador.

Otra forma de calcular la intensidad de cortocircuito es la siguiente y será la que utilizaremos para calcular la de los diferentes subcuadros:

$$Icc = \frac{U_2}{\sqrt{3} \cdot Z} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot Z} = 24{,}06 kA$$

Siendo:

U_2 (V) = Tensión del secundario del transformador.
Icc (A) = Intensidad de cortocircuito.

De esta forma también obtenemos el mismo valor que el calculado anteriormente.

2.5.3.1 CÁLCULO DE LAS PROTECCIONES DE CORTOCIRCUITO EN EL CUADRO GENERAL DE BAJA TENSIÓN

La impedancia aguas arribas del cuadro general de Baja Tensión será la del transformador más la del puente de Baja Tensión, como se ha despreciado la reactancia, se considerará como una resistencia pura:

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

Siendo:

R (Ω) = Resistencia del conductor en el tramo.
ρ (Ωmm^2 /m) = Resistividad del conductor utilizado en el tramo.
Cobre (Cu) = 0,018
Aluminio (Al) = 0,029
s (mm^2) = Sección del conductor.

La resistencia del puente de Baja Tensión (R_{PBT}) es de aluminio con una sección de conductor elegida de 4x240 = 960 mm^2 y 12 m.

$$R_{PBT} = 0{,}029 \frac{12}{960} = 0{,}36 m\Omega$$

La intensidad de cortocircuito se calculara aplicando la formula siguiente fórmula donde Z es la suma de las impedancias del transformador y la impedancia del puente de Baja Tensión.

$$Icc_{CGBT} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot (0{,}36 + 9{,}6) \cdot 10^{-3}} = 23{,}18 kA$$

El interruptor de corte elegido para el valor obtenido es el de 25 kA.

2.5.3.1.1. CÁLCULO DE LAS PROTECCIONES DE CORTOCIRCUITO EN EL CUADRO DE ALUMBRADO DE EMERGENCIA 1 (CAE1)

La intensidad de cortocircuito considerando la impedancia aguas arribas del cuadro será la del transformador más la del puente de Baja Tensión, más la correspondiente a la línea que alimenta al subcuadro de alumbrado de emergencia 1. Puesto que se desprecia la reactancia, la impedancia de la línea LAE1 se calcula como una resistencia pura, teniendo solo en cuenta que el conductor es de cobre:

$$R_{LAE1} = 0{,}018\frac{10}{4} = 45m\Omega$$

La impedancia total será: Z = (0,36+9,6+45)·10^{-3} = 54,96 mΩ

$$Icc_{LAE1} = \frac{400}{\sqrt{3}\cdot 54{,}96\cdot 10^{-3}} = 4202A$$

El poder de corte de los mecanismos de protección del cuadro deberá ser superior a este valor. Los dispositivos de uso comercial con poder de corte inmediatamente superior al valor calculado son de 6 kA.

2.5.3.1.2. CÁLCULO DE LAS PROTECCIONES DE CORTOCIRCUITO EN EL CUADRO DE ALUMBRADO DE EMERGENCIA 2 (CAE2)

La intensidad de cortocircuito considerando la impedancia aguas arribas del cuadro será la del transformador más la del puente de Baja Tensión, más la correspondiente a la línea que alimenta al subcuadro de alumbrado de emergencia 2. Puesto que se desprecia la reactancia, la impedancia de la línea LAE2 se calcula como una resistencia pura, teniendo solo en cuenta que el conductor es de cobre:

$$R_{LAE2} = 0{,}018\frac{117}{16} = 131{,}6m\Omega$$

La impedancia total será: Z = (0,36+9,6+131,6)·10^{-3} = 141,56 mΩ

$$Icc_{LAE2} = \frac{400}{\sqrt{3}\cdot 141{,}56\cdot 10^{-3}} = 1631{,}4A$$

El poder de corte de los mecanismos de protección del cuadro deberá ser superior a este valor. Los dispositivos de uso comercial con poder de corte inmediatamente superior al valor calculado son de 6 kA.

2.5.3.1.3. CÁLCULO DE LAS PROTECCIONES DE CORTOCIRCUITO EN EL CUADRO DE ALUMBRADO DE EMERGENCIA 3 (CAE3)

La intensidad de cortocircuito considerando la impedancia aguas arribas del cuadro será la del transformador más la del puente de Baja Tensión, más la correspondiente a la línea que alimenta al subcuadro de alumbrado de emergencia 3. Puesto que se desprecia la reactancia, la impedancia de la línea LAE3 se calcula como una resistencia pura, teniendo solo en cuenta que el conductor es de cobre:

$$R_{LAE3} = 0{,}018\frac{117}{35} = 60{,}2m\Omega$$

La impedancia total será: Z = (0,36+9,6+60,2)·10^{-3} = 70,16 mΩ

$$Icc_{LAE3} = \frac{400}{\sqrt{3}\cdot 70{,}16\cdot 10^{-3}} = 3291{,}6A$$

El poder de corte de los mecanismos de protección del cuadro deberá ser superior a este valor. Los dispositivos de uso comercial con poder de corte inmediatamente superior al valor calculado son de 6 kA.

2.5.3.1.4. CÁLCULO DE LAS PROTECCIONES DE CORTOCIRCUITO EN EL CUADRO DE ALUMBRADO DE GENERAL 1 (CAG1)

La intensidad de cortocircuito considerando la impedancia aguas arribas del cuadro será la del transformador más la del puente de Baja Tensión, más la correspondiente a la línea que alimenta al subcuadro de alumbrado general 1. Puesto que se desprecia la reactancia, la impedancia de la línea LAG1 se calcula como una resistencia pura, teniendo solo en cuenta que el conductor es de cobre:

$$R_{LAG1} = 0{,}018\frac{10}{6} = 30m\Omega$$

La impedancia total será: Z = (0,36+9,6+30)·10^{-3} = 39,96 mΩ

$$Icc_{LAG1} = \frac{400}{\sqrt{3}\cdot 39{,}96\cdot 10^{-3}} = 5779{,}3A$$

El poder de corte de los mecanismos de protección del cuadro deberá ser superior a este valor. Los dispositivos de uso comercial con poder de corte inmediatamente superior al valor calculado son de 6 kA.

2.5.3.1.5. CÁLCULO DE LAS PROTECCIONES DE CORTOCIRCUITO EN EL CUADRO DE ALUMBRADO DE GENERAL 2 (CAG2)

La intensidad de cortocircuito considerando la impedancia aguas arribas del cuadro será la del transformador más la del puente de Baja Tensión, más la correspondiente a la línea que alimenta al subcuadro de alumbrado general 2. Puesto que se desprecia la reactancia, la impedancia de la línea LAG2 se calcula como una resistencia pura, teniendo solo en cuenta que el conductor es de cobre:

$$R_{LAG2} = 0{,}018\frac{117}{25} = 84{,}24m\Omega$$

La impedancia total será: Z = (0,36+9,6+84,24)·10^{-3} = 94,2 mΩ

$$Icc_{LAG2} = \frac{400}{\sqrt{3}\cdot 94{,}2\cdot 10^{-3}} = 2451{,}6A$$

El poder de corte de los mecanismos de protección del cuadro deberá ser superior a este valor. Los dispositivos de uso comercial con poder de corte inmediatamente superior al valor calculado son de 6 kA.

2.5.3.1.6. CÁLCULO DE LAS PROTECCIONES DE CORTOCIRCUITO EN EL CUADRO DE ALUMBRADO DE GENERAL 3 (CAG3)

La intensidad de cortocircuito considerando la impedancia aguas arribas del cuadro será la del transformador más la del puente de Baja Tensión, más la correspondiente a la línea que alimenta al subcuadro de alumbrado general 3. Puesto que se desprecia la reactancia, la impedancia de la línea LAG3 se calcula como una resistencia pura, teniendo solo en cuenta que el conductor es de cobre:

$$R_{LAG3} = 0{,}018\frac{117}{50} = 42{,}12m\Omega$$

La impedancia total será: Z = (0,36+9,6+42,12)·10^{-3} = 52,08 mΩ

$$Icc_{LAG3} = \frac{400}{\sqrt{3}\cdot 52{,}08\cdot 10^{-3}} = 4434{,}3A$$

El poder de corte de los mecanismos de protección del cuadro deberá ser superior a este valor. Los dispositivos de uso comercial con poder de corte inmediatamente superior al valor calculado son de 6 kA.

2.5.3.1.7. CÁLCULO DE LAS PROTECCIONES DE CORTOCIRCUITO EN EL CUADRO DE ALUMBRADO DE GENERAL 4 (CAG4)

La intensidad de cortocircuito considerando la impedancia aguas arribas del cuadro será la del transformador más la del puente de Baja Tensión, más la correspondiente a la línea que alimenta al subcuadro de alumbrado general 4. Puesto que se desprecia la reactancia, la impedancia de la línea LAG4 se calcula como una resistencia pura, teniendo solo en cuenta que el conductor es de cobre:

$$R_{LAG4} = 0{,}018\frac{117}{50} = 42{,}12m\Omega$$

La impedancia total será: Z = (0,36+9,6+42,12)·10^{-3} = 52,08 mΩ

$$Icc_{LAG4} = \frac{400}{\sqrt{3}\cdot 52{,}08\cdot 10^{-3}} = 4434{,}3A$$

El poder de corte de los mecanismos de protección del cuadro deberá ser superior a este valor. Los dispositivos de uso comercial con poder de corte inmediatamente superior al valor calculado son de 6 kA.

2.5.3.1.8. CÁLCULO DE LAS PROTECCIONES DE CORTOCIRCUITO EN EL CUADRO DE FUERZA DE EMERGENCIA 1 (CFE1)

La intensidad de cortocircuito considerando la impedancia aguas arribas del cuadro será la del transformador más la del puente de Baja Tensión, más la correspondiente a la línea que alimenta al subcuadro de fuerza de emergencia 1. Puesto que se desprecia la reactancia, la impedancia de la línea LFE1 se calcula como una resistencia pura, teniendo solo en cuenta que el conductor es de cobre:

$$R_{LFE1} = 0{,}018\frac{10}{50} = 3{,}6m\Omega$$

La impedancia total será: Z = (0,36+9,6+3,6)·10^{-3} = 13,56 mΩ

$$Icc_{LFE1} = \frac{400}{\sqrt{3}\cdot 13{,}56\cdot 10^{-3}} = 17031A$$

El poder de corte de los mecanismos de protección del cuadro deberá ser superior a este valor. Los dispositivos de uso comercial con poder de corte inmediatamente superior al valor calculado son de 20 kA.

2.5.3.1.9. CÁLCULO DE LAS PROTECCIONES DE CORTOCIRCUITO EN EL CUADRO DE FUERZA DE EMERGENCIA 2 (CFE2)

La intensidad de cortocircuito considerando la impedancia aguas arribas del cuadro será la del transformador más la del puente de Baja Tensión, más la correspondiente a la línea que alimenta al subcuadro de fuerza de emergencia 2. Puesto que se desprecia la reactancia, la impedancia de la línea LFE2 se calcula como una resistencia pura, teniendo solo en cuenta que el conductor es de cobre:

$$R_{LFE2} = 0{,}018\frac{92}{35} = 47{,}31 m\Omega$$

La impedancia total será: Z = (0,36+9,6+47,31)·10^{-3} = 57,27 mΩ

$$Icc_{LFE2} = \frac{400}{\sqrt{3}\cdot 57{,}27\cdot 10^{-3}} = 4032{,}5A$$

El poder de corte de los mecanismos de protección del cuadro deberá ser superior a este valor. Los dispositivos de uso comercial con poder de corte inmediatamente superior al valor calculado son de 6 kA.

2.5.3.1.10. CÁLCULO DE LAS PROTECCIONES DE CORTOCIRCUITO EN EL CUADRO DE FUERZA DE EMERGENCIA 3 (CFE3)

La intensidad de cortocircuito considerando la impedancia aguas arribas del cuadro será la del transformador más la del puente de Baja Tensión, más la correspondiente a la línea que alimenta al subcuadro de fuerza de emergencia 3. Puesto que se desprecia la reactancia, la impedancia de la línea LFE3 se calcula como una resistencia pura, teniendo solo en cuenta que el conductor es de cobre:

$$R_{LFE3} = 0{,}018\frac{117}{70} = 30 m\Omega$$

La impedancia total será: Z = (0,36+9,6+30)·10^{-3} = 39,96 mΩ

$$Icc_{LFE3} = \frac{400}{\sqrt{3}\cdot 39{,}96\cdot 10^{-3}} = 5779{,}3A$$

El poder de corte de los mecanismos de protección del cuadro deberá ser superior a este valor. Los dispositivos de uso comercial con poder de corte inmediatamente superior al valor calculado son de 6 kA.

2.5.3.1.11. CÁLCULO DE LAS PROTECCIONES DE CORTOCIRCUITO EN EL CUADRO DE FUERZA DE EMERGENCIA 4 (CFE4)

La intensidad de cortocircuito considerando la impedancia aguas arribas del cuadro será la del transformador más la del puente de Baja Tensión, más la correspondiente a la línea que alimenta al subcuadro de fuerza de emergencia 4. Puesto que se desprecia la reactancia, la impedancia de la línea LFE4 se calcula como una resistencia pura, teniendo solo en cuenta que el conductor es de cobre:

$$R_{LFE4} = 0{,}018\frac{10}{70} = 2{,}57m\Omega$$

La impedancia total será: Z = (0,36+9,6+2,57)·10^{-3} = 12,53 mΩ

$$Icc_{LFE4} = \frac{400}{\sqrt{3}\cdot 12{,}53\cdot 10^{-3}} = 18431A$$

El poder de corte de los mecanismos de protección del cuadro deberá ser superior a este valor. Los dispositivos de uso comercial con poder de corte inmediatamente superior al valor calculado son de 20 kA.

2.5.3.1.12. CÁLCULO DE LAS PROTECCIONES DE CORTOCIRCUITO EN EL CUADRO DE FUERZA GENERAL 1 (CFG1)

La intensidad de cortocircuito considerando la impedancia aguas arribas del cuadro será la del transformador más la del puente de Baja Tensión, más la correspondiente a la línea que alimenta al subcuadro de fuerza general 1. Puesto que se desprecia la reactancia, la impedancia de la línea LFG1 se calcula como una resistencia pura, teniendo solo en cuenta que el conductor es de cobre:

$$R_{LFG1} = 0{,}018\frac{10}{16} = 11{,}25m\Omega$$

La impedancia total será: Z = (0,36+9,6+11,25)·10^{-3} = 21,21 mΩ

$$Icc_{LFG1} = \frac{400}{\sqrt{3}\cdot 21{,}21\cdot 10^{-3}} = 10888{,}3A$$

El poder de corte de los mecanismos de protección del cuadro deberá ser superior a este valor. Los dispositivos de uso comercial con poder de corte inmediatamente superior al valor calculado son de 15 kA.

2.5.3.1.13. CÁLCULO DE LAS PROTECCIONES DE CORTOCIRCUITO EN EL CUADRO DE FUERZA GENERAL 2 (CFG2)

La intensidad de cortocircuito considerando la impedancia aguas arribas del cuadro será la del transformador más la del puente de Baja Tensión, más la correspondiente a la línea que alimenta al subcuadro de fuerza general 2. Puesto que se desprecia la reactancia, la impedancia de la línea LFG2 se calcula como una resistencia pura, teniendo solo en cuenta que el conductor es de cobre:

$$R_{LFG2} = 0{,}018\frac{92}{50} = 33{,}12 m\Omega$$

La impedancia total será: Z = (0,36+9,6+33,12)·10^{-3} = 43,08 mΩ

$$Icc_{LFG2} = \frac{400}{\sqrt{3}\cdot 43{,}08\cdot 10^{-3}} = 5360{,}7A$$

El poder de corte de los mecanismos de protección del cuadro deberá ser superior a este valor. Los dispositivos de uso comercial con poder de corte inmediatamente superior al valor calculado son de 6 kA.

2.5.3.1.14. CÁLCULO DE LAS PROTECCIONES DE CORTOCIRCUITO EN EL CUADRO DE FUERZA GENERAL 3 (CFG3)

La intensidad de cortocircuito considerando la impedancia aguas arribas del cuadro será la del transformador más la del puente de Baja Tensión, más la correspondiente a la línea que alimenta al subcuadro de fuerza general 3. Puesto que se desprecia la reactancia, la impedancia de la línea LFG3 se calcula como una resistencia pura, teniendo solo en cuenta que el conductor es de cobre:

$$R_{LFG3} = 0{,}018\frac{117}{50} = 42{,}12 m\Omega$$

La impedancia total será: Z = (0,36+9,6+42,12)·10^{-3} = 52,08 mΩ

$$Icc_{LFG3} = \frac{400}{\sqrt{3}\cdot 52{,}08\cdot 10^{-3}} = 4434{,}3A$$

El poder de corte de los mecanismos de protección del cuadro deberá ser superior a este valor. Los dispositivos de uso comercial con poder de corte inmediatamente superior al valor calculado son de 6 kA.

2.5.3.1.15. CÁLCULO DE LAS PROTECCIONES DE CORTOCIRCUITO EN EL CUADRO DE FUERZA GENERAL 4 (CFG4)

La intensidad de cortocircuito considerando la impedancia aguas arribas del cuadro será la del transformador más la del puente de Baja Tensión, más la correspondiente a la línea que alimenta al subcuadro de fuerza general 4. Puesto que se desprecia la reactancia, la impedancia de la línea LFG4 se calcula como una resistencia pura, teniendo solo en cuenta que el conductor es de cobre:

$$R_{LFG4} = 0{,}018\frac{45}{185} = 4{,}38m\Omega$$

La impedancia total será: Z = (0,36+9,6+4,38)·10^{-3} = 14,34 mΩ

$$Icc_{LFG4} = \frac{400}{\sqrt{3}\cdot 14{,}34\cdot 10^{-3}} = 16104{,}6A$$

El poder de corte de los mecanismos de protección del cuadro deberá ser superior a este valor. Los dispositivos de uso comercial con poder de corte inmediatamente superior al valor calculado son de 20 kA.

2.5.3.1.16. RESUMEN CDE LAS PROTECCIONES DE CORTOCIRCUITO

CUADRO	INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO CALCULADA (kA)	PODER DE CORTE NORMALIZADO (kA)
CAE1	4,2	6
CAE2	1,6	6
CAE3	3,3	6
CAG1	5,8	6
CAG2	2,5	6
CAG3	4,4	6
CAG4	4,4	6
CFE1	17	20
CFE2	4	6
CFE3	5,8	6
CFE4	18,4	20
CFG1	10,9	15
CFG2	5,4	6
CFG3	4,4	6
CFG4	16,1	20

2.5.4. CÁLCULO DE COMPENSACIÓN DE ENERGÍA REACTIVA

El calculo del equipo de compensación se realizara para el caso mas desfavorable de todos aquellos equipos que no tienen compensación individual; es decir, se considerara que todas las maquinas están funcionando simultaneamente a excepción de las pantallas fluorescentes que traen sus equipos propios de compensación.

La potencia activa exceptuando las pantallas fluorescentes asciende a 564500 W con cosφ=0,8. Dicha potencia es la suma de los cuadros de fuerza general y fuerza de emergencia, considerando la climatización dentro de la fuerza general. Se parte de los siguientes valores para realizar el cálculo:

Suministro: Trifasico.
Tension Compuesta: 400 V.
Potencia activa: 564500 W.
Cosφ (real)= 0,8.
Cosφ1 (buscado)=1.
Conexión de condensadores en Triangulo.

La potencia reactiva será usando la formula:

$$Q = 564{,}5 \cdot tg(\cos^{-1} 0.8) = 423{,}375 \text{ kVAr}$$

Se recomienda utilizar escalones múltiplos de 5 kVAr, por lo que la potencia inmediatamente superior a la calculada es de 425 kVAr.

La composición de las baterías será la siguiente:

$$(5 \cdot 80) + 25 = 425 \text{ kVAr}$$

2.5.5. CÁLCULO DE CANALIZACIONES

Las canalizaciones cumplirán en todo momento lo establecido en la ITC-BT-21.

En el centro comercial las más utilizadas serán tubos protectores y bandejas perforadas. Los tubos utilizados irían por el falso techo del local, por lo que se realizara el cálculo de los mismos mediante la tabla 2 del apartado 1.2.2 de la ITC-BT-21 del REBT. Esta tabla nos indicara la sección del tubo que hemos de usar en función del numero de conductores y de su sección, si el numero de conductores es mayor de 5 por tubo o para conductores aislados o cables de secciones diferentes a instalar en el mismo tubo, su sección interior será como mínimo igual a 3 veces la sección ocupada por los conductores.

Los tubos de menor sección a utilizar serán de 16 mm de diámetro según lo establecido en la tabla 5 de la ITC-BT 21, esta será la sección de los tubos que llegan a cada luminaria o a cada toma. Los conductores de las tomas de corriente empotradas irían en tubos curvables en superficie hasta llegar a la pared en la que se encuentren, una vez llegado a la pared se pondrá una caja de derivación con tubos flexibles hasta la toma.

2.5.6. CÁLCULO DE PUESTA A TIERRA EN BAJA TENSIÓN

El valor de la resistencia de tierra serÁ tal que cualquier masa no pueda dar lugar a tensiones de contacto superior a 50 V.

Según los valores dado por la norma tecnológica de la edificación el valor máximo de la resistencia de paso a tierra en función del tipo del local y la instalación o no de pararrayos son:

Tipo de local	Resistencia máxima (Ω)
Edificio destinado principalmente a viviendas	80
Edificio con pararrayos	15
Edificio sin pararrayos	80
Instalaciones de máxima seguridad	2 a 5
Instalaciones de ordenadores	1 a 2

Tabla 2- 25.-Resistencia máxima de paso a tierra según el local y existencia de pararrayos

El centro comercial no tiene pararrayos, por lo que la resistencia máxima será de 80 Ω. Se realizara la puesta a tierra mediante un anillo de cobre macizo de 35 mm^2 de sección minima según la norma UNE 21022 y la NTE 1973 "Puesta a tierra".

Para calcular la resistencia de tierra en función de la resistividad del terreno y las características del electrodo, la tabla 5 de la ITC-BT-18 del REBT nos muestra la siguiente expresión:

$$R = \frac{2 \cdot \rho}{L}$$

Donde: ρ= Resistividad del terreno (Ω m)
L= Longitud de la pica o del conductor (m)

El terreno tiene una resistividad de 200 Ωm y la longitud del anillo si lo consideramos un anillo que recorra el perímetro de la nave es de 302 m, por lo que la resistencia será:

R= 1,32 Ω