



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

MEJORA DE LA EFICIENCIA DE LA INSTALACION DE ALUMBRADO DEL SECTOR 5 DE LA UPV

Autor: Felix Alonso Calabuig

Tutor: Vicente León Martínez

Grado en Ingeniería Electrónica y Automática

ETSID

Mayo 2018

Contenido

1	Memoria.....	2
1.1	Antecedentes	2
1.1.1	Normas y reglas técnicas a tener en cuenta	3
1.1.2	Ubicación del proyecto.....	3
1.1.3	Potencia prevista o instalada	3
1.1.4	Sistema de alimentación de las cargas.....	4
1.1.5	Línea de alimentación	4
1.1.6	Cumplimiento con la ITC-BT 09 “Instalaciones de alumbrado exterior”	4
1.2	Justificación Académica	4
1.3	Justificación Legal.....	4
1.4	Viabilidad.....	5
1.5	Descripción de distintas soluciones	5
1.6	Estudio de la solución.....	5
1.7	Bibliografía	5
2	Anexos.....	6
2.1	Anexo 1. Calculo de las corrientes	6
2.2	Anexo 2. Calculo de la secciones.....	11
2.3	Anexo 3. Calculo de las perdidas.....	13
2.4	Anexo 4. Hojas de características de los productos.....	19
3	Planos	22
4	Pliego de condiciones.....	23
5	Presupuesto	47
5.1	Gastos de trifásica a monofásica.....	47
5.2	Gastos de los filtros	48
5.3	Gastos de los condensadores.....	48

1 Memoria

1.1 Antecedentes

La universidad politécnica de Valencia dispone de diferentes sectores en los cuales la media tensión se transforma en baja tensión, aun así se producen pérdidas en los diferentes alumbrados de exterior debido a la energía conocida como reactiva y a las pérdidas generadas por desequilibrios entre fases. El objetivo de este trabajo de fin de grado es analizar cómo superar estas pérdidas y desequilibrios para el alumbrado exterior del sector 5 de la UPV.

Dado que no disponemos de los datos reales, asumiremos algunos datos en aras de plantear un problema lo más realista posible y que sirva para plantear un problema real y por tanto poder dar una solución lo más real posible.

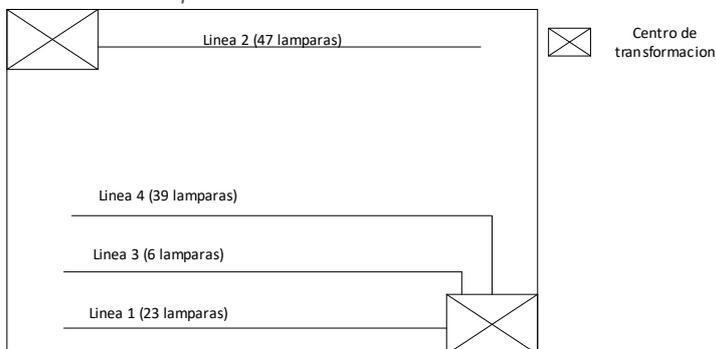
Para plantear un caso real se contaron el número de luminarias así como su distribución en todo el sector 5. En total se contaron 115 lámparas, de las cuales había unas 92 de LEDs y otras 23 de vapor de sodio. El sector 5 tiene dos transformadores de media a baja tensión cercanos, uno está localizado entre el DIE y el campo de futbol. Mientras que el segundo esta entre la ETSIAMN y la ETSII. Los transformadores son un producto estandarizado y para nuestra aplicación asumiremos que estamos trabajando con transformadores de 100 kVA, con un ratio de transformación 20 kV/400 V, Dyn11, lo compraremos de la marca ORMAZABAL, hoja de características en el anexo 4 [1].

En cuanto al montaje teórico asumiremos que las líneas tienen sus cargas conectadas de forma monofásica por lo que solo habrá dos cables uno de fase y un neutro (R-N).

Para el planteamiento del problema asumimos líneas de cargas desde cada transformador, estas cargas se han agrupado en función del tipo de lámpara (LED o vapor de sodio) y un recorrido que se ha hecho en teoría de las diferentes cargas.

A continuación se muestra un croquis donde se ve como se han colocado las líneas a cada transformador y el número de lámparas por línea.

Ilustración 1 - Croquis de la instalación teórica



La línea 1 contiene todas las lámparas de vapor de sodio, mientras que las líneas 2,3 y 4 contienen todas las lámparas de LED. Agrupar las lámparas de esta manera simplifica el cálculo de pérdidas y el estudio de soluciones, además de ayudarnos a entender cuál

es el ahorro a nivel económico y de energía de compensar lámparas de vapor de sodio frente a lámparas LED.

Las pérdidas generadas entre el centro de transformación y el lugar de consumo son tres: desequilibrios, distorsiones armónicas y reactivas. El proyecto consiste en reducir las pérdidas lo máximo posible compensando la reactiva y los desequilibrios, no consideramos pérdidas por distorsión porque estamos trabajando con el sistema sinusoidal de la red.

1.1.1 Normas y reglas técnicas a tener en cuenta

- Real Decreto 1955/2000, de 1 de Diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica
- Normas UNE y UNESA que sean de aplicación
- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, Real Decreto 842/2002 del 2 de Agosto y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-BT
- Normas particulares de la compañía suministradora en este caso Iberdrola

1.1.2 Ubicación del proyecto

El proyecto se llevara a cabo sobre la instalación ya existente del sector 5 de la UPV, en concreto sobre el alumbrado exterior que rodea a este. Entendemos por alumbrado exterior del sector 5 los puntos de luz (LED o vapor de sodio) inmediatamente en frente de los edificios del sector 5, no tendremos en cuenta como sector 5 todos los puntos de luz que estén entre los edificios del sector 5 y otros edificios.

1.1.3 Potencia prevista o instalada

La potencia total es muy compleja de dimensionar para cada transformador, puesto que habrá otros equipos conectados al transformador como luces de interior, aires acondicionados, calefacción etc... que no tendremos en cuenta. Aun así podemos asumir que para cada transformador tendremos una potencia instalada que será la suma de las potencias de cada línea. Tal y como se ha mencionado anteriormente disponemos de 4 líneas, donde solo la línea 2 es de vapor de sodio, si tenemos en cuenta las potencias de las lámparas de vapor de sodio vistas en el anexo 1: Calculo de las corrientes, tenemos:

- Potencia de lámpara LED: 160 W
- Potencia de la lámpara de vapor de sodio: 250 W

Teniendo esto en cuenta, podemos obtener la potencia de cada línea con el número de lámparas por línea, esto se puede ver en la Ilustración 1. Multiplicando el número de lámparas por línea por la potencia de las lámparas en esa línea obtenemos la potencia en cada línea.

- Línea 1 : 5,75 kW
- Línea 2: 7,52 kW
- Línea 3: 0,95 kW
- Línea 4: 6,24 kW

Según la Ilustración 1, tenemos dos transformadores donde van los diferentes líneas, para saber la potencia instalada en cada transformador, sumamos la potencia de cada línea entre sí para el transformador correspondiente.

- Transformador 1: 12,95 kW
- Transformador 2: 7,52 kW

1.1.4 Sistema de alimentación de las cargas

El suministro de energía a las cargas se hará a través de un transformador de media tensión. Para el caso inicial todas las cargas estarán conectadas a una fase y al neutro, por lo que tendremos un sistema monofásico de 230 V que será suministrado por el transformador.

Para el caso final se utilizara un sistema trifásico con 3 fases y un neutro, en este, las cargas se colocarán entre fase y neutro, por lo que la tensión alimentada a las cargas ser de 230 V, igual que en el caso inicial.

1.1.5 Línea de alimentación

Aunque en el caso de la línea general no se tiene en cuenta, en el caso de las derivaciones individuales se tendrán en cuenta los siguientes valores para cada línea sabiendo que la instalación es de cables enterrados:

Caso inicial:

Línea	Longitud (m)	Diámetro (mm)
1	460	120
2	940	150
3	120	6
4	780	95

Para ver más en detalle bajo qué criterio se han elegido el diámetro de sección para cada línea véase el anexo 2: cálculo de las secciones.

1.1.6 Cumplimiento con la ITC-BT 09 “Instalaciones de alumbrado exterior”

- Dimensionado para cumplir el criterio térmico, al utilizar la sección mínima recomendada por corriente de paso conforme a la tabla adjunta en el anexo 2 , además de cumplir con el criterio de caída de tensión inferior al 1 %, dado que estamos entre el transformador y los puntos de luz
- Las líneas de la instalación estarán protegidas individualmente contra corrientes de defecto y sobre intensidades. Dado que esta instalación se asume hecha no se proyectara, esto también es aplicable a los cuadros de protección

1.2 Justificación Académica

La justificación académica de este proyecto es la obtención del grado, conforme a la disposición 8127 del BOE número 177, publicado el jueves 25 de julio de 2013. Sección III, pagina 54755.

1.3 Justificación Legal

Para la implementación de la solución al problema planteado se tuvieron en cuenta las normas de la UPV, la REBT, además de otras normas y certificados de los distintos equipos que se encontraron para su implementación (bobinas y condensadores) y las

normas de Iberdrola (la empresa que en este caso está al cargo del suministro de energía)

1.4 Viabilidad

Los valores obtenidos para la implementación de condensadores y bobinas son concretos y su implementación es posible en el sistema puesto que dan valores disponibles en el mercado a precios razonables.

1.5 Descripción de distintas soluciones

Para la compensación con condensadores se pueden obtener principalmente mediante dos soluciones, una sería compensar cada lámpara de forma individual y la otra sería compensar ciertas líneas o grupos de lámparas a continuación se estudiará ambas soluciones probando diferentes soluciones para la compensación de diferentes líneas.

En el caso de la reactiva solo se puede compensar la línea 1 que es la única que tiene lámparas de vapor de sodio. Para la compensación de desequilibrios compensaremos todas las líneas.

1.6 Estudio de la solución

Para el estudio de la solución consideraremos una línea cada vez. Para el caso de la línea 1, estamos ante una línea que tiene pérdidas por reactiva y si la conectáramos en un sistema trifásico esta tendría pérdidas por desequilibrios. Así pues si quisiéramos plantear solamente compensar reactiva, podríamos compensar con un condensador global para todas las cargas cosa que es más barato, o bien compensar cada lámpara. Dado que estamos ante un estudio de carácter académico y la mejor opción para el ahorro energético es compensar justo antes de las cargas, aplicaremos

La solución para la compensación de reactiva y desequilibrios pasará por utilizar un filtro integral que compense ambas. La forma más efectiva sería poner un compensador por cada lámpara y justo antes de la carga. Este último método se descarta puesto que si el compensador estuviera justo antes de la carga estaría colgado de la lámpara y si esta callera al suelo, dado su peso, podría hacerle daño a alguien, por esto se decidió poner el compensador en una arqueta debajo de la lámpara, considerando los metros de cable del suelo a la lámpara despreciables. Ahora bien por tema de precio es más caro instalar un compensador por lámpara que poner un filtro al principio y otro a mitad camino. Se estudiará la solución en cuanto impacto económico y amortización en el tiempo. Por otra parte a la salida de la arqueta que se va utilizar se utilizarán fusibles para proteger los elementos dentro de la arqueta, también debe decidirse si se utilizara un fusible para cada elemento o si por otra parte se utilizara un fusible para todos los elementos, de nuevo la opción más segura es también la más cara. También se estudiará el impacto económico y su amortización de poner un filtro solo al principio en lugar de un filtro por cada lámpara.

1.7 Bibliografía

[1] Apuntes de la asignatura Gestión Eficiente de la Energía, UPV

[2] Montañana Romeu Joaquín, Cazorla Navarro Antonio, León Martínez Vicente, Circuitos conductivos lineales, 2017

[3] REBT, Reglamento Electro-técnico de Baja Tensión

[4] Página web de donde se han obtenido los catálogos y precios de los productos:
<https://www.mouser.es/>
www.leroymerlin.es

2 Anexos

2.1 Anexo 1. Calculo de las corrientes

Para los cálculos miraremos el mapa general y dado que tenemos en cuenta que hay dos transformadores repartiremos las diferentes lámparas en líneas que se agruparan en torno a uno u otro.

Si observamos el plano 1 podemos ver las diferentes líneas y ver que cada línea es de vapor de sodio o de LEDs. Por seguir un orden empezaremos por la línea 1.

En esta línea todas las lámparas son de vapor de Sodio y disponemos de una potencia de 125 W cada luminaria, al ser dos luminarias por lámpara, significa que cada lámpara tiene una potencia de 250 W. Al ser de vapor sodio estimamos un $\cos(\varphi) = 0,4$. En esta línea hay un total de 23 lámparas, por lo que obtendremos un total de 23 corrientes.

Para obtener las corrientes aplicamos la fórmula de la ley de Ohm junto con la definición de potencia eléctrica: $P = V \cdot I$. Dado que tenemos un sistema donde hay una parte de la energía que es reactiva aplicamos el $\cos \phi$ a la formula y despejamos para la corriente lo que nos deja la siguiente fórmula: $I = \frac{P}{V \cdot \cos(\varphi)}$

Según nuestro esquema unifilar la corriente más pequeña y por tanto la más alejada del transformador puede ser calculada con los datos de potencia y $\cos(\varphi)$ mencionados antes. En el caso del voltaje tomamos un voltaje de 230 V, tomamos este valor ya que es el suministrado por la red. De forma que $I_{23} = \frac{250}{230 \cdot 0,4} = 2,72$ A. El resto de corrientes podemos calcularlas haciendo una suma de la misma ya que cada luminaria consumirá esa cantidad de corriente conforme a lo visto en la figura de anexo siguiente:

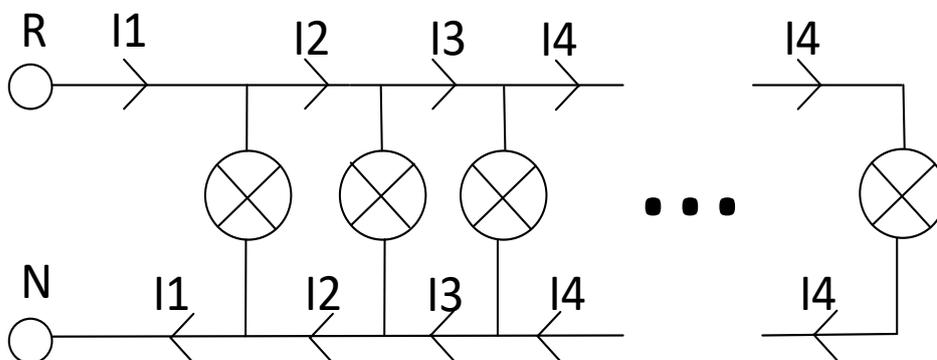


Ilustración 2- Figura de anexo 1

El plano 2 muestra el esquema unifilar para la línea 1.

La siguiente tabla muestra las diferentes corrientes para la línea 1:

Intensidades según subíndices en la línea 1

Subíndice	Intensidad (A)
23	2,72
22	5,44
21	8,16
20	10,88
19	13,6
18	16,32
17	19,04
16	21,76
15	24,48
14	27,2
13	29,92
12	32,64
11	35,36
10	38,08
9	40,8
8	43,52
7	46,24
6	48,96
5	51,68
4	54,4
3	57,12
2	59,84
1	62,56

Tabla 1 - Corrientes de la línea 1

Para la línea 2 tenemos luminarias tipo LED en lugar de las vistas anteriormente de vapor de sodio. Para estas luminarias los LEDS tendrán una potencia estimada de 10 W.

Si observamos la foto adjuntada abajo podemos contar el número de LEDS de las que dispone cada luminaria.



Ilustración 3 - Foto de una lámpara del sector 5

En total son 16 luminarias a 10 W por LED son un total de 160 W por luminaria. Además al ser LED podemos considerar una reactiva nula y por tanto un $\cos(\varphi) = 1$. Suponiendo un voltaje de alimentación de 230 V solo nos quedaría contar el número de luminarias LED en la línea 2. Este puede verse en el plano 2 donde se ven 47 luminarias LED. Si aplicamos la fórmula vista anteriormente, $I = \frac{P}{V \cdot \cos(\varphi)}$ pero con los valores ahora conocidos obtenemos la corriente más pequeña en la última lámpara a lo largo de la línea: $I_{47} = \frac{160}{230 \cdot 1} = 0,7 \text{ A}$.

El resto de corrientes podemos calcularlas haciendo una suma de la misma ya que cada luminaria consumirá esa cantidad de corriente conforme a lo visto en la figura de anexo 1, el esquema unifilar para la línea 2 puede verse en el plano 3.

Intensidad según subíndices en la línea 2

Subíndice	Intensidad
47	0,7
46	1,4
45	2,1
44	2,8
43	3,5
42	4,2
41	4,9
40	5,6
39	6,3
38	7

37	7,7
36	8,4
35	9,1
34	9,8
33	10,5
32	11,2
31	11,9
30	12,6
29	13,3
28	14
27	14,7
26	15,4
25	16,1
24	16,8
23	17,5
22	18,2
21	18,9
20	19,6
19	20,3
18	21
17	21,7
16	22,4
15	23,1
14	23,8
13	24,5
12	25,2
11	25,9
10	26,6
9	27,3
8	28
7	28,7
6	29,4
5	30,1
4	30,8
3	31,5
2	32,2
1	32,9

Tabla 2-Corrientes de la línea 2

Para la tercera línea será un cálculo similar al de la segunda ya que también son todo LEDS pero la línea es más corta ya que hay menos luminarias podemos aplicar lo obtenido en la línea 2 pero tan solo para 6 luminarias. El esquema unifilar para la línea 3 puede verse en el plano 4. De forma que $I_6 = 0,7$ A, y las demás corrientes serán:

Intensidades según subíndices en la línea 3

Subíndice	Intensidad (A)
6	0,7
5	1,4
4	2,1
3	2,8
2	3,5
1	4,2

Tabla 3 - Corrientes de la línea 3

En el caso de la última y cuarta línea también son LEDS pero son un total de 39 luminarias. Dado que son todas LEDS aplicamos lo que hemos hecho en el caso anterior $I_{39} = 0,7$ A. El esquema unifilar puede verse en el plano 5.

Intensidades según subíndices en la línea 4

Subíndice	Intensidad (A)
39	0,7
38	1,4
37	2,1
36	2,8
35	3,5
34	4,2
33	4,9
32	5,6
31	6,3
30	7
29	7,7
28	8,4
27	9,1
26	9,8
25	10,5
24	11,2
23	11,9
22	12,6
21	13,3
20	14
19	14,7
18	15,4
17	16,1
16	16,8
15	17,5
14	18,2
13	18,9

12	19,6
11	20,3
10	21
9	21,7
8	22,4
7	23,1
6	23,8
5	24,5
4	25,2
3	25,9
2	26,6
1	27,3

Tabla 4 - Corrientes de la línea 4

2.2 Anexo 2. Calculo de las secciones

Para determinar las secciones conforme a la REBT debemos cumplir dos criterios, el criterio térmico y el criterio de caída de tensión. De estos dos el más restrictivo será el elegido. Por tanto obtendremos la sección de los cables para ambos y demostraremos los resultados finales obtenidos.

En el caso del criterio térmico lo obtendremos comparando las especificaciones de trabajo dadas en la REBT. Asumimos que estamos trabajando con cables enterrados a 70 cm de profundidad y a 25 ° C y aplicamos la siguiente tabla encontrada en la REBT.

SECCIÓN NOMINAL mm ²	Tema de cables unipolares (1) (2)			1 cable tripolar o tetrapolar (3)		
						
	TIPO DE AISLAMIENTO					
	XLPE	EPR	PVC	XLPE	EPR	PVC
6	72	70	63	66	64	56
10	96	94	85	88	85	75
16	125	120	110	115	110	97
25	160	155	140	150	140	125
35	190	185	170	180	175	150
50	230	225	200	215	205	180
70	280	270	245	260	250	220
95	335	325	290	310	305	265
120	380	375	335	355	350	305
150	425	415	370	400	390	340
185	480	470	420	450	440	385
240	550	540	485	520	505	445
300	620	610	550	590	565	505
400	705	690	615	665	645	570
500	790	775	685	-	-	-
630	885	870	770	-	-	-

Tabla 5 - Intensidad máxima admisible, en amperios, para cables con conductores de cobre en instalación enterrada (servicio permanente).

Suponemos que se utilizara un cable unipolar de aislamiento XLPE.

Para saber que sección de cable elegir desde el punto de vista del criterio térmico solo hay que comprobar la corriente máxima en cada línea, siendo esta la más próxima al

transformador y por tanto la que esta antes de la primera carga. Si tomamos la línea 2 como ejemplo, podemos ver en la Ilustración 3 que la corriente más alta será I1 de la línea 2, que es 62,56 A. Para asegurarnos de que cumplimos elegimos 10 mm² dado que 6 solo permitiría hasta 50 A. No consideramos utilizar 16 dado que estamos a 5 A del límite de nuestra corriente máxima y consideramos que es suficiente.

Si hacemos esto para todas las líneas obtenemos las siguientes secciones para cada línea:

Línea	Corriente máxima (A)	Sección elegida (mm ²)
1	62,56	6
2	32,59	6
3	4,2	6
4	27,3	6

Tabla 6 - Sección del cable elegida en función de la corriente máxima de la línea

El segundo criterio es el de caída de tensión, la REBT establece que para nuestra instalación la caída de tensión debe ser como máximo del 1 %. Para obtener la caída de tensión aplicamos la formula $\Delta V(\%) = \frac{V_F}{V_i} * 100$, donde el voltaje inicial V_i , serán 230V, lo que sale del transformador. Esta fórmula puede deducirse como una aplicación porcentual de la ley de Ohm. Mientras que V_F , el voltaje consumido por el cableado se calculara con:

$V_F = R_{cables} \cdot I_{Linea}$. Donde la I_{Linea} es la suma de las intensidades de la línea en cada carga, que ya hemos calculado en el anexo 1 y R_{cables} siendo la resistencia en los cables puede calcularse con $R_{cables} = \frac{l}{\gamma \cdot S}$. Siendo l la longitud del cable que está a esa corriente, γ la conductividad eléctrica del cobre y S el área de la sección. La formula $V_F = R_{cables} \cdot I_{Linea}$ asume cables con una longitud igual entre lámparas y desde el transformador y esta simplificada de: $V_F = \frac{l_1}{\gamma \cdot S} \cdot I_1 + \frac{l_2}{\gamma \cdot S} \cdot I_2 + \dots + \frac{l_n}{\gamma \cdot S} \cdot I_n$

Conocemos las posibles secciones por la tabla 6 y si alguna no nos diera una caída de tensión satisfactoria elegiríamos una superior en la tabla 5 hasta alcanzar la caída de tensión inferior al 1% estipulada por la REBT. Para la l asumiremos una distancia entre lámparas de 20 metros. La γ del cobre a 20 ° C son $55 \frac{m}{\Omega \cdot mm^2}$. Si computamos esto para los corrientes vistas en la tabla 6 obtenemos las siguientes caídas de tensión en cada línea:

Línea	Sección(mm ²)	Caída de tensión (%)
1	6	19,78
2	6	20,81
3	6	0,39
4	6	14,39

Tabla 7 - Caída de tensión en función de la sección l

Tal como podemos ver la única línea que cumple este criterio con este el tamaño de sección mínimo es la línea 3 ya que la caída de tensión es inferior al 1%. Para ajustar

esto vamos a aumentar las secciones empleadas en las demás líneas hasta conseguir la caída de tensión deseada, iremos aumentado siguiendo los valores de la tabla 5. Aumentado al siguiente valor de sección permitido obtenemos:

Línea	Sección(mm2)	Caída de tensión (%)
1	10	11,87
2	10	12,48
3	6	0,39
4	10	8,63

Tabla 8 - Caída de tensión en función de la sección II

Los valores cumplen para la línea 3 que ya es inferior al 1%, los demás siguen sin cumplir el requisito por lo que seguimos aumentando el valor de la sección.

Línea	Sección(mm2)	Caída de tensión (%)
1	16	7,42
2	16	7,80
3	6	0,39
4	16	5,40

Tabla 9 - Caída de tensión en función de la sección III

Así sucesivamente hasta que llegamos a:

Línea	Sección(mm2)	Caída de tensión (%)
1	120	0,99
2	150	0,83
3	6	0,39
4	95	0,91

Tabla 10 - Caída de tensión en función de la sección IV

Por lo que finalmente elegimos la sección de los cables vistos en la tabla 10.

2.3 Anexo 3. Calculo de las perdidas

Para calcular las perdidas por efecto Joule aplicaremos la ley de Joule: $P = I^2 \cdot R$

En primer lugar, el caso de no haber aplicado aun el filtro integral, tendremos una corriente como la vista en la figura de anexo 2 para todas las lámparas de las distintas líneas:

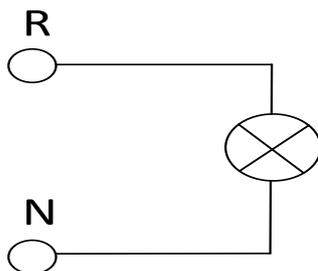


Ilustración 4 -Figura de anexo 2

Ahora bien, si aplicamos el filtro integral y conectamos nuestras lámparas de cada línea a una red trifásica a través de este podemos reducir la corriente a la tercera parte utilizando dos cables más. Éste procedimiento está extraído de los apuntes de la asignatura: Gestión Eficiente de la Energía y del libro Circuitos conductivos lineales (ver bibliografía).

El filtro integral es el siguiente:

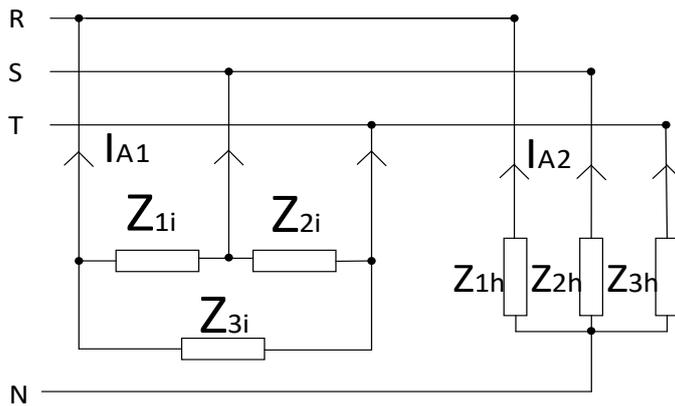


Ilustración 5 - Figura de anexo 3

Las impedancias para cada rama se calculan de la siguiente manera:

$$\overline{Z}_{1h} = \frac{-jV_d^2}{\frac{(P_2 - P_3)}{\sqrt{3}} \pm Q_1}$$

$$\overline{Z}_{2h} = \frac{-jV_d^2}{\frac{(P_3 - P_1)}{\sqrt{3}} \pm Q_2}$$

$$\overline{Z}_{3h} = \frac{-jV_d^2}{\frac{(P_1 - P_2)}{\sqrt{3}} \pm Q_3}$$

$$\overline{Z}_{1i} = -j \frac{3\sqrt{3}}{2} \frac{V_d^2}{P_1 - P_2}$$

$$\overline{Z}_{2i} = -j \frac{3\sqrt{3}}{2} \frac{V_d^2}{P_2 - P_3}$$

$$\overline{Z_{3i}} = -j \frac{3\sqrt{3}}{2} \frac{V_d^2}{P_3 - P_1}$$

Para calcular las pérdidas sin filtro en las cuatro líneas aplicamos la ley de Joule para cada tramo. La resistencia de los cables puede calcularse con la fórmula de la resistencia de un conductor vista en el libro circuitos conductores lineales: $R_{cables} = \frac{l}{\gamma \cdot S}$

Aplicamos el mismo criterio que el visto en el anexo 2 para el cálculo de la resistencia de los cables y obtenemos una resistencia de cables de 0,003 Ω.

Asumiendo una distancia entre lámparas constante y de la primera lámpara al transformador, podemos decir que la fórmula de pérdidas por efecto Joule podría simplificarse como la suma de las potencias disipadas, siendo una resistencia constante para los cables, será la suma de los cuadrados de las corrientes multiplicado por la resistencia de común de los cables, multiplicamos todo por dos, dado que un cable es la fase que lleva la energía mientras que el otro cable es el neutro que retorna la corriente y tenemos en cuenta que en la línea 1 hay corriente real e imaginaria produciendo pérdidas, quedando:

$P = 2 \cdot R \cdot (I_{1a}^2 + I_{1b}^2 + I_{2a}^2 + I_{2b}^2 + \dots + I_{23a}^2 + I_{23b}^2)$. Donde el subíndice a corresponde a una corriente real y el subíndice b corresponde a una corriente imaginaria.

Aplicando todo esto a nuestra fórmula obtenemos una potencia real disipada antes de aplicar el filtro de 193,88 W

Para obtener la potencia reactiva Q, necesitamos averiguar el valor de phi, para hacer esto despejamos phi de nuestro valor conocido $\cos(\varphi)=0,4$. Lo que nos deja: $\varphi = \arccos(0,4) = 66,4^\circ$ Aplicamos el $Q = P \cdot \tan(66,4) = 443,7 \text{ VAR}$

Para la línea 2 hasta la 4 aplicaremos la misma fórmula de potencia disipada solo que esta vez entendemos que no hay parte reactiva en la potencia por lo que solo es necesario encontrar la potencia real ya que la reactiva será 0. Aplicaríamos $P = 2 \cdot R \cdot (I_{1a}^2 + I_{2a}^2 + I_{3b}^2 + \dots + I_{23a}^2)$

Los que nos daría una potencia disipada en cada una de las líneas:

Línea	Potencia disipada sin filtro (W)
1	193,8
2	84,6
3	5,4
4	77

Para obtener la potencia disipada con el filtro planteamos las siguientes ecuaciones, potencia disipada en el caso de los LEDs: $P_{LEDs} = 2 \cdot R \cdot I_R^2 = 2 \cdot R \cdot I_a^2$ como solo hay corriente real la fórmula no contempla corriente reactiva, como el caso de la fórmula de vapor de sodio:

$$P_{\text{Vapor de sodio}} = 2 \cdot R \cdot I_R^2 = 2 \cdot R \cdot (I_a^2 + I_r^2)$$

Siguiendo el principio visto en la asignatura Gestión Eficiente de la Energía la potencia tras la implementación del filtro será 3 veces la potencia de la formula normal, dado que estamos considerando 3 cables por ser una línea trifásica en lugar de dos y la corriente es la tercera parte nos queda: $P_{\text{con filtro}} = 3 \cdot R \cdot \left(\frac{I_a}{3}\right)^2 = R \cdot \frac{I_a^2}{3} = \frac{P_{LEDs}}{6}$

Teniendo en cuenta todo esto se puede ver que para obtener la potencia disipada con el filtro debemos dividir entre 6 la potencia de las líneas 2,3 y 4 con filtro. En el caso de la línea 1 debemos obtener las pérdidas de la corriente real puesto que la reactiva desaparecerá al poner el filtro y posteriormente dividir la corriente real entre 6. Para obtener la corriente real debemos descomponer la corriente total de la línea 1.

Para obtener la corriente descompuesta en parte real e imaginaria obtenemos el valor de φ aplicando la formula $\varphi = \text{arcCos}(0,4) = 66,4^\circ$. Aplicamos este ángulo al módulo de la corriente que obtuvimos en la tabla 1. De forma que $I_1 = |I_1| \cdot (\text{Cos}(\varphi) + j \cdot \text{Sin}(\varphi)) = 1,1 - j 2,5$. Aplicando esto a las distintas corrientes:

Subíndice	Real	Imaginaria
23	1,1	2,5
22	2,2	5,0
21	3,3	7,4
20	4,4	9,9
19	5,6	12,4
18	6,7	14,9
17	7,8	17,4
16	8,9	19,9
15	10,0	22,3
14	11,1	24,8
13	12,2	27,3
12	13,3	29,8
11	14,4	32,3
10	15,6	34,8
9	16,7	37,2
8	17,8	39,7
7	18,9	42,2
6	20,0	44,7
5	21,1	47,2
4	22,2	49,7
3	23,3	52,1

2	24,4	54,6
1	25,6	57,1

Tabla 11 - Descomposición de la corriente compleja

Por lo que el caso de las pérdidas ideales sin parte reactiva podrá obtenerse con la fórmula:

$P = R \cdot (I_1^2 + I_2^2 + \dots + I_{23}^2)$ Solo que las corrientes esta vez serán solo las reales. Esto nos da unas pérdidas de 173,57 W quitándole la reactiva. Si compensamos desequilibrios, dividimos entre 6 el resultado visto para las pérdidas con reactiva, el de 193,8, nos queda 32,3 W de pérdidas. Si comparamos las pérdidas antes y después de poner el filtro:

Línea	Potencia disipada sin filtro (W)	Potencia disipada con filtro (W)	Potencia ahorrada (W)
1	193,8	32,3	188,4
2	84,6	14,1	70,5
3	5,4	0,9	4,5
4	77	12,8	64,2
Total	360,8	33,2	327,6

En el caso de compensar con filtro los desequilibrios y reactiva o solo reactiva en el caso de la línea 1 estamos ante una diferencia de 141,2 W. En la parte del presupuesto se estudiara el impacto económico de cada uno.

Calculo de las impedancias

Línea 1

Filtro por cada lámpara

En la línea 1 tenemos una potencia real en una fase de 250 W y una potencia reactiva de 572 VAR conforme a lo calculado anteriormente, trasladado a las formulas extraídas del libro circuitos lineales significaría:

- $P1 = 250 \text{ W}$
- $P2 = P3 = 0 \text{ W}$
- $Q1 = 572 \text{ VAR}$
- $Q2 = Q3 = 0 \text{ VAR}$.

En las formulas aparecen signos +/- en todos los casos elegiremos el más puesto que estamos trabajando con lámparas y estas se comportan como bobinas por lo que la potencia reactiva será siempre positiva. Sustituyendo estos valores obtenemos los siguientes valores:

Z1h (jΩ)	Z2h (jΩ)	Z3h (jΩ)	Z1i (jΩ)	Z2i (jΩ)	Z3i (jΩ)
92,5	-366,5	366,5	-549,8	Infinito	549,8

Dado que estamos observando el campo imaginario, los valores negativos corresponderán a un condensador y los positivos a bobinas. Un valor infinito implica un circuito abierto donde no conectamos nada. Con estos valores la distribución de las impedancias alrededor de la lámpara quedaría como el plano 10. Para calcular las

fórmulas que se van a utilizar aplicamos las fórmulas de impedancias en elementos básicos conforme a lo visto en los apuntes de la asignatura Gestión Eficiente de la Energía vemos que $Z_{bobina} = j \cdot 2\pi \cdot f \cdot L$ y $Z_{Condensador} = -\frac{j}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C}$. Donde f es la frecuencia de conmutación, C es el valor del condensador y L es el valor de la bobina. Sabemos que la frecuencia de la red son 50 Hz y aplicamos la regla de que una impedancia en el plano imaginario negativo es un condensador mientras que una impedancia en el plano imaginario positivo es una bobina. Aplicando esto a ambas fórmulas obtenemos:

$$C = \frac{Q}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot V^2} \quad L = \frac{V^2}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot Q}$$

Si hacemos esto obtenemos los siguientes valores de condensadores y bobinas para este caso:

Línea	Z1h (mH)	Z2h (μF)	Z3h (mH)	Z1i (μF)	Z2i	Z3i (mH)
1	1820	22,1	459,4	33,1	Circuito abierto	306,3

Estos aparatos irán dentro de una arqueta que se comprara hecha, la arqueta vendrá normalizada según las normas aplicables. Las conexiones de los aparatos y la forma en la que vendrán estos dentro de la caja vendrán vistos en los planos y su precio vendrá en el presupuesto.

Compensación solo de la reactiva

En el caso de la reactiva podríamos compensarla poniendo condensadores al principio de las líneas, cada dos lámparas o cada lámpara. Por motivos de simplificación del problema y por hacer este estudio más académico estudiaremos el valor del condensador que será necesario para compensar cada lámpara. Para obtener esto aplicamos la formula vista en Gestión Eficiente de la Energía:

$$C = \frac{Q}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot V^2} = \frac{109,6}{2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 230^2} = 6,6 \mu F$$

Para el presupuesto de la línea 1 consideramos dos casos, en el primero solo compensamos reactiva en todas las lámparas. Y en el segundo equilibramos las 21 primeras cargas con un condensador para cada una de ellas. Las últimas dos cargas llevan el filtro diseñado anteriormente.

Línea 2

Filtro por cada lámpara

En la línea 2 tenemos una potencia real de 160 W y ninguna reactiva dado que al ser LEDs asumimos que no hay perdidas por reactiva. Esto significa los siguientes valores:

- $P_1 = 160 \text{ W}$
- $P_2 = P_3 = 0 \text{ W}$
- $Q_1=Q_2=Q_3= 0 \text{ VAR.}$

Sustituyendo esto nos da los siguientes valores:

Z1h (jΩ)	Z2h (jΩ)	Z3h (jΩ)	Z1i (jΩ)	Z2i (jΩ)	Z3i (jΩ)
Infinito	-733,0	733,0	-1099,5	Infinito	1099,5

Dado que el resto de líneas también son el mismo tipo de lámparas LED podemos utilizar estos mismos valores si quisiéramos compensar lámpara a lámpara el resto de líneas. Con estos valores la distribución de las impedancias alrededor de la lámpara quedaría como el plano 11. Para saber que componentes y que valores vamos a utilizar hacemos lo mismo que en el caso de la línea 1:

Línea	Z1h (mH)	Z2h (μF)	Z3h (mH)	Z1i (μF)	Z2i	Z3i (mH)
2	Circuito abierto	44,1	229,7	66,2	Circuito abierto	153,1

Para este caso no es necesario compensar reactiva por lo que distribuiremos las 45 primeras lámparas en las 3 fases y solo aplicaremos un filtro en las últimas dos.

Línea 3

En el caso de la línea 3 no hay pérdidas por desequilibrios porque vamos a equilibrar cargas en cada fase. Esto es posible porque el número de cargas es múltiplo de 3 y porque las cargas tienen el mismo valor. No es necesario compensar reactiva puesto que estamos trabajando con LEDs por lo el único coste añadido será instalar dos cables desde nuestro transformador para convertir el sistema monofásico en trifásico.

Línea 4

En el caso de la línea 4 no hay pérdidas por desequilibrios porque vamos a equilibrar cargas en cada fase. Esto es posible porque el número de cargas es múltiplo de 3 y porque las cargas tienen el mismo valor. No es necesario compensar reactiva puesto que estamos trabajando con LEDs por lo el único coste añadido será instalar dos cables desde nuestro transformador para convertir el sistema monofásico en trifásico.

Finalmente hay que tener en cuenta que la protección que llevarán los filtros, dado que los componentes pasivos estarán dimensionados para soportar una corriente máxima de 5 A, introduciremos un fusible de 5 A por cada fase (excepto el neutro ya la corriente por este estará cerca de 0). De esta forma protegeremos el filtro y ante cualquier sobre corriente estará protegido.

2.4 Anexo 4. Hojas de características de los productos

PHC

Metallized Polypropylene Film Capacitors

Axial Leaded for Switching Circuits



FEATURES	Metallized Polypropylene - High Capacitance - Low ESR
-----------------	---

APPLICATIONS	Switching Power Supplies - UPS - DC Link - Motor Speed Controls - Solar Heaters - Power Converters
---------------------	--

Operating Temperature Range		-40°C to +100°C Above +85°C applied voltage must be de-rated by 1.5%/°C					
Capacitance Tolerance		+10% at 1 kHz, 25°C +5% optional					
Surge Voltage	VDC	250	330	400	600	700	850
	Non-repetitive SVDC	400	400	600	800	1000	1200
AC voltage	VDC	250	330	400	600	700	850
	VAC	160	220	250	330	400	500
Dissipation Factor (MAX) Tan δ at 1 kHz and 25°C		C ≤ 5uF		5uF < C < 25uF		C > 75uF	
		.06%		.1%		.15%	
Insulation Resistance After 1 minute of 100VDC applied between the terminals at 25°C		30000 MΩuF *Not to exceed 3GD"					
Self Inductance		<1 nano-Henry per mm of lead spacing					
Long term stability		Capacitance variation <1% MAX after 2 years					
Dielectric Strength	Terminal to Terminal			Terminal to case			
	160% of VDC VDC applied for 10 Seconds and 25°C or 200% of VDC applied for 2 Seconds and 25°C			3KVAC at 50/60 Hz applied between the terminals and case for 60 Seconds and 25°C			
Life Expectancy		≥100000 with VDC ≥30000 with VAC					
Failure quota		300/billion component hours					
Damp Heat Test	Test Condition		Performance requirements				
	Temperature= +40°C ±2°C		Max Capacitance change		≤ 2% of initially measured value		
	Relative Humidity=93 ±2%		DF Change		≤ 200% of initially specified value		
Test length= 56 days		Insulation resistance		≥ 50% of minimum specified value			
Resistance to soldering Heat Solder bath temperature: +260°C +/- 5°C Exposure time: 10 seconds +/- 1 second	Max Capacitance change		<1% of initially measured value				
	DF Change		≤ .1% at 1kHz				
	Insulation resistance		≥50% of minimum specified value				
Construction		Metallized Polypropylene film					
Electrodes		Vacuum deposited Metal layers					
Coating		Flame retardant tape wrap (UL510) with epoxy end fill (UL94V-0)					
Lead terminations		Lead free tinned copper leads					

ic ILLINOIS CAPACITOR

Your Global Source for World-Class Capacitors

© 2017 Illinois Capacitor

North America
Tel: 847.675.1760
sales@ilcap.com

Asia
Tel: 852.2793 0901
sales@ilcap.com.hk

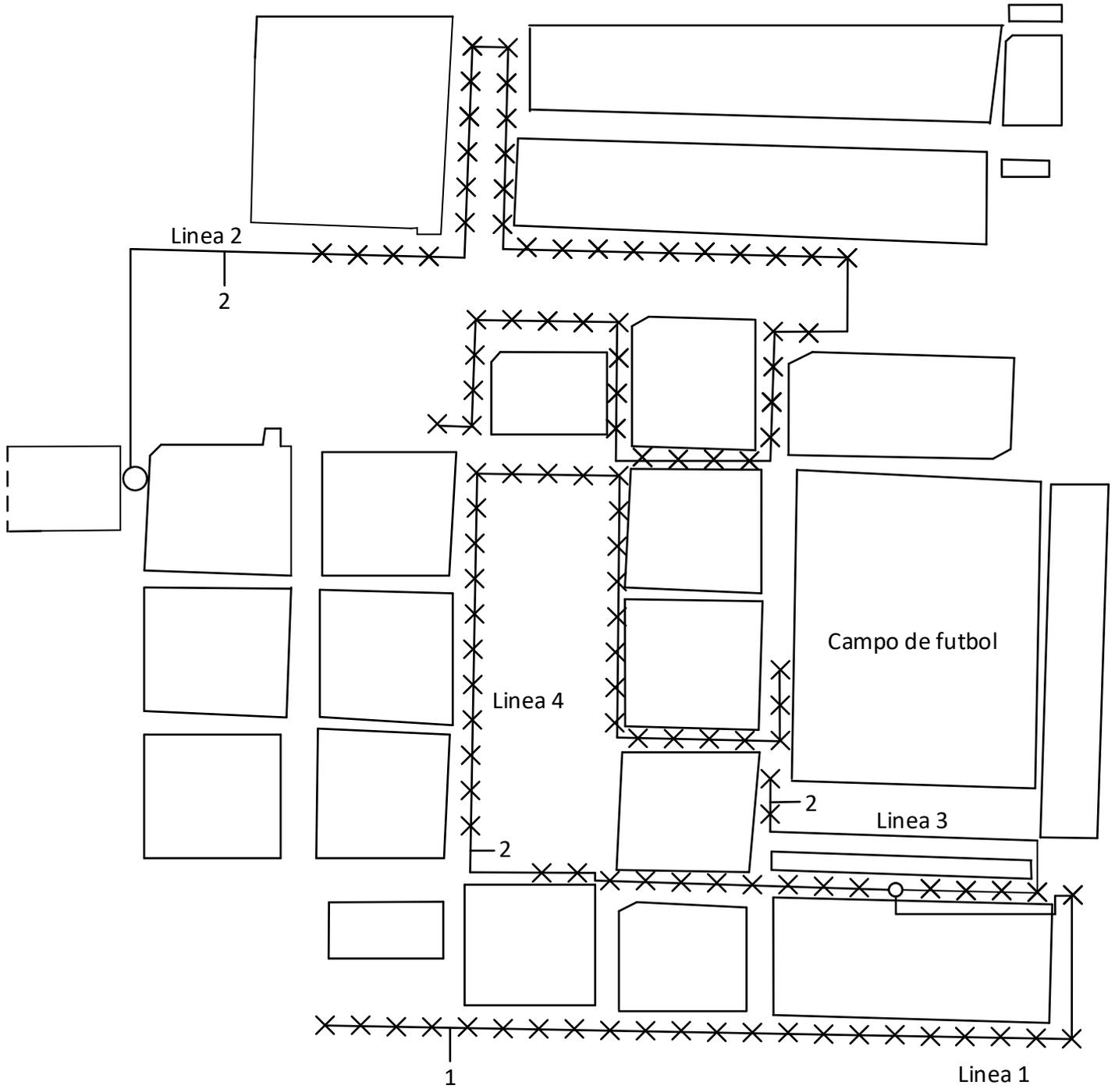
Feb. 17

TRANSFORMADORES ORMAZABAL (hasta 36 kV)

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS										
Potencia en kVA		250	400	630	800	1000	1250	1600	2000	2500
Tensión	Primaria	Tensión más Elevada para el Material 36 kV								
Asignada	Secundaria en Vacío*	420 V entre fases en vacío								
Regulación sin Tensión		± 2,5 ± 5% ó +2,5 + 5 + 7,5 + 10% (otras regulaciones bajo contrato)								
Grupo de Conexión*		Dyn 11								
Pérdidas en Vacío (W)*		780	1120	1450	1700	2000	2360	2800	3300	4100
Pérdidas en Carga (W)*		3500	4900	6650	8500	10500	13500	17000	20200	26500
Impedancia de Cortocircuito % a 75° C *		4,5	4,5	4,5	6	6	6	6	6	6
Intensidad de Vacío al 100% de Vn*		2,4	2,2	1,8	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1
Nivel de Potencia Acústica*		62	65	67	68	68	70	71	73	76
Caída de Tensión	cos φ = 1	1,5	1,3	1,2	1,2	1,2	1,3	1,2	1,2	1,2
a Plena Carga %	cos φ = 0,8	3,7	3,6	3,5	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4
Rendimiento (%)	Carga cos φ = 1	98,3	98,5	98,7	98,7	98,8	98,8	98,8	98,8	98,8
	100% cos φ = 0,8	97,9	98,2	98,4	98,4	98,5	98,4	98,5	98,6	98,5
	Carga cos φ = 1	98,6	98,7	98,9	98,9	99,0	99,0	99,0	99,0	99,0
	75% cos φ = 0,8	98,2	98,4	98,7	98,7	98,7	98,7	98,7	98,8	98,8

* Otras posibilidades bajo contrato

3 Planos



Leyenda	
1 – Vapor de sodio	2 - LED
○ – Centro de transformacion	× – Punto de luz

Nombre: Plano de situación, Sector 5 de la UPV y sus puntos de luz

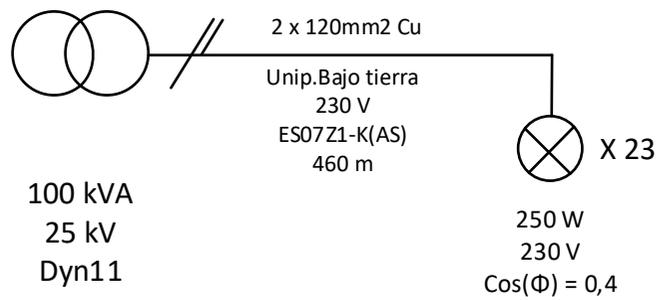
Fecha: 21/04/2018

Escala: 1 : 167

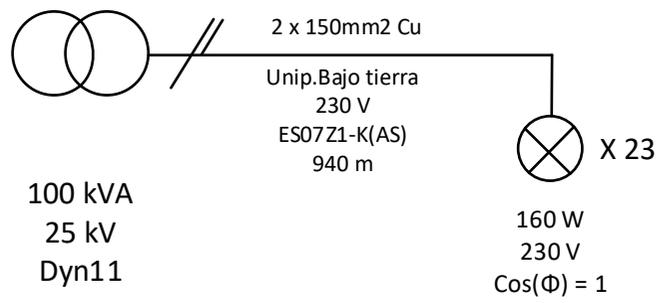
Autor: Felix Alonso Calabuig

Firma: *Félix*

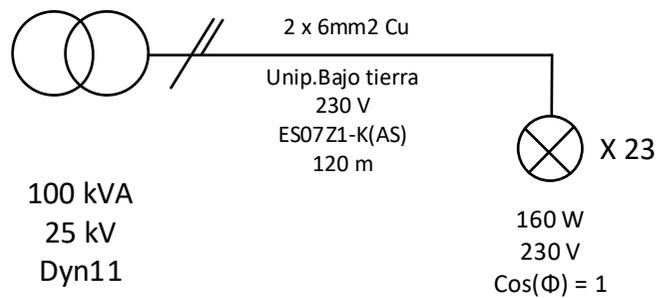
Numero de plano: 1



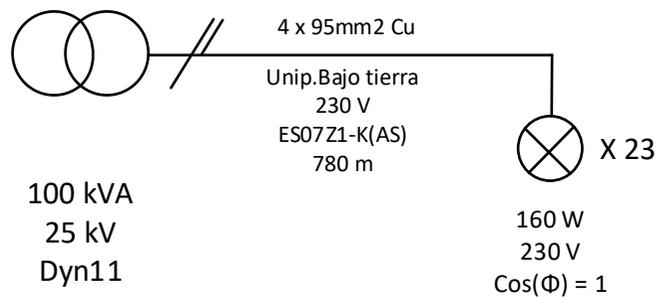
Nombre: Esquema unifilar de la Línea 1	Fecha: 21/04/2018	Escala: No aplica
Autor: Felix Alonso Calabuig	Firma: 	Numero de plano: 2



Nombre: Esquema unifilar de la Línea 2	Fecha: 21/04/2018	Escala: No aplica
Autor: Felix Alonso Calabuig	Firma: <i>Felix</i>	Numero de plano: 3



Nombre: Esquema unifilar de la Línea 3	Fecha: 21/04/2018	Escala: No aplica
Autor: Felix Alonso Calabuig	Firma: 	Numero de plano: 4



Nombre: Esquema unifilar de la Línea 4

Fecha: 21/04/2018

Escala: No aplica

Autor: Felix Alonso Calabuig

Firma:

Felix

Numero de plano: 5



Nombre: Esquema unifilar de la Línea 1 -B

Fecha: 21/04/2018

Escala: No aplica

Autor: Felix Alonso Calabuig

Firma:

Felix

Numero de plano: 6



Nombre: Esquema unifilar de la Línea 2 -B	Fecha: 21/04/2018	Escala: No aplica
Autor: Felix Alonso Calabuig	Firma: 	Numero de plano: 7



Nombre: Esquema unifilar de la Línea 3	Fecha: 21/04/2018	Escala: No aplica
Autor: Felix Alonso Calabuig	Firma: <i>Felix</i>	Numero de plano: 8



Nombre: Esquema unifilar de la Línea 4 -B

Fecha: 21/04/2018

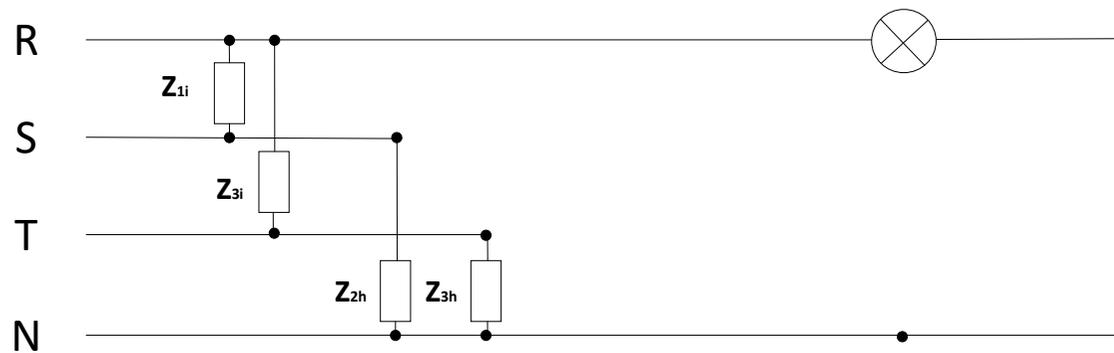
Escala: No aplica

Autor: Felix Alonso Calabuig

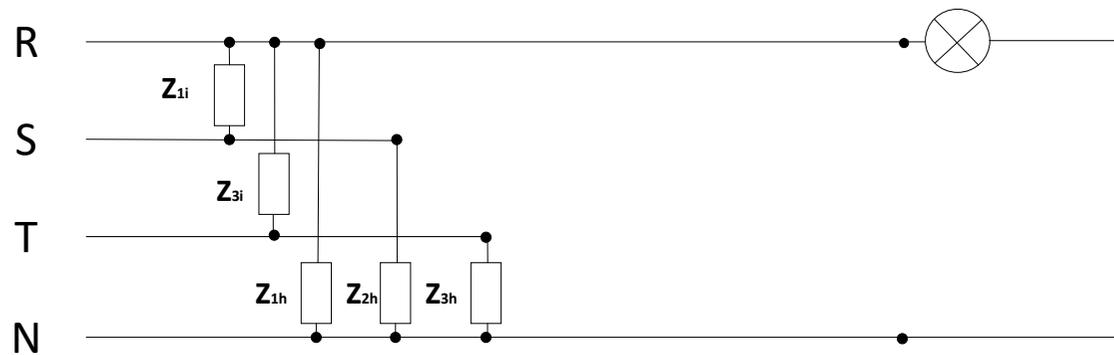
Firma:

Felix

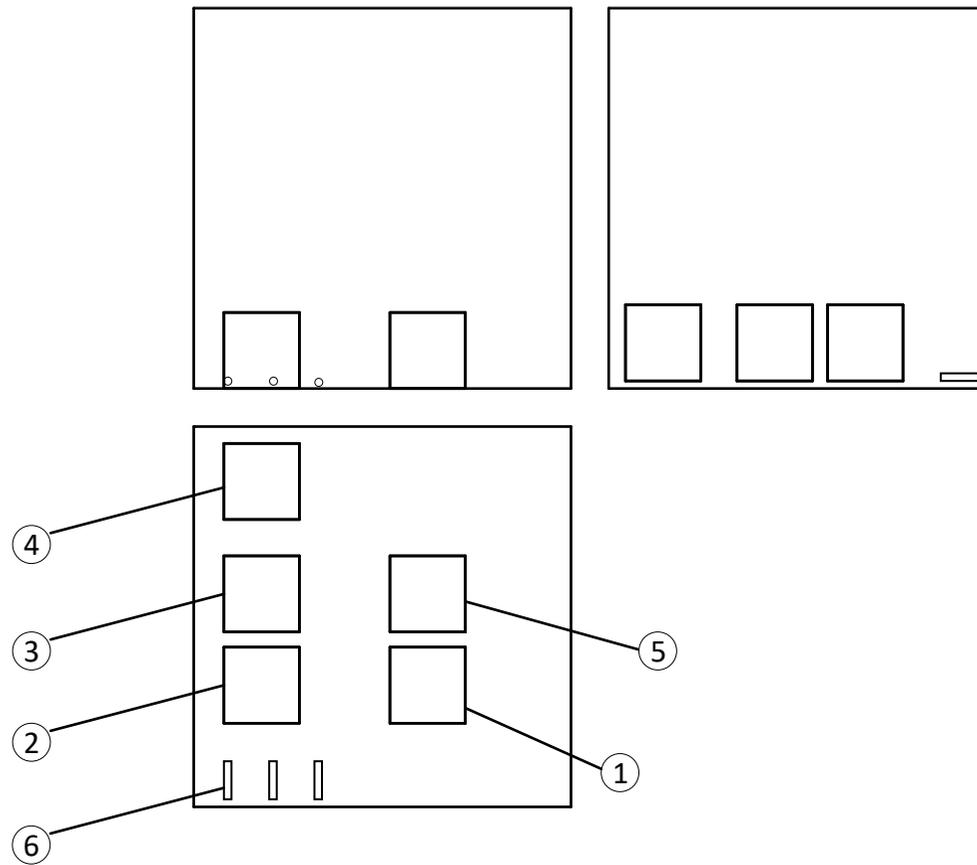
Numero de plano: 9



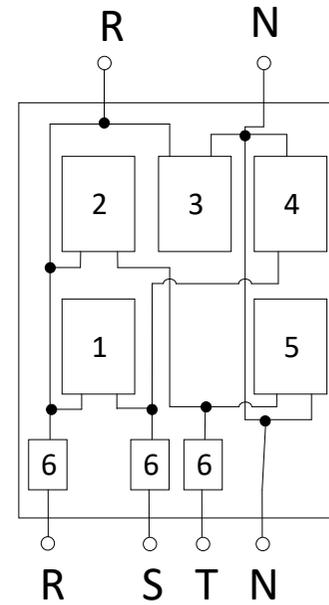
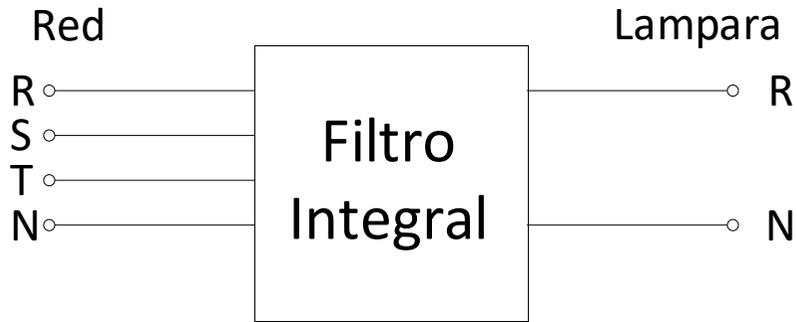
Nombre: Montaje del filtro en las lamparas de la linea 2	Fecha: 21/04/2018	Escala: No aplica
Autor: Felix Alonso Calabuig	Firma: <i>Felix</i>	Numero de plano: 10



Nombre: Montaje del filtro en las lamparas de las línea 1	Fecha: 21/04/2018	Escala: No aplica
Autor: Felix Alonso Calabuig	Firma: <i>Felix</i>	Numero de plano: 11

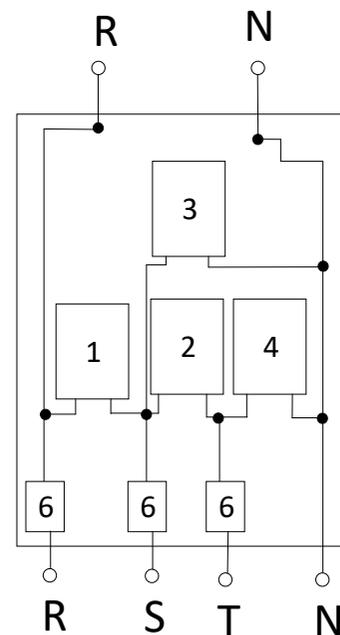
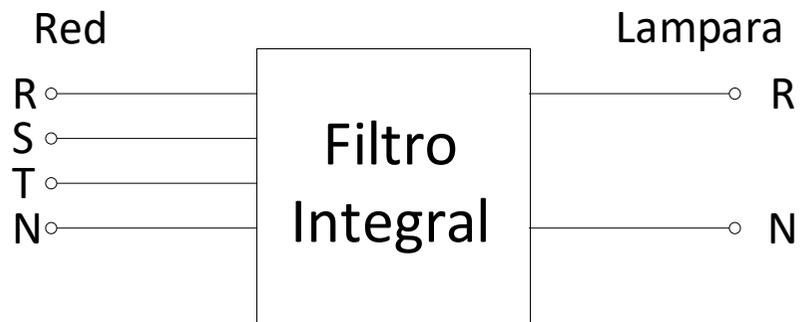


1- Condensador de 33,1 μ F	4- Condensador de 22,1 μ F	
2- Bobina de 306,3 mH	5- Bobina de 459,4 mH	
3- Bobina de 1820 mH	6- Fusible de 5 A	
Nombre: Arqueta línea 1	Fecha: 21/04/2018	Escala: 1:4
Autor: Felix Alonso Calabuig	Firma: <i>Felix</i>	Numero de plano: 12

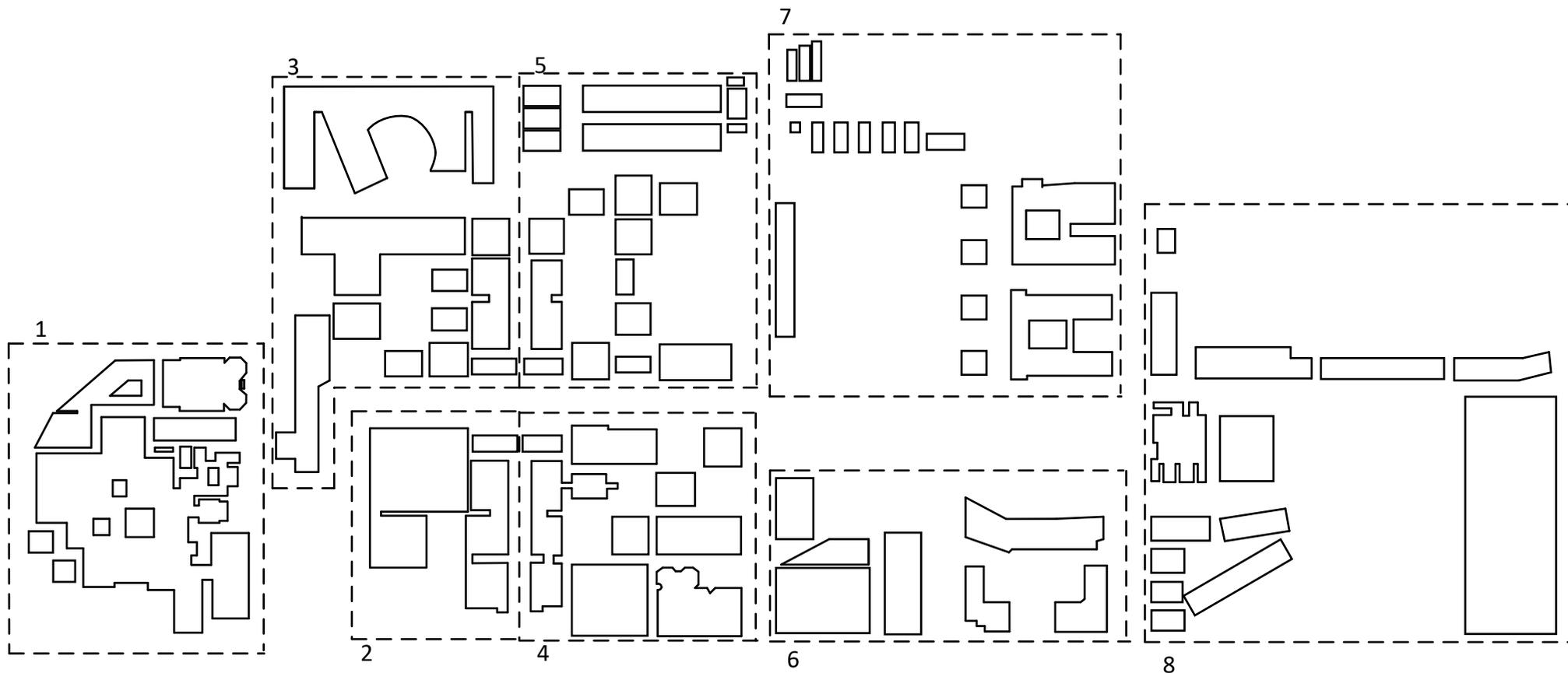


1- Condensador de 33,1 μ F	4- Condensador de 22,1 μ F
2- Bobina de 306,3 mH	5- Bobina de 459,4 mH
3- Bobina de 1820 mH	6- Fusible de 5 A

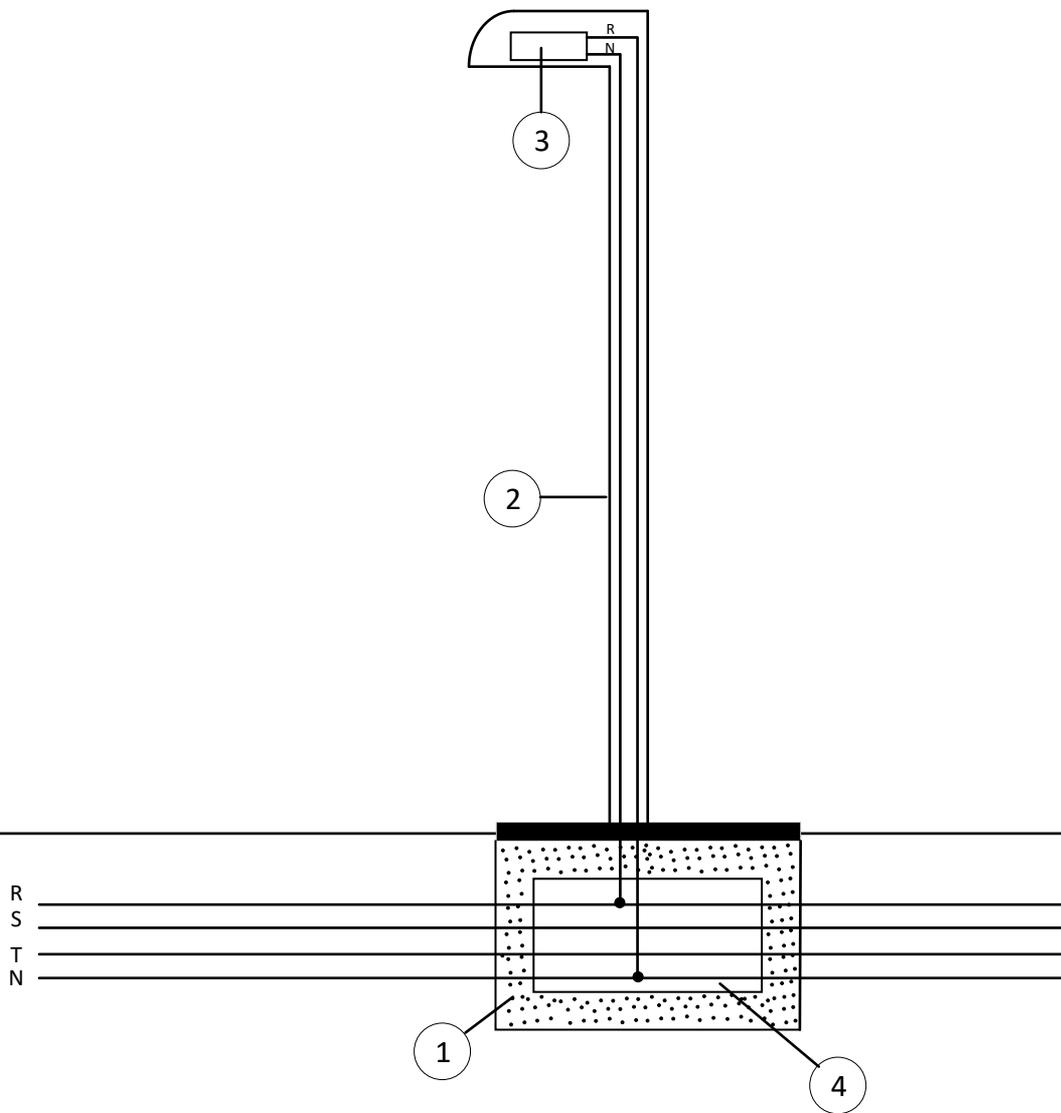
Nombre: Caja para las lamparas de la línea 1	Fecha: 21/04/2018	Escala: No aplica
Autor: Felix Alonso Calabuig	Firma: 	Numero de plano: 13



	1- Condensador de 66,2 μ F	2- Bobina de 153,1 mH
	3- Condensador de 44,1 μ F	4- Bobina de 229,7 mH
	5- Fusible de 5A	
Nombre: Caja para las lamparas de la línea 1	Fecha: 21/04/2018	Escala: No aplica
Autor: Felix Alonso Calabuig	Firma: 	Numero de plano: 14

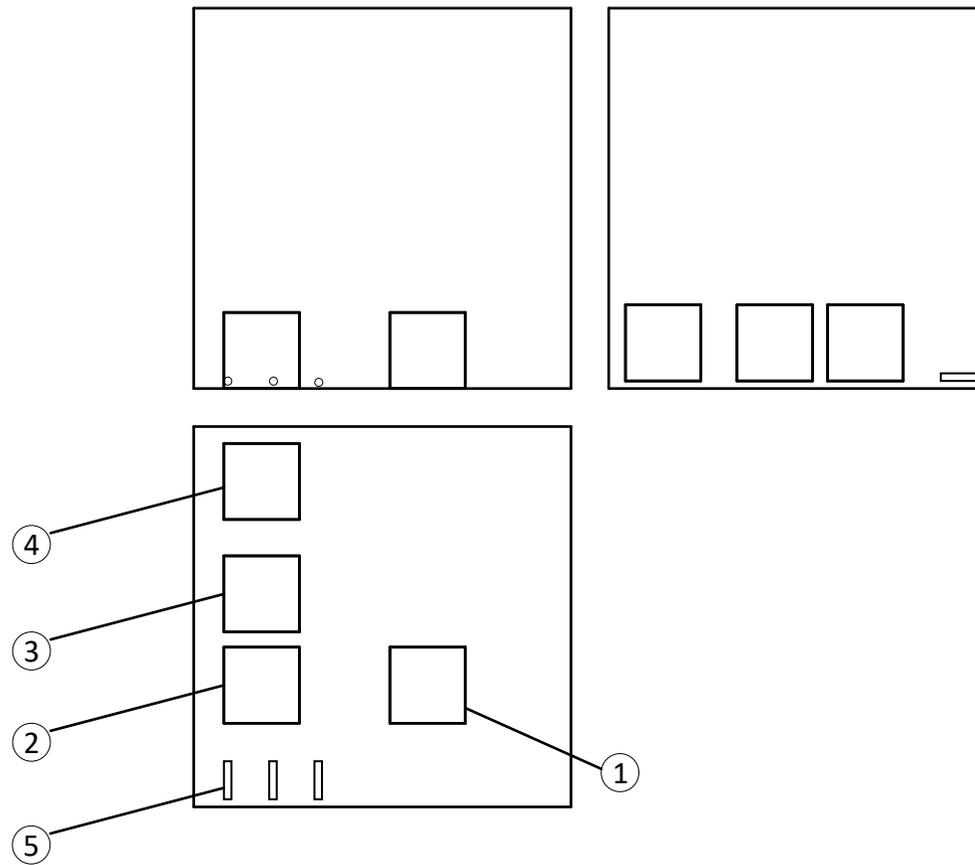


Nombre: Plano de situacion de la UPV	Fecha: 21/04/2018	Escala: No aplica
Autor: Felix Alonso Calabuig	Firma: <i>Felix</i>	Numero de plano: 15



1 – Arqueta de plastico	4 – Aparenta electrica contenida dentro de la arqueta
2 – Estructura metalica de la lampara	
3 - Lampara	

Nombre: Vista de la seccion de la lampara	Fecha: 21/04/2018	Escala: No aplica
Autor: Felix Alonso Calabuig	Firma: <i>Felix</i>	Numero de plano: 16



1- Condensador de 66,2 μ F	2- Bobina de 153,1 mH	
3- Condensador de 44,1 μ F	4- Bobina de 229,7 mH	
5- Fusible de 5A		
Nombre: Arqueta línea 2	Fecha: 21/04/2018	Escala: 1:4
Autor: Felix Alonso Calabuig	Firma: <i>Felix</i>	Numero de plano: 17

4 Pliego de condiciones

4.1 Descripción de las obras

El objetivo de este capítulo es la referencia de especificaciones técnicas y normativas que apliquen al proyecto. Además se dividirá el proyecto en diferentes fases según proceda la ejecución del proyecto

4.1.1 Unidades de obra

4.1.1.1 Selección de los cables

La selección de los cables se hará después de haber calculado la corriente máxima que circula por los cables. Con esta corriente y la ayuda de la tabla adjunta en la REBT para nuestro caso, obtendremos el criterio térmico para elegir el diámetro de los cables. Con la corriente también obtendremos la caída de tensión en los cables, ajustaremos la sección hasta satisfacer el porcentaje requerido en la REBT, en nuestro caso un 1%. Finalmente se elegirá la sección de mayor tamaño ya que es esta la más restrictiva.

4.1.1.2 Selección de los condensadores y componentes para el filtro

Aplicando las ecuaciones vistas en las diferentes bibliografías se obtendrán los valores de los condensadores para las cargas que tienen reactiva y los componentes necesarios para montar los filtros.

4.1.1.3 Instalación de los cables, filtros y condensadores

Con todos los componentes elegidos y comprados se procederá a su instalación. Se lanzaran dos cables por línea para convertir las líneas de monofásica a trifásica y se instalaran los condensadores en las cargas con reactiva. Finalmente se instalaran los filtros en los cargas que no puedan ser equilibradas.

4.2 Condiciones y normas de carácter general

4.2.1 Disposiciones generales

Este apartado tratara de definir la ejecución de las obras. Para conseguir esto asignar las tareas que corresponden a los diferentes profesionales que intervienen en la obra. Además otro objetivo es abarcar los aspectos legales del proyecto: los estipulados en normas y leyes y los pactados entre el promotor la dirección facultativa y el contratista

4.2.1.1 Documentación del contrato de obra

El contrato de obra tendrá los siguientes documentos:

- Pliego de condiciones: Particulares y genrales
- Memoria
- Planos
- Presupuesto
- Anexos

4.2.2 Condiciones generales facultativas

Aquí se tratara la interacción entre dirección facultativa y la promotora.

4.2.2.1 Funciones del contratista

Corresponde al contratista de las obras:

- Organizar los trabajos, elaborar planos de obra que se precisen y autorizar las instalaciones provisionales y auxiliares de la obra.
- Observar la normativa vigente en cuanto a seguridad e higiene en el trabajo y velar por su cumplimiento.
- Ostentar la jefatura de todo el personal que intervenga en la obra y coordinar las intervenciones de los subcontratistas.
- Asegurar la idoneidad de todos y cada uno de los materiales utilizados, rechazando aquellos que no cuenten con las garantías exigidas por la normativa vigente o el presente pliego de condiciones.
- Poseer el libro de órdenes y seguimiento de la obra. Registrar todas las anotaciones que en él se efectúen a fin de que sean llevadas a cabo.
- Facilitar a la Dirección Facultativa los materiales para el cumplimiento de su cometido.
- Preparar las certificaciones parciales de obra y la propuesta de liquidación final.
- Suscribir con el promotor las actas de recepción provisional y la definitiva.
- Concertar los seguros de accidentes de trabajo y de daños a terceros durante la obra.

Derechos y obligaciones

- Conocer las leyes y verificar los documentos del proyecto. El constructor deberá indicar que la documentación del proyecto le resulta suficiente para la comprensión de la obra o solicitar aclaraciones pertinentes.
- Elaborar el plan de seguridad e higiene para la aprobación por parte de la dirección facultativa.
- Habitar en la obra oficinas para la consulta de planos y para los trabajos de la dirección facultativa. En dichas oficinas estará la licencia de obras, el proyecto de ejecución completo, el libro de órdenes, el plan de seguridad e higiene, el libro de incidencias y la documentación de los seguros contratados.
- El constructor debe comunicar a la propiedad la persona designada como delegado suyo en la obra el cual asumirá las funciones planas del constructor.
- El jefe de obra, o sus encargados, deben estar presente durante la jornada de trabajo y acompañar al ingeniero o aparejador en las visitas a las obras, poniéndose a disposición de estos y suministrando los datos precisos para la comprobación de mediciones y liquidaciones.
- La contrata debe ejecutar los trabajos necesarios para la buena construcción y aspecto de las obras, aun cuando estos no se hallen expresamente determinados, siempre que lo disponga el ingeniero dentro de los límites de las posibilidades de los presupuestos. Requiere reformado del proyecto con consentimiento de la propiedad toda variación que suponga el incremento de los precios de alguna unidad de obra en más del 20 por 100 o del total del presupuesto en un 10 por 100.
- Las aclaraciones, interpretaciones y modificaciones de los preceptos del pliego de condiciones o de las indicaciones de los planos se comunicarán por escrito al constructor, debiendo este devolver los originales comunicando el enterado mediante su firma al pie de todas las instrucciones, avisos u órdenes que reciba.
- El constructor podrá requerir del ingeniero o del aparejador o ingeniero técnico cuantas instrucciones o aclaraciones precise para la correcta ejecución del proyecto.

Asimismo recibirá solución a los problemas técnicos no previstos en el proyecto que se presenten durante la ejecución de las obras.

- Las reclamaciones del contratista contra órdenes o instrucciones de la dirección facultativa las presentará ante la propiedad a través del ingeniero, si son de orden económico y de acuerdo con las condiciones estipuladas en el pliego de condiciones correspondiente. Contra disposiciones de orden técnico no podrá interponer reclamación alguna, pudiendo el contratista a fin de salvar su responsabilidad exponer razonablemente al ingeniero, el cual puede limitar su contestación al acuse de recibo.
- El contratista no podrá recusar al ingeniero, aparejador o ingeniero técnico o personal encargado por estos para el control de las obras, ni pedir la designación de otros facultativos para los reconocimientos o mediciones.
- En caso de desobediencia, manifiesta incompetencia o negligencia grave que comprometan o perturben la marcha de las obras, el ingeniero puede requerir al contratista que aparte a los operarios causantes de la perturbación.
- El contratista puede subcontratar capítulos o unidades de obra con sujeción a lo estipulado en el pliego de condiciones y sin perjuicio de sus obligaciones como contratista general de la obra.
- El contratista no iniciará una unidad de obra sin la autorización de la dirección.
- El contratista está obligado a cumplir las indicaciones del libro de órdenes.

4.2.2.2 Funciones del ingeniero director

Es el máximo responsable de la ejecución del proyecto, decide sobre el comienzo, ritmo y calidad de los trabajos. Velará por el cumplimiento de los mismos y por las condiciones de seguridad del personal de la obra. Las funciones que corresponden al ingeniero director son:

- Redactar los complementos o rectificaciones del proyecto que se precisen.
- Asistir a las obras las veces que la naturaleza y complejidad de las mismas requieran a fin de resolver las contingencias que se produzcan e impartir las instrucciones necesarias.
- Coordinar la intervención en obra de otros técnicos.
- Aprobar certificaciones parciales de obra, la liquidación final y asesorar al promotor en el acto de la recepción.
- Preparar la documentación final de la obra, expedir y suscribir junto con el aparejador o ingeniero técnico el certificado final de la misma.
- Comprobar instalaciones provisionales, medios auxiliares y sistemas de seguridad e higiene en el trabajo.
- Ordenar y dirigir la ejecución con arreglo al proyecto, normas técnicas y reglas de la buena construcción.
- Realizar o disponer de las pruebas y ensayos de materiales, instalaciones y demás unidades de obra según el plan de control, así como los controles necesarios para asegurar la calidad constructiva de acuerdo con el proyecto y la normativa técnica aplicable. Informar al constructor de los resultados de las pruebas e impartir, en su caso, las órdenes oportunas.

- Planificar el control de calidad y el control económico de las obras.

4.2.2.3 Libro de órdenes

A pie de obra, el libro de órdenes, contendrá las órdenes y modificaciones que vengan al caso durante la ejecución de la obra. El libro estará redactado por los profesionales competentes asignados a este.

4.2.3 Condiciones generales de la ejecución

4.2.3.1 Ritmo de las obras

El instalador o contratista iniciará las obras en el plazo marcado por el pliego de condiciones particulares, desarrollándolas para que queden ejecutados los trabajos dentro de los periodos parciales establecidos y así ejecutar la obra dentro del plazo exigido en el contrato. El contratista dará cuenta por escrito al ingeniero del comienzo de los trabajos con, al menos, tres días de antelación.

4.2.3.2 Orden de los trabajos

La determinación del orden de los trabajos es facultad de la contrata, salvo en casos que por circunstancias técnicas estime conveniente su variación la dirección facultativa.

4.2.3.3 Ampliación del proyecto por causas imprevistas

Cuando haya que ampliar el proyecto, bien por motivos imprevistos o razones de fuerza mayor, no se interrumpirán los trabajos, continuándose según las instrucciones dadas por el ingeniero en tanto se formulan o tramita el proyecto reformado. El constructor deberá realizar los trabajos necesarios de carácter urgente, anticipando ese servicio, el cual le será consignado en un presupuesto adicional o abonado directamente.

4.2.3.4 Prorroga por causas de fuerza mayor

Si por causas de fuerza mayor o independiente de la voluntad del constructor no pudiesen iniciarse las obras, o fuesen suspendidas o no se acabasen en los plazos prefijados, se otorgará una prórroga para el cumplimiento de la contrata previo informe favorable del ingeniero.

4.2.3.5 Condiciones generales en la ejecución de los trabajos

Los trabajos se ejecutarán con estricta sujeción al proyecto, a las modificaciones del mismo que hayan sido aprobadas y a las órdenes e instrucciones que entreguen por escrito bajo su responsabilidad el ingeniero o el aparejador o ingeniero técnico.

4.2.3.6 Trabajos defectuosos

El constructor deberá emplear materiales que cumplan las condiciones exigidas en las condiciones técnicas generales y particulares del pliego de condiciones y realizar los trabajos de acuerdo con lo especificado en el pliego. Hasta la recepción definitiva es el responsable de la ejecución y de los defectos derivados de una mala ejecución. Por esto cuando el aparejador o ingeniero técnico advierta defectos en los trabajos, o que los materiales o los aparatos colocados

no reúnen las condiciones exigibles, entonces antes de la recepción de la obra podrá disponer la reposición de las partes defectuosas.

4.2.3.7 Defectos ocultos

Si el aparejador tiene fundadas razones para creer en la existencia de vicios ocultos de construcción, ordenará efectuar antes de la recepción definitiva los ensayos que crea conveniente para reconocer los trabajos que suponga defectuosos. Pagará los ensayos el constructor si existe y la propiedad si no existe este.

4.2.3.8 Procedencia de materiales y aparatos

El constructor se proveerá de materiales y aparatos de todas clases en los puntos que le parezcan convenientes excepto en los casos en que el pliego de condiciones preceptúe una procedencia determinada. El constructor deberá informar al aparejador de la idoneidad y procedencia de los mismos. A petición del ingeniero, el constructor presentará muestras de los materiales.

4.2.3.9 Materiales defectuosos

El ingeniero a instancias del aparejador dará orden al constructor de sustituir los materiales y aparatos defectuosos por otros que satisfagan las condiciones de calidad exigidas en el presente pliego de condiciones. Si el constructor no los retirara lo hará la propiedad, cargando los gastos a la contrata.

4.2.3.10 Pruebas y ensayos

Los gastos ocasionados por pruebas y ensayos corren por cuenta de la contrata, pudiéndose repetir aquellos que no ofrezcan las suficientes garantías. Los ensayos para cada instalación se encuentran especificados en el capítulo de cada instalación.

4.2.3.11 Obras sin prescripciones

En aquellos trabajos para los que no existan prescripciones en el presente pliego ni en la documentación restante, el constructor se atendrá a las instrucciones que dicte la dirección facultativa.

4.2.3.12 Recepción

4.2.3.12.1 Recepción provisional

Tres días antes de dar fin a las obras, el ingeniero comunicará a la propiedad la proximidad de la terminación a fin de convenir la fecha para el acto de recepción provisional. Esta se realiza con la participación de la propiedad, el aparejador, el constructor y el ingeniero. Se practicará un detenido reconocimiento de las obras, se extenderá un acta para cada interviniente firmada por

todos ellos. Desde esta fecha corre el periodo de garantía si las obras son admitidas. Seguidamente los técnicos de la dirección facultativa extenderán el certificado de final de obra.

En caso de estar acabado se darán las instrucciones para remediar los defectos, fijando un plazo para subsanarlos, pasado el cual se hará un nuevo reconocimiento.

4.2.3.12.2 Documentación de final de obra

El ingeniero director facilitará a la propiedad la documentación final con las especificaciones y contenidos dispuestos por la legislación vigente.

4.2.3.12.3 Medición definitiva y liquidación provisional

Recibidas las obras, se procederá por parte del aparejador a su medición definitiva, con la existencia del constructor. Se extenderá la oportuna certificación por triplicado, que aprobada por el ingeniero con su firma servirá para el abono por parte de la propiedad del saldo resultante menos la cantidad retenida como fianza.

4.2.3.12.4 Recepción definitiva

Se verificará después del plazo de garantía, el cual se especifica en el pliego de condiciones particulares y nunca será inferior a nueve meses. El formulismo será el mismo que para la provisional. A partir de esta fecha cesa la obligación del constructor de reparar desperfectos propios de la normal conservación de la obra.

4.2.3.12.5 Prórroga de la garantía

Si la obra no se encuentra en las condiciones debidas se aplazará la recepción definitiva, el ingeniero director indicará al constructor los plazos para realizar las obras necesarias. De no cumplirse estos plazos perderá la fianza.

4.2.3.13 *Recepciones de los trabajos cuya contrata ha sido rescindida*

En caso de resolución del contrato, el contratista deberá retirar las herramientas, medios auxiliares, etc. En el plazo indicado en el pliego de condiciones y dejar la obra en condiciones de ser reanudada por otra empresa. Los trabajos terminados se recibirán provisionalmente, y definitivamente una vez transcurrido el periodo de garantía.

4.2.4 Condiciones generales económicas

4.2.4.1 Principio general

En este apartado se describen y regulan las relaciones económicas entre la propiedad y la contrata, así como la función de control de la dirección facultativa.

Todos los intervinientes en el proceso de construcción tienen derecho a percibir puntualmente las cantidades devengadas por su correcta actuación con arreglo a las condiciones contractuales establecidas. La propiedad, el contratista y los técnicos pueden exigirse recíprocamente las garantías adecuadas al cumplimiento puntual de sus obligaciones de pago.

4.2.4.2 Fianzas

La fianza es el porcentaje del valor total de las obras que debe depositar la contrata como garantía a la firma del contrato.

El contratista prestará las siguientes fianzas:

- Depósito en metálico o aval bancario por importe del 10 por 100 del precio total de contrata, salvo especificación contraria en el contrato.
- Retención de un 5% en las certificaciones parciales o pagos que se van librando.

Con cargo a la fianza se aplican las penalizaciones por demoras y las reparaciones con cargo a la contrata.

Si el contratista se negase a realizar los trabajos precisos para ultimar la obra en las condiciones contratadas, el ingeniero en representación del propietario ordenará su ejecución a un tercero, abonando su importe con la fianza depositada, sin perjuicio de las acciones que el propietario lleve a cabo en caso de que el importe de la fianza no cubra el importe de los gastos.

La fianza será devuelta al contratista en un plazo inferior a treinta días después de firmada el acta de recepción definitiva de la obra. La propiedad podrá exigir que el contratista acredite la liquidación y finiquito de sus deudas causadas por la ejecución de la misma.

4.2.4.3 Los precios

4.2.4.3.1 Composición de los precios

El cálculo de los precios es el resultado de sumar los costes directos, los indirectos, los gastos generales y el beneficio industrial.

Los costes directos son:

- Mano de obra con pluses, cargas y seguros sociales que intervienen directamente.
- Los materiales a los precios resultantes a pie de obra que sean necesarios para su ejecución.
- Equipos y sistemas técnicos de seguridad e higiene para prevención y protección de accidentes.
- Gastos de personal, combustible y energía derivados del funcionamiento de la maquinaria e instalaciones utilizadas en la ejecución de la unidad de obra.
- Gastos de amortización y conservación de la maquinaria, instalaciones, sistemas y equipos.

Los costes indirectos son:

- Gastos de instalación de oficinas a pie de obra, comunicaciones, edificación de almacenes, talleres, seguros, personal administrativo adscrito a la obra. Se cifran como porcentaje de los costes directos e indirectos.

El beneficio industrial:

- El beneficio del contratista se establece en un 6 por 100 sobre la suma de las anteriores partidas.
- Precio de ejecución material.
- El resultado obtenido por la suma de las anteriores partidas exceptuando el beneficio industrial.

El precio de contrata:

- Es la suma de costes directos, indirectos y beneficio industrial. El IVA se aplica a este precio pero no lo integra.

4.2.4.3.2 Precios contradictorios

Se producen cuando la propiedad mediante el ingeniero introduce unidades o cambios de calidad en algunas de las unidades previstas o bien es necesario afrontar situaciones imprevistas. El contratista está obligado a efectuar los cambios. El precio se resolverá entre el contratista y el ingeniero antes de comenzar la ejecución de los trabajos.

Si el contratista no reclama los precios antes de la firma del contrato, no podrá reclamar aumento de los precios fijados en el cuadro de presupuesto que sirve de base para la ejecución.

4.2.4.3.3 Revisión de precios contratados

No se admite la revisión de los precios si el incremento de los mismos en las unidades que faltan por realizar no alcanza un montante superior al 3 por 100 del valor total del presupuesto del contrato. Ante variaciones al alza se efectúa la revisión de acuerdo con la fórmula establecida en el pliego de condiciones particulares. El contratista percibe la diferencia que resulte por la variación del IPC superior al 3 por 100. Se aplicará alguna de las fórmulas de revisión propuestas en la ley de contratos del estado.

4.2.4.4 Valoración de los trabajos

4.2.4.4.1 Formas de abono

Salvo indicación contraria en el pliego de condiciones particulares el abono de los trabajos se efectuará de una de las siguientes formas:

- Tipo fijo tanto alzado por unidad de obra, con el precio invariable fijado de antemano, pudiendo variar únicamente el número de unidades ejecutadas previa medición y aplicando al total de unidades de obra ejecutadas el precio fijado.

- Tanto variable por unidad de obra, según las condiciones en que se realice y los materiales empleados en su ejecución de acuerdo con las órdenes del ingeniero director.
- Mediante listas de jornales y recibos de materiales realizados en la forma que el pliego general de condiciones económicas determina.
- Por hora de trabajo según las condiciones determinadas en el contrato.

4.2.4.4.2 Certificaciones

En cada fecha que se indique en el contrato o en los pliegos de condiciones particulares, el contratista formará una relación valorada de las obras ejecutadas durante los plazos según las mediciones efectuadas por el aparejador.

Lo ejecutado se valorará aplicando al resultado de la medición los precios señalados en el presupuesto por cada una de ellas, considerando además lo establecido en el pliego general de condiciones económicas respecto a mejoras o sustituciones de material.

El contratista puede presenciar las mediciones necesarias para la elaboración de la relación, así mismo, el aparejador o ingeniero técnico enviará al contratista los resultados de las mediciones para que este lo examine y devolverlos firmados con su conformidad o efectuar las oportunas reclamaciones. El ingeniero aceptará o rechazará las reclamaciones dando cuenta al contratista de su resolución, pudiendo éste reclamar al propietario contra la resolución del ingeniero.

A partir de la relación valorada, el ingeniero expedirá la certificación de obras ejecutadas. La certificación se remitirá al propietario en el periodo de un mes posterior al que referencia la certificación y tendrá el carácter de documento sujeto a variaciones derivadas de la liquidación final, no suponiendo dichas certificaciones aprobación ni recepción de las obras que comprenden.

4.2.4.4.3 Mejoras de obras

Cuando el contratista, incluso con la autorización del ingeniero director, emplee materiales de mayor calidad, fábrica de mayor precio u obra de mayores dimensiones únicamente tendrá derecho a percibir lo que corresponde en caso de haber construido la obra con sujeción a lo proyectado o adjudicado.

4.2.4.4.4 Pagos

Los pagos los efectuará el propietario en los plazos previamente establecidos y su importe corresponderá al de las certificaciones de obra conformadas por el ingeniero director.

4.2.4.5 Trabajos ejecutados durante el periodo de garantía

El abono de estos trabajos se procederá de la siguiente forma:

- Si los trabajos están especificados en el proyecto y no fueron realizados a su debido tiempo serán valorados a los precios que se figuren en el presupuesto y abonados de acuerdo a lo establecido en el proyecto.
- Si los trabajos tienen como objeto la reparación de desperfectos ocasionados por el uso, estos se abonarán a los precios del día previamente acordados.

- Si el objeto de los trabajos es la reparación de desperfectos ocasionados por deficiencias de la instalación o de la calidad de los materiales, no se abonará nada al contratista.

4.2.4.6 Penalizaciones

Hay tres tipos de penalizaciones, por demora en la ejecución, por incumplimiento de contrato y por demora en los pagos.

1. Por retraso no justificado en el plazo de terminación. La indemnización por retraso no justificado en la terminación de las obras se establecerá en un 10 por mil del importe total de los trabajos contratados por cada día natural de retraso a partir del día de terminación fijado. Esta cantidad será descontada y retenida con cargo a la fianza. No se computan como días perdidos los debidos a razones de fuerza mayor como huelgas, catástrofes o causas administrativas.
2. Penalización por incumplimiento de contrato. Se establecerá en las condiciones del contrato una penalización por incumplimiento de contrato o mala ejecución de los trabajos.
3. Demora en los pagos. Si el propietario no efectuase el pago dentro del mes siguiente al plazo convenido, el contratista tendrá el derecho de percibir el abono de un cuatro y medio por ciento anual en concepto de intereses de demora. Si pasasen dos meses a partir del término de dicho plazo, el contratista tiene derecho a la resolución del contrato, procediéndose a la liquidación de las obras ejecutadas y materiales acopiados.

4.2.5 Condiciones legales generales

Ambas partes se comprometen en sus diferencias al arbitrio de amigables componedores.

4.2.5.1 El contratista

El contratista es el responsable de la ejecución de las obras en las condiciones establecidas en el contrato y en los documentos del proyecto excluida la memoria. Por tanto está obligado a deshacer y volver hacer todo lo mal ejecutado durante las obras aunque estas partidas hayan sido abonadas. Asimismo se obliga a lo establecido en la ley de contratos de trabajo y dispuesto en la de accidentes de trabajo, subsidio familiar y seguros sociales.

El contratista se responsabiliza de los accidentes que se produzcan por inexperiencia o descuido donde se efectúan las obras y en las contiguas. Será el único responsable y correrá de su cuenta el abono de las indemnizaciones puesto que se incluyen en los precios los gastos para seguros y medidas de seguridad.

Corre a cargo de la contrata el pago de impuestos y arbitrios municipales cuyo abono deba efectuarse durante el tiempo de ejecución de las obras y por concepto inherente a las obras.

El contratista tiene derecho, a su costa, de sacar copias de los planos, presupuestos, pliego de condiciones y demás documentos del proyecto.

Serán causas de rescisión del contrato:

1. Muerte o incapacidad del contratista.
2. La quiebra del contratista.
3. Alteraciones del contrato por:
 - Modificaciones del proyecto con alteraciones fundamentales a juicio del ingeniero director, y siempre que alguna modificación represente como mínimo el 40% del valor de alguna de las unidades del proyecto modificadas.
 - Modificación de las unidades de obra, siempre que representen el 40% como mínimo de alguna de las unidades modificadas.
4. La suspensión de la obra comenzada y el no comienzo de las obras en tres meses a partir de la adjudicación. Se procederá a devolver la fianza.
5. No comenzar los trabajos dentro del plazo señalado en las condiciones del contrato o del proyecto.
6. El incumplimiento de las condiciones del contrato cuando suponga descuido o mala fe con perjuicio de los intereses de la obra.
7. El abandono de la obra sin causa justificada.

4.2.5.2 *El contrato*

El contrato se establece entre la propiedad o promotor y el contratista. Hay varias modalidades:

- A precio alzado: Se estipula una cantidad para las obras que no se modificará aunque el volumen de las obras se modifique. Sirve para obras pequeñas.
- Contrato por unidades de obra.

4.2.5.3 *Arbitraje*

En casos de litigio o desavenencia entre la propiedad y la contrata se recurrirá en primer lugar a la Dirección Facultativa de la obra. En caso que el desacuerdo subsista, cada parte nombrará un perito, sometiéndose las partes al acuerdo entre estos. En última instancia se acudirá a los tribunales.

4.3 *Condiciones particulares*

Como condiciones particulares al proyecto citaremos el pliego de condiciones técnicas en instalaciones de baja tensión, dado que nuestra instalación entra dentro de esta.

4.3.1 Calidad de los materiales

4.3.1.1 Generalidades

Todos los materiales empleados en la ejecución de la instalación tendrán, como mínimo, las características especificadas en este Pliego de Condiciones, empleándose siempre materiales homologados según las normas UNE citadas en la instrucción ITC-BT-02 que les sean de aplicación.

4.3.1.2 Conductores eléctricos

Las líneas de alimentación a cuadros de distribución estarán constituidas por conductores unipolares de cobre aislados de 0,6/1 kV.

Las líneas de alimentación a puntos de luz y tomas de corriente de otros usos estarán constituidas por conductores de cobre unipolares aislados del tipo H07V-R.

Las líneas de alumbrado de urbanización estarán constituidas por conductores de cobre aislados de 0,6/1 kV.

4.3.1.3 Conductores de neutro

La sección mínima del conductor de neutro para distribuciones monofásicas, trifásicas y de corriente continua, será la que a continuación se especifica:

Según la Instrucción ITC BT 19 en su apartado 2.2.2, en instalaciones interiores, para tener en cuenta las corrientes armónicas debidas a cargas no lineales y posibles desequilibrios, la sección del conductor del neutro será como mínimo igual a la de las fases.

Para el caso de redes aéreas o subterráneas de distribución en baja tensión, las secciones a considera serán las siguientes:

Con dos o tres conductores: igual a la de los conductores de fase.

Con cuatro conductores: mitad de la sección de los conductores de fase, con un mínimo de 10 mm² para cobre y de 16 mm² para aluminio.

4.3.1.4 Conductores de protección

Los conductores de protección desnudos no estarán en contacto con elementos combustibles. En los pasos a través de paredes o techos estarán protegidos por un tubo de adecuada resistencia, que será, además, no conductor y difícilmente combustible cuando atraviese partes combustibles del edificio.

Los conductores de protección estarán convenientemente protegidos contra el deterioro mecánico y químico, especialmente en los pasos a través de elementos de la construcción.

Las conexiones en estos conductores se realizarán por medio de empalmes soldados sin empleo de ácido, o por piezas de conexión de apriete por rosca. Estas piezas serán de material inoxidable, y los tornillos de apriete estarán provistos de un dispositivo que evite su desapriete.

Se tomarán las precauciones necesarias para evitar el deterioro causado por efectos electroquímicos cuando las conexiones sean entre metales diferentes.

4.3.1.5 Identificación de los conductores

Los conductores de la instalación se identificarán por los colores de su aislamiento:

- Negro, gris, marrón para los conductores de fase o polares.
- Azul claro para el conductor neutro.
- Amarillo - verde para el conductor de protección.
- Rojo para el conductor de los circuitos de mando y control.

4.3.1.6 Tubos protectores

Clases de tubos a emplear

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

- 60 °C para los tubos aislantes constituidos por policloruro de vinilo o polietileno.
- 70 °C para los tubos metálicos con forros aislantes de papel impregnado.

Diámetro de los tubos y número de conductores por cada uno de ellos

Los diámetros exteriores mínimos y las características mínimas para los tubos en función del tipo de instalación y del número y sección de los cables a conducir, se indican en la Instrucción ITC BT 21, en su apartado 1.2. El diámetro interior mínimo de los tubos deberá ser declarado por el fabricante.

4.3.2 Normas de ejecución de las instalaciones

4.3.2.1 Colocación de tubos

Se tendrán en cuenta las prescripciones generales siguientes, tal y como indica la ITC BT 21. Prescripciones generales

El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo preferentemente líneas paralelas a las verticales y horizontales que limitan el local dónde se efectúa la instalación.

Los tubos se unirán entre sí mediante accesorios adecuados a su clase que aseguren la continuidad que proporcionan a los conductores.

Los tubos aislantes rígidos curvables en caliente podrán ser ensamblados entre sí en caliente, recubriendo el empalme con una cola especial cuando se desee una unión estanca.

Las curvas practicadas en los tubos serán continuas y no originarán reducciones de sección inadmisibles. Los radios mínimos de curvatura para cada clase de tubo serán los indicados en la norma UNE EN 5086 -2-2

Será posible la fácil introducción y retirada de los conductores en los tubos después de colocados y fijados éstos y sus accesorios, disponiendo para ello los registros que se consideren convenientes, y que en tramos rectos no estarán separados entre sí más de 15 m. El número de curvas en ángulo recto situadas entre dos registros consecutivos no será superior a tres. Los conductores se alojarán en los tubos después de colocados éstos.

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

Cuando los tubos estén constituidos por materias susceptibles de oxidación, y cuando hayan recibido durante el curso de su montaje algún trabajo de mecanización, se aplicará a las partes mecanizadas pintura antioxidante.

Igualmente, en el caso de utilizar tubos metálicos sin aislamiento interior, se tendrá en cuenta la posibilidad de que se produzcan condensaciones de agua en el interior de los mismos, para lo cual se elegirá convenientemente el trazado de su instalación, previendo la evacuación de agua en los puntos más bajos de ella y, si fuera necesario, estableciendo una ventilación apropiada en el interior de los tubos mediante el sistema adecuado, como puede ser, por ejemplo, el empleo de una "te" dejando uno de los brazos sin utilizar.

Cuando los tubos metálicos deban ponerse a tierra, su continuidad eléctrica quedará convenientemente asegurada. En el caso de utilizar tubos metálicos flexibles, es necesario que la distancia entre dos puestas a tierra consecutivas de los tubos no exceda de 10 m.

No podrán utilizarse los tubos metálicos como conductores de protección o de neutro. Tubos en montaje superficial

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

Los tubos se fijarán a las paredes o techos por medio de bridas o abrazaderas protegidas contra la corrosión y sólidamente sujetas. La distancia entre éstas será, como máximo, 0.50 metros. Se dispondrán fijaciones de una y otra parte en los cambios de dirección, en los empalmes y en la proximidad inmediata de las entradas en cajas o aparatos.

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

En alineaciones rectas, las desviaciones del eje del tubo con respecto a la línea que une los puntos extremos no será superior al 2%.

Es conveniente disponer los tubos normales, siempre que sea posible, a una altura mínima de 2.5 m sobre el suelo, con objeto de protegerlos de eventuales daños mecánicos.

En los cruces de tubos rígidos con juntas de dilatación de un edificio deberán interrumpirse los tubos, quedando los extremos del mismo separados entre sí 5 cm aproximadamente, y empalmándose posteriormente mediante manguitos deslizantes que tengan una longitud mínima de 20 cm.

4.3.2.2 Tubos empotrados

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

La instalación de tubos empotrados será admisible cuando su puesta en obra se efectúe después de terminados los trabajos de construcción y de enfoscado de paredes y techos, pudiendo el enlucido de los mismos aplicarse posteriormente.

Las dimensiones de las rozas serán suficientes para que los tubos queden recubiertos por una capa de 1 cm de espesor, como mínimo, del revestimiento de las paredes o techos. En los ángulos el espesor puede reducirse a 0.5 cm.

En los cambios de dirección, los tubos estarán convenientemente curvados, o bien provistos de codos o "tes" apropiados, pero en este último caso sólo se admitirán los provistos de tapas de registro.

Las tapas de los registros y de las cajas de conexión quedarán accesibles y desmontables una vez finalizada la obra. Los registros y cajas quedarán enrasados con la superficie exterior del revestimiento de la pared o techo cuando no se instalen en el interior de un alojamiento cerrado y practicable. Igualmente, en el caso de utilizar tubos normales empotrados en paredes, es conveniente disponer los recorridos horizontales a 50 cm, como máximo, del suelo o techo, y los verticales a una distancia de los ángulos o esquinas no superior a 20 cm.

4.3.3 Tubos en montaje al aire

Solamente está permitido su uso para la alimentación de máquinas o elementos de movilidad restringida desde canalizaciones prefabricadas y cajas de derivación fijadas al techo. Se tendrán en cuenta las siguientes prescripciones:

La longitud total de la conducción en el aire no será superior a 4 metros y no empezará a una altura inferior a 2 metros.

Se prestará especial atención para que se conserven en todo el sistema, especialmente en las conexiones, las características mínimas para canalizaciones de tubos al aire, establecidas en la tabla 6 de la instrucción ITC BT 21.

4.3.3.1 Cajas de empalme y derivación

Las conexiones entre conductores se realizarán en el interior de cajas apropiadas de material aislante o, si son metálicas, protegidas contra la corrosión.

Sus dimensiones serán tales que permitan alojar holgadamente todos los conductores que deban contener, y su profundidad equivaldrá, cuanto menos, al diámetro del tubo mayor más un 50 % del mismo, con un mínimo de 40 mm para su profundidad y 80 mm para el diámetro o lado interior.

Cuando se quieran hacer estancas las entradas de los tubos en las cajas de conexión, deberán emplearse prensaestopas adecuados.

En ningún caso se permitirá la unión de conductores por simple retorcimiento o arrollamiento entre sí de los mismos, sino que deberá realizarse siempre utilizando bornes de conexión montados individualmente o constituyendo bloques o regletas de conexión. Puede permitirse, asimismo, la utilización de bridas de conexión. Las uniones deberán realizarse siempre en el interior de cajas de empalme o de derivación.

Si se trata de cables deberá cuidarse al hacer las conexiones que la corriente se reparta por todos los alambres componentes, y si el sistema adoptado es de tornillo de apriete entre una arandela metálica bajo su cabeza y una superficie metálica, los conductores de sección superior a 6 mm² deberán conectarse por medio de terminales adecuados, comprobando siempre que las conexiones, de cualquier sistema que sean, no queden sometidas a esfuerzos mecánicos.

Para que no pueda ser destruido el aislamiento de los conductores por su roce con los bordes libres de los tubos, los extremos de éstos, cuando sean metálicos y penetren en una caja de conexión o aparato, estarán provistos de boquillas con bordes redondeados o dispositivos

equivalentes, o bien convenientemente mecanizados, y si se trata de tubos metálicos con aislamiento interior, este último sobresaldrá unos milímetros de su cubierta metálica.

4.3.3.2 *Aparatos de mando y maniobra*

Los aparatos de mando y maniobra (interruptores y conmutadores) serán de tipo cerrado y material aislante, cortarán la corriente máxima del circuito en que están colocados sin dar lugar a la formación de arcos permanentes, y no podrán tomar una posición intermedia.

Las piezas de contacto tendrán unas dimensiones tales que la temperatura no pueda exceder de 65°C en ninguna de ellas.

Deben poder realizarse del orden de 10.000 maniobras de apertura y cierre a la intensidad y tensión nominales, que estarán marcadas en lugar visible.

4.3.4 *Aparatos de protección*

4.3.4.1 *Protección contra sobrecargas*

Los conductores activos deben estar protegidos por uno o varios dispositivos de corte automático contra las sobrecargas y contra los cortocircuitos.

4.3.4.2 *Aplicación*

Excepto los conductores de protección, todos los conductores que forman parte de un circuito, incluido el conductor neutro, estarán protegidos contra las sobrecargas (sobrecargas y cortocircuitos).

4.3.5 *Protección contra sobrecargas*

Los dispositivos de protección deben estar previstos para interrumpir toda corriente de sobrecarga en los conductores del circuito antes de que pueda provocar un calentamiento perjudicial al aislamiento, a las conexiones, a las extremidades o al medio ambiente en las canalizaciones.

El límite de intensidad de corriente admisible en un conductor ha de quedar en todo caso garantizado por el dispositivo de protección utilizado.

Como dispositivos de protección contra sobrecargas serán utilizados los fusibles calibrados de características de funcionamiento adecuadas o los interruptores automáticos con curva térmica de corte.

4.3.6 *Protección contra cortocircuitos*

Deben preverse dispositivos de protección para interrumpir toda corriente de cortocircuito antes de que esta pueda resultar peligrosa debido a los efectos térmicos y mecánicos producidos en los conductores y en las conexiones.

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

Se admiten como dispositivos de protección contra cortocircuitos los fusibles de características de funcionamiento adecuadas y los interruptores automáticos con sistema de corte electromagnético.

4.3.7 Situación y composición

En general, los dispositivos destinados a la protección de los circuitos se instalarán en el origen de éstos, así como en los puntos en que la intensidad admisible disminuya por cambios debidos a sección, condiciones de instalación, sistema de ejecución, o tipo de conductores utilizados.

4.3.8 Normas aplicables

Pequeños interruptores automáticos (PIA)

Los interruptores automáticos para instalaciones domésticas y análogas para la protección contra sobrecargas se ajustarán a la norma UNE-EN 60-898. Esta norma se aplica a los interruptores automáticos con corte al aire, de tensión asignada hasta 440 V (entre fases), intensidad asignada hasta 125 A y poder de corte nominal no superior a 25000 A.

Los valores normalizados de las tensiones asignadas son:

- 230 V Para los interruptores automáticos unipolares y bipolares.
- 230/400 V Para los interruptores automáticos unipolares.
- 400 V Para los interruptores automáticos bipolares, tripolares y tetrapolares.

Los valores 240 V, 240/415 V y 415 V respectivamente, son también valores normalizados.

Los valores preferenciales de las intensidades asignadas son: 6, 10, 13, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100 y 125 A.

El poder de corte asignado será: 1500, 3000, 4500, 6000, 10000 y por encima 15000, 20000 y 25000 A.

La característica de disparo instantáneo de los interruptores automáticos vendrá determinada por su curva:

B, C o D.

Cada interruptor debe llevar visible, de forma indeleble, las siguientes indicaciones:

La corriente asignada sin el símbolo A precedido del símbolo de la característica de disparo instantáneo (B,C o D) por ejemplo B16.

Poder de corte asignado en amperios, dentro de un rectángulo, sin indicación del símbolo de las unidades. s Clase de limitación de energía, si es aplicable.

Los bornes destinados exclusivamente al neutro, deben estar marcados con la letra "N".

4.3.9 Interruptores automáticos de baja tensión

Los interruptores automáticos de baja tensión se ajustarán a la norma UNE-EN 60-947-2: 1996.

Esta norma se aplica a los interruptores automáticos cuyos contactos principales están destinados a ser conectados a circuitos cuya tensión asignada no sobrepasa 1000 V en corriente alterna o 1500 V en corriente continua. Se aplica cualesquiera que sean las

intensidades asignadas, los métodos de fabricación y el empleo previsto de los interruptores automáticos.

Cada interruptor automático debe estar marcado de forma indeleble en lugar visible con las siguientes indicaciones:

Intensidad asignada (In). s Capacidad para el seccionamiento, si ha lugar.

Indicaciones de las posiciones de apertura y de cierre respectivamente por O y | si se emplean símbolos.

También llevarán marcado aunque no sea visible en su posición de montaje, el símbolo de la naturaleza de corriente en que hayan de emplearse, y el símbolo que indique las características de desconexión, o en su defecto, irán acompañados de las curvas de desconexión.

4.3.10 Fusibles

Los fusibles de baja tensión se ajustarán a la norma UNE-EN 60-269-1:1998.

Esta norma se aplica a los fusibles con cartuchos fusibles limitadores de corriente, de fusión encerrada y que tengan un poder de corte igual o superior a 6 kA. Destinados a asegurar la protección de circuitos, de corriente alterna y frecuencia industrial, en los que la tensión asignada no sobrepase 1000 V, o los circuitos de corriente continua cuya tensión asignada no sobrepase los 1500 V.

Los valores de intensidad para los fusibles expresados en amperios deben ser: 2, 4, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 25,

32, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250.

Deberán llevar marcada la intensidad y tensión nominales de trabajo para las que han sido construidos.

Interruptores con protección incorporada por intensidad diferencial residual

Los interruptores automáticos de baja tensión con dispositivos reaccionantes bajo el efecto de intensidades residuales se ajustarán al anexo B de la norma UNE-EN 60-947-2: 1996.

Esta norma se aplica a los interruptores automáticos cuyos contactos principales están destinados a ser conectados a circuitos cuya tensión asignada no sobrepasa 1000 V en corriente alterna o 1500 V en corriente continua. Se aplica cualesquiera que sean las intensidades asignadas.

Los valores preferentes de intensidad diferencial residual de funcionamiento asignada son:

0.006A, 0.01A,

0.03A, 0.1A, 0.3A, 0.5A, 1A, 3A, 10A, 30A.

4.3.11 Características principales de los dispositivos de protección

Los dispositivos de protección cumplirán las condiciones generales siguientes:

Deberán poder soportar la influencia de los agentes exteriores a que estén sometidos, presentando el grado de protección que les corresponda de acuerdo con sus condiciones de instalación.

Los fusibles irán colocados sobre material aislante incombustible y estarán contruidos de forma que no puedan proyectar metal al fundirse. Permitirán su recambio de la instalación bajo tensión sin peligro alguno.

Los interruptores automáticos serán los apropiados a los circuitos a proteger, respondiendo en su funcionamiento a las curvas intensidad - tiempos adecuados. Deberán cortar la corriente máxima del circuito en que estén colocadas, sin dar lugar a la formación de arco permanente, abriendo o cerrando los circuitos, sin posibilidad de tomar una posición intermedia entre las correspondientes a las de apertura y cierre. Cuando se utilicen para la protección contra cortocircuitos, su capacidad de corte estará de acuerdo con la intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en el punto de su instalación, salvo que vayan asociados con fusibles adecuados que cumplan este requisito, y que sean de características coordinadas con las del interruptor automático.

Los interruptores diferenciales deberán resistir las corrientes de cortocircuito que puedan presentarse en el punto de su instalación, y de lo contrario deberán estar protegidos por fusibles de características adecuadas.

4.3.12 Protección contra sobretensiones de origen atmosférico

Según lo indicado en la Instrucción ITC BT 23 en su apartado 3.2:

Cuando una instalación se alimenta por, o incluye, una línea aérea con conductores desnudos o aislados, se considera necesaria una protección contra sobretensiones de origen atmosférico en el origen de la instalación.

El nivel de sobretensiones puede controlarse mediante dispositivos de protección contra las sobretensiones colocados en las líneas aéreas (siempre que estén suficientemente próximos al origen de la instalación) o en la instalación eléctrica del edificio.

Los dispositivos de protección contra sobretensiones de origen atmosférico deben seleccionarse de forma que su nivel de protección sea inferior a la tensión soportada a impulso de la categoría de los equipos y materiales que se prevé que se vayan a instalar.

En redes TT, los descargadores se conectarán entre cada uno de los conductores, incluyendo el neutro o compensador y la tierra de la instalación.

Protección contra contactos directos e indirectos

Los medios de protección contra contactos directos e indirectos en instalación se ejecutarán siguiendo las indicaciones detalladas en la Instrucción ITC BT 24, y en la Norma UNE 20.460 -4-41.

La protección contra contactos directos consiste en tomar las medidas destinadas a proteger las personas contra los peligros que pueden derivarse de un contacto con las partes activas de los materiales eléctricos.

Los medios a utilizar son los siguientes:

- Protección por aislamiento de las partes activas.

- Protección por medio de barreras o envolventes.
- Protección por medio de obstáculos.
- Protección por puesta fuera de alcance por alejamiento.
- Protección complementaria por dispositivos de corriente diferencial residual.

Se utilizará el método de protección contra contactos indirectos por corte de la alimentación en caso de fallo, mediante el uso de interruptores diferenciales.

La corriente a tierra producida por un solo defecto franco debe hacer actuar el dispositivo de corte en un tiempo no superior a 5 s.

Una masa cualquiera no puede permanecer en relación a una toma de tierra eléctricamente distinta, a un potencial superior, en valor eficaz, a:

- 24 V en los locales o emplazamientos húmedos o mojados. s 50 V en los demás casos.
- Todas las masas de una misma instalación deben estar unidas a la misma toma de tierra.
- Como dispositivos de corte por intensidad de defecto se emplearán los interruptores diferenciales.
- Debe cumplirse la siguiente condición:

V_c

$R \leq I$

Donde:

R: Resistencia de puesta a tierra (Ohm).

V_c : Tensión de contacto máxima (24 V en locales húmedos y 50 V en los demás casos).

I: Sensibilidad del interruptor diferencial (valor mínimo de la corriente de defecto, en A, a partir del cual el interruptor diferencial debe abrir automáticamente, en un tiempo conveniente, la instalación a proteger).

4.3.12.1 Instalaciones en cuartos de baño o aseo

La instalación se ejecutará según lo especificado en la Instrucción ITC BT 27.

Para las instalaciones en cuartos de baño o aseo se tendrán en cuenta los siguientes volúmenes y prescripciones:

VOLUMEN 0: Comprende el interior de la bañera o ducha. En un lugar que contenga una ducha sin plato, el volumen está delimitado por el suelo y por un plano horizontal a 0.05 m por encima del suelo.

VOLUMEN 1: Está limitado por el plano horizontal superior al volumen 0, es decir, por encima de la bañera, y el plano horizontal situado a 2,25 metros por encima del suelo. El plano vertical que limita al volumen 1 es el plano vertical alrededor de la bañera o ducha.

VOLUMEN 2: Está limitado por el plano vertical tangente a los bordes exteriores de la bañera y el plano vertical paralelo situado a una distancia de 0,6 m; y entre el suelo y plano horizontal situado a 2,25 m por encima del suelo.

VOLUMEN 3: Esta limitado por el plano vertical límite exterior del volumen 2 y el plano vertical paralelo situado a una distancia de éste de 2,4 metros. El volumen 3 está comprendido entre el suelo y una altura de 2,25 m.

Para el volumen 0 el grado de protección necesario será el IPX7, y no está permitida la instalación de mecanismos.

En el volumen 1, el grado de protección habitual será IPX4, se utilizará el grado IPX2 por encima del nivel más alto de un difusor fijo, y el IPX5 en los equipos de bañeras de hidromasaje y en baños comunes en los que se puedan producir chorros de agua durante su limpieza. Podrán ser instalados aparatos fijos como calentadores de agua, bombas de ducha y equipo eléctrico para bañeras de hidromasaje que cumplan con su norma aplicable, si su alimentación está protegida adicionalmente con un dispositivo de corriente diferencial de valor no superior a 30 mA.

En el volumen 2, el grado de protección habitual será IPX4, se utilizará el grado IPX2 por encima del nivel más alto de un difusor fijo, y el IPX5 en los baños comunes en los que se puedan producir chorros durante su limpieza. Se permite la instalación de bloques de alimentación de afeitadoras que cumplan con la UNE EN 60.742 o UNE EN 61558-2-5. Se podrán instalar también todos los aparatos permitidos en el volumen 1, luminarias, ventiladores, calefactores, y unidades móviles de hidromasaje que cumplan con su normativa aplicable, y que además estén protegidos con un diferencial de valor no superior a 30 mA.

En el volumen 3 el grado de protección necesario será el IPX5, en los baños comunes cuando se puedan producir chorros de agua durante su limpieza. Se podrán instalar bases y aparatos protegidos por dispositivo de corriente diferencial de valor no superior a 30 mA.

4.3.12.2 Red equipotencial

Se realizará una conexión equipotencial entre las canalizaciones metálicas existentes (agua fría, caliente, desagüe, calefacción, gas, etc.) y las masas de los aparatos sanitarios metálicos y todos los demás elementos conductores accesibles, tales como marcos metálicos de puertas, radiadores, etc. El conductor que asegure esta protección deberá estar preferentemente soldado a las canalizaciones o a los otros elementos conductores, o si no, fijado solidariamente a los mismos por collares u otro tipo de sujeción apropiado a base de metales no férreos, estableciendo los contactos sobre partes metálicas sin pintura. Los conductores de protección de puesta a tierra, cuando existan, y de conexión equipotencial deben estar conectados entre sí. La sección mínima de este último estará de acuerdo con lo dispuesto en la Instrucción ITC-BT-19 para los conductores de protección.

4.3.12.3 Instalación de puesta a tierra

Estará compuesta de toma de tierra, conductores de tierra, borne principal de tierra y conductores de protección. Se llevarán a cabo según lo especificado en la Instrucción ITC-BT-18.

Naturaleza y secciones mínimas

Los materiales que aseguren la puesta a tierra serán tales que:

El valor de la resistencia de puesta a tierra esté conforme con las normas de protección y de funcionamiento de la instalación, teniendo en cuenta los requisitos generales indicados en la ITC-BT-24 y los requisitos particulares de las

Instrucciones Técnicas aplicables a cada instalación.

Las corrientes de defecto a tierra y las corrientes de fuga puedan circular sin peligro, particularmente desde el punto de vista de solicitaciones térmicas, mecánicas y eléctricas.

En todos los casos los conductores de protección que no formen parte de la canalización de alimentación serán de cobre con una sección al menos de: 2,5 mm² si disponen de protección mecánica y de 4 mm² si no disponen de ella.

Las secciones de los conductores de protección, y de los conductores de tierra están definidas en la Instrucción ITC-BT-18.

Tendido de los conductores

Los conductores de tierra enterrados tendidos en el suelo se considera que forman parte del electrodo.

El recorrido de los conductores de la línea principal de tierra, sus derivaciones y los conductores de protección, será lo más corto posible y sin cambios bruscos de dirección. No estarán sometidos a esfuerzos mecánicos y estarán protegidos contra la corrosión y el desgaste mecánico.

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

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

Los circuitos de puesta a tierra formarán una línea eléctricamente continua en la que no podrán incluirse en serie ni masas ni elementos metálicos cualquiera que sean éstos. La conexión de las masas y los elementos metálicos al circuito de puesta a tierra se efectuará siempre por medio del borne de puesta a tierra. Los contactos deben disponerse limpios, sin humedad y en forma tal que no sea fácil que la acción del tiempo destruya por efectos electroquímicos las conexiones efectuadas.

Deberá preverse la instalación de un borne principal de tierra, al que irán unidos los conductores de tierra, de protección, de unión equipotencial principal y en caso de que fuesen necesarios, también los de puesta a tierra funcional.

Prohibición de interrumpir los circuitos de tierra

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

4.3.13 Alumbrado

4.3.13.1 Alumbrados especiales

Los puntos de luz del alumbrado especial deberán repartirse entre, al menos, dos líneas diferentes, con un número máximo de 12 puntos de luz por línea, estando protegidos dichos circuitos por interruptores automáticos de 10 A de intensidad nominal como máximo.

Las canalizaciones que alimenten los alumbrados especiales se dispondrán a 5 cm como mínimo de otras canalizaciones eléctricas cuando se instalen sobre paredes o empotradas en ellas, y cuando se instalen en huecos de la construcción estarán separadas de ésta por tabiques incombustibles no metálicos.

Deberán ser provistos de alumbrados especiales los siguientes locales:

Con alumbrado de emergencia: Los locales de reunión que puedan albergar a 100 personas o más, los locales de espectáculos y los establecimientos sanitarios, los establecimientos cerrados y cubiertos para más de 5 vehículos, incluidos los pasillos y escaleras que conduzcan al exterior o hasta las zonas generales del edificio.

Con alumbrado de señalización: Los estacionamientos subterráneos de vehículos, teatros y cines en sala oscura, grandes establecimientos comerciales, casinos, hoteles, establecimientos sanitarios y cualquier otro local donde puedan producirse aglomeraciones de público en horas o lugares en que la iluminación natural de luz solar no sea suficiente para proporcionar en el eje de los pasos principales una iluminación mínima de 1 lux. s Con alumbrado de reemplazamiento: En quirófanos, salas de cura y unidades de vigilancia intensiva de establecimientos sanitarios.

4.3.13.2 Alumbrado general

Las redes de alimentación para puntos de luz con lámparas o tubos de descarga deberán estar previstas para transportar una carga en voltamperios al menos igual a 1.8 veces la potencia en vatios de las lámparas o tubos de descarga que alimenta. El conductor neutro tendrá la misma sección que los de fase.

Si se alimentan con una misma instalación lámparas de descarga y de incandescencia, la potencia a considerar en voltamperios será la de las lámparas de incandescencia más 1.8 veces la de las lámparas de descarga.

Deberá corregirse el factor de potencia de cada punto de luz hasta un valor mayor o igual a 0.90, y la caída máxima de tensión entre el origen de la instalación y cualquier otro punto de la instalación de alumbrado, será menor o igual que 3%.

Los receptores consistentes en lámparas de descarga serán accionados por interruptores previstos para cargas inductivas, o en su defecto, tendrán una capacidad de corte no inferior al doble de la intensidad del receptor. Si el interruptor acciona a la vez lámparas de incandescencia, su capacidad de corte será, como mínimo, la correspondiente a la intensidad de éstas más el doble de la intensidad de las lámparas de descarga.

En instalaciones para alumbrado de locales donde se reuna público, el número de líneas deberá ser tal que el corte de corriente en una cualquiera de ellas no afecte a más de la tercera parte del total de lámparas instaladas en dicho local.

4.3.14 Pruebas reglamentarias

4.3.14.1 Comprobación de la puesta a tierra

La instalación de toma de tierra será comprobada por los servicios oficiales en el momento de dar de alta la instalación. Se dispondrá de al menos un punto de puesta a tierra accesible para poder realizar la medición de la puesta a tierra.

4.3.14.2 Resistencia de aislamiento

Las instalaciones eléctricas deberán presentar una resistencia de aislamiento, expresada en ohmios, por lo menos igual a $1000xU$, siendo U la tensión máxima de servicio expresada en voltios, con un mínimo de 250.000 ohmios.

El aislamiento de la instalación eléctrica se medirá con relación a tierra y entre conductores, mediante la aplicación de una tensión continua suministrada por un generador que proporcione en vacío una tensión comprendida entre 500 y 1000 V y, como mínimo, 250 V con una carga externa de 100.000 ohmios.

4.3.15 Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad

La propiedad recibirá a la entrega de la instalación, planos definitivos del montaje de la instalación, valores de la resistencia a tierra obtenidos en las mediciones, y referencia del domicilio social de la empresa instaladora.

No se podrá modificar la instalación sin la intervención de un Instalador Autorizado o Técnico Competente, según corresponda.

Cada cinco años se comprobarán los dispositivos de protección contra cortocircuitos, contactos directos e indirectos, así como sus intensidades nominales en relación con la sección de los conductores que protegen.

Las instalaciones del garaje serán revisadas anualmente por instaladores autorizados libremente elegidos por los propietarios o usuarios de la instalación. El instalador extenderá un boletín de reconocimiento de la indicada revisión, que será entregado al propietario de la instalación, así como a la delegación correspondiente del Ministerio de Industria y Energía.

Personal técnicamente competente comprobará la instalación de toma de tierra en la época en que el terreno esté más seco, reparando inmediatamente los defectos que pudieran encontrarse.

4.3.16 Certificados y documentación

Al finalizar la ejecución, se entregará en la Delegación del Ministerio de Industria correspondiente el Certificado de Fin de Obra firmado por un técnico competente y visado por el Colegio profesional correspondiente, acompañado del boletín o

Al finalizar la ejecución, se entregará en la Delegación del Ministerio de Industria correspondiente el Certificado de Fin de Obra firmado por un técnico competente y visado por el Colegio profesional correspondiente, acompañado del boletín o boletines de instalación firmados por un Instalador Autorizado.

5 Presupuesto

5.1 Introducción

El objetivo de este presupuesto es abarcar todos los gastos que supondrá el proyecto desde los materiales a su instalación, reflejada como mano de obra. El proyecto no contempla los gastos de hacer el diseño de la instalación puesto que es un proyecto académico realizado por un estudiante. Además se analizará la amortización del proyecto en base a la potencia ahorrada, junto con el tiempo de amortización y en la conclusión se analizaran todos los resultados obtenidos.

En este proyecto las mejoras propuestas y el coste de estas las agruparemos en dos capítulos, el primero, abarcará el coste de convertir nuestra instalación monofásica en trifásica desde el punto de vista de materiales.

5.2 Ejecución del proyecto

5.2.1 Diseño

La fase de diseño abarca el estudio de las distintas formas de compensar las pérdidas en cargas y seleccionar un tipo de cargas en una instalación ya hecha para estudiar cómo se podían reducir las pérdidas.

5.2.2 Desarrollo

Para compensar las cargas era necesario utilizar dos cables por cada línea de la misma longitud de la línea. De esta forma convertíamos nuestro sistema monofásico en trifásico. Por otra parte para compensar las cargas con un $\cos \phi$ menor que 1, era necesario comprar condensadores para cada lámpara. Finalmente era necesario comprar bobinas y condensadores además de arquetas para montar los filtros.

5.2.3 Entrega

Una vez comprados los materiales se debe proceder a la instalación de estos, instalando los cables correspondientes e instalando los filtros y condensadores donde fuera necesario.

5.2.4 Administración

Finalmente cuando la instalación está terminada, el usuario no necesita hacer ningún mantenimiento sobre esta, pero con un consumo similar debería ver reflejado en su factura de la luz que ahora está gastando menos.

5.3 Gastos de trifásica a monofásica

Según hemos estado viendo la distancia entre lámparas es de 20 m. Por lo que la longitud del cable dependerá del número de lámparas, para obtener la longitud de los nuevos cables que debemos instalar, multiplicaremos el número de lámparas por la longitud del cable haciendo esta operación obtenemos:

Línea	Numero de lámparas	Longitud del cable (m)	Sección (mm ²)
1	23	460	120
2	47	940	150
3	6	120	6
4	39	780	95

Tabla 12 - Longitud del cable en cada línea

La selección de la sección del cable está basado en el anexo 2 cálculos de las secciones. Esta tabla representa el caso para un cable pero hay que tener en cuenta que por cada línea utilizaremos dos cables por lo que la longitud necesaria es el doble de la que aparece. Para los cables se ha decidido utilizar cable flexible de general cable RZ1-K 0,6/1Kv con cubierta exterior de Poliefina termoplástica libre de halógenos y aislamiento de polietileno reticulado (XLPE).

5.4 Gastos de los filtros

Necesitamos dos filtros para la línea 1 y 2. Cada uno con las especificaciones vistas en el anexo 3. Además estos filtros deben ir en una arqueta. A continuación vemos el desglose de componentes que necesitamos para un filtro de la línea 1 y 2 respectivamente:

Línea 1:

Condensadores (uF)	Bobinas (mH)
22,1	1820
33,1	459,4
	306,3

Línea 2:

Condensadores (uF)	Bobinas (mH)
44,1	229,7
66,2	153,1

No se ha podido encontrar bobinas tan específicas buscando en Internet sin embargo por las características necesarias de las bobinas, el precio de cada una oscila entre los 15 y los 20 euros. Por esto tomaremos el peor caso y cada bobina valdrá 20 euros por unidad. Para los condensadores de más de 22 uF ocurre algo similar, no se encuentran productos estandarizados en Internet por lo que se harán a medida, el precio oscila entre los 15 y 20 euros, tomaremos el peor caso de 20 euros.

5.5 Gastos de los condensadores

Dado que es un proyecto académico, consideraremos la opción que más reduce la potencia disipada. Este es poner un condensador por cada lámpara asumiendo que se pondrá inmediatamente después de la carga. Esto lo haremos de cara a los cálculos también, dado que el condensador pesa poco, alrededor de no es necesario hacer una arqueta para cada una de las lámparas.

Así pues necesitaremos 21 condensadores de 6,6 μ F, tal y como se ha visto en el anexo 3. Elegimos estos porque aguanta 230 V y satisfacen el valor que necesitamos. Utilizando el condensador con los datos vistos en el anexo 4, el precio unitario es de 5,18 €. Dado que son 21 condensadores será un total de 108,78 €. La referencia del fabricante para este producto es 685PHC400K.

5.6 Tabla de presupuesto

Objeto	Referencia	Cantidad	Precio unitario/metro/hora (€)	PVP (€)
Condensador 6,6 µF	685PHC400K	21	5,18	108,78
Cable línea 1	RZ1-K 1X120 mm2	920	11,97	11012,4
Cable línea 2	RZ1-K 1X150 mm2	1880	15,02	28237,6
Cable línea 3	RZ1-K 1X6 mm2	240	0,74	177,6
Cable línea 4	RZ1-K 1X95 mm2	1560	9,82	15319,2
Condensador 22,1 µF	MKPF3Y52207H00KSS D	2	4,32	8,64
Condensador 33,1 µF	No aplica	2	20	40
Condensador 44,1 µF	No aplica	2	20	40
Condensador 66,2 µF	No aplica	2	20	40
Bobina 1820 mH	No aplica	2	20	40
Bobina 459,4 mH	No aplica	2	20	40
Bobina 306,3 mH	No aplica	2	20	40
Bobina 229,7 mH	No aplica	2	20	40
Bobina 153,1 mH	No aplica	2	20	40
Mano de obra	No aplica	40	20	320
Fusibles 5A	FUCR5T502	12	0.12	1.44
Arqueta	Ref.19315464 (Leroy Merlin)	4	5	20
Subtotal sin IVA				55525,66
IVA				11655,89
Total con IVA				67160,11

5.7 Amortización

Para analizar la amortización de la instalación consideraremos el impacto del ahorro que supone hacer la instalación y cuanto se amortiza en el tiempo.

En primer lugar la instalación son principalmente lámparas que se utilizaran cuando no haya luz solar, por lo que hay que considerar cuantas horas sin luz hay cada mes. Para obtener esto utilizamos el PVGIS en Valencia y vemos según cada mes, cuantas horas de luz hay, esto se lo restamos a las 24 horas y obtenemos cuantas horas de oscuridad hay cada mes.

Mes	Horas de luz diarias	Horas de oscuridad diarias	Horas de oscuridad mensuales
Enero	9	15	450
Febrero	10	14	420
Marzo	12	12	360
Abril	12	12	360
Mayo	12	12	360
Junio	14	10	300
Julio	14	10	300
Agosto	13	11	330
Septiembre	12	12	360
Octubre	10	14	420
Noviembre	10	14	420
Diciembre	9	15	450
Total anual			4530

Por tanto podemos asumir unas 4530 horas al año de operación. Dado que la potencia ahorrada es 327,6 W tal como se ha visto en el anexo 3, hablamos de un total de 1484 kWh. El precio de 1 kWh es de aproximadamente 0,12 €/ kWh por lo que hablamos de 178,08 euros. Dado que la instalación costo 67160,11, necesitaríamos 377 años para recuperar la inversión. Todo esto suponiendo que ningún componente de daño durante este tiempo cosa que es muy improbable.

5.8 Conclusión

Aun así esto no debe ser motivo de alarma. Si analizamos el presupuesto, veremos que el motivo por el que se ha encarecido tanto la instalación es por los cables que deben ser tendidos para convertir la línea monofásica en trifásica. Se puede apreciar que una vez hecha esta inversión, cuantos más equipos se conecten a estas líneas, más rentable saldrá la inversión. En el caso del sector 5 de la UPV se puede apreciar que hay muchos más cargas además de las luminarias, en este caso, probablemente veríamos un retorno de la inversión mucho más rentable, ya que la energía ahorrada sería mucho mayor. Además en el caso del sector 5 de la UPV, probablemente ya hay un sistema trifásico implementado, el análisis sería analizar cómo están las cargas conectadas para repartirlas entre fases compensar sus reactivas e implementar los filtros donde corresponda, en este caso sí que se vería un retorno de inversión bastante alto.

