



Anejo 8: Baja Tensión.

1. CONSIDERACIONES GENERALES.....	95
<i>1.1. Potencia demandada.</i>	<i>96</i>
<i>1.2. Caídas de tensión.....</i>	<i>99</i>
<i>1.3. Motores y lámparas de descarga.....</i>	<i>100</i>
<i>1.4. Consideraciones de cálculo.....</i>	<i>100</i>
2. ESTUDIO DEL DESEQUILIBRIO ENTRE FASES.	103
3. ACOMETIDA.....	104
4. LÍNEAS DESDE CUADRO PRINCIPAL A C. SECUNDARIOS.	105
5. LÍNEAS DESDE C. SECUNDARIOS A RECEPTOR (ALUMBRADO).	107
6. LÍNEA DESDE C. SECUNDARIOS A RECEPTOR (FUERZA).....	109
7. CUADROS RESÚMENES.	111



Anejo 9: Baja Tensión.

1. Consideraciones generales.

La normativa utilizada es el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, aprobado por Decreto 842/2002, de 2 de Agosto y demás Normas a la que hace referencia. Las principales ITC que hemos aplicado al proyecto son:

- ITC-BT 07: Redes subterráneas para distribución en baja tensión.
- ITC-BT 08: Sistemas de conexión del neutro y de las masas en redes de distribución de energía eléctrica.
- ITC-BT 09: Instalaciones de alumbrado exterior.
- ITC-BT 18: Instalaciones de puesta a tierra.
- ITC-BT 19: Instalaciones interiores o receptoras. Prescripciones generales.
- ITC-BT 20: Instalaciones interiores o receptoras. Sistemas de instalación.
- ITC-BT 21: Instalaciones interiores o receptoras. Tubos y canales protectoras.
- ITC-BT 22: Instalaciones interiores o receptoras. Protección contra sobrecargas.
- ITC-BT 23: Instalaciones interiores o receptoras. Protección contra sobretensiones.
- ITC-BT 24: Instalaciones interiores o receptoras. Protección contra los contactos directos e indirectos.
- ITC-BT 43: Instalación de receptores. Prescripciones generales.
- ITC-BT 44: Instalación de receptores. Receptores para alumbrado.
- ITC-BT 47: Instalación de receptores. Motores.



Los conductores serán de cobre flexible y estarán aislados con materiales elastómeros, protegidos contra la corrosión y con suficiente resistencia mecánica para soportar los esfuerzos a que puedan ser sometidos.

El material escogido para el aislamiento dependerá del tipo de instalación, en nuestro caso tenemos dos tipos:

- a) Conductores aislados en tubos en montaje superficial o empotrado en obra, corresponde según la ITC-BT 19 con el tipo B de la tabla 1 de intensidades admisibles del punto 2.2.3. Para este tipo usaremos aislamiento de mezcla termoplástica a base de poliolefina, con baja emisión de gases corrosivos y humos: ES07Z1 – K
- b) Conductores aislados en tubos enterrados, según ITC-BT 07, de utilización industrial de tensión asignada 0,6/ 1 kV, cables con aislamiento de polietileno reticulado y cubierta de poliolefina, norma UNE 21123-4: 1999, concretamente usaremos el RZ1-K, cable sin armadura, ni pantalla, con conductor de cobre.

La sección mínima del conductor neutro según ITC-BT 19 para instalaciones interiores no enterradas será de la misma sección que el de las fases, y en el caso de instalaciones enterradas según ITC-BT 07 dependerá del número de conductores, pero en nuestra planta tendremos como máximo tres conductores y ello conlleva la misma sección de las fases.

En cuanto al sistema de instalación, los conductores irán bajo tubo. Los tubos serán corrugados flexibles y tenemos los casos en los que las líneas irán empotrada en obra, falso techo o enterradas, en cuanto al diámetro de los tubos y número de conductores que irán por cada uno de ellos haremos cumplir la ITC-BT 21 tanto para instalaciones enterradas como para instalación bajo tubo al aire y empotrada en obra.

En cuanto a las conexiones entre los conductores se realizarán en el interior de caja apropiadas de material aislante o si son metálicas protegidas contra la corrosión.

1.1. Potencia demandada.

La potencia demandada dependerá de la potencia instalada de cada uno de los siguientes grupos:

- a) Potencia de Alumbrado interior y exterior.



POTENCIA INSTALADA ALUMBRADO					
	<i>Estancia</i>	<i>Nº Estancias</i>	<i>Nº lum.</i>	<i>Pot. Luminaria (W)</i>	<i>Pot. Total (W)</i>
INTERIOR	OFICINA DIRECCIÓN	1	4	63,00	252,00
	OFICINAS	1	6	63,00	378,00
	HALL	1	3	48,00	144,00
	SALA DE JUNTAS	1	4	63,00	252,00
	TALLER MECÁNICO	1	10	36,00	360,00
	CABINA VEST.	8	1	18,00	144,00
	VEST. ZONA COMÚN	2	3	18,00	108,00
	OFICINA JEFE ALMACÉN	1	4	48,00	192,00
	ASEOS OFICINA	2	1	26,00	52,00
	ASEOS PRODUCCIÓN	2	1	26,00	52,00
	CUARTO LIMPIEZA	1	1	26,00	26,00
	ZONA PRODUCCIÓN	1	45	111,00	4.995,00
	ALMACEN MAT. PRIMA	1	14	111,00	1.554,00
	ALMACEN PRODUCTO TERM.	1	12	111,00	1.332,00
EXTERIOR	FACHADA EXTERIOR	1	12	114,00	1.368,00
POTENCIA TOTAL ALUMBRADO INTERIOR (W):					9.841,00
POTENCIA TOTAL ALUMBRADO EXTERIOR (W):					1.368,00
POTENCIA TOTAL ALUMBRADO (W):					11.209,00

Según **ITC-BT 44**, “Instalación de receptores. Receptores de Alumbrado”, los circuitos de alimentación de lámparas o tubos de descarga estarán previstos para transportar la carga debida a los propios receptores, a sus elementos asociados y a sus corrientes armónicas. La carga mínima prevista en voltamperios será de 1,8 veces la potencia en vatios de los receptores. El conductor neutro tendrá la misma sección que los de fase.

NOTA: A la hora de considerar la potencia total demandada lo tendremos en cuenta ya que es un aumento considerable, aunque la potencia de alumbrado en las diferentes líneas podemos ver que no son elevadas.

b) Potencia de tomas de fuerza de maquinaria.



POTENCIA INSTALADA MÁQUINAS					
PROCESO	Máquina	ud.	Pot. (CV)	Pot. Total (W)	Pot LÍNEA (W)
LÍNEA 1	Transportador A	1	5	3.728,50	41.013,50
	Transportador B	1	5	3.728,50	
	Trituradora	1	20	14.914,00	
	Transportador C	1	5	3.728,50	
	Limpiadora	1	15	11.185,50	
	Transportador D	1	5	3.728,50	
LÍNEA 2	Descapsuladora	1	5	3.728,50	23.862,40
	Lavadora	1	20	14.914,00	
	Transportador E	1	5	3.728,50	
	Paletizador	1	2	1.491,40	
POTENCIA TOTAL MAQUINARIA (W):					64.875,90

Aplicaremos la **ITC-BT 47**, “Instalación de receptores. Motores”, dónde para el cálculo de líneas que abastezcan a un solo motor, la sección la calcularemos teniendo en cuenta un aumento del 25% de su carga nominal. En líneas con más de un motor la sección la calculamos con la suma de las cargas nominales más el aumento del 25% de la carga mayor.

NOTA: A la hora de considerar la potencia total demandada lo tendremos en cuenta ya que es un aumento considerable.

c) Potencia de Equipos Bomba de Calor Oficinas.

POTENCIA INSTALADA EQUIPOS CLIMATIZACIÓN		
Equipo	Estancia	P (W)
Autónomo Split 2 x 1	Of. Dirección + Oficinas	7.242,00
Autónomo Split 1 x 1	Sala de Juntas	5.000,00
Autónomo Split 1 x 1	Of. Jefe Talller	3.816,00
Potencia Total Climatización (W):		16.058,00

Igualmente que en las maquinarias del taller aplicaremos la **ITC-BT 47**, “Instalación de receptores. Motores”, dónde para el cálculo de líneas que abastezcan a un solo equipo, es nuestro caso, independizamos equipos de climatización, la sección la calcularemos teniendo en cuenta un aumento del 25% de su carga nominal, ya que son motores mecánicos igualmente.



NOTA: A la hora de considerar la potencia total demandada lo tendremos en cuenta ya que es un aumento considerable.

d) Potencia de tomas de fuerzas monofásicas auxiliares.

Tenemos 29 tomas de corriente 2P+T 16 A, donde según el nº de tomas existan en cada línea, el tipo de estancia (uso) aplicaremos un factor de simultaneidad y de utilización.

NOTA: A la hora de considerar la potencia total demandada lo tendremos en cuenta ya no consideramos la potencia total que admitiría supuestamente la clavija en cuestión según los 16 A.

e) Potencia de tomas de fuerzas trifásicas auxiliares.

Tenemos 3 tomas de corriente 4P+T 16 A, en este caso como podemos ver en los planos la tenemos sobre una misma línea, y hemos considerado un factor de simultaneidad y de utilización equivalente a 0.2 sobre la potencia nominal de tomas trifásica de 16 A, 6 kW aproximadamente.

NOTA: A la hora de considerar la potencia total demandada lo tendremos en cuenta ya no consideramos la potencia total que admitiría supuestamente la clavija en cuestión según los 16 A.

f) Potencia de alumbrado de emergencia y señalización.

Tenemos una potencia total de 1.785 W.

Teniendo en cuenta todo lo anterior y aplicando normativas y simultaneidad obtenemos una potencia total demandada de 126.130,77 W, pero tendremos en cuenta para ver si la acometida existente es suficiente una potencia total igual a:

$$P_T = 130.000 \text{ W} = 130 \text{ kW.}$$

1.2. Caídas de tensión.

Las caídas de tensión admisibles serán, según se estipula en la ITC-BT-19, “Instalaciones interiores o receptoras”, la sección de los conductores a utilizar se determinará de forma que la caída de tensión entre el origen de la instalación interior y



cualquier punto de utilización sea del 3 % para alumbrado y del 5 % para los demás usos.

1.3. Motores y lámparas de descarga

Según **ITC-BT 44**, “Instalación de receptores. Receptores de Alumbrado”, los circuitos de alimentación de lámparas o tubos de descarga estarán previstos para transportar la carga debida a los propios receptores, a sus elementos asociados y a sus corrientes armónicas. La carga mínima prevista en voltamperios será de 1,8 veces la potencia en vatios de los receptores. El conductor neutro tendrá la misma sección que los de fase.

Aplicaremos la **ITC-BT 47**, “Instalación de receptores. Motores”, dónde para el cálculo de líneas que abastezcan a un solo motor, la sección la calcularemos teniendo en cuenta un aumento del 25% de su carga nominal. En líneas con más de un motor la sección la calculamos con la suma de las cargas nominales más el aumento del 25% de la carga mayor.

- Las máquinas de la zona de producción serán abastecidas por líneas independientes, por lo que su sección será calculada teniendo en cuenta un 25% más de su carga nominal.
- Lo mismo ocurre con los equipos de climatización.
- Las líneas que abastecen a los cuadros secundarios (C.S.), para el cálculo de su sección, se tendrá en cuenta, aparte de otras suposiciones y normativas, que si desde el cuadro al que suministran energía cuelgan más de un motor, para la previsión de cargas se tomará la suma de las potencia nominales más el 25% de la carga nominal del motor de más capacidad.

1.4. Consideraciones de cálculo.

El cálculo de las secciones de los conductores eléctricos se calculará en base a dos criterios:

- a) De calentamiento, se hace referencia a la máxima intensidad que puede circular por un conductor eléctrico, según su naturaleza, aislamiento y tipo de



instalación, de forma que no se produzca una elevación de la temperatura, peligrosa para el mismo.

- b) De caída de tensión, según la ITC-BT 019 (para instalaciones no enterradas) y según la ITC-BT 07 (instalaciones enterradas), la sección de los conductores se determina de forma que la caída de tensión entre el origen de la instalación y cualquier punto de utilización no sea mayor del 5% en el caso de circuitos de fuerza y del 3% en el caso de circuitos de alumbrado. Esta caída se calculará considerando todos los aparatos de utilización susceptibles de funcionar simultáneamente.

El cálculo de la sección del conductor eléctrico se realizará usando unas fórmulas u otras dependiendo si la carga demandada por el receptor venga expresada en amperios o en vatios y además si la alimentación se realiza trifásica o monofásicamente. Dependiendo de esto tenemos:

- Circuito monofásico y carga en amperios:

$$S = \frac{2 \cdot \rho}{u} \cdot \sum (L \cdot i \cdot \cos \varphi) \quad (mm^2)$$

- Circuito monofásico y carga en vatios:

$$S = \frac{2 \cdot \rho}{u \cdot U} \cdot \sum (L \cdot P) \quad (mm^2)$$

- Circuito trifásico y carga en amperios:

$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot \rho}{u} \cdot \sum (L \cdot i \cdot \cos \varphi) \quad (mm^2)$$

- Circuito trifásico y carga en vatios:

$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot \rho}{u \cdot U} \cdot \sum (L \cdot P) \quad (mm^2)$$

Siendo: S: Sección del conductor, en (mm²).



ρ : Resistividad del conductor, para el Cobre $0,018 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$

u: Caída de tensión admisible, en voltios.

U: Tensión, en voltios.

i: Intensidad, en amperios.

P: Potencia, en vatios.

$\cos\varphi$: Factor de potencia.

Las secciones adoptadas para los conductores de fase serán las comerciales inmediatamente superiores a los exigidos por el cálculo y vienen dadas en:

- Tabla 1 del punto 2.2.3. de la ITC-BT-19, intensidad máxima admisible para conductores no enterrados y según tipo de instalación, número de conductores y según tipo de aislamiento. Según nuestro tipo de instalación y según ya hemos descrito nos basaremos en instalaciones con conductores aislados bajo tubo en montaje superficial o empotrados en obra.
- Tabla 5 del punto 3.1.2. de la ITC-BT-07, intensidad máxima admisible, en amperios, para cables con conductores de cobre en instalación enterrada.

En nuestra instalación eléctrica se distinguirán dos partes:

- a) Instalación eléctrica de alumbrado, formada por el alumbrado interior, exterior, emergencia y señalización (el alumbrado de emergencia y señalización serán estudiados en el Anexo N° 11). Las conexiones se harán mediante dos cables unipolares y toma tierra (F+N+TT).
- b) Instalación eléctrica de fuerza, formada por toda la maquinaria y tomas de corriente. Las conexiones para receptores monofásicos se realizará con dos cables unipolares y toma tierra (F+N+TT) y para receptores trifásicos se realizará con cuatro cables unipolares y toma tierra (3F+N+TT).



2. Estudio del desequilibrio entre fases.

En la fase de diseño hemos mantenido el mayor equilibrio posible en la carga de los conductores que forman parte de la instalación, hemos procurado que las cargas queden repartidas entre sus fases.

Línea	R (W)	S (W)	T (W)
L.A.1		408,24	
L.A.2		233,28	
L.A.3			612,36
L.A.4	2.649,60		
L.A.5	3.017,50	3.017,50	3.017,50
L.B.1	84,24		
L.B.2	408,24		
L.B.3		1.324,80	
L.B.4			1.324,80
L.B.5	2.083,33	2.083,33	2.083,33
L.C.1		2.157,84	
L.C.2	583,20		
L.C.3	1.324,80		
L.C.4			2.649,60
L.D.1			408,24
L.D.2	1.324,80		
L.D.3	3.728,50	3.728,50	3.728,50
L.D.4	1.242,83	1.242,83	1.242,83
L.D.5	1.242,83	1.242,83	1.242,83
L.D.6	6.214,17	6.214,17	6.214,17
L.D.7	1.242,83	1.242,83	1.242,83
L.D.8	1.242,83	1.242,83	1.242,83
L.D.9		662,40	
L.E.1	1.254,20		
L.E.2			1.776,00
L.E.3		2.216,40	
L.E.4	1.242,83	1.242,83	1.242,83
L.E.5	6.214,17	6.214,17	6.214,17
L.E.6	1.242,83	1.242,83	1.242,83
L.E.7	497,13	497,13	497,13
L.E.8		993,60	
L.E.9	1.995,32	1.995,32	1.995,32
L.E.10	1.272,00	1.272,00	1.272,00
L.F.1			2.517,48
L.F.2	1.987,20		
L.F.3		1.108,08	
L.F.4		684,00	
Total Fases (W):	42.095,40	42.267,76	41.767,60
			Total (W): 126.130,77



$$Desequilibrio = \frac{42.267,76 - 41.767,60}{42.267,76} \times 100 = 1,18\%$$

3. Acometida.

Nuestra acometida a la nave, ya existente, va desde el CGBT del complejo penitenciario hasta el cuadro principal de distribución de la propia nave, línea enterrada bajo tubo, una distancia de unos 30 metros.

Por lo tanto no dimensionaremos acometida a la línea, pero lo que si haremos es comprobar que la acometida existente, que llega a la nave, es suficiente para la demanda de potencia de nuestra planta 130 kW (126.071,48 W).

A continuación se calculará la intensidad que debe soportar el conductor para esta potencia

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\varphi} = \frac{130.000}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,9} = 208,49A$$

$$u = \frac{t \cdot U}{100} = \frac{1,5 \cdot 400}{100} = 6V$$

$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot \rho}{u} \cdot L \cdot i \cdot \cos\varphi = \frac{\sqrt{3} \cdot 0,018}{6} \cdot 30 \cdot 208,49 \cdot 0,9 = 29,25mm^2$$

A continuación comprobamos si nuestra acometida bajo tubo enterrado existente, RZ1-K 0,6/1 kV 4 x 95 mm² es capaz de aguantar una intensidad de 208,49 A.

Deberemos de ver en la Tabla 5 del punto 3.1.2. de la ITC-BT-07, si la intensidad máxima admisible, en amperios, para tres conductores unipolares aislados de XLPE de cobre en instalación enterrada de 95 mm² soporta una intensidad de 208,49 A.

Vemos que para esa sección la intensidad máxima admisible es de 325 A, la cual tenemos que corregirla con un factor de 0.8 por tener una línea con un terno de cables unipolares en el interior de un mismo tubo enterrado, por lo que la intensidad máxima admisible es de 260 A, mayor que los 208,49 A calculados.



Terminamos de comprobar que la caída de tensión sea inferior a 1,5%, desde la salida del transformador a cuadro principal de nuestra planta:

$$u = \frac{\sqrt{3} \cdot 0,018}{95} \cdot 30 \cdot 208,49 \cdot 0,9 = 1,84V \leq 6V$$

Por tanto queda comprobado que nuestra acometida es apta para nuestra instalación e incluso tenemos un margen en caso de ampliación de potencia de la nave de unos 30 kW.

4. Líneas desde Cuadro Principal a C. Secundarios.

Como ejemplo para este apartado calcularemos la sección del conductor del circuito L.D. Esta línea alimenta al cuadro secundario N° 4, (C.S.4.), la potencia que debe suministrar es:

Línea	Fase	Tipo / Ubicación.	Nº Lum.	Nº Tom	Nº Eq.	P _{LUM} (W)	P _{TOM} (W)	P _{EQ} (W)	Simult.	P _T (W)	P* _T (W)
L.D.1	T	Alumb. Vestuarios.	14	-	-	18,00	-	-	1,00	252,00	408,24
L.D.2	R	Fza. Usos Varios Vest. Fem.	-	2	-	-	3.312,00	-	0,20	1.324,80	2.146,18
L.D.3	RST	Fza. Limpiadora	-	-	1	-	-	11.185,50	1,00	11.185,50	13.981,88
L.D.4	RST	Fza. Transp. A	-	-	1	-	-	3.728,50	1,00	3.728,50	4.660,63
L.D.5	RST	Fza. Transp. B	-	-	1	-	-	3.728,50	1,00	3.728,50	4.660,63
L.D.6	RST	Trituradora	-	-	1	-	-	14.914,00	1,00	14.914,00	18.642,50
L.D.7	RST	Fza. Transp. C	-	-	1	-	-	3.728,50	1,00	3.728,50	4.660,63
L.D.8	RST	Fza. Transp. D	-	-	1	-	-	3.728,50	1,00	3.728,50	4.660,63
L.D.9	S	Fza. Usos Varios V.M.+ C. Limp.	-	4	-	-	3.312,00	-	0,05	662,40	662,40

NOTA: en negrita las potencia que hemos considerado en cada línea para el cálculo de la línea L.D. que abastece al cuadro C.S.4. teniendo en cuenta que P*_T es P_T multiplicado por 1.25 en motores y por 1.8 en luminarias de descargas.

En este cuadro, aguas abajo tenemos alumbrado, fuerza para máquinas y fuerzas para usos varios. Aplicando las consideraciones anteriores de normativa de las ITC-BT-44 “Alumbrado” e ITC-BT-47 “Motores”, junto con la simultaneidad y equilibrado de fases obtenemos las siguientes potencias por fases (W):

L.D.		
R	S	T
16.238,80	15.576,40	15.322,24



Como vemos es la fase R la que nos marca la intensidad máxima y por tanto la sección de la línea trifásica:

$$I_{CÁLC} = \frac{(3 \cdot P_{faseR})}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\varphi} = \frac{3 \cdot 16.238,80}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,9} = 78,13A$$

$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot \rho}{u} \cdot L \cdot i \cdot \cos\varphi = \frac{\sqrt{3} \cdot 0,018}{20} \cdot 33 \cdot 78,13 \cdot 0,9 = 3,62mm^2$$

De la Tabla 1 del punto 2.2.3. de la ITC-BT-19, sacamos la intensidad máxima admisible para conductores no enterrados, según tipo de instalación, número de conductores y tipo de aislamiento. Según nuestro tipo de instalación y según ya hemos descrito nos basaremos en instalaciones con conductores aislados bajo tubo en montaje superficial o empotrados en obra con aislamiento de mezcla termoplástica a base de poliolefina, con baja emisión de gases corrosivos y humos (PVC).

De dicha tabla tomamos intensidad máxima para sección superior a 3,62 mm² y que soporte una intensidad de 78,13 A. y obtenemos el siguiente resultado:

$$I_{MÁX,ADM} = 96A.$$

$$S = 35mm^2$$

Ahora hace falta calcular la caída de tensión que se produce. Si la caída de tensión es mayor de 20 voltios se deberá de tomar la siguiente sección hasta que se consiga una caída inferior a los 20 voltios.

$$u = \frac{\sqrt{3} \cdot 0,018}{35} \cdot 33 \cdot 78,13 \cdot 0,9 = 2,066 \leq 20V$$

Como podemos observar la caída de tensión es inferior por lo que la sección escogida nos vale.

Adoptaremos una sección de 35 mm² de cable unipolar de cobre por fase, aislado con mezcla termoplástica a base de poliolefina, con baja emisión de gases corrosivos y humos. La sección del neutro será también de 35 mm².



Irá bajo tubo corrugado empotrado en la pared de 50 mm de diámetro según ITC-BT-21 en la tabla 5 del punto 1.2.2. Al no ser una conducción enterrada la tensión asignada a los conductores unipolares serán de 450/750 V.

La designación del cable será:

3 x (1 x 35) + 1 x 35 + 1 G 35 ES07Z1-K

ES: Cable de tipo nacional, no armonizado.

07: Tensión nominal de aislamiento 450/750 V

Z1: Aislamiento de mezcla termoplástica a base de poliolefina, con baja emisión de gases corrosivos y humos.

K: Cable flexible para instalación fija. Clase 5

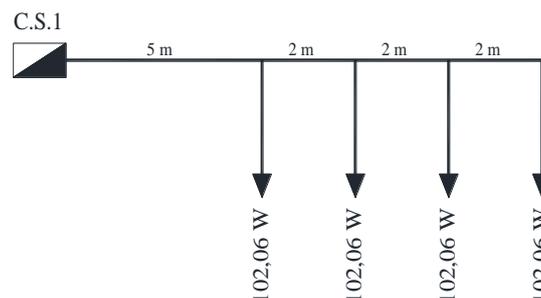
Como se mencionó antes el resto de líneas se recogerán más adelante en una tabla resumen.

5. Líneas desde C. Secundarios a receptor (alumbrado).

Como ejemplo para este apartado calcularemos la sección del conductor del circuito L.A.1 de alumbrado. Esta línea parte del cuadro secundario Nº 1 (C.S.1) y alimenta a las luminarias de la oficina de la dirección. La carga total está formada por un total de 4 luminarias del mismo tipo (ver instalación de alumbrado) con una potencia cada una de 52 W, un total de 208 W.

Las luminarias de esta estancia son de descargas por lo que tenemos que aplicar la ITC-BT-44, y estos valores hay que multiplicarlo por 1,8, obteniendo un valor de 93,6 VA y para obtener el valor de la potencia en vatios se multiplicará este valor por el factor de potencia y el resultado obtenido por luminaria es 84,24 W, total de 336,96 W.

El esquema representativo es el que se puede ver a continuación:





A continuación se calculará la sumatoria de la longitud por la potencia.

$$\sum(L \cdot P) = 5 \cdot 102,206 + 7 \cdot 102,06 + 9 \cdot 102,06 + 11 \cdot 102,06 = 3.265,92 \text{ W} \cdot \text{m}$$

Ahora sustituimos este valor en la expresión de la sección:

$$S = \frac{2 \cdot \rho}{u \cdot U} \cdot \sum(L \cdot P) = \frac{2 \cdot 0,018}{6,9 \cdot 230} \cdot 3.265,92 = 0,074 \text{ mm}^2$$

Ahora sabiendo que la potencia total de las luminarias es 408,12 W vamos a determinar la intensidad que le corresponde para así poder saber que intensidad debe soportar el conductor que escojamos.

$$I_{\text{CÁLC}} = \frac{P}{U \cdot \cos \varphi} = \frac{408,12}{230 \cdot 0,9} = 1,97 \text{ A.}$$

De la Tabla 1 del punto 2.2.3. de la ITC-BT-19, sacamos la intensidad máxima admisible para conductores no enterrados, según tipo de instalación, número de conductores y tipo de aislamiento. Según nuestro tipo de instalación y según ya hemos descrito nos basaremos en instalaciones con conductores aislados bajo tubo en montaje superficial o empotrados en obra con aislamiento de mezcla termoplástica a base de poliolefina, con baja emisión de gases corrosivos y humos (PVC).

De dicha tabla tomamos intensidad máxima para sección superior a 0,074 mm² y que soporte una intensidad de 1,97 A. y obtenemos el siguiente resultado:

$$I_{\text{MÁX,ADM}} = 15 \text{ A.}$$

$$S = 1,5 \text{ mm}^2$$

Ahora hace falta calcular la caída de tensión que se produce. Si la caída de tensión es mayor de 6,9 voltios se deberá de tomar la siguiente sección hasta que se consiga una caída inferior a los 6,9 voltios.



$$u = \frac{2 \cdot 0,018}{1,5 \cdot 230} \cdot 3.265,92 = 0'34V$$

Como podemos observar la caída de tensión es inferior, por lo que la sección escogida nos vale.

Adoptaremos una sección de 1,5 mm² de cable unipolar de cobre por fase, aislado con mezcla termoplástica a base de poliolefina, con baja emisión de gases corrosivos y humos. La sección del neutro será también de 1,5 mm².

Irá bajo tubo corrugado empotrado en la pared de 16 mm de diámetro según ITC-BT-21 en la tabla 5 del punto 1.2.2. Al no ser una conducción enterrada la tensión asignada a los conductores unipolares serán de 450/750 V.

La designación del cable será:

1 x 1,5 + 1 x 1,5 + 1 G 1,5 ES07Z1-K

ES: Cable de tipo nacional, no armonizado.

07: Tensión nominal de aislamiento 450/750 V

Z1: Aislamiento de mezcla termoplástica a base de poliolefina, con baja emisión de gases corrosivos y humos.

K: Cable flexible para instalación fija. Clase 5

Como se mencionó antes el resto de líneas se recogerán más adelante en una tabla resumen.

6. Línea desde C. Secundarios a receptor (fuerza).

Como ejemplo para este apartado calcularemos la sección del conductor del circuito L.D.3 de fuerza.

Esta línea parte del cuadro secundario N° 4 (C.S.4) y alimenta a la limpiadora, teniendo esta una potencia en régimen permanente de 11.185,50 W, pero para el cálculo de la sección del conductor aplicamos la ITC-BT-47 “Receptores. Motores”, por lo que calculamos la sección aumentando un 25% la carga de la máquina, 13.981,88 W.

Ahora calcularemos la sección del conductor sabiendo que es una línea trifásica enterrada de la que cuelga únicamente la limpiadora:



La sección

$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot \rho}{u \cdot U} \cdot L \cdot P = \frac{\sqrt{3} \cdot 0,018}{20 \cdot 400} \cdot 10 \cdot 13.981,88 = 0,54 \text{ mm}^2$$

Ahora sabiendo que la potencia total es de 13.981,88 W vamos a determinar la intensidad que le corresponde para así poder saber que intensidad debe soportar el conductor que escojamos.

$$I_{\text{CÁLC}} = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\phi} = \frac{13.981,88}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,9} = 22,42 \text{ A. A}$$

De la Tabla 5 del punto 3.1.2. de la ITC-BT-07, intensidad máxima admisible, en amperios, para cables con conductores de cobre en instalación enterrada.

De dicha tabla tomamos intensidad máxima para sección superior a 0,54 mm² y que soporte una intensidad de 22,42 A. y obtenemos el siguiente resultado:

$$I_{\text{MÁX,ADM}} = 63 \cdot 0,8 = 50,4 \text{ A.}$$

$$S = 6 \text{ mm}^2$$

Hemos corregido la intensidad máxima con un factor de 0.8 por tener una línea con un terno de cables unipolares en el interior de un mismo tubo enterrado.

Según la ITC-BT-07 para conducciones enterradas la tensión nominal de aislamiento obligatoria es de 0,6/1 kV, y como podemos observar en la tabla la sección mínima es de 6 mm².

Ahora hace falta calcular la caída de tensión que se produce. Si la caída de tensión es mayor de 20 voltios se deberá de tomar la siguiente sección hasta que se consiga una caída inferior a los 20 voltios.

$$u = \frac{\sqrt{3} \cdot 0,018}{6 \cdot 400} \cdot 10 \cdot 13.981,88 = 1,81 \leq 20 \text{ V}$$

Como podemos observar la caída de tensión es inferior por lo que la sección escogida nos vale.



Adoptaremos una sección de 6 mm^2 de cable unipolar de cobre por fase, con aislamiento de polietileno reticulado y cubierta de poliolefina. La sección del neutro será también de 6 mm^2 .

Irá bajo tubo corrugado enterrado de 50 mm de diámetro según ITC-BT-21 en la tabla 5 del punto 1.2.2. Al ser una conducción enterrada la tensión asignada a los conductores unipolares serán de 0,6/1 kV.

La designación del cable será:

3 x (1 x 6) + 1 x 6 + 1 G 6 RZ1-K

Conductores aislados en tubos enterrados, según ITC-BT 07, de utilización industrial de tensión asignada 0,6/ 1 kV, cables con aislamiento de polietileno reticulado y cubierta de poliolefina, norma UNE 21123-4: 1999, cable sin armadura, ni pantalla, con conductor de cobre.

Como se mencionó antes el resto de líneas se recogerán más adelante en una tabla resumen.

7. Cuadros resúmenes.

Líneas	Fases	L (m)	SECCIONES	I _{PREVISTA} (A)	I _{MÁX,ADM} (A)	Int. Mag. (A)	Tubo D _{EXT} (mm ²)
ACOMETIDA	RST	30	3x(1x95)+1x95 RZ1-K	208,49	280,00	250,00	140,00

Líneas	Fases	L (m)	SECCIONES	I _{PREVISTA} (A)	I _{MÁX,ADM} (A)	Int. Mag. (A)	Tubo D _{EXT} (mm ²)
L.A.	RST	8	3x(1x6)+1x6+1G6 ES07Z1-K	27,27	32,00	32,00	25,00

Líneas	Fases	L (m)	SECCIONES	I _{PREVISTA} (A)	I _{MÁX,ADM} (A)	Int. Mag. (A)	Tubo D _{EXT} (mm ²)
L.A.1	S	11	1x1.5+1x1.5+1G1.5 ES07Z1-K	1,97	15,00	10,00	16,00
L.A.2	S	12	1x1.5+1x1.5+1G1.5 ES07Z1-K	1,13	15,00	10,00	16,00
L.A.3	T	15	1x1.5+1x1.5+1G1.5 ES07Z1-K	2,96	15,00	10,00	16,00
L.A.4	R	21	1x2.5+1x2.5+1G2.5 ES07Z1-K	12,80	21,00	16,00	20,00
L.A.5	RST	9	3x(1x2.5)+1x2,5+1G2.5 ES07Z1-K	14,52	18,50	16,00	20,00



Líneas	Fases	L (m)	SECCIONES	I _{PREVISTA} (A)	I _{MÁX,ADM} (A)	Int. Mag. (A)	Tubo D _{EXT} (mm ²)
L.B.	RST	5	3x(1x4)+1x4+1G4 ES07Z1-K	16,40	24,00	20,00	25,00

Líneas	Fases	L (m)	SECCIONES	I _{PREVISTA} (A)	I _{MÁX,ADM} (A)	Int. Mag. (A)	Tubo D _{EXT} (mm ²)
L.B.1	R	8	1x1.5+1x1.5+1G1.5 ES07Z1-K	0,41	15,00	10,00	16,00
L.B.2	R	10	1x1.5+1x1.5+1G1.5 ES07Z1-K	1,97	15,00	10,00	16,00
L.B.3	S	10	1x2.5+1x2.5+1G2,5 ES07Z1-K	6,40	21,00	16,00	20,00
L.B.4	T	8	1x2.5+1x2.5+1G2.5 ES07Z1-K	6,40	21,00	16,00	20,00
L.B.5	RST	7	3x(1x2.5)+1x2,5+1G2.5 ES07Z1-K	10,02	18,50	16,00	20,00

Líneas	Fases	L (m)	SECCIONES	I _{PREVISTA} (A)	I _{MÁX,ADM} (A)	Int. Mag. (A)	Tubo D _{EXT} (mm ²)
L.C.	RST	21	3x(1x2.5)+1x2.5+1G2.5 ES07Z1-K	12,75	18,50	16,00	20,00

Líneas	Fases	L (m)	SECCIONES	I _{PREVISTA} (A)	I _{MÁX,ADM} (A)	Int. Mag. (A)	Tubo D _{EXT} (mm ²)
L.C.1	S	25,00	1x2.5+1x2.5+1G2.5 ES07Z1-K	10,42	21,00	16	20,00
L.C.2	R	18,00	1x1.5+1x1.5+1G1.5 ES07Z1-K	2,82	15,00	10	16,00
L.C.3	R	12,00	1x2.5+1x2.5+1G2,5 ES07Z1-K	6,40	21,00	16	20,00
L.C.4	T	27,00	1x2.5+1x2.5+1G2.5 ES07Z1-K	12,80	21,00	16	20,00

Líneas	Fases	L (m)	SECCIONES	I _{PREVISTA} (A)	I _{MÁX,ADM} (A)	Int. Mag. (A)	Tubo D _{EXT} (mm ²)
L.D.	RST	33	3x35+1x35+1G35 ES07Z1-K	78,13	96,00	80,00	50,00

Líneas	Fases	L (m)	SECCIONES	I _{PREVISTA} (A)	I _{MÁX,ADM} (A)	Int. Mag. (A)	Tubo D _{EXT} (mm ²)
L.D.1	T	14	1x1.5+1x1.5+1G1.5 ES07Z1-K	1,97	15,00	10,00	16,00
L.D.2	R	14	1x2.5+1x2.5+1G2,5 ES07Z1-K	10,37	21,00	16,00	20,00
L.D.3	RST	10	3x(1x6)+1x6+1G6 RZ1-K	22,42	50,40	25,00	50,00
L.D.4	RST	8	3x(1x6)+1x6+1G6 RZ1-K	7,47	50,40	16,00	50,00
L.D.5	RST	13	3x(1x6)+1x6+1G6 RZ1-K	7,47	50,40	16,00	50,00
L.D.6	RST	6	3x(1x6)+1x6+1G6 RZ1-K	29,90	50,40	32,00	50,00
L.D.7	RST	5	3x(1x6)+1x6+1G6 RZ1-K	7,47	50,40	16,00	50,00
L.D.8	RST	10	3x(1x6)+1x6+1G6 RZ1-K	7,47	50,40	16,00	50,00
L.D.9	S	11	1x2.5+1x2.5+1G2,5 ES07Z1-K	3,20	21,00	16,00	20,00

Líneas	Fases	L (m)	SECCIONES	I _{PREVISTA} (A)	I _{MÁX,ADM} (A)	Int. Mag. (A)	Tubo D _{EXT} (mm ²)
L.E.	RST	40	3x(1x35)+1x35+1G35 ES07Z1-K	75,41	96,00	80,00	50,00



Líneas	Fases	L (m)	SECCIONES	I _{PREVISTA} (A)	I _{MÁX,ADM} (A)	Int. Mag. (A)	Tubo D _{EXT} (mm ²)
L.E.1	R	25	1x1.5+1x1.5+1G1.5 ES07Z1-K	9,82	15,00	10,00	16,00
L.E.2	T	40	1x2.5+1x2.5+1G2.5 ES07Z1-K	13,90	21,00	16,00	20,00
L.E.3	S	40	1x2.5+1x2.5+1G1.5 ES07Z1-K	17,35	21,00	20,00	20,00
L.E.4	RST	16	3x(1x6)+1x6+1G6 RZ1-K	7,47	50,40	16,00	50,00
L.E.5	RST	20	3x(1x6)+1x6+1G6 RZ1-K	29,90	50,40	32,00	50,00
L.E.6	RST	23	3x(1x6)+1x6+1G6 RZ1-K	7,47	50,40	16,00	50,00
L.E.7	RST	26	3x(1x6)+1x6+1G6 RZ1-K	2,99	50,40	16,00	50,00
L.E.8	S	37	1x2.5+1x2.5+1G2,5 ES07Z1-K	4,80	21,00	20,00	20,00
L.E.9	RST	26	3x(1x2,5)+1x2,5+1G2,5 ES07Z1-K	9,60	18,50	16,00	20,00
L.E.10	RST	22	3x(1x2,5)+1x2.5+1G2,5 ES07Z1-K	7,65	18,50	16,00	20,00

Líneas	Fases	L (m)	SECCIONES	I _{PREVISTA} (A)	I _{MÁX,ADM} (A)	Int. Mag. (A)	Tubo D _{EXT} (mm ²)
L.F.	RST	55	3x(1x2.5)+1x2.5+1G2.5 ES07Z1-K	12,11	18,50	16,00	20,00

Líneas	Fases	L (m)	SECCIONES	I _{PREVISTA} (A)	I _{MÁX,ADM} (A)	Int. Mag. (A)	Tubo D _{EXT} (mm ²)
L.F.1	S	27	1x2.5+1x2.5+1G2.5 ES07Z1-K	12,16	21,00	16,00	20,00
L.F.2	S	25	1x2.5+1x2.5+1G2.5 ES07Z1-K	9,60	21,00	16,00	20,00
L.F.3	T	50	1x1.5+1x1.5+1G1.5 ES07Z1-K	5,35	15,00	10,00	16,00
L.F.4	R	40	1x1.5+1x1.5+1G1.5 ES07Z1-K	5,35	15,00	10,00	16,00

Pedro Rodríguez Fernández
PFC Ingeniería Industrial - Plan 98

Septiembre de 2015