



Anejo nº 17

RED ELÉCTRICA Y ALUMBRADO PÚBLICO

**AMPLIACIÓN SUR DEL PUERTO DEPORTIVO Y PESQUERO DE LAS CASAS DE
ALCANAR**

Autor: Gonzalo Pardo Gómez

Índice

1. Introducción	3
2. Red de fuerza	3
2.1. Cálculo de la potencia necesaria	3
2.1.1. Potencia de las embarcaciones	3
2.2. Potencia para los edificios	5
2.3. Alumbrado público	5
2.3.1. Regulador de tensión programable	6
2.3.2. Normativa de los requerimientos luminotécnicos	7
2.3.3. Disposición de las luminarias	7
2.4. Potencia total necesaria	7
3. Dimensionamiento del centro de transformación	8
4. Líneas de distribución	9
4.1. Condiciones	10
4.1.1. Líneas de alta tensión	10
4.1.2. Líneas de baja tensión	11
4.1.3. Líneas de alumbrado público	11
4.2. Potencia e intensidad de las líneas	11
4.2.1. Líneas de media tensión	11
4.2.2. Líneas de baja tensión	11
5. Sección de los conductores	14
5.1. Pérdidas de tensión	14
5.2. Pérdidas de potencia	14
5.3. Comprobación de las intensidades máximas admisibles	15
6. Resultado para la sección de los conductores	15
6.1. Línea de media tensión	15
6.2. Línea de baja tensión	16
7. Exigencias generales de la instalación	18

Índice de tablas

1. Tabla 1: Potencia según eslora	3
2. Tabla 2: Potencia necesaria para pantalanés	4
3. Tabla 3: Potencia según edificio	5
4. Tabla 4: Potencias existentes y flujos luminosos	6
5. Tabla 5: Catálogo JESIVA	9
6. Tabla 6: Condiciones de las redes de distribución	10
7. Tabla 7: Potencia e intensidad para cada una de las líneas	13
8. Tabla 8: Valores aceptables para los conductores de cobre	15
9. Tabla 9: Diámetros en función de la sección nominal	16
10. Tabla 10: Resultado de las líneas de baja tensión	17

1. INTRODUCCIÓN

Este anejo tiene como objetivo dimensionar los diferentes elementos de la red eléctrica que componen la ampliación sur del puerto de Las Casas de Alcanar. Con las diferentes demandas eléctricas del puerto, se procederá a dimensionar el transformador necesario y también las líneas de baja tensión que serían necesarias en el puerto.

Para la redacción de este anejo se tomarán las medidas establecidas en el reglamento electrotécnico de baja tensión del 2002, y en especial lo especificado en la instrucción Técnica complementaria ITC-BT-42, “instalaciones eléctricas en puertos y marinas para barcos de recreo”.

2. RED DE FUERZA

Para comenzar se calculará la potencia necesaria para los edificios y las embarcaciones y para ello se sabrá de antemano las dotaciones de las embarcaciones tipo, para poder estimar la potencia necesaria.

2.1. CALCULO DE LA POTENCIA NECESARIA

2.1.1. Potencia para las embarcaciones

La primera potencia que se calculará será la requerida en las embarcaciones, esto se realizará mirando la eslora de las embarcaciones. Al igual que las tomas de agua potable las tomas eléctricas se dispondrán a lo largo de los pantalanes en torres de toma para que tengan acceso las embarcaciones.

Debido a que las embarcaciones no utilizan la potencia al mismo tiempo se utilizarán coeficientes de simultaneidad que reduzcan los costes de la instalación. Se considerarán las siguientes dotaciones con los coeficientes de simultaneidad correspondientes:

Eslora(m)	Dotación por embarcación (w)	Coefficiente de simultaneidad	Potencia suministrada (w)
6	1.000	0,2	200
8	2.500	0,35	875
10	2.500	0,35	875
12	5.500	0,4	2.200
15	5.500	0,4	2.200
20	7.000	0,45	3.150

Tabla 1: Potencia según eslora

Por falta de datos de la flota pesquera vamos a suponer que esta constituida por 15 barcos que van a consumir un poco más que un barco de eslora 15, por lo tanto consideraremos que la potencia a consumir por cada barco será de 2.500 W y en global serán:

$$2500 \cdot 15 = 37.500 \text{ W}$$

Como este es un dato aproximado del cual no se han conseguido datos fiables, tendrá que ser revisado antes de la realización del proyecto.

Con estos datos se calculará las potencias necesarias para cada uno de los pantalanes en la zona de recreo:

Pantalán/Línea	Eslora	Numero de embarcaciones	Potencia necesaria (W)	Potencia total (W)
P1	6	44	200	8.800
P2	6	44	200	8.800
P3	6	42	200	8.400
P4	6	21	200	4.200
	8	19	875	16.625
P5	8	19	875	16.625
P6	12	15	2200	33.000
P7	8	19	875	16.625
P8	8	38	875	33.250
P9	10	34	875	29.750
P10	8	19	875	16.625
P11	10	34	875	29.750
P12	12	30	2.200	66.000
L1	20	25	3.150	78.750
	15	19	2.200	41.800
	12	10	2.200	22.000
L2	8	57	875	49.875
			Total	480.87

Tabla 2: Potencia necesaria para pantalanes

La potencia total a suministrar a las embarcaciones será de 480,875 kW de potencia.

La potencia media por embarcación es de

$$P_{med} = \frac{480.875}{489} = 983,38 \text{ W/embarcación}$$

La distribución y colocación de los pantalanes y líneas adheridas al muelle puede consultarse en los planos.

La potencia total de la dársena pesquera y la deportiva sería:

$$P1 = P_D + P_P = 480.875 + 37.500 = 518.375 \text{ W}$$

2.2. POTENCIA PARA LOS EDIFICIOS

Para calcular las potencias necesarias para los diferentes edificios se usarán las dotaciones establecidas por el R.E.B.T., es la instrucción ITC-BT-10, previsión de cargas para suministros en baja tensión. En la siguiente tabla se observa la dotación de cada edificio:

Edificio	Superficie	Potencia necesaria por m2	Potencia total
Bar	150	30	4500
Tienda Náutica	200	30	6000
Restaurante	270	30	8100
Capitanía y club náutico	500	35	17500
Escuela de vela y vestuarios	100	30	3000
Lonja	400	20	8000
Talleres y amarres	450	50	22500
Gasolinera	100	-	20000
Total			89600

Tabla 3: Potencia según edificio

La suma de todas las potencias nos da un valor de P2 de 89600 kW

2.3. ALUMBRADO PÚBLICO

Ya que no disponemos de los conocimientos suficientes para la justificación del alumbrado público, en este apartado explicaremos la forma en que hemos distribuido el alumbrado público y la potencia necesaria para el mismo.

Dados los elevados costes que representa el alumbrado público, se prestará especial atención a la calidad de instalación, el aprovechamiento de la energía, y la facilidad de mantenimiento.

En este diseño, vamos a seguir las especificaciones fijadas en el Reglamento Electrotécnico para baja tensión más especialmente de la instrucción ITC-BT-09 de las Instalaciones de Alumbrado Exterior.

Para el diseño se utilizará una colocación bilateral alternativa, en las zonas de la carretera y en las zonas del pantalán central donde se requerirá una mayor iluminación, y la anchura de la carretera es igual a una vez y media la altura de montaje.

Las lámparas que se utilizaran en el puerto de Las Casas de Alcanar serán lámparas de sodio de alta presión debido a que actualmente son las más utilizadas en las

vías debido a su eficiencia elevada que es del orden de 80 a 140 lúmenes por watio, una reproducción de color aceptable.

En la siguiente tabla mostraremos las diferentes potencias existentes y el flujo luminoso de cada una:

Potencia nominal en watos	Flujo luminoso en lm
100	10.000
150	16.000
250	30.000
400	54.000

Tabla 4: Potencias existentes y flujos luminosos

Las luminarias se suelen dividir en dos grupos según su alcance:

- + Luminarias de corto alcance: la separación normal para este tipo de luminarias es de 2 veces la altura.
- + Luminarias de largo alcance: la separación normal para este tipo de luminarias es de 4 veces la altura.

Por razones de seguridad, todas las luminarias utilizadas serán de clase I eléctrica con la correspondiente toma de tierra y la adecuada resistencia mecánica.

2.3.1. Regulador de tensión programable

Se trata de un equipo para la reducción del flujo por regulación de la tensión, que permite proporcionar niveles diferentes y estables de flujo luminoso.

Este equipo efectúa un control que permite reducir el consumo eléctrico, manteniendo la uniformidad lumínica. Además, garantiza un buen funcionamiento de las lámparas y disminuye su desgaste, aún en el caso de sobretensión en la línea de alimentación.

Proporciona, por ello, un elevado rendimiento introduciéndose un consumo adicional despreciable.

No produce polución en la red, ni genera interferencias radioeléctricas, estando diseñado para trabajar con lámparas de sodio o de mercurio. Este equipo se instala entre el de protección y medida de energía y el origen de los circuitos de alumbrado a alimentar.

A continuación se enumeran las ventajas de la utilización de un regulador de flujo luminoso:

- + Alarga la vida de las lámparas
- + Controla la intensidad límite de la instalación
- + Ahorra un 35% de energía eléctrica durante el tiempo en el que funciona en período de ahorro
- + Mejora la calidad del alumbrado, manteniendo su uniformidad
- + Período de amortización relativamente bajo

✚ Facilidad de instalación

2.3.2. Normativa de los requerimientos luminotécnicos

El Reglamento Electrotécnico para Baja tensión (R.E.B.T.) establece una iluminancia mínima de 3 lux para toda la zona portuaria.

Según las recomendaciones del CIE, se establecen los siguientes requerimientos:

- ✚ Luminancia media: $L_{med} \geq 1 \text{ cd/m}^2$
- ✚ Uniformidad global: $\frac{L_{med}}{L_{min}} \geq 0,4$
- ✚ Iluminancia horizontal media : $E_{h \text{ med}} \geq 30 \text{ lux}$
- ✚ Iluminancia horizontal mínima : $E_{h \text{ mín}} \geq 12 \text{ lux}$
- ✚ Deslumbramiento TI (%) < 10
- ✚ Relaciones Calzada / Alrededores: $RCA \geq 0.5$

2.3.3. Disposición de las luminarias

Con todos los requerimientos anteriores, y sin hacer uso de ningún programa que calcule las potencias e intensidades luminosas de las luminarias obtenemos la siguiente cantidad de luminarias. Hemos dispuesto dos potencias diferentes, ya que las de mayor potencia serán usadas en las zonas de los viales y en la zona del muelle central, y las de menor potencia serán usadas en las zonas peatonales, en el interior de los pantalanes, por ser zonas menos transitadas.

Así obtenemos 109 luminarias de menor potencia, 97 luminarias de mayor potencia y en la zona de talleres dispondremos de 7 focos, para dejar espacio a las embarcaciones. Cada uno de estos focos tendrá una potencia de 470 W que hacen un total de 206 luminarias. Para respetar los requisitos de luminotécnicos se han dispuesto las luminarias de mayor potencia con una separación de 20 metros y las de menor potencia cada 15 metros.

En nuestro caso las luminarias de mayor potencia serán de 250 watios con un flujo luminoso de 30.000 lm y las de menor potencia serán de 150 watios con un flujo luminoso de 16.000 lm.

Con la cantidad total de luminarias y la potencia nominal de cada una obtenemos la potencia necesaria para el alumbrado público:

$$250 \cdot 97 + 150 \cdot 109 + 7 \cdot 470 = 43.900 \text{ watios}$$

2.4. POTENCIA TOTAL NECESARIA

$$518.375 + 89.600 + 43.900 = 608.018 \text{ watios}$$

Del lado de la seguridad se dirá que la potencia total necesaria es de 650 kW.

3. DIMENSIONAMIENTO DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.

Para poder dimensionar el centro de transformación se usará la norma Tecnológica NTE-IER de 1984, y con eso conseguiremos que el centro de transformación nos distribuya una potencia igual o superior a la necesaria en cada punto del puerto.

Para el dimensionamiento del centro de transformación se usarán dos transformadores y se calculará la potencia de cada uno de los transformadores con la siguiente formula:

$$P_T = \frac{W}{r * \cos \phi}$$

Donde:

- ✚ P_t: Es la potencia del transformador en kW.
- ✚ W: La potencia instalada en kW.
- ✚ R: El rendimiento del transformador, que tomaremos un 0,97.
- ✚ Cos ϕ : el factor de potencia, que tomaremos 0,9.

$$P_T = \frac{\frac{650}{2}}{0,97 * 0,9} = 372,3 \text{ kW}$$

Como tenemos que disponer de transformadores comerciales, se usará un catalogo de la empresa JESIVA, que con su catalogo online que proporciona estos transformadores de diferentes potencias:

CONEXION	CODIGO	TENSION P	TENSION S	POTENCIA	NUCLEO	EMPLAJE	SUJECION
TIPO C	9801	230/380	0-12-24 V	50 VA	62x75	35	TIPO C
TIPO C	9802	230/380	0-12-24 V	75 VA	80x96	32	TIPO C
TIPO C	9803	230/380	0-12-24 V	100 VA	96x80	40	TIPO C
TIPO C	9804	230/380	0-12-24 V	150 VA	96x80	45	TIPO C
TIPO C	9805	230/380	0-12-24 V	200 VA	96x80	50	TIPO C
TIPO C	9806	230/380	0-12-24 V	300 VA	90x108	50	TIPO C
TIPO C	9807	230/380	0-12-24 V	400 VA	105x126	60	TIPO C
TIPO C	9808	230/380	0-12-24 V	500 VA	105x126	70	TIPO C
TIPO C	9809	230/380	0-12-24 V	750 VA	125x150	60	TIPO C
TIPO C	9810	230/380	0-12-24 V	1000 VA	125x150	70	TIPO C
TIPO C	9811	230/380	0-12-24 V	1500 VA	125x150	80	TIPO C
TIPO C	9812	230/380	0-12-24 V	2000 VA	125x150	110	TIPO C
TIPO C	9829	230/380	0-12-24 V	2500 VA	150x180	100	TIPO C
TIPO C	9830	230/380	0-12-24 V	3000 VA	150x180	130	TIPO C
TIPO C	9831	230/380	0-12-24 V	4000 VA	160x192	130	TIPO C
TIPO C	9832	230/380	0-12-24 V	5000 VA	160x192	130	TIPO C
TIPO C	9833	230/380	0-12-24 V	6500 VA	200x240	110	TIPO C
TIPO C	9834	230/380	0-12-24 V	8000 VA	200x240	120	TIPO C
TIPO C	9835	230/380	0-12-24 V	10000 VA	250x300	100	TIPO C
TIPO C	9813	230/380	0-24-48 V	50 VA	62x75	35	TIPO C
TIPO C	9814	230/380	0-24-48 V	75 VA	80x96	32	TIPO C
TIPO C	9815	230/380	0-24-48 V	100 VA	96x80	40	TIPO C
TIPO C	9816	230/380	0-24-48 V	150 VA	96x80	45	TIPO C
TIPO C	9817	230/380	0-24-48 V	200 VA	96x80	50	TIPO C
TIPO C	9818	230/380	0-24-48 V	300 VA	90x108	50	TIPO C
TIPO C	9819	230/380	0-24-48 V	400 VA	105x126	60	TIPO C
TIPO C	9820	230/380	0-24-48 V	500 VA	105x126	70	TIPO C
TIPO C	9821	230/380	0-24-48 V	750 VA	125x150	60	TIPO C
TIPO C	9822	230/380	0-24-48 V	1000 VA	125x150	70	TIPO C
TIPO C	9823	230/380	0-24-48 V	1500 VA	125x150	80	TIPO C
TIPO C	9824	230/380	0-24-48 V	2000 VA	125x150	110	TIPO C
TIPO C	9825	230/380	0-24-48 V	2500 VA	150x180	100	TIPO C
TIPO C	9826	230/380	0-24-48 V	3000 VA	150x180	130	TIPO C
TIPO C	9827	230/380	0-24-48 V	4000 VA	160x192	130	TIPO C
TIPO C	9828	230/380	0-24-48 V	5000 VA	160x192	130	TIPO C
TIPO C	9828.1	230/380	0-24-48 V	6500 VA	200x240	110	TIPO C
TIPO C	9828.2	230/380	0-24-48 V	8000 VA	200x240	120	TIPO C
TIPO C	9828.3	230/380	0-24-48 V	10000 VA	250x300	100	TIPO C

Tabla 5: Catálogo JESIVA

Se usará en este caso dos transformadores de 400 kVA. Uno que transforme a una intensidad de corriente de 360 V y otro a 240 V.

4. LÍNEAS DE DISTRIBUCIÓN

Ahora se procederá a calcular la distribución y las características de las líneas de distribución del puerto. Como no tenemos datos de las líneas que se disponen actualmente en el puerto de Las Casas de Alcanar, supondremos que se dispone de una conexión, por lo tanto se tendrá una única conexión hasta el nuevo centro de transformación. Será necesaria una única línea que conecte esta línea con el nuevo centro de transformación.

4.1. CONDICIONES

Todas las líneas de distribución de electricidad estarán subterráneas, por razones estéticas y de seguridad.

Todas las líneas estarán separadas de la línea de fachada de 1 metro como mínimo.

Las líneas de alta y baja tensión guardarán entre sí o respecto a otras instalaciones las separaciones siguientes:

Línea de	Líneas de baja tensión, telefonía, agua y gas	Líneas de alta tensión
Alta tensión	0,20	Entre líneas de igual tensión 0,08 ⁽¹⁾ Entre líneas de distinta tensión 0,025 ⁽²⁾
Baja tensión	0,20	0,25
(1) Cuando estén tendidas en la misma zanja		
(2) Esta tensión se podrá reducir a 0,08 m cuando la línea de menor tensión se introduzca en un tubo protector.		

Tabla 6: Condiciones de las redes de distribución

4.1.1. Líneas de alta tensión

Ya que sólo es necesario un centro de transformación, se necesitará una línea de alta tensión para conectar el centro de transformación a la red eléctrica.

Los conductores deberán ir siempre bajo tubos de polietileno que cumplen la norma UNE EN 50086. Estarán enterradas según las especificaciones IER 12, de la NTE-IE, referida a las conducciones de distribución en alta tensión enterrada (NTE – IER 12).

Los cables estarán instalados en zanjas de 90 cm de profundidad y 60 cm de ancho. Por una zanja y en el mismo plano horizontal podrán tenderse hasta 3 líneas; para mayor número de líneas se dispondrán en capas sucesivas separadas entre sí 0.25 m.

Se utilizará un relleno de arena de río en espesor de 20 cm para el asiento de los conductores, que se colocarán sobre una capa de 10 cm de este mismo relleno de arena. Sobre este relleno, se colocará una hilada de ladrillos huecos sencillos por cada línea sobre el relleno de arena de río, con la dirección de saga perpendicular al eje de la línea.

Cuando se prevea paso de vehículos pesados, se cambiará el relleno de arena de río por hormigón en masa de resistencia característica 100kg/cm², para constituir una conducción reforzada de distribución en alta tensión enterrada. (NTE – IER 13).

Se rellenará el resto de la zanja por tongadas de 20 cm de tierra exenta de áridos mayores de 4 cm y apisonada. Se debe alcanzar una densidad seca no menor del 95% de la obtenida en el ensayo Próctor Normal. Por fin se colocará una cinta de señalización a lo largo de toda la línea, a 20 cm sobre la hilada de ladrillos.

4.1.2. Líneas de baja tensión

Se utilizará una conducción de distribución en baja tensión enterrada (NTE – IER 14).

Los cables se tenderán a lo largo de la zanja de 70 cm de profundidad y 60 cm de ancho. Por una zanja y en el mismo plano horizontal, podrán tenderse hasta 3 líneas; para mayor número de líneas, se dispondrán en capas sucesivas, separadas entre sí 0.20 m. Luego se pondrá un relleno de arena de río de 20 cm de espesor mínimo, y una hilada de ladrillo hueco sencillo o sobre el relleno de arena de río, con la dirección de soga perpendicular al eje de los cables.

Cuando se prevea paso de vehículos pesados, se cambiará el relleno de arena de río por hormigón en masa de resistencia característica 100kg/cm², para constituir una conducción reforzada de distribución en baja tensión enterrada S.D.N.n (NTE – IER 15).

Se rellenará el resto mediante tongadas de 20 cm de tierra exenta de áridos mayores de 4 cm y apisonada. Se alcanzará una densidad seca, no inferior, no inferior al 95% de la obtenida en el ensayo Próctor Normal. Se colocará una cinta de señalización a todo lo largo de línea, a 20 cm sobre la hilada de ladrillos.

4.1.3. Líneas de alumbrado público

Cuando esa línea no puede entrar en la zanja de las líneas de baja tensión, se construirá una conducción de alumbrado S.D.N. (NTE – IER 18).

Se tenderán los cables a lo largo de la zanja de 50 cm de profundidad y 60 cm en un tubo protector. Por una zanja y en el mismo plano podrán tenderse hasta 3 líneas; para mayor número de líneas, se dispondrán en capas sucesivas, separadas entre sí 0.20 m. Los tubos protectores estarán en fibrocemento, y se colocarán sobre la primera capa de arena de río, de 10 cm. Se procederá al relleno de arena de río en espesor de 20 cm para asiento del tubo.

Se rellenará el resto mediante tongadas de 20 cm de tierra exenta de áridos mayores de 4 cm y apisonada. Se alcanzará una densidad seca, no inferior, no inferior al 95% de la obtenida en el ensayo Próctor Normal.

Cuando se prevea paso de vehículos pesados, se cambiará el relleno de arena de río por hormigón en masa de resistencia característica 100kg/cm², para constituir una conducción reforzada de alumbrado S.D.N (NTE – IER 15), sobre los cuales se colocarán cajas para viales.

4.2. POTENCIA E INTENSIDAD DE LAS LÍNEAS

4.2.1. Líneas de media tensión

Esta línea de media tensión se sitúa desde la entrada al puerto de la línea de media hasta la posición del transformador donde ya dispondremos de baja tensión.



A falta de datos, suponemos que la toma de entrada de la línea de media tensión se encuentra en la entrada original del puerto, por lo tanto la distancia hasta el centro de transformación que situaremos cerca de los talleres será de 280 m.

La potencia hasta los transformadores es de: $P = 1200 * 0,9 * 1,25 = 1350 \text{ kW}$

4.2.2. Líneas de baja tensión

La intensidad máxima de cada una de las líneas se obtiene a partir de la potencia de cada una de ellas y el voltaje de la misma que será de 230 voltios, y se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$I_L = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_L}$$

Línea	Descripción	Potencia individual en W	Numero de unidades	Potencia total	Potencia total línea	Longitud	Intensidad
Línea 1	Línea 1 muelle eslora 20	3150	25	78750	162.55	428	391.03
	Línea 1 muelle eslora 15	2200	19	41800			
	Línea 1 muelle eslora 12	2200	10	22000			
	Gasolinera	20000	1	20000			
Línea 2	Taller 1	7500	1	7500	22.5	110	36.08
	Taller 2	7500	1	7500			
	Taller 3	7500	1	7500			
Línea 3	Muelles pescadores	37500	1	37500	45.5	314	109.46
	Lonja	8000	1	8000			
Línea 4	Pantalán 1	200	44	8800	20.6	433	49.56
	Pantalán 2	200	44	8800			
	Escuela de vela y vestuarios	3000	1	3000			
Línea 5	Pantalán 3	200	42	8400	96.35	864	231.78
	Pantalán 4 eslora 6	200	21	4200			
	Pantalán 4 eslora 8	875	19	16625			
	Pantalán 5	875	19	16625			
	Pantalán 6	2200	15	33000			
	Capitanía y club náutico	17500	1	17500			
Línea 6	Pantalán 7	875	19	16625	87.725	762	211.03
	Pantalán 8	875	38	33250			
	Pantalán 9	875	34	29750			
	Restaurante	8100	1	8100			
Línea 7	Pantalán 10	875	19	16625	116.87	956	281.16
	Pantalán 11	875	34	29750			
	Pantalán 12	2200	30	66000			
	Bar	4500	1	4500			
Línea 8	Alumbrado publico	250	24	6000	6	527	14.43
Línea 9	Alumbrado publico	250	73	18250	18.25	1486	43.90
Línea 10	Alumbrado publico	150	131	19650	19.65	3174	47.27
Línea 11	Línea 2	875	57	49875	55.875	696	134.41
	Tienda náutica	6000	1	6000			

Tabla 7: Potencia e intensidad para cada una de las líneas

5. SECCIÓN DE LOS CONDUCTORES

La sección de los conductores se calcula teniendo en cuenta las pérdidas tanto de potencia como de intensidad. Las máximas pérdidas permitidas en las líneas son de 5% para la tensión y un 7% para la potencia. En la consideración de las pérdidas se supondrá una pérdida proporcional a lo largo de la longitud de la línea.

La sección que finalmente se utilizará para el conductor será la mayor de las dos obtenidas por los dos criterios anteriormente impuestos.

5.1. PERDIDAS DE TENSIÓN

$$V = \sqrt{3} \cdot I \cdot R \cdot \cos \phi$$
$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V}$$

De estas expresiones obtenemos el incremento de tensión:

$$\Delta V = \frac{P \cdot \cos \phi \cdot R}{V}$$
$$\Delta V = \frac{P \cdot \cos \phi \cdot L}{V \cdot S \cdot G}$$

Tomando un factor de potencia con valor igual a la unidad ($\cos \phi = 1$) la sección del conductor vale:

$$S = \frac{P \cdot L}{G \cdot \Delta V \cdot V}$$

Donde:

- ✚ P: Potencia en la línea expresada en vatios
- ✚ V: Tensión de la línea expresada en voltios
- ✚ S: Sección del conductor en mm^2
- ✚ G: Conductividad del material. En este caso vamos a utilizar conductores de cobre y se tomara un valor de $56 \text{ m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$
- ✚ L: longitud de la línea en metros
- ✚ ΔV : Pérdidas de tensión en la línea que están limitadas al 5%

5.2. PÉRDIDAS DE POTENCIA

De la misma manera procederemos al cálculo de las pérdidas de potencia y tenemos:

$$\Delta P = 3 \cdot R \cdot I^2 = 3 \frac{L \cdot I^2}{G \cdot S}$$

$$S = \frac{3 \cdot L \cdot I^2}{\Delta P \cdot G}$$

Donde:

- ✚ I: intensidad de la línea en amperios
- ✚ ΔP : Perdida de potencia en vatios

5.3. COMPROBACIÓN DE LAS INTENSIDADES MÁXIMAS ADMISIBLES

El Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión establece en la ITCBT- 07 las intensidades máximas admisibles en amperios. Para conductores de cobre en instalación enterrada los máximos valores aceptables son:



SECCIÓN NOMINAL mm ²	Terna de cables unipolares (1) (2)			1cable 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 8: Valores aceptables para los conductores de cobre

6. RESULTADO PARA LA SECCIÓN DE LOS CONDUCTORES

6.1. LÍNEA DE MEDIA TENSIÓN

- ✚ Longitud: 280 metros
- ✚ Potencia: 1350 kW
- ✚ Tensión nominal: 20 kV
- ✚ Cable tripolar con aislamiento de XPLE con una sección nominal de 150mm²
- ✚ Tiempo de corto circuito de 0,7seg
- ✚ Caída de tensión inferior al 5%
- ✚ Protección con un tubo PVC de 160mm² de sección

6.2. LÍNEAS DE BAJA TENSIÓN

Con los datos que ya hemos calculado antes, calculamos las dos secciones mínimas con la pérdida de tensión y la pérdida de potencia, cogemos claro el máximo de los dos. A partir de esto se elige la sección nominal así como la del neutro. La sección del neutro depende de la sección nominal del conductor, así en la siguiente página se puede observar los diferentes diámetros del neutro en función de la sección nominal.

Conductores fase (mm ²)	Sección neutro (mm ²)
6 (Cu)	6
10 (Cu)	10
16 (Cu)	10
16 (Al)	16
25	16
35	16
50	25
70	35
95	50
120	70
150	70
185	95
240	120
300	150
400	185
500	200

Tabla 9: Diámetros en función de la sección nominal

Los resultados de las líneas de baja tensión aparecen en la tabla de la página siguiente:

Línea	Potencia	Longitud	Tensión de la línea	Intensidad	Por tensión	Por potencia	Mínima sección	Sección nominal	Sección neutro
Línea 1	162.55	428	360	391.03	191.72	308.12	308	400	185
Línea 2	22.5	110	360	36.08	6.82	4.87	7	10	10
Línea 3	45.5	314	360	109.46	39.37	63.28	63	70	35
Línea 4	20.6	433	360	49.56	24.58	39.50	40	50	25
Línea 5	96.35	864	360	231.78	229.40	368.69	369	400	185
Línea 6	87.725	762	360	211.03	184.21	296.05	296	300	150
Línea 7	116.875	956	360	281.16	307.90	494.85	495	500	200
Línea 8	6	527	360	14.43	8.71	14.00	14	16	10
Línea 9	18.25	1486	360	43.90	74.73	120.11	120	150	70
Línea 10	19.65	3174	360	47.27	171.87	276.22	276	300	150
Línea 11	55.875	696	360	134.41	107.17	172.23	172	185	95

Tabla 10: Resultado de las líneas de baja tensión

7. EXIGENCIAS GENERALES DE LA INSTALACIÓN

En la instalación se respetarán las exigencias establecidas en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias. Nos centraremos en las Instrucciones Técnicas Complementarias sobre Redes subterráneas para distribución de Baja Tensión (ITC-BT-07), Redes de distribución de energía eléctrica. Acometidas (ITC-BT-11), Instalaciones eléctricas en puertos y marinas para barcos de recreo (ITC-BT-42).

Algunas de las exigencias referidas a las líneas de distribución son:

- ✚ Los cables se dispondrán siempre protegidos en el interior de tubos de PVC de 140 mm de diámetro. En la zona terrestre dichos tubos discurrirán en zanja, sobre lecho de arena y a una profundidad mínima de 0.6 metros, que se aumentará a 0.8 metros en los cruces bajo calzada, en cuyo caso, además, se dispondrá protección de 15 cm de espesor de hormigón HM-20/P/20/IIIa. En los muelles y pantalanes los tubos de protección del cableado discurrirán por los conductos destinados a las redes de servicio.
- ✚ La separación mínima entre cables es de 10 cm, para evitar que se produzcan interacciones entre ellos. Además, se deben guardar las distancias mínimas de seguridad con otros servicios.
- ✚ A la salida de cada línea repartidora se colocan cajas generales de protección adecuadas. Las derivaciones se realizan mediante cajas de derivación de fundición de aluminio con juntas de goma.
- ✚ En todos los casos se dispondrá de una línea trifásica con un cuarto cable correspondiente al neutro cuya sección, en función de la sección de los conductores de fase, se ha fijado según las indicaciones del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y sus instrucciones técnicas complementarias (ITC-BT-07 Redes Subterráneas para Distribución de Baja Tensión).
- ✚ Todos los cables llevarán un aislamiento tipo XLPE de Polietileno Reticulado. La toma de energía se realiza de los transformadores mediante seccionadores de los que se derivan las líneas correspondientes.

Exigencias sobre el suministro a las embarcaciones:

- ✚ En las torres de toma de las embarcaciones se colocará un magnetotérmico y un diferencial, (con una sensibilidad de 30 mA), por amarre, para proteger a las personas y los elementos que se conecten a la red. Así mismo, cada torre de toma debe estar protegida con un dispositivo individual contra sobreintensidades mayores o iguales a 16 A.
- ✚ Las características de las bases de toma de corriente para las embarcaciones serán las siguientes:

Tensión asignada: 230 V.
Intensidad asignada: 16 A.



Número de polos: 2 y toma de tierra.

Grado de protección: IP X6.

- ✚ Los cuadros de distribución y las bases de toma de corriente asociadas, colocadas sobre los pantalanos o muelles estarán fijados a 0'3 m por encima de la cota del firme tomando medidas de protección para las mismas.

