

Anejo 21. Red eléctrica y alumbrado

Proyecto básico de ampliación del Puerto deportivo Poble Marina
(T.M. Puebla de Farnals, Valencia)

MAHIQUES PÉREZ, M^a Ángeles

Valencia, Junio de 2016



ÍNDICE

1. OBJETO	3
2. RED DE FUERZA.....	4
2.1. Cálculo de la potencia necesaria	4
2.2. Potencia para los edificios	5
2.3. Potencia para la red de alumbrado	5
2.4. Potencia total necesaria.....	8
2.5. Reguladores de tensión programables	8
3. LÍNEAS DE DISTRIBUCIÓN.....	10
3.1. Condiciones.....	10
3.2. Líneas de baja tensión.....	10
3.3. Líneas de alumbrado	11
3.4. Potencia e intensidad de las líneas.....	11
3.5. Secciones de los conductores	11
4. EXIGENCIAS DE LA INSTALACIÓN	14



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valores recomendados de potencia eléctrica.....	4
Tabla 2. Potencia requerida por el pantalán	5
Tabla 3. Potencia requerida Escuela de vela	5
Tabla 4. Consumo total según zona.....	8

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Iluminación del pantalán	6
Ilustración 2. Torre de suministro	7



1. OBJETO

En el siguiente anejo, se calcularán todos los aspectos oportunos para un correcto dimensionamiento de la red eléctrica que dotará de alumbrado a la ampliación de Poble Marín. Para ello, será necesario conocer la demanda actual de potencia eléctrica requerida por las embarcaciones, por las instalaciones del puerto, así como la potencia necesaria por la red de alumbrado público en el puerto.

Se supone que todas las instalaciones se encuentran en buen estado y son suficientes para satisfacer la demanda existente en la actualidad.

Será objeto de estudio la proyección de las líneas necesarias para abastecer la ampliación de la nueva dársena, aparcamiento, escuela de vela y pantalán. Las líneas nuevas se conectarán al centro de transformación ya construido y en uso.

Para realizar el dimensionamiento se tomarán los datos pertinentes recogidos en el *Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT)* 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"*.

La tensión que tendremos en todas las zonas del puerto, es la indicada según el REBT, que en todos los casos será de 230 V.



2. RED DE FUERZA

Se tendrán que calcular las instalaciones para el suministro eléctrico de la nueva situación de la escuela de vela y su correspondiente suministro a las embarcaciones que alberga la nueva dársena. Es necesario establecer unas dotaciones tipo que estimarán la potencia necesaria para la nueva zona.

2.1. Cálculo de la potencia necesaria

Para el cálculo de la potencia necesaria en la zona a dimensionar, se tomará según la eslora de las embarcaciones en el caso del pantalán y según la superficie y el uso de la instalación, en el caso de la escuela de vela situada en la prolongación del muelle de Poniente.

Al igual que se ha hecho en el cálculo de la red de abastecimiento de agua en el pantalán también se dispondrán tomas eléctricas en toda su longitud para que puedan acceder a las embarcaciones. Según la “*ITC-BT-42*” la longitud de los cables que conectan a los barcos será inferior a 25 metros.

Se utilizarán los coeficientes de simultaneidad que, según la publicación de “*Puertos Deportivos Servicios e Instalaciones, Almazán Ingenieros, Madrid*” es de alrededor de 0,3 y aumenta con la eslora, este coeficiente es para simular el caso real donde no todas las embarcaciones necesitaran la energía eléctrica al mismo tiempo.

En esta publicación se encuentra la siguiente tabla que usaremos para calcular la potencia que tenemos en nuestro pantalán según la eslora de las embarcaciones, que en nuestro caso estamos en el caso >22 m, ya que se trata de embarcaciones de hasta 24 m.

TIPO EMBARCACIÓN (eslora)	POTENCIA NOMINAL (kW)	F_u	F_c	POTENCIA REAL (kW)	INTENSIDAD DISPONIBLE (A)
< 8 m	3	0,3	0,2	0,18	16
8 – 12 m	7	0,3	0,2	0,42	32
12 – 16 m	10	0,3	0,2	0,60	32
16 – 22 m	15	0,3	0,2	0,90	60
> 22 m	20	0,3	0,2	1,20	60 – 120

Tabla 1. Valores recomendados de potencia eléctrica

Tomando como coeficiente de simultaneidad la suma de ambos F_u y F_c y representando cada uno a las embarcaciones del puerto que hacen uso del suministro en un momento dado y de la ocupación del puerto respectivamente, se obtiene la potencia necesaria en el pantalán.



Eslora	Dotación (KW)	coeficiente simultaneidad	Potencia (KW)	Nº amarres	Pot. requer (KW)
>22	8,5	0,5	4,25	30	127,5

Tabla 2. Potencia requerida por el pantalán

La potencia requerida en todo el pantalán para embarcaciones de más de 22 metros de eslora es de **127,5 kW**.

$$P_{med} = \frac{127.5}{30} = 4250 \frac{W}{embarcación}$$

2.2. Potencia para los edificios

En este apartado se calculan los consumos de la escuela de vela. Para determinar la potencia eléctrica requerida por las instalaciones del puerto, estableceremos una dotación igual a la establecida por el *REBT* en la *Instrucción ITC-BT-10*, "Previsión de cargas para suministros en baja tensión".

La escuela de vela ya tenía una red de corriente que le abastecía en su emplazamiento anterior, al cambiar su ubicación y darle más superficie se deberá tener en cuenta para la potencia que hay que suministrarle. La escuela ya ejecutada contaba con 268 m², y estaba perfectamente abastecida, ahora cuenta con 628.5 m² y un cambio en su ubicación. Se deberá prever que la línea que va a suministrarle corriente es la misma que le suministraba antes por lo que solo se dimensionará para una superficie de 360,5 m².

En la siguiente tabla observamos las potencias requeridas para cada edificio no dimensionado con la red actual.

ZONA	SUPERFICIE (m ²)	POTENCIA NECESARIA (W/m ²)	POTENCIA TOTAL (W)
Escuela de vela	360,5	30	10.815

Tabla 3. Potencia requerida Escuela de vela

La potencia a suministrar para nuevas edificaciones es de **1,081 kW**.

2.3. Potencia para la red de alumbrado

La iluminación de un puerto deportivo debe alcanzar un compromiso de compatibilidad entre la necesidad de que la circulación de vehículos y peatones sea segura, sin que se produzcan molestias a las personas que habitan y duermen en las embarcaciones. Por otra parte, la iluminación no ha de perturbar la navegación confundiendo con las luces de balizamiento del puerto.

Por este motivo los muelles y pantalanes habrán de iluminarse mediante luces de baja intensidad situadas a baja altura, y nunca por encima de la altura del espaldón



para no confundir la navegación en aguas exteriores del puerto. La tendencia actual es la de iluminar los pantalanes mediante luces incandescentes de 40-60 W a intervalos de 6-8 m, provistas de sensores automáticos de oscuridad instaladas en los pedestales o armarios de servicio de los atraques a una altura de 0,3 - 0,5 m. Para iluminar las áreas de estacionamiento, explanadas operativas, zonas comerciales, zonas verdes, y viario, se utilizan lámparas de sodio de alta presión 75-150 W, a unos 4 m de altura y espaciados 20-25 m. Quedando la iluminación en el pantalán de la siguiente manera:



Ilustración 1. Iluminación del pantalán

Según el “*Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión*” establece una iluminancia mínima de 3 lux para toda la zona portuaria.

Los requerimientos, según recomendaciones del CIE son:

- Luminancia media : $L_{med} \geq 1 \text{ cd/m}^2$
- Uniformidad global: $\frac{L_{med}}{L_{min}} \geq 0,4$
- Iluminación horizontal media: $E_{h_{med}} \geq 30 \text{ lux}$
- Iluminación horizontal mínima: $E_{h_{min}} \geq 12 \text{ lux}$
- Deslumbramiento TI (%) < 10
- Relación Calzada/Alrededores: $RCA \geq 0,5$

A continuación calcularemos la potencia necesaria para la nueva red de alumbrado del puerto. Es un aspecto de vital importancia, porque permite apreciar la visibilidad del puerto cuando es de noche, permitiendo un correcto uso del mismo para los usuarios, además de proporcionar un atractivo estético al paseo y a la localidad.

Como bien se ha dicho antes, el alumbrado representa unos costes elevados, por lo que deberá prestarse atención a la calidad de instalación, aprovechamiento de energía y la facilidad de mantenimiento.

Se seguirá la *Instrucción ITC-BT-09* de las “*Instalaciones de Alumbrado Exterior*”. La potencia necesaria en cada punto de iluminación es de 150 W y de 250



W, teniendo en cuenta que tenemos que instalar nuevas luminarias en la nueva dársena y en la nueva superficie terrestre del puerto que completa la anterior zona en la que se encuentra la escuela de vela y los aparcamientos.

Anteriormente se ha mostrado un pantalán iluminado con luces de poca intensidad, para este caso, no es necesario poner farolas pues no se necesita tanta potencia al ser zonas peatonales menos transitadas, además de que un exceso de luz puede suponer un problema de precios, acumulación de insectos, etc. De esta manera, simplificando y reduciendo costes, se colocarán 8 torretas de suministro de agua y suministro eléctrico para los pantalanes, que estén dotadas de iluminación incandescente y tienen una altura de 0,5 metros. Estas torretas tienen las siguientes características y aspecto:



Ilustración 2. Torreta de suministro

- 4 tomas 2*16 + 2 tomas de agua
- 1 Interruptor general 4*50A
- 4 bases Cetact, 2P + T16 A (IP67)
- 4 diferenciales 2/40-30 m.a
- 4 magnetotérmicos 1 + N 16A
- 1 baliza con lámpara de bajo consumo 10 W
- Bornas de conexión 35 mm²
- 1 llave de paso con válvula esfera de ½
- 4 grifos de agua con válvula esfera de ½ y maneta inox

Según los requerimientos anteriores, sin utilizar ningún programa de cálculo de potencias e intensidades luminosas, y siguiendo recomendaciones de “*Puertos Deportivos, Servicios e Instalaciones, Almacén Ingenieros, Madrid*” se seguirá dimensionamiento de las luces de mayor potencia que se encontrarán dispuestas en la zona de aparcamientos, viales y contradique.

Se dispondrán de lámparas de 150 W con 16.500 lm y 250 W con 30.000 lm, su separación es de entre 17 y 18 metros entre sí, al igual que las que ya están situadas a lo largo del muelle de Poniente con una separación de 17,35 m. Los modelos de las



nuevas luminarias que se disponen en las tres zonas se escogen acorde a las farolas que se encuentran en la actualidad. La disposición se observa en el “Plano 24. Red de alumbrado”. A continuación se aprecia el consumo de luminarias por zonas:

ZONA	LÁMPARAS	CONSUMO (W)	CONSUMO TOTAL (W)
Aparcamientos	14	150	2100
Muelle	9	150	1350
Pantalanes	8	40	320
TOTAL			3.770

Tabla 4. Consumo total según zona

La potencia a satisfacer para el suministro de alumbrado es de **3,77 kW**.

2.4. Potencia total necesaria

La potencia total a suministrar por la red para las embarcaciones, el nuevo edificio (escuela de vela) y para el alumbrado será:

$$P_{TOTAL} = 127.5 + 1.081 + 3.77 = 132.351 \text{ kW}$$

Por lo que por estar del lado de la seguridad se considerará que la potencia total necesaria es de **150 kW** para toda la ampliación.

2.5. Reguladores de tensión programables

Se dispondrá de un equipo que permite la reducción del flujo por regulación de la tensión para proporcionar niveles diferentes y estables de flujo luminoso, instalado en las casetas eléctricas.

El funcionamiento de este equipo consiste en controlar el consumo eléctrico para reducirlo y mantener la uniformidad lumínica. Además, garantiza un buen funcionamiento de lámparas disminuyendo su desgaste, a pesar de que pueda haber sobretensiones en la línea de alimentación.

Este equipo consigue un elevado rendimiento y su consumo adicional es prácticamente despreciable.

No produce polución en la red, tampoco genera interferencias radioeléctricas, trabaja con lámparas de sodio o mercurio. El equipo se instala entre el de protección y medida de energía y el origen de circuitos de alumbrado a alimentar. Garantizan:

- Alarga la vida de las lámparas
- Controla la intensidad límite de la instalación
- Ahorra un 35% de energía eléctrica en el tiempo del período de ahorro



- Mejora la calidad del alumbrado, manteniéndola uniforme
- Tiene un período de amortización relativamente bajo
- Fácil instalación



3. LÍNEAS DE DISTRIBUCIÓN

La red eléctrica del puerto es de baja tensión y se toma directamente de la red del ayuntamiento. A continuación se dimensionarán las líneas de baja tensión en trifásica que distribuirán la energía eléctrica a las instalaciones y a las líneas de alumbrado. Para esto, se creará una estructura ramificada o distribuida donde se colocaran cuadros generales de baja tensión en los centros de transformación con las protecciones para la línea y desde estos partirán los ramales de los centros de transformación y por medio de cuadros secundarios se irán conectando ramificaciones para llegar a cada uno de los receptores. Todas las modificaciones vienen recogidas en el “Plano 23. Red eléctrica”.

De esta manera se conseguirá minimizar la longitud de las líneas y un mayor ahorro en conductores, por el contrario, es posible que haya algunas repercusiones de unos receptores sobre otros.

Cabe destacar que, los circuitos de alumbrados deben disponer de líneas propias ya que su requerimiento de caída de tensión es más restrictivo que el del resto de los receptores.

3.1. Condiciones

Se seguirá el *REBT* en la instrucción *ITC-BT-07*, para que todas las líneas eléctricas subterráneas estén dentro de los límites de seguridad y estética. La instrucción establece que la profundidad para instalaciones enterradas, hasta la parte inferior del cable, no será menor de 0,60 m en acera, ni de 0,80 m en calzada.

Deberán estar separadas las líneas de fachada de 1 metro como mínimo. Las separaciones entre sí o entre las líneas de baja tensión que deben guardarse son de 0,2 metros.

3.2. Líneas de baja tensión

Se dispone una conducción de distribución en baja tensión enterrada (*NTE-IER 14*).

Los cables van tendidos a lo largo de la zanja de 0,8 metros de profundidad y 0,5 metros de ancho. Por una zanja y en el mismo plano, pueden tenderse hasta 3 líneas. En el caso de que sean necesarias más líneas, se colocan en capas sucesivas con una distancia entre sí de 0,20 m.

Se utiliza relleno de arena de espesor 20 cm. Sobre este relleno se coloca una hilada de ladrillos huecos sencillos por cada línea con la dirección de soga perpendicular al eje de la línea, para que se sepa que se está accediendo a las líneas eléctricas.

Se rellena el resto de la zanja por tongadas de 20 cm de tierra sin áridos mayores de 4 cm y apisonada. Debe alcanzarse una densidad seca no menor del 95% del Próctor Normal. Por fin se coloca una cinta de señalización a lo largo de toda la línea, a 20 cm sobre la hilada de ladrillos.



3.3. Líneas de alumbrado

Se construirá una conducción de alumbrado *S.D.N (NTE-IER 18)*. Consta de un tendido de cables a lo largo de la zanja de 0,5 metros de profundidad y 0,6 metros de ancho. Por una zanja y en el mismo plano, pueden tenderse hasta 3 líneas, en el caso de que fuesen necesarias más líneas, se colocan en capas sucesivas, con una distancia entre sí de 0,20 m.

Los tubos protectores son de PVC, y se colocarán sobre la primera capa de arena, de 10 cm. Se rellena el resto de la zanja con la misma metodología de las líneas de baja tensión.

3.4. Potencia e intensidad de las líneas

La intensidad máxima se obtiene a partir de la potencia y de su voltaje. Las redes de distribución en todos los casos estarán diseñadas para 230 V.

Se aplicará la siguiente expresión para determinar la intensidad de cada línea:

$$I_L = \frac{P}{\sqrt{3} * U_1 * \cos(\varnothing)}$$

Donde:

- ~ P = Potencia en Watt
- ~ I = Intensidad de corriente en Amperios
- ~ U = Tensión, 230 V.
- ~ Cos (θ) = factor de potencia, 1

3.5. Secciones de los conductores

Para la selección de los conductores se seguirán las especificaciones de la norma *UNE 20460-5-523:2004* específicamente la de la “*tabla A.52-2 bis: Intensidades admisibles en amperios para temperatura ambiente 25°C en el terreno*”. La sección de los conductores se elegirá a partir de las intensidades necesarias.

Es necesario tener presente las pérdidas que se producirán en las líneas de la red. Las limitaciones que impone el *REBT* son las siguientes:

- La máxima pérdida permisible para la tensión es del 4,5% en líneas de alumbrado y del 6,5% en las líneas de fuerza.
- La máxima pérdida permisible para la potencia es del 7%.

Las pérdidas se calcularán a partir de las longitudes de los conductores, las de tensión se calcularán a partir de la siguiente expresión, que es una relación básica en electrotecnia:

$$V = \sqrt{3} * I * R * \cos(\varphi)$$



$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * V}$$

Se obtendrá un incremento de tensión:

$$\Delta V = \frac{P * \cos(\varphi) * R}{V}$$

$$\Delta V = \frac{P * \cos(\varphi) * L}{V * S * G}$$

Se sabe que el factor de potencia tiene un valor igual a la unidad ($\cos(\theta) = 1$), la sección del conductor es:

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

Siendo:

- ~ P = Potencia en la línea (W)
- ~ V = Tensión de la línea (V) (230 V)
- ~ S = Sección del conductor (mm²)
- ~ G = Conductividad del material. Vamos a utilizar conductores de cobre y se tomará un valor de 56 m/ Ω *mm²
- ~ ΔV = Pérdida de tensión, limitada al 5%
- ~ L = Longitud de la línea (m)
- ~ R = Resistencia de conductor (Ω)

Se procede al cálculo de las pérdidas de potencia a través de la siguiente fórmula:

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

Despejando S, obtenemos la expresión de la Sección:

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



Donde;

- ~ P =Potencia en la línea (W)
- ~ V = Tensión de la línea (V) (230 V)
- ~ S = Sección del conductor (mm^2)
- ~ G = Conductividad del material. Vamos a utilizar conductores de cobre y se tomará un valor de $56 \text{ m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$
- ~ ΔV = Pérdida de tensión, limitada al 7%
- ~ L = Longitud de la línea (m)
- ~ R = Resistencia de conductor (Ω)



4. EXIGENCIAS DE LA INSTALACIÓN

En la instalación se respetarán ciertas exigencias establecidas en el *Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión* y sus *Instrucciones Técnicas Complementarias*.

Nos centraremos en las *Instrucciones 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)*.

Dichas consideraciones son:

- En todos los casos se dispondrá de una línea trifásica con un cuarto cable correspondiente al neutro cuya sección, vendrá condicionada por las secciones de fase, para secciones inferiores a 16 mm² serán iguales. En el caso de secciones de fase mayores, la sección del neutro se podrá reducir a la mitad.
- En la distribución de baja tensión, se utilizarán conductores de cobre con recubrimientos de PVC y enterrados como se ha especificado anteriormente. Estos estarán siempre introducidos en un tubo de PVC de 140 mm de diámetro como mínimo y en los casos de secciones mayores, será el doble.
- En la zona terrestre dichos tubos discurrirán en zanja, sobre lecho de arena y a una profundidad mínima de 60 cm, que se aumentará a 80 cm en los cruces bajo calzada, en cuyo caso, además, se dispondrá protección de 15 cm de espesor de hormigón HM-20/P/20/IIIa. Las líneas secundarias en los pantalanos serán introducidas dentro de los espacios libres de las placas alveolares. De esta manera quedaran aisladas y protegidas del exterior y darán a las tomas de corriente en las arquetas dispuestas para el suministro eléctrico de los amarres.
- La separación mínima entre cables es de 10 cm, para evitar que se produzcan interacciones entre ellos.
- Los elementos de protección se dispondrán en cuadros de protecciones apropiados y será necesario un elemento de protección frente a sobrecargas y cortocircuitos en cada punto del circuito en el que se produzca una reducción de la corriente herméticamente admisible por el conductor (por que se reduzca su sección o por que se cambien sus condiciones de instalación). Para la protección de las instalaciones, se colocaran interruptores magnetotérmicos y para la protección de los usuarios interruptores diferenciales con una sensibilidad de 30 mA en cada punto de toma de corriente.
- Las características de las bases de toma de corriente para las embarcaciones serán las que se indican en *la ITC-BT-42 Instalaciones Eléctricas en Puertos y Marinas para Barcos de Recreo*, que son las siguientes:
 - Tensión asignada: 230 V.
 - Intensidad asignada: 16 A.
 - Numero 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 30 cm por encima de la cota del firme tomando medidas de protección para las mismas.

