

ANEJO 15

INSTALACIONES Y SERVICIOS



ÍNDICE GENERAL

1. OBJETO	5
2. RED DE SANEAMIENTO Y ALCANTARILLADO	7
2.1. INTRODUCCIÓN	7
2.2. CÁLCULO HIDRÁULICO	9
2.3. RED DE AGUAS PLUVIALES	10
2.3.1. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS	10
2.3.2. AGUAS PLUVIALES DE LOS EDIFICIOS	11
2.3.3. AGUAS PLUVIALES DEL TERRENO	13
2.3.4. DIMENSIONAMIENTO DE LA RED	18
2.3.5. OTROS ELEMENTOS DEL SISTEMA	27
2.4. TRATAMIENTO DE LAS AGUAS HIDROCARBURADAS	28
2.4.1. DESCRIPCIÓN DEL SEPARADOR	28
2.5. RED DE AGUAS RESIDUALES	29
2.5.1. AGUAS RESIDUALES DE LOS EDIFICIOS	29
2.5.2. DIMENSIONAMIENTO DE LA RED	32
2.5.3. AGUAS RESIDUALES DE LAS EMBARCACIONES	33
3. RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE	34
3.1. INTRODUCCIÓN	34
3.2. DESCRIPCIÓN DE LA RED	34
3.3. MATERIALES	36
3.4. RED ANTI-INCENDIO	37
3.5. RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE	39
3.5.1. MÉTODO DE CÁLCULO	39
3.5.2. CAUDAL DE CÁLCULO	40
3.5.3. CÁLCULO DE LA RED	43
3.5.4. LISTADO DE RESULTADOS	45
4. RED ELÉCTRICA Y DE ALUMBRADO	49
4.1. INTRODUCCIÓN	49
4.2. RED DE FUERZA	49
4.2.1. CÁLCULO DE LA POTENCIA NECESARIA	50
4.2.2. ALUMBRADO	53
4.2.3. POTENCIA TOTAL NECESARIA	55
4.3. DIMENSIONAMIENTO DE LOS CENTROS DE TRANSFORMACIÓN	57
4.4. LÍNEAS DE DISTRIBUCIÓN	60
4.4.1. CONDICIONES	60
4.4.2. POTENCIA E INTENSIDAD DE LAS LÍNEAS	61
4.1. SECCIÓN DE LOS CONDUCTORES	65
4.1.1. PÉRDIDAS DE TENSIÓN	65
4.1.2. COMPROBACIÓN DE LAS INTENSIDADES MÁXIMAS ADMISIBLES	67
4.2. RESULTADO PARA LA SECCIÓN DE LOS CONDUCTORES	67
4.3. EXIGENCIAS GENERALES DE LA INSTALACIÓN	70



ÍNDICE IMÁGENES

1. Figura 1. Ángulo de la superficie mojada	10
2. Figura 2. Mapa de isolíneas l_i/l_d	17
3. Figura 3. Sumidero sifónico autolimpiante	28
4. Figura 4. Características y esquema-funcionamiento del separador	29
5. Figura 5. Red de abastecimiento de agua potable	36
6. Figura 6. Hidrante columna	38
7. Figura 7. Hidrante empotrado	38
8. Figura 8. Identificación nudos	43
9. Figura 9. Identificación tuberías	44
10. Figura 10. Longitudes tuberías	44
11. Figura 11. Diámetros tuberías	45
12. Figura 12. Demanda base y diámetros tuberías, hipótesis I	46
13. Figura 13. Velocidad y presión, hipótesis I	46
14. Figura 14. Demanda base y diámetros tuberías, hipótesis II	47
15. Figura 15. Velocidad y presión, hipótesis II	47
16. Figura 16. Informe de resultados, hipótesis II	48
17. Figura 17. Torretas de iluminación y suministro en pantalanes	54
18. Figura 18. Código Jesiva	59

ÍNDICE TABLAS Y GRÁFICAS

1. Tabla 1. Diámetros nominales y diámetros interiores	8
2. Tabla 2. Dimensionamiento de colectores (I)	19
3. Tabla 3. Dimensionamiento de colectores (II)	19
4. Tabla 4. Dimensionamiento de colectores (III)	20
5. Tabla 5. Aseos actuales en el puerto	30
6. Tabla 6. Valores orientativos " <i>Marinas and small craft harbors</i> " ruce O. Toblasson Westviking Press2000	30
7. Tabla 7. Servicios sanitarios en el puerto	30
8. Tabla 8. Consumo de aparatos sanitarios	31
9. Tabla 9. Dimensionamiento de colectores residuales	32
10. Tabla 10. Caudal de abastecimiento de embarcaciones	41
11. Tabla 11. Potencia según eslora	50



12. Tabla 12. Potencia necesaria para muelles y pantalanes	50
13. Tabla 13. Potencia según edificio o servicio	51
14. Tabla 14. Potencia según eslora, zona Norte	51
15. Tabla 15. Potencia necesaria para muelles y pantalanes, zona Norte	52
16. Tabla 16. Potencia según edificio o servicio, zona Norte	52
17. Tabla 17. Consumo de luminarias	55
18. Tabla 18. Condiciones de las redes de distribución	55
19. Tabla 19. Líneas generales y secundarias	62
20. Tabla 20. Potencia e intensidad para cada línea. Zona Sur	63
21. Tabla 21. Potencia e intensidad para cada línea. Zona Norte	64
22. Tabla 22. Intensidades máximas admisibles	67
23. Tabla 23. Secciones de las líneas de baja tensión	68



1. OBJETO

El presente anejo pretende dimensionar y calcular las instalaciones y servicios para abastecer a edificios, usuarios, embarcaciones y demás agentes afectados por la ampliación del Puerto de Oliva.

Dichos servicios e instalaciones consisten en:

- Red de Saneamiento y alcantarillado.
- Red de abastecimiento de agua potable.
- Red eléctrica y de alumbrado.

Estos servicios ya se encuentran en funcionamiento en el actual puerto, por lo que consideraremos que la red preexistente sigue un funcionamiento óptimo, de esta manera, la respetaremos y sólo nos basaremos en las nuevas redes a instalar que discurrirán por las nuevas superficies creadas y se conectarán a las anteriores en ciertos puntos singulares que describiremos.

Cabe señalar que al eliminar el paso superior para peatones que conecta las zonas norte y sur del Puerto, eliminamos la conexión de todas las líneas que comunicaban el muelle Norte con la red del puerto, y esta última, a su vez con la red general. Tendremos pues que resolver este problema instalando nuevos centros de separación de hidrocarburos, abastecimiento y transformación para conectar estas redes existentes a las redes generales en la zona norte.

En primer lugar, dimensionaremos la red de saneamiento y alcantarillado. Para ello debemos seguir y apoyarnos en diversas publicaciones como son:

- La Normativa para obras de Saneamiento de la ciudad de Valencia, la cual nos servirá de apoyo para los cálculos, pero no podremos seguir estrictamente puesto que no nos encontramos en la misma ciudad y cambiarán muchos de nuestros datos.
- Normas Tecnológicas de la Edificación (NTE-ISA)-Instalaciones de salubridad-alcantarillado y saneamiento.
- *PPTG para Tuberías de saneamiento*.
- "Máximas lluvias diarias en la España Peninsular (Ministerio de Fomento)".
- Guía Técnica de tuberías en presión (CEDEX).
- "Vertidos de aguas residuales. Saneamiento y alcantarillado", Madrid 1997, por Aurelio Hernández.
- "Instrucción 5.2.-IC Drenaje Superficial" (MOPU 1991).



Se establece un sistema de red separativo, con redes independientes; una para aguas pluviales y otra para las aguas residuales, puesto que esta red es más adecuada en zonas contiguas a riberas de los ríos o mares.

Se consultarán catálogos comerciales que estén acorde a los resultados para elegir los elementos que compongan la red.

A continuación se dimensionarán las redes de abastecimiento de agua potable, riego e incendio; permitirán abastecer a nuevos edificios, nuevas embarcaciones y proteger de forma segura en el caso de incendio.

Seguiremos ciertas normativas para el dimensionamiento y nos apoyaremos en el programa de cálculo de abastecimiento de agua EPANET, las publicaciones serán las siguientes:

- *NTE -IFA.*
- *NTE -CPI/96: Condiciones de protección contra incendios.*
- *Reglamento de la Ley de Puertos Deportivos. (Aunque no es de obligado desempeño ya que los puertos deportivos se han transferido a las autonomías).*
- *Reglamento de Instalaciones de Protección contra Incendios del Real Decreto 1942/1993 de 5 de Noviembre.*
- *Guía Técnica de tuberías en presión (CEDEX).*

Volvemos a recordar que dimensionaremos exclusivamente redes nuevas, que se conectarán a la red existente, considerando que las actuales se encuentran en correcto funcionamiento.

Por último, nos encargaremos de abastecer de electricidad y de luz a las nuevas obras creadas en el Puerto de Oliva. Para ello, realizaremos los cálculos pertinentes siguiendo lo especificado en:

- *Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBTR) del 2002.*
- *Especialmente tendremos que basarnos en lo especificado en la Instrucciones Técnicas Complementarias que afecten a cada uno de los agentes de nuestro dimensionamiento, las cuales nombraremos cuando sea pertinente.*

Para la redacción del siguiente anejo será necesaria la información de los siguientes anejos:

- *"Anejo 9. Estudio de soluciones".*
- *"Anejo 10. Ordenación terrestre del puerto".*
- *"Anejo 14. Servicios afectados".*



2. RED DE SANEAMIENTO Y ALCANTARILLADO

2.1. Introducción

En este apartado nos centraremos en el diseño y dimensionamiento de la red de saneamiento del Puerto Deportivo de "La Goleta" de Oliva.

Disponer de un sistema efectivo de recogida y evacuación de las aguas generadas en un puerto deportivo, es un asunto importante, para evitar riesgos y problemas de salubridad a la población, inundaciones, evacuar aguas pluviales en períodos de precipitaciones eliminando vertidos de aguas que puedan ser contaminantes, así como la contaminación en general.

Para el cálculo de la red se tendrán en cuenta las especificaciones recogidas en las correspondientes *Normas Tecnológicas de la Edificación (NTE-ISA)-Instalaciones de salubridad-alcantarillado y saneamiento*.

Se establece un sistema de red separativo, con redes independientes; una para aguas pluviales y otra para las aguas residuales, puesto que esta red es más adecuada en zonas contiguas a riberas de los ríos o mares.

En el cálculo de la red de saneamiento se va a diferenciar entre:

- Aguas pluviales de los edificios.
- Aguas pluviales del terreno.
- Aguas residuales de edificios.
- Aguas residuales de las embarcaciones.

En el puerto existen diversas pendientes que permitirán evacuar las aguas pluviales, que serán recogidas por los diferentes colectores que se encuentran en el mismo, evacuando el agua mediante sumideros. Las cuencas de pluviales, que contarán con una pendiente del 1% se observan en el *"Plano 19.2 Cuencas de pluviales"*. Tras coleccionar toda la red de saneamiento, instalaremos dos separadores de grasas e hidrocarburos con desarenador, para poder conectarla a la red general.

Las aguas se recogen a través de colectores de PVC, en zanja bajo viales. Este material es más ventajoso, porque aunque su resistencia sea inferior a las de hormigón consiguen estanqueidad, facilidad de manipulación, reparación y montaje y menor coste inicial.

El *PPTG para Tuberías de saneamiento* exige una rigidez anular mínima de $3,9 \text{ KN/m}^2$, se seleccionarán entonces tuberías de policloruro de vinilo no plastificado (PVC-U) con rigidez nominal SN 4. El diámetro nominal se corresponde con el diámetro exterior, como podemos



comprobar en La *Guía Técnica de tuberías en presión del CEDEX*. Para los cálculos hidráulicos, se utilizará el diámetro interior.

Para la red de aguas pluviales, los diámetros de tuberías normalizados que vamos a utilizar son:

- 315 mm.
- 355 mm.
- 400 mm.
- 450 mm.
- 500 mm.
- 560 mm.
- 630 mm.

Sus diámetros interiores son los siguientes:

Diámetro nominal (mm)	Espesor (mm)	Diámetro interior (mm)
315	7,7	307,3
355	8,7	346,3
400	9,8	390,2
450	11,0	439,0
500	12,3	487,7
560	13,7	546,3
630	15,4	614,6

Tabla 1. Diámetros nominales y diámetros interiores

Por otro lado, un factor muy importante y a tener en cuenta en el perfil de un colector es la pendiente. Ésta debe asegurar una velocidad capaz de conseguir capacidad autolimpiante; para impedir la deposición de sólidos. Al ser una red separativa tendremos:

- Colectores de aguas residuales, con velocidad mínima de 0,6 m/s y máxima de 3,5 m/s.
- Colectores de agua pluvial: Con período de retorno de 2 años para chubascos con velocidades iguales o superiores a 0,9 m/s. Y con período de retorno de 25 años, período habitual en estos casos, ya que no exige ninguna normativa aplicable al respecto; una velocidad inferior a 4 m/s.

Para la red de pluviales, los colectores irán alojados en zanjas de 1,3 metros de ancho. Deberá existir una distancia mínima entre la superficie y la clave del colector, ésta será de 1,2 metros. Se colocarán sobre un lecho de arena de 15 cm de espesor. El relleno de la zanja se tenderá en dos capas, de suelo adecuado compactado al 100 % del ensayo Próctor Modificado y con suelo



seleccionado compactado al 95% del ensayo Próctor Modificado, según el R.D. 140/2013. Se observa con detalle la zanja en el "Plano 19.3. Detalles saneamiento"

En la red de aguas residuales, las zanjas tendrán una pendiente constante. Su anchura será mayor de 0,60 metros. Deberá existir una distancia mínima entre la superficie y la clave del colector, ésta será de 1,2 metros. Se colocarán sobre un lecho de arena de 15 cm de espesor. El relleno de la zanja será igual que el de aguas pluviales. Sólo será necesario dimensionar una tubería de aguas residuales para el edificio del club de vela.

2.2. Cálculo hidráulico

Para el cálculo del caudal, se considera que la sección trabaja a sección llena, usaremos pues, la fórmula de Manning para obtener la velocidad del colector funcionando. La expresión será:

$$V = \frac{1}{n} \cdot R_H^{2/3} \cdot \sqrt{i}$$

Donde:

- V : Velocidad del colector funcionando a sección llena
- RH : Radio hidráulico, que es la sección que ocupa el agua/ perímetro mojado. Para conductos circulares su valor es D/4, siendo D el diámetro del conducto.
- i : Pendiente del colector en m/m
- n : Coeficiente de Manning, cuyo valor para el caso del PVC es de n=0,01

En una sección circular, el diámetro necesario (D), en metros , para evacuar un determinado caudal se utiliza la siguiente fórmula:

$$D = 1,548 \cdot \left(\frac{n \cdot Q}{\sqrt{i}} \right)^{3/8}$$

El caudal que se va a utilizar para obtener el diámetro será:

- Para la red de aguas pluviales, el del chubasco correspondiente al período de retorno de diseño de la red.
- Para la red de aguas residuales se usará el caudal punta de las aguas residuales.

El diámetro escogido será el normalizado inmediatamente superior al calculado.

Se dijo con anterioridad, que deben comprobarse que las velocidades del agua en el colector estén en los rangos descritos anteriormente por erosión y deposición, esto exige conocer la



velocidad en función del caudal a desaguar. Para obtener dicha velocidad se resolverán las siguientes ecuaciones:

$$V = \frac{8 \cdot Q}{D^2 \cdot (\theta - \sin\theta)}$$

$$(\theta - \sin\theta)^5 - \theta^2 \cdot \frac{8192}{D^8} \cdot \left(\frac{n \cdot Q}{\sqrt{i}}\right)^3 = 0$$

Siendo θ el ángulo de la superficie mojada expresado en radianes, lo podemos observar en la siguiente figura:

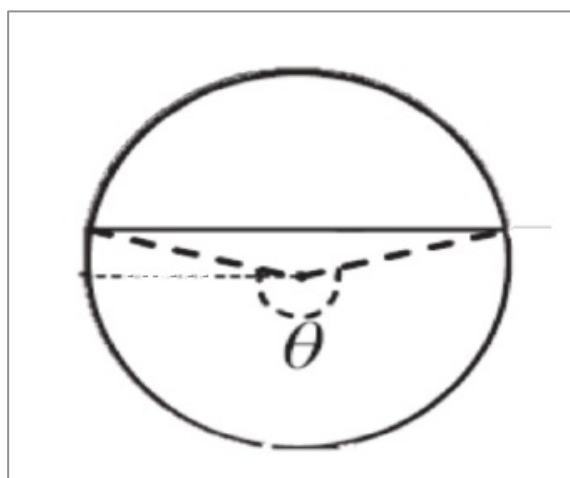


Figura 1. Ángulo de la superficie mojada

2.3. Red de aguas pluviales

2.3.1. Descripción de los elementos

Se dijo anteriormente que se adopta un sistema de red separativa para zonas contiguas a los mares.

La recogida de aguas pluviales se va a realizar mediante colectores que materializarán la captación del agua de lluvia y la conducirán a pozos de registro. Éstos, se colocarán siempre a distancias menores de 50 metros y además en los cambios de dirección o pendiente de los colectores y en puntos singulares.

Se emplearán sumideros sifónicos procedentes de catálogos comerciales, que se definen más adelante, una vez realizados los cálculos

Evitando contaminar las redes de saneamiento generales del Puerto de Oliva, se ha previsto instalar separadores de hidrocarburos en la conexión al colector general. Se dispondrán dos separadores que recojan las aguas pluviales y residuales en los accesos norte y sur. Para poder



definir la capacidad del separador del acceso norte tendremos que realizar un dimensionamiento de las redes de aguas pluviales de los muelles de la zona norte y la zona de varada en la que se encuentra la marina seca, a pesar de que la mayoría de estas redes ya existen en el puerto y, exceptuando las que se encuentran en la zona de la marina seca, no serán de nueva construcción.

Los pantalanes, no necesitan sistemas de evacuación de aguas pluviales, ya que su pendiente transversal es suficiente para evacuar el agua.

Por su parte, la evacuación de aguas pluviales de edificios y del terreno se detallará en los siguientes apartados.

2.3.2. Aguas pluviales de los edificios

La evacuación de aguas pluviales de edificios, en este el edificio que aloja la escuela de vela y la marina seca, se ejecutará mediante canalones y bajantes, situadas en el borde del tejado del edificio; teniendo en cuenta que tienen unas alturas de 7 metros para la escuela de vela y de 7,5 metros en la marina seca, para las bajantes.

Al pie de cada bajante se dispondrá una arqueta que se conectará con la conducción de la red bajo el nivel del suelo. Estas arquetas están normalizadas, según la (NTE-ISS), con unas dimensiones de 60 x 60.

Los canalones serán de PVC, cuyo diámetro deberá calcularse, de forma que haya un mínimo de 1 cm² de superficie de canalón por cada m² de superficie de recogida de agua, considerando al canalón en todo el perímetro del edificio.

Las aguas, se verterán a imbornales por gravedad.

La superficie de la Escuela de Vela es de 722,54 m² y cuenta con un perímetro de 100,26 m. Realizaremos la conversión pues, de área del semicírculo a diámetro de la sección del canalón afectada:

$$S_c = \frac{1}{2} \cdot \pi \cdot \frac{D^2}{4}$$

$$D_c = \sqrt{\frac{8 \cdot S_c}{\pi}}$$

Donde **S_c** es **7,2 cm²**, obtenida de la división entre área y perímetro. El **diámetro** de la sección del canalón será de **4,28 cm**.



De la misma manera calcularemos la sección de las bajantes de PVC:

$$S_B = 2 \cdot S_c = \pi \cdot \frac{D_b^2}{4}$$

$$D_b = \sqrt{\frac{4 \cdot S_B}{\pi}}$$

Obteniendo, para la escuela de vela:

- $S_b = 14,4 \text{ cm}^2$
- $D_b = 4,28 \text{ cm}$

La superficie de la Marina Seca es de 2.270,4 m² y cuenta con un perímetro de 200,8 m. Realizaremos la conversión de área del semicírculo a diámetro de la sección del canalón afectada:

$$S_c = \frac{1}{2} \cdot \pi \cdot \frac{D^2}{4}$$

$$D_c = \sqrt{\frac{8 \cdot S_c}{\pi}}$$

Donde S_c es 11,307 cm², obtenida de la división entre área y perímetro. El **diámetro** de la sección del canalón será de **5,37 cm**.

De la misma manera calcularemos la sección de las bajantes de PVC:

$$S_B = 2 \cdot S_c = \pi \cdot \frac{D_b^2}{4}$$

$$D_b = \sqrt{\frac{4 \cdot S_B}{\pi}}$$

Obteniendo, para la Marina Seca:

- $S_b = 22,61 \text{ cm}^2$
- $D_b = 5,37 \text{ cm}$

Se utilizarán por tanto, bajantes de 3 metros de longitud y canalones de PVC, ambos de 75 mm de diámetro, obtenidas del catálogo de la marca JIMTEN.



2.3.3. Aguas pluviales del terreno

En este apartado, emplearemos diferentes documentos para apoyarnos, conseguir los datos y seguir el procedimiento adecuado. En primer lugar atenderemos a la *"Normativa para obras de Saneamiento en la ciudad de Valencia"*, que nos ofrece buenas recomendaciones, a pesar de que no podemos seguirla al completo porque estamos hablando de diferente ciudad. Por este hecho, tendremos que recurrir a la publicación *"Máximas lluvias diarias en la España Peninsular (Ministerio de Fomento)"* para obtener los datos referentes a precipitaciones. Por último, a pesar de que no se trata de una carretera, también haremos uso de la *"Instrucción 5.2.-IC Drenaje Superficial" (MOPU 1991)*.

Para el cálculo de los caudales a desaguar por la red de aguas pluviales utilizaremos el Método Racional Modificado. La expresión básica para el cálculo del caudal a desaguar en un punto es:

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A \cdot K}{360}$$

Siendo:

- Q: Caudal a desaguar.
- A: Superficie de la cuenca en Ha.
- C: Coeficiente de escorrentía o relación entre el agua no retenida por el terreno y el agua de lluvia.
- I: Intensidad de la lluvia máxima correspondiente al período de retorno elegido y duración igual al tiempo de concentración (Tc) en mm/h.
- K: Coeficiente para tener en cuenta la no uniformidad de la lluvia.

La definición de las cuencas y la distribución de las tuberías están representadas en el *"Plano 19.1 Red de saneamiento y alcantarillado"* y *"19.2 Cuencas de pluviales"* del presente Proyecto Básico. Las pendientes en general son de 0,01 salvo ciertos casos que se especifican en el cálculo.

➤ PERÍODO DE RETORNO:

Citamos en un apartado previo, en el que limitábamos la velocidad del agua en los colectores que, con período de retorno de 2 años para chubascos con velocidades iguales o superiores a 0,9 m/s, y que con período de retorno de 25 años, período habitual en estos casos, ya que no exige ninguna normativa aplicable al respecto; una velocidad inferior a 4 m/s.

De otra manera, utilizamos la clasificación dada en *"Vertidos de aguas residuales. Saneamiento y alcantarillado"*, Madrid 1997, por Aurelio Hernández, en función del uso del suelo, asignando los siguientes períodos de retorno:



- Riqueza y densidad baja, parques: *2 años*
- Riqueza media, residencia habitual: *5 – 10 años*
- Comerciales, históricas (alto valor del suelo): *10 – 20 años*
- Emisarios y colectores principales: *25 años*

Por tanto, los períodos de retorno que utilizaremos serán 2 y 25 años.

➤ PRECIPITACIÓN MÁXIMA DIARIA:

Para el cálculo de las máximas precipitaciones diarias asociadas a los diferentes períodos de retorno, se ha utilizado la publicación “*Máximas lluvias diarias en la España peninsular*”, publicado por la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento.

El proceso operativo será el siguiente:

1. Localizaremos en los planos, la isolínea correspondiente al punto geográfico donde se encuentra nuestro puerto. En este caso será la zona de Valencia, concretamente la localidad de Oliva, que se encuentra en la hoja 4-4 Valencia.
2. Observando las isolíneas, que representan el coeficiente de variación (C_v) y del valor medio de la máxima precipitación anual (P). En el caso de Oliva, obtenemos un C_v de 0,52 ya que está pegado a la costa, y un valor medio de 115 mm/día.
3. Con los períodos de retorno que deseemos y el valor de coeficiente de variación (C_v), obtendremos el Factor de amplificación (Y_t) o cuantil regional. En nuestro caso, como dijimos anteriormente y volveremos a citar los períodos de retorno a utilizar, son de 2 y 25 años respectivamente obteniendo:

- $T= 2 \text{ años} \rightarrow Y_t = 0,881$

- $T= 25 \text{ años} \rightarrow Y_t = 2,098$

4. Realizamos el producto del factor de amplificación por el valor medio de la máxima precipitación anual (P), obteniendo de esta manera, la precipitación máxima total diaria (P_d):

Los resultados obtenidos para el valor de P_d , de precipitación máxima total diaria, con los diferentes períodos de retorno son:

- $T= 2 \text{ años} \rightarrow P_d = Y_t \cdot P = 0,881 \cdot 115 = 101,315 \text{ mm/día}$

- $T= 25 \text{ años} \rightarrow P_d = Y_t \cdot P = 2,098 \cdot 115 = 241,27 \text{ mm/día}$



➤ TIEMPO DE CONCENTRACIÓN:

El tiempo de concentración (T_c) es aquel que hace máximo el caudal. Para zonas urbanizadas, donde el agua circula más rápidamente por los colectores que sobre el terreno, el cálculo del tiempo de concentración en minutos se realiza mediante la siguiente expresión, se elegirá el mayor de todos los recorridos posibles.

$$T_c = \left(\frac{L_0}{v} + 1,2 \cdot \sum_{i=1}^n \frac{L_i}{V_i} \right) \cdot \frac{1}{60}$$

Donde:

- n : Número de tramos de colector situados aguas arriba del punto de desagüe
- L_i : Longitud de cada tramo de colector en metros
- V_i : Velocidad de cada tramo de colector en m/s, calculada con la hipótesis de flujo uniforme y a sección llena
- L_0 : Longitud en metros desde el punto más alejado de la cuenca hasta el arranque del primer colector
- V : Velocidad en superficie en m/s. Puede aproximarse por la mitad de la velocidad del primer colector.

Como sabemos que los colectores trabajan mejor a sección llena que a sección parcial vamos a considerar un coeficiente de mayoración de 1,2.

Siguiendo las recomendaciones de la Normativa de Saneamiento de la ciudad de Valencia, si:

- $T_c < 10$ minutos, la duración de la tormenta $t = 10$ minutos
- $T_c > 10$ minutos, la duración de la tormenta será $t = t_c$

Para evitar la consideración de chubasco de corta duración y gran intensidad, que no llegan a provocar que el agua corra sobre la superficie, el valor mínimo del tiempo de retención que debe considerarse es de 10 minutos, por lo que $T_c > 10$ minutos.

Se considerará, como hipótesis, y para simplificar el cálculo que el tiempo de concentración de todos los colectores es de 10 minutos, poniéndonos del lado de la seguridad.

➤ INTENSIDAD DE LLUVIA:

A continuación, para determinar el valor de I , trabajaremos con la *Instrucción "5.2-IC Drenaje superficial de carreteras, (MOPU 1991)"*, con las curvas intensidad-duración, que unen puntos representativos de la intensidad media en intervalos de diferente duración, para un mismo período de retorno.

Esta instrucción nos permite determinar la intensidad media diaria de precipitación (I_d), correspondiente al período de retorno considerado. Esta es igual a:



$$I_d = P_d/24$$

Este valor será:

- $T = 2$ años $\rightarrow I_d = P_d/24 = 101,315/24 = 4,22$ mm/h
- $T = 25$ años $\rightarrow I_d = P_d/24 = 241,27/24 = 10,05$ mm/h

Podemos entonces, entrar en la expresión siguiente, que nos determina I_t , que es el valor de la intensidad media de precipitación correspondiente al valor T horas:

$$I_T = I_d \cdot \left(\frac{I_1}{I_d} \right)^{\frac{28^{0,1} - T^{0,1}}{28^{0,1} - 1}}$$

Siendo:

- I_T (mm/h): Intensidad media correspondiente al intervalo de duración T horas.
- I_d (mm/h): Intensidad media diaria de precipitación correspondiente al período de retorno considerado. Es igual a $P_d / 24$. Como acabamos de enunciar.
- P_d (mm/día): Precipitación total diaria correspondiente al período de retorno considerado.
- I_1 / I_d : Cociente entre la intensidad horaria y la diaria (factor de torrencialidad) , independiente del período de retorno. Para la zona mediterránea puede tomarse un valor de 11, como observamos en la figura 2.

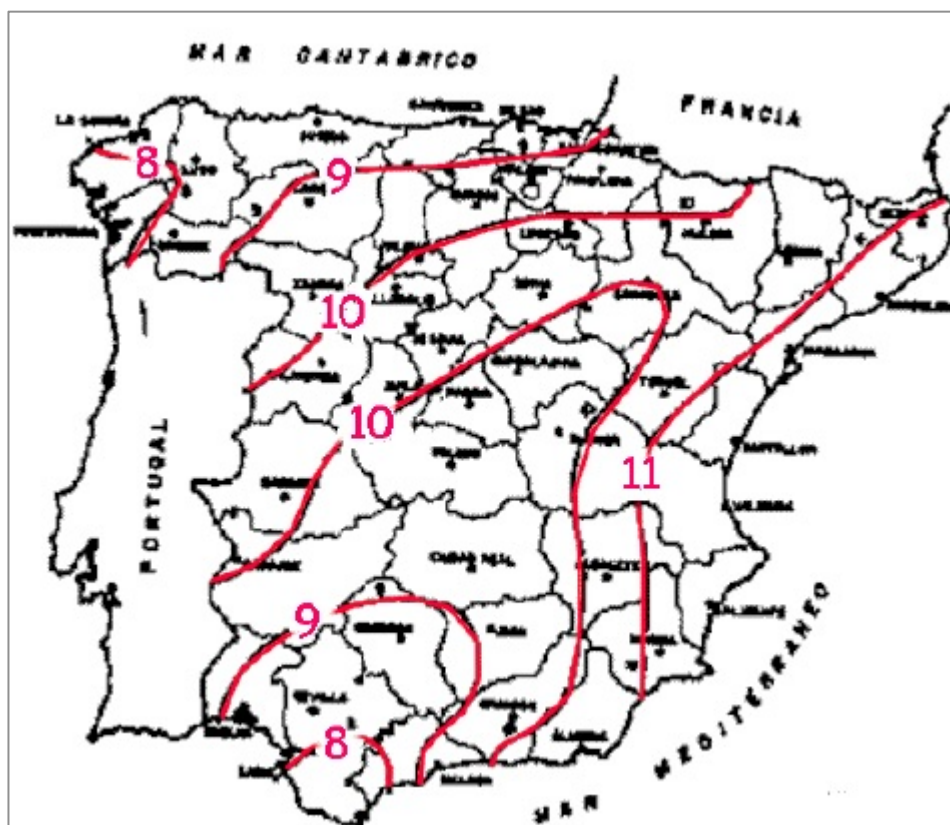


Figura 2. Mapa de isohietas li/ld

Para la utilización de la expresión anterior es necesario conocer el tiempo de concentración, que como se vio anteriormente tiene un valor de $T = 10$ minutos. Que serán $T = 0,1666$ horas.

Así, tras estas suposiciones, las intensidades de lluvia correspondientes a períodos de retorno de 2 y 25 años son las siguientes:

- $T = 2$ años $\rightarrow I_T = 125,54$ mm/h
- $T = 25$ años $\rightarrow I_T = 298,97$ mm/h

➤ COEFICIENTE DE ESCORRENTIA:

Este valor define la proporción de la componente superficial de la precipitación de intensidad I , y depende de la relación entre la precipitación diaria P_d correspondiente al período de retorno y el umbral de escorrentía P_0 , a partir del cual se inicia ésta. Varía con las características de la superficie sobre la que llueve y la cantidad de la lluvia caída.

Para el cálculo del coeficiente de escorrentía para los diferentes períodos de retorno, haremos uso de la siguiente fórmula:

$$C = \frac{\left(\left(\frac{P_d}{P_0}\right) - 1\right) \cdot \left(\left(\frac{P_d}{P_0}\right) + 23\right)}{\left(\left(\frac{P_d}{P_0}\right) + 11\right)^2}$$



El valor de P_0 es el umbral de escorrentía. Éste valor depende de las características de la superficie. En el libro *"Proyectos y obras de urbanización: comentarios, legislación, jurisprudencia, consultas y formularios"* de Antonio Cano Murcia se nos recomienda usar un valor de entre 2 y 5 mm para asfaltos, hormigones y tejados. Utilizaremos un valor de $P_0=4$ mm.

Los resultados que obtenemos para el coeficiente de escorrentía con los diferentes períodos de retorno es, recordando que $P_d(2) = 101,315$ mm/día y $P_d(25) = 241,27$ mm/día:

- $T = 2$ años $\rightarrow C = 0,891$
- $T = 25$ años $\rightarrow C = 0,972$

➤ COEFICIENTE K:

Este es el coeficiente para tener en cuenta la no uniformidad de la lluvia, su valor se calcula con la siguiente ecuación, es necesario el tiempo de concentración en horas:

$$K = 1 + \frac{T_c^{1,25}}{T_c^{1,25} + 14}$$

Consideraremos el tiempo de concentración de 10 minutos, o lo que es lo mismo, $T_c = 0,1666$ horas.

El valor de $K = 1,0075$

2.3.4. Dimensionamiento de la red

Volviendo a la expresión del cálculo del caudal, que recordemos, es la siguiente:

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A \cdot K}{360}$$

Obtenemos los siguientes valores de caudales en función del área, que está expresada en Ha:

- $T = 2$ años $\rightarrow Q = \frac{0,891 \cdot 125,54 \cdot 1,0075 \cdot A}{360} = 0,31304 \cdot A \text{ m}^3/\text{s}$
- $T = 25$ años $\rightarrow Q = \frac{0,972 \cdot 298,97 \cdot 1,0075 \cdot A}{360} = 0,8133 \cdot A \text{ m}^3/\text{s}$

A continuación realizaremos los cálculos. En primer lugar será necesario conocer el área que afecta a cada colector, que como dijimos anteriormente se observa en el *"Plano 19.2 Cuencas de pluviales"*. Podremos entonces, calcular los caudales para los períodos de retorno que hemos determinado.



Tras esto, dimensionaremos la sección del colector para el caudal de período de retorno 25 años; con la pendiente, que como dijimos anteriormente es del 0,05% y el número de Manning, que ya determinamos con anterioridad que era de 0,01.

En las siguientes tablas se observa el dimensionamiento de los diferentes colectores de la red:

Colector		1	2	3	4
T=25	A (m2)	1613.07	1827.05	2285.87	1851.87
	A (Ha)	0.16	0.18	0.23	0.19
	C-Coeficiente de escorrentía	0.97	0.97	0.97	0.97
	I-Intensidad (mm/h)	298.97	298.97	298.97	298.97
	K-Coeficiente de no uniformidad	1.01	1.01	1.01	1.01
T=2	Q25 (m3/s)	0.1312	0.2798	0.1859	0.1506
	C-Coeficiente de escorrentía	0.89	0.89	0.89	0.89
	I-Intensidad (mm/h)	125.54	125.54	125.54	125.54
	K-Coeficiente de no uniformidad	1.01	1.01	1.01	1.01
	Q2 (m3/s)	0.0505	0.1077	0.0716	0.0580
i-Pendiente (m/m)		0.0050	0.0050	0.0050	0.0050
n-Coeficiente Manning		0.01	0.01	0.01	0.01
D necesario (mm)		347.07	461.07	395.55	365.52
D interior (mm)		390,2	487,7	390,2	390,3
Diámetro normalizado		400	500	400	400

Tabla 2. Dimensionamiento de colectores (I)

Colector		5	6	7	8
T=25	A (m2)	1350.49	1409.87	2287.50	665.91
	A (Ha)	0.14	0.14	0.23	0.07
	C-Coeficiente de escorrentía	0.97	0.97	0.97	0.97
	I-Intensidad (mm/h)	298.97	298.97	298.97	298.97
	K-Coeficiente de no uniformidad	1.01	1.01	1.01	1.01
T=2	Q25 (m3/s)	0.1098	0.8408	0.1860	0.0542
	C-Coeficiente de escorrentía	0.89	0.89	0.89	0.89
	I-Intensidad (mm/h)	125.54	125.54	125.54	125.54
	K-Coeficiente de no uniformidad	1.01	1.01	1.01	1.01
	Q2 (m3/s)	0.0423	0.3236	0.0716	0.0208
i-Pendiente (m/m)		0.0050	0.0100	0.0050	0.0050
n-Coeficiente Manning		0.01	0.01	0.01	0.01
D necesario (mm)		324.70	611.68	395.65	249.08
D interior (mm)		390,4	614,6	390,4	390,5
Diámetro normalizado		400	630	400	400

Tabla 3. Dimensionamiento de colectores (II)



Colector		9	10	11	12	13
T=25	A (m2)	1455.56	1066.26	849.95	1166.38	-
	A (Ha)	0.15	0.11	0.08	0.12	-
	C-Coeficiente de escorrentía	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97
	I-Intensidad (mm/h)	298.97	298.97	298.97	298.97	298.97
	K-Coeficiente de no uniformidad	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01
T=2	Q25 (m3/s)	0.1184	0.0867	0.0691	0.0949	0.6093
	C-Coeficiente de escorrentía	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89
	I-Intensidad (mm/h)	125.54	125.54	125.54	125.54	125.54
	K-Coeficiente de no uniformidad	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01
	Q2 (m3/s)	0.0456	0.0334	0.0266	0.0365	0.23452
i-Pendiente (m/m)		0.0050	0.0050	0.0050	0.0050	0.0100
n-Coeficiente Manning		0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
D necesario (mm)		333.96	297.17	272.95	307.34	542.09
D interior (mm)		390,6	390,7	390,8	390,9	546,3
Diámetro normalizado		400	400	400	400	560

Tabla 4. Dimensionamiento de colectores (III)

Como observamos en las tablas, hemos optado por tomar diámetros de 400 mm de tubería en la mayoría de colectores, aunque este diámetro no sea el inmediatamente superior al necesario. Esto se debe a razones económicas y para facilitar procesos de montaje y constructivos, tendremos que comprobar a continuación que cumple las restricciones de velocidad.

Por otro lado, destacaremos que el caudal del 2 incluye el del colector 1, así como el del colector 6 incluye el de todas las anteriores. Siendo éste último el que se conectará con el separador de hidrocarburos para su posterior tratamiento. Tanto el colector 2 como el 6 y, por último, el número 13 serán de diámetros superiores a 400 mm, como podemos observar en las tablas anteriores.

El colector 13, recoge los caudales de los colectores 7, 8, 9, 10, 11 y 12 y lleva el agua hacia el separador de hidrocarburos colocado en el Norte del Puerto, que después de tratar las aguas las lleva a la red general

Algunas de estas últimas conducciones se encuentran ya instaladas con un correcto funcionamiento en el puerto (7, 8 y 9) por lo que se dimensionarán para poder obtener diámetros y colectores generales, pero su utilización es exclusivamente a efectos de cálculo.

Todas estas tuberías, con sus detalles y características, 1 pueden observarse en el "Plano 19.1. Red de saneamiento y alcantarillado" cabe señalar que ninguna de ellas tiene más de 50 metros de longitud.



A continuación, realizaremos las comprobaciones pertinentes de no erosionabilidad y autolimpieza Introduciremos el caudal en m³/s y el diámetro normalizado en mm:

▪ **Colector 1:**

T = 25 años. No erosionabilidad

$$(\theta - \sin\theta)^5 - \theta^2 \cdot \frac{8192}{D^8} \cdot \left(\frac{n \cdot Q}{\sqrt{i}}\right)^3 = 0 \rightarrow \theta = 5,928$$

$$V = \frac{8 \cdot Q}{D^2 \cdot (\theta - \sin\theta)} = 1,098 \text{ m/s} < 4 \text{ m/s OK}$$

T = 2 años. Autolimpieza

$$(\theta - \sin\theta)^5 - \theta^2 \cdot \frac{8192}{D^8} \cdot \left(\frac{n \cdot Q}{\sqrt{i}}\right) = 0 \rightarrow \theta = 2,587$$

$$V = \frac{8 \cdot Q}{D^2 \cdot (\theta - \sin\theta)} = 1,29 \text{ m/s} > 0,9 \text{ m/s OK}$$

▪ **Colector 2:**

T = 25 años. No erosionabilidad

$$(\theta - \sin\theta)^5 - \theta^2 \cdot \frac{8192}{D^8} \cdot \left(\frac{n \cdot Q}{\sqrt{i}}\right)^3 = 0 \rightarrow \theta = 4,034$$

$$V = \frac{8 \cdot Q}{D^2 \cdot (\theta - \sin\theta)} = 1,96 \text{ m/s} < 4 \text{ m/s OK}$$

T = 2 años. Autolimpieza

$$(\theta - \sin\theta)^5 - \theta^2 \cdot \frac{8192}{D^8} \cdot \left(\frac{n \cdot Q}{\sqrt{i}}\right) = 0 \rightarrow \theta = 2,725$$

$$V = \frac{8 \cdot Q}{D^2 \cdot (\theta - \sin\theta)} = 1,562 \text{ m/s} > 0,9 \text{ m/s OK}$$



▪ **Colector 3:**

T = 25 años. No erosionabilidad

$$(\theta - \sin\theta)^5 - \theta^2 \cdot \frac{8192}{D^8} \cdot \left(\frac{n \cdot Q}{\sqrt{i}}\right)^3 = 0 \rightarrow \theta = 4,738$$

$$V = \frac{8 \cdot Q}{D^2 \cdot (\theta - \sin\theta)} = 1,702 \text{ m/s} < 4 \text{ m/s OK}$$

T = 2 años. Autolimpieza

$$(\theta - \sin\theta)^5 - \theta^2 \cdot \frac{8192}{D^8} \cdot \left(\frac{n \cdot Q}{\sqrt{i}}\right)^3 = 0 \rightarrow \theta = 2,899$$

$$V = \frac{8 \cdot Q}{D^2 \cdot (\theta - \sin\theta)} = 1,414 \text{ m/s} > 0,9 \text{ m/s OK}$$

▪ **Colector 4:**

T = 25 años. No erosionabilidad

$$(\theta - \sin\theta)^5 - \theta^2 \cdot \frac{8192}{D^8} \cdot \left(\frac{n \cdot Q}{\sqrt{i}}\right)^3 = 0 \rightarrow \theta = 3,974$$

$$V = \frac{8 \cdot Q}{D^2 \cdot (\theta - \sin\theta)} = 1,68 \text{ m/s} < 4 \text{ m/s OK}$$

T = 2 años. Autolimpieza

$$(\theta - \sin\theta)^5 - \theta^2 \cdot \frac{8192}{D^8} \cdot \left(\frac{n \cdot Q}{\sqrt{i}}\right)^3 = 0 \rightarrow \theta = 2,703$$

$$V = \frac{8 \cdot Q}{D^2 \cdot (\theta - \sin\theta)} = 1,34 \text{ m/s} > 0,9 \text{ m/s OK}$$



▪ **Colector 5:**

T = 25 años. No erosionabilidad

$$(\theta - \sin\theta)^5 - \theta^2 \cdot \frac{8192}{D^8} \cdot \left(\frac{n \cdot Q}{\sqrt{i}}\right)^3 = 0 \rightarrow \theta = 3,405$$

$$V = \frac{8 \cdot Q}{D^2 \cdot (\theta - \sin\theta)} = 1,57 \text{ m/s} < 4 \text{ m/s OK}$$

T = 2 años. Autolimpieza

$$(\theta - \sin\theta)^5 - \theta^2 \cdot \frac{8192}{D^8} \cdot \left(\frac{n \cdot Q}{\sqrt{i}}\right)^3 = 0 \rightarrow \theta = 2,451$$

$$V = \frac{8 \cdot Q}{D^2 \cdot (\theta - \sin\theta)} = 1,23 \text{ m/s} > 0,9 \text{ m/s OK}$$

▪ **Colector 6:**

T = 25 años. No erosionabilidad

$$(\theta - \sin\theta)^5 - \theta^2 \cdot \frac{8192}{D^8} \cdot \left(\frac{n \cdot Q}{\sqrt{i}}\right)^3 = 0 \rightarrow \theta = 4,473$$

$$V = \frac{8 \cdot Q}{D^2 \cdot (\theta - \sin\theta)} = 3,27 \text{ m/s} < 4 \text{ m/s OK}$$

▪ **T=2 años. Autolimpieza**

$$(\theta - \sin\theta)^5 - \theta^2 \cdot \frac{8192}{D^8} \cdot \left(\frac{n \cdot Q}{\sqrt{i}}\right)^3 = 0 \rightarrow \theta = 2,851$$

$$V = \frac{8 \cdot Q}{D^2 \cdot (\theta - \sin\theta)} = 2,67 \text{ m/s} > 0,9 \text{ m/s OK}$$



▪ **Colector 7:**

T = 25 años. No erosionabilidad

$$(\theta - \sin\theta)^5 - \theta^2 \cdot \frac{8192}{D^8} \cdot \left(\frac{n \cdot Q}{\sqrt{i}}\right)^3 = 0 \rightarrow \theta = 4,742$$

$$V = \frac{8 \cdot Q}{D^2 \cdot (\theta - \sin\theta)} = 1,70 \text{ m/s} < 4 \text{ m/s OK}$$

T = 2 años. Autolimpieza

$$(\theta - \sin\theta)^5 - \theta^2 \cdot \frac{8192}{D^8} \cdot \left(\frac{n \cdot Q}{\sqrt{i}}\right)^3 = 0 \rightarrow \theta = 2,899$$

$$V = \frac{8 \cdot Q}{D^2 \cdot (\theta - \sin\theta)} = 1,415 \text{ m/s} > 0,9 \text{ m/s OK}$$

▪ **Colector 8**

T = 25 años. No erosionabilidad

$$(\theta - \sin\theta)^5 - \theta^2 \cdot \frac{8192}{D^8} \cdot \left(\frac{n \cdot Q}{\sqrt{i}}\right)^3 = 0 \rightarrow \theta = 2,645$$

$$V = \frac{8 \cdot Q}{D^2 \cdot (\theta - \sin\theta)} = 1,31 \text{ m/s} < 4 \text{ m/s OK}$$

T = 2 años. Autolimpieza

$$(\theta - \sin\theta)^5 - \theta^2 \cdot \frac{8192}{D^8} \cdot \left(\frac{n \cdot Q}{\sqrt{i}}\right)^3 = 0 \rightarrow \theta = 2,001$$

$$V = \frac{8 \cdot Q}{D^2 \cdot (\theta - \sin\theta)} = 1,003 \text{ m/s} > 0,9 \text{ m/s OK}$$



▪ **Colector 9:**

T = 25 años. No erosionabilidad

$$(\theta - \sin\theta)^5 - \theta^2 \cdot \frac{8192}{D^8} \cdot \left(\frac{n \cdot Q}{\sqrt{i}}\right)^3 = 0 \rightarrow \theta = 3,518$$

$$V = \frac{8 \cdot Q}{D^2 \cdot (\theta - \sin\theta)} = 1,601 \text{ m/s} < 4 \text{ m/s OK}$$

T = 2 años. Autolimpieza

$$(\theta - \sin\theta)^5 - \theta^2 \cdot \frac{8192}{D^8} \cdot \left(\frac{n \cdot Q}{\sqrt{i}}\right)^3 = 0 \rightarrow \theta = 2,507$$

$$V = \frac{8 \cdot Q}{D^2 \cdot (\theta - \sin\theta)} = 1,25 \text{ m/s} > 0,9 \text{ m/s OK}$$

▪ **Colector 10:**

T = 25 años. No erosionabilidad

$$(\theta - \sin\theta)^5 - \theta^2 \cdot \frac{8192}{D^8} \cdot \left(\frac{n \cdot Q}{\sqrt{i}}\right)^3 = 0 \rightarrow \theta = 3,103$$

$$V = \frac{8 \cdot Q}{D^2 \cdot (\theta - \sin\theta)} = 1,486 \text{ m/s} < 4 \text{ m/s OK}$$

T = 2 años. Autolimpieza

$$(\theta - \sin\theta)^5 - \theta^2 \cdot \frac{8192}{D^8} \cdot \left(\frac{n \cdot Q}{\sqrt{i}}\right)^3 = 0 \rightarrow \theta = 2,286$$

$$V = \frac{8 \cdot Q}{D^2 \cdot (\theta - \sin\theta)} = 1,146 \text{ m/s} > 0,9 \text{ m/s OK}$$



▪ **Colector 11:**

T = 25 años. No erosionabilidad

$$(\theta - \sin\theta)^5 - \theta^2 \cdot \frac{8192}{D^8} \cdot \left(\frac{n \cdot Q}{\sqrt{i}}\right)^3 = 0 \rightarrow \theta = 2,864$$

$$V = \frac{8 \cdot Q}{D^2 \cdot (\theta - \sin\theta)} = 1,402 \text{ m/s} < 4 \text{ m/s OK}$$

T = 2 años. Autolimpieza

$$(\theta - \sin\theta)^5 - \theta^2 \cdot \frac{8192}{D^8} \cdot \left(\frac{n \cdot Q}{\sqrt{i}}\right)^3 = 0 \rightarrow \theta = 2,142$$

$$V = \frac{8 \cdot Q}{D^2 \cdot (\theta - \sin\theta)} = 1,08 \text{ m/s} > 0,9 \text{ m/s OK}$$

▪ **Colector 12:**

T = 25 años. No erosionabilidad

$$(\theta - \sin\theta)^5 - \theta^2 \cdot \frac{8192}{D^8} \cdot \left(\frac{n \cdot Q}{\sqrt{i}}\right)^3 = 0 \rightarrow \theta = 3,211$$

$$V = \frac{8 \cdot Q}{D^2 \cdot (\theta - \sin\theta)} = 1,52 \text{ m/s} < 4 \text{ m/s OK}$$

T = 2 años. Autolimpieza

$$(\theta - \sin\theta)^5 - \theta^2 \cdot \frac{8192}{D^8} \cdot \left(\frac{n \cdot Q}{\sqrt{i}}\right)^3 = 0 \rightarrow \theta = 2,345$$

$$V = \frac{8 \cdot Q}{D^2 \cdot (\theta - \sin\theta)} = 1,176 \text{ m/s} > 0,9 \text{ m/s OK}$$



▪ **Colector 13:**

T = 25 años. No erosionabilidad

$$(\theta - \sin\theta)^5 - \theta^2 \cdot \frac{8192}{D^8} \cdot \left(\frac{n \cdot Q}{\sqrt{i}}\right)^3 = 0 \rightarrow \theta = 4,440$$

$$V = \frac{8 \cdot Q}{D^2 \cdot (\theta - \sin\theta)} = 3,02 \text{ m/s} < 4 \text{ m/s OK}$$

T = 2 años. Autolimpieza

$$(\theta - \sin\theta)^5 - \theta^2 \cdot \frac{8192}{D^8} \cdot \left(\frac{n \cdot Q}{\sqrt{i}}\right) = 0 \rightarrow \theta = 2,843$$

$$V = \frac{8 \cdot Q}{D^2 \cdot (\theta - \sin\theta)} = 2,47 \text{ m/s} > 0,9 \text{ m/s OK}$$

En el "*Plano 19.1. Red de Saneamiento y alcantarillado*" se observa como los colectores están conectados, la alineación de los pozos de registro e imbornales y la ubicación de los separadores de hidrocarburos.

2.3.5. Otros elementos del sistema

En cuanto a los pozos de registro, citaremos que son elementos que se instalan en la red para permitir el acceso, inspección o limpieza de la red. En el "*Plano 19.3 Detalles saneamiento*".

Por último, una vez calculadas las velocidades, colocaremos sumideros sifónicos, para zonas de grandes áreas procedentes de catálogos comerciales la empresa JIMTEN. Estos sumideros se colocarán junto a los pozos de registro, que como indicamos anteriormente conectan tramos de colectores de menos de 50 metros. Las características de los sumideros sifónicos son las siguientes:



S-246

Sumidero sifónico autolimpiante

PVC ● ●

ref.	medida	color	De	A1	A2	h	hs	
24060	150x150	Ø50	●	75	150	130	90	50
24061	150x150	Ø50	●	75	150	130	90	50
24100	200x200	Ø75	●	110	200	172	90	50
24101	200x200	Ø75	●	110	200	172	90	50
24080	250x250	Ø90	●	90	250	201	97	50
24081	250x250	Ø90	●	90	250	201	97	50
24090	250x250	Ø110	●	110	250	201	97	50
24091	250x250	Ø110	●	110	250	201	97	50
24230	300x300	Ø125	●	125	300	239	99	50

Cuerpo y rejilla en PVC. Salida vertical para encolar.

Velocidad de evacuación (Q)

> 1,36 l/s

> 1,36 l/s

> 2,42 l/s

> 2,42 l/s

> 2,90 l/s

> 2,90 l/s

> 3,50 l/s

> 3,50 l/s

> 4,00 l/s

Testado según
EN 1253-1

Figura 3. Sumidero sifónico autolimpiante

Escogeremos sumideros de 250 x 250 mm, para diámetros de 110 mm y, que como podemos observar en la figura anterior, permiten evacuar caudales de más de 3,5 l/s, puesto que como hemos calculado, este es aproximadamente el caudal máximo, en el caso más desfavorable que circularía por los colectores.

2.4. Tratamiento de las aguas hidrocarburadas

Con objeto de no contaminar las aguas pluviales y residuales de la red de Oliva, se ha previsto instalar un separador de hidrocarburos en dichas conexiones (norte y sur).

El tratamiento que reciben las aguas hidrocarburadas consta de tres etapas.

En primer lugar en el interior del decantador- separador de hidrocarburos se deja que se posen los lodos y fangos. Después se separan las partículas de hidrocarburos que flotan en la parte superior del agua, debido a que la densidad de los hidrocarburos es menor que la del agua. Una vez realizadas estas dos operaciones, todavía quedan partículas de hidrocarburos en el agua que, debido a su pequeño tamaño no flotan. Por último, para eliminar estas pequeñas partículas se pasa el flujo de agua a través de unos filtros de coalescencia, donde se unen formando otras más grandes que quedan flotando en la superficie.

Una vez separados los hidrocarburos el agua ya puede verterse a la red general de alcantarillado.

2.4.1. Descripción del separador

El separador de hidrocarburos realiza una depuración física, separando por gravedad arenas, aceites e hidrocarburos provenientes del puerto. Es de polietileno lineal de alta densidad, diseñado para ir enterrado.

Los separadores a instalar provendrán de la empresa ROTOTANK.

Consta de doble decantación, célula coalescente extraíble para su limpieza y válvula automática de cierre para su salida. Del catálogo comercial observamos las características de los separadores. Los separadores a instalar, tienen una capacidad de 15.000 litros, caudal 30l/s y dimensiones: longitud 5 m, diámetro 2 m y altura 2,18 m.

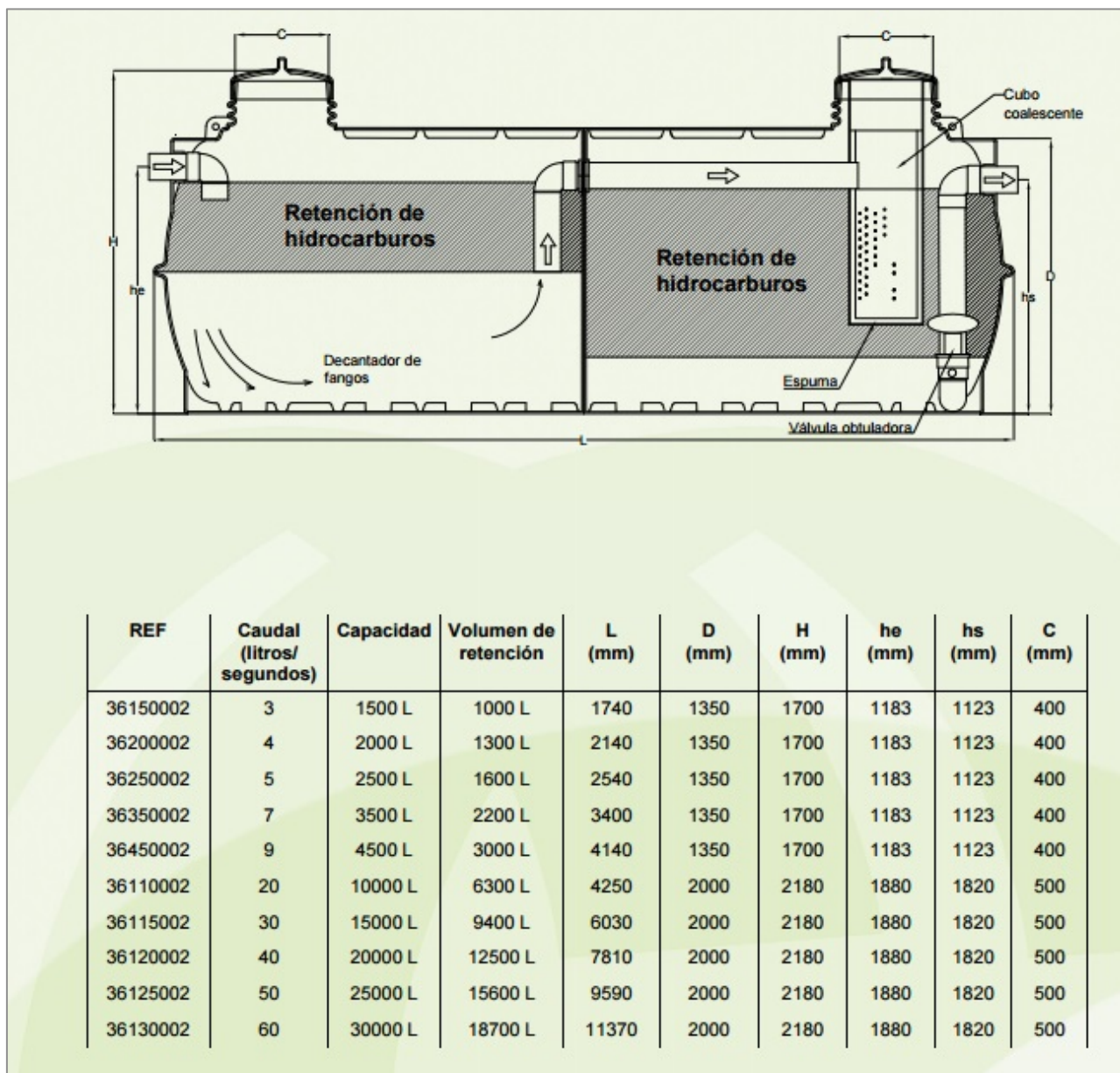


Figura 4. Características y esquema-funcionamiento del separador

2.5. Red de aguas residuales

2.5.1. Aguas residuales de los edificios

En primer lugar, puesto que hemos aumentado la demanda de amarres en el puerto, tendremos que aumentar el número de servicios sanitarios en el mismo.



Para ello, sabemos que actualmente se dispone en el puerto de un vestuario masculino y otro femenino con duchas ubicado en el edificio del club social, y los siguientes aseos:

Zona del puerto	Hombre	Mujer
Marina norte	2	2
Restaurante	2	2
Vestuarios	4	4

Tabla 5. Aseos actuales en el puerto

Para el dimensionamiento de los servicios sanitarios se ha recurrido a valores orientativos del "Marinas and small craft harbors" Bruce O. Toblasson Westviking Press 2000. En la *Tabla 6* se muestra:

No. of Seasonal Wet Slips	Toilets		Urinals	Lavatories		Showers		Pumpout Stations
	F	M	M	F	M	F	M	
0 - 50	1	1	1	1	1	0	0	1
51 - 100	2	1	1	1	1	1	1	1
101 - 150	3	2	2	2	2	2	2	2
151 - 200	4	2	2	3	2	2	2	2
201 - 250	5	3	3	4	3	3	3	3
251 - 300	6	3	3	4	4	3	3	3

Tabla 6. Valores orientativos "Marinas and small craft harbors" ruce O. Toblasson Westviking Press 2000

Dado que los valores de la tabla son demasiado ajustados se aconseja redondear a la centena superior la cantidad de amarres de los que se dispone para llevar a cabo el dimensionamiento de los servicios sanitarios.

Por otro lado, al superar los 300 amarres se ha de sumar 1 unidad a cada uno de los servicios por cada centena de más

Atendiendo a ambas recomendaciones y siguiendo los valores orientativos de la tabla se obtienen los siguientes resultados para nuestro caso particular, en el que dispondremos de 599 amarres:

Aseos		Urinarios	Lavabos		Duchas		Estaciones de bombeo
F	M	M	F	M	F	M	
9	6	6	7	7	6	6	6

Tabla 7. Servicios sanitarios en el puerto



Partiendo de que las redes de aguas residuales existentes se encuentran en buen estado y funcionamiento, nos encargaremos de dimensionar y diseñar las redes de aguas residuales correspondientes a los nuevos servicios de la escuela de vela, puesto que en la marina seca no necesitaremos servicios sanitarios, ya que en la zona Norte del puerto hay unos servicios actualmente que vierten las aguas residuales a una fosa séptica. Utilizaremos la "Normativa para instalaciones interiores de suministro de agua".

Aparato	Consumo (l/s)
Lavabo	0,10
Bidé	0,10
Inodoro	0,10
Bañera	0,30
Ducha	0,20
Fregadero	0,20

Tabla 8. Consumo de aparatos sanitarios

Visto esto, se dispone en el edificio de la escuela de vela, de unos vestuarios con 5 duchas, 5 lavabos y 5 inodoros cada uno que permitan abastecer de manera correcta al puerto tras la nueva ampliación. El consumo será por lo tanto, aplicando un coeficiente de simultaneidad de 0,75 de:

$$Q_{med} = (5 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,1) \cdot 2 \cdot 0,75 = 3 \text{ l/s.}$$

Observando estos da La estimación del caudal medio de aguas residuales viene directamente definida por el consumo de agua potable. Este caudal medio no podemos aplicarlo al diseño de la red de saneamiento, puesto que necesitaremos el caudal máximo instantáneo. No puede utilizarse el caudal punta de agua potable pues, está funcionando en lámina libre y se produce una laminación que disminuye el caudal punta.

A falta de datos conocidos, utilizaremos, para determinar el caudal punta de aguas residuales, la siguiente expresión, que aplica un coeficiente reductor al caudal medio de aguas potables, en m³/h.

$$Q_{max} = Q_{med} \cdot \left(1,15 + \frac{2,575}{Q_{med}^{\frac{1}{4}}} \right) \left[\frac{m^3}{h} \right]$$

Los consumos de agua potable , para el nuevo edificio que se va a construir y en los que será necesario evacuar las aguas residuales son los siguientes:

- Escuela de vela: $Q_{med} = 3 \text{ l/s} = 10,8 \text{ m}^3/\text{h.}$



Por tanto, resolviendo la fórmula anterior, obtenemos un caudal punta de $Q_{\text{máx}} = 27,76 \text{ m}^3/\text{h}$

2.5.2. Dimensionamiento de la red

La conducción parte de la escuela de vela e irá conectada a un filtro, indicado en el "*Plano 19.1 Red de saneamiento y alcantarillado*" y que dispone de un pozo de bombeo que se encarga de impulsar las aguas ya filtradas hacia la conexión general.

En el acceso principal del puerto las redes de aguas residuales, se conectan a un colector central general que recoge todas las aguas, que dispone de sistemas de bombeo y que posteriormente las llevará a la EDAR más cercana.

Realizaremos un proceso de cálculo, en el que, seleccionaremos la pendiente, que en nuestro caso será de 0, y el material; que es PVC, por lo que el número de Manning que determina la rugosidad es de 0,01.

De la misma manera que en el apartado de aguas pluviales, determinaremos el diámetro necesario y tendremos que escoger el diámetro inmediatamente superior normalizado, cuyos valores van de 160 a 315 mm.

Todo este proceso se observa en la *Tabla 8*:

Colector	R1
Qmed (l/s)	3.00
Qmed (m³/h)	10.80
Qmáx (m³/h)	27.7607
Qmáx (m³/s)	0.0077
i-Pendiente (m/m)	0.005
n-Coeficiente Manning	0.01
D necesario (mm)	119.92
D interior (mm)	152.00
Diámetro normalizado	160

Tabla 9. Dimensionamiento colectores residuales

Por último realizaremos las comprobaciones de velocidad del agua en el colector que deberán ser superiores a 0,6 m/s e inferiores a 4 m/s. Introduciremos el caudal en m³/s y el diámetro normalizado en mm:

▪ *Colector R1:*

T = 25 años. No erosionabilidad

$$(\theta - \sin\theta)^5 - \theta^2 \cdot \frac{8192}{D^8} \cdot \left(\frac{n \cdot Q}{\sqrt{i}}\right)^3 = 0 \rightarrow \theta = 3,214$$



$$V = \frac{8 \cdot Q}{D^2 \cdot (\theta - \sin\theta)} = 0,812 \text{ m/s} < 4 \text{ m/s OK}$$

$$V = \frac{8 \cdot Q}{D^2 \cdot (\theta - \sin\theta)} = 0,812 \text{ m/s} > 0,6 \text{ m/s OK}$$

2.5.3. Aguas residuales de las embarcaciones

Para el caso de las embarcaciones, actualmente no existe una red de saneamiento en este sentido. puesto que los barcos que se encuentran en el puerto no están preparados para conectarse a una red de saneamiento con colectores, que puedan extraer las aguas residuales de los mismos.

La principal producción de aguas residuales proviene de los sólidos decantados, la medida que se tomará en el puerto para solucionar este problema será la prohibición de verter al agua; tanto sólidos como líquidos y disponiendo en la zona terrestre de depósitos con sacos intercambiables cada 30 metros, donde un operario extrae las aguas residuales mediante una manguera.

Por último, se recomienda a los propietarios que dispongan la instalación de servicios químicos en las embarcaciones susceptibles de ello.



3. RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

3.1. Introducción

En el presente apartado, se dimensionará, la red de abastecimiento de agua potable de la ampliación del Puerto de "La Goleta" de Oliva. Las instalaciones existentes, se consideran suficientes y con un correcto funcionamiento, por lo tanto, no se plantea una modificación en las mismas.

Se procede a dimensionar los suministros de aguas para los nuevo edificios (escuela de vela), garantizar servicios a la embarcaciones, bocas de riego e incendio y estación de combustibles.

La toma general para el abastecimiento de agua potable, se realiza desde la conducción ya existente que suministra agua al puerto actualmente.

En primer lugar, se ha diseñado el trazado en planta para ver las longitudes de tuberías hacia los sitios a los que debe abastecer. Se calcularán los caudales necesarios en cada nudo siguiendo ciertos requisitos. Seguido, se obtendrán los diámetros de las tuberías y, por último, con el programa EPANET, se han comprobado las comprobaciones pertinentes.

3.2. Descripción de la red

Como ya hemos dicho, la toma general para el abastecimiento parte desde la conducción ya existente, que abastece al edificio principal del club náutico, piscina, dársenas actual, zonas verdes, marina norte, etc. La presión mínima necesaria será de 25 m.c.a. para así garantizar un correcto funcionamiento de la red.

Si al comprobar las características de la conducción, la presión es inferior a la adoptada, se instalará un depósito de compresión con un sistema de bombeo.

Se adopta una red ramificada, compuesta por un conjunto de instalaciones, cada una con una sola tubería por la que circula el agua potable, depurada y esterilizada. El agua sólo puede seguir un camino para llegar a cada uno de los nudos del sistema. Esta red presenta problemas en los puntos en los puntos finales por el estancamiento de aguas y la pérdida de efectividad del cloro residual por el paso del tiempo en estas zonas sin que el agua se recicle, por esto necesita de un mantenimiento exhaustivo. Además, en caso de averías, el conducto deja sin servicio a los tramos que están aguas debajo de este.

Las ventajas que presenta es que es una red con facilidad de explotación, con un sistema de válvulas jerarquizado y coste bajo de implantación.



Estas ventajas e inconvenientes se comentan respecto a una red mallada, que suministraría en el caso de avería, pero, que incurriría en un sobrecoste muy elevado, además de que observando nuestro esquema de red no es el más indicado.

Este agua, no solo se destinará al consumo humano, sino que, también tendrá que ser utilizada para otras actividades como extinción de incendio, actividades industriales y en general, cualquier actividad que por sí misma no necesite de agua potable. Pero esto, se debe a que estas redes minoritarias no tienen entidad como para crear una nueva red.

Cada canalización arrancará de otra jerárquicamente superior, consiguiendo una morfología arborescente.

Es necesario realizar el trazado en planta, siguiendo el trazado de los viales que conforman el puerto y considerando que la red existente está en buen funcionamiento, la nueva red de abastecimiento de agua potable, en la parte sur, abastecerá a la nueva dársena, considerando el muelle de combustibles y los pantalanes. En la zona del club náutico surge un nuevo ramal para abastecer a zonas verdes y nuevo edificio de la escuela de vela.

En la zona norte, a pesar de construir un nuevo edificio, que es la marina seca, ésta no necesita de servicios sanitarios, puesto que el actual puerto dispone de unos a pocos metros. En cuanto a bocas de incendio, consideramos que actualmente en toda esta zona ya están correctamente dispuestas. Lo único que será necesario, será realizar una conexión a la red de abastecimiento general de Oliva en el acceso norte

Las canalizaciones deben estar enterradas un mínimo de 0,8 metros. Conviene que las canalizaciones de distribución de agua vayan por distinta zanja que las de alcantarillado, y en el caso de que vayan por la misma, que esta última sea más profunda. Las zanjas serán de anchura 0,5 metros más el diámetro exterior. Los detalles de esta red se muestran en el *"Plano 20.2 Detalles abastecimiento"*

La normativa que aplicaremos en el cálculo será:

- NTE -IFA.
- NTE -CPI/96: *Condiciones de protección contra incendios.*
- *Reglamento de la Ley de Puertos Deportivos. (Aunque no es de obligado desempeño ya que los puertos deportivos se han transferido a las autonomías).*

En la siguiente figura, las líneas de color azul, nos permiten observar las redes de abastecimiento que se dimensionarán:

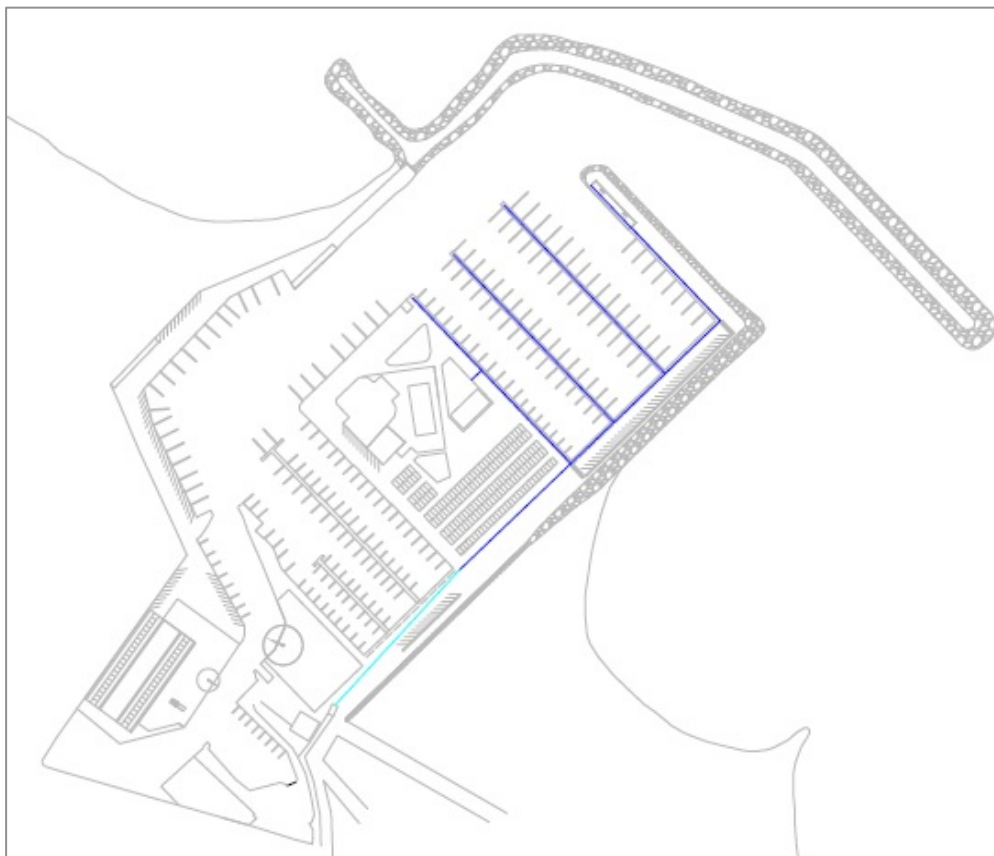


Figura 5. Red de abastecimiento de agua potable

3.3. Materiales

Para la red de abastecimiento de agua potable, se utilizarán tuberías de Polietileno de Alta Densidad Banda Azul PE 100. La razón por la que se ha elegido este material es por las siguientes ventajas:

- Tiene una vida útil de 50 años.
- Excelente estanqueidad e impermeabilidad a los gases.
- Flexibilidad: Grandes longitudes con menos uniones, radios de curvatura más pequeños, fácil adaptabilidad al terreno y el suministro en grandes longitudes, además de ser un material muy ligero. Se sirven en rollos.
- Buena resistencia a los ataques químicos y a la corrosión.
- Resistencia a las bajas temperaturas (mejor que el PVC), mucho menos frágil.
- Resistencia a las intemperies y a los rayos ultravioletas (en nuestro caso, están bajo tierra).
- Bajo coeficiente de rugosidad, supone pérdidas de carga bajas y ausencia de incrustaciones, permite evitar la sedimentación y aseguran menos pendientes.



- El módulo de elasticidad del material hace que sea mucho menos sensible al golpe de ariete.

El rango de diámetros normalizados será: 60, 80, 100, 125, 150, 175, 200, 250, 300, 350, 400, 450.

El diámetro nominal se refiere al exterior del tubo. Por otro lado, los cálculos hidráulicos deberán pasarse al diámetro interior.

Se emplearán PE 100 con una presión de 60 m.c.a., es decir la presión normalizada de los tubos es de, PN 6.

3.4. Red anti-incendio

Para el diseño de la red contra-incendios se deberá seguir el *Reglamento de la Ley de puertos deportivos*, que conlleva colocar en todo el puerto extintores de polvo de 5 kg cada 20 m en aquellos lugares que no haya una disposición de hidrantes de incendio, como en edificios, etc.

Se utilizará la red de agua potable para su uso, en caso de necesidad, ya que no consideramos que sea preciso la construcción de una nueva red específica para cubrir este hecho eventual. En caso de incendio, se utilizarán las bocas de incendio, utilizando las otras lo menos posible. En estos puntos deberá tenerse una presión mayor a 10 m.c.a.

Consideraremos aparte las zonas del puerto más peligrosas (depósito de combustible) a las que garantizaremos un caudal mínimo de 5 l/s exigido en este tipo de instalaciones. Considerando que la demanda ya está cubierta en la red preexistente.

La separación entre las tomas de incendio y la mitad más exterior de los pantalanes puede ser superior a 50 m, distancia que logra una manguera normal (30 metros de tubo y 20 de chorro). Se exige por lo tanto, que existan mangueras de este tipo en la marina seca, para acceder a las mismas de manera rápido. Deberá comprobarse que las longitudes sean suficientes.

Las bocas de riego o incendio, también llamadas hidrantes, dispondrán de una válvula o mecanismo de cierre, y de un sistema de enlace rápido con la manguera.

Atendiendo al *Reglamento de Instalaciones de Protección contra Incendios del Real Decreto 1942/1993 de 5 de Noviembre*, los hidrantes deben cumplir los siguientes requisitos:

- Encontrarse en lugares fácilmente accesibles, fuera del espacio destinado a circulación y estacionamiento de vehículos.
- Señalizado conforme la *Norma UNE 23 033*.
- La máxima distancia entre ellos medida por espacios públicos será de 200 metros.

Existen dos tipos de hidrante atendiendo a su forma, hidrante empotrado en el pavimento e hidrante columna. Se muestra en la siguientes figuras:

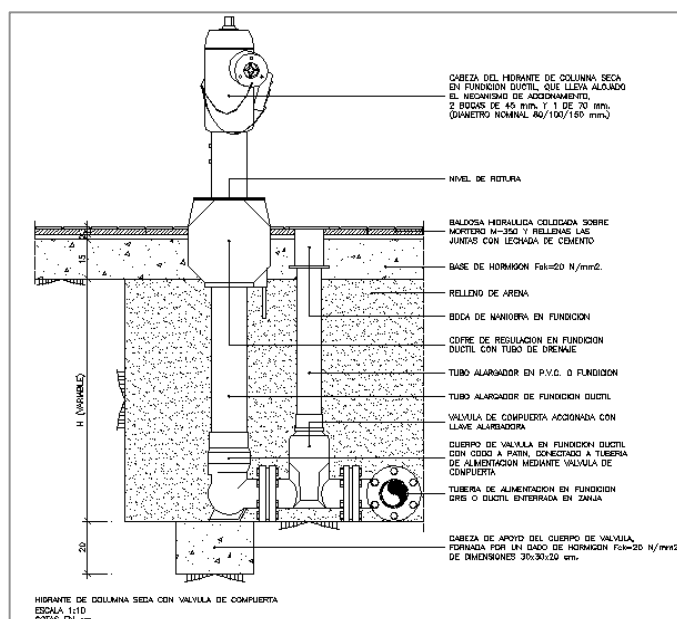


Figura 6. Hidrante columna

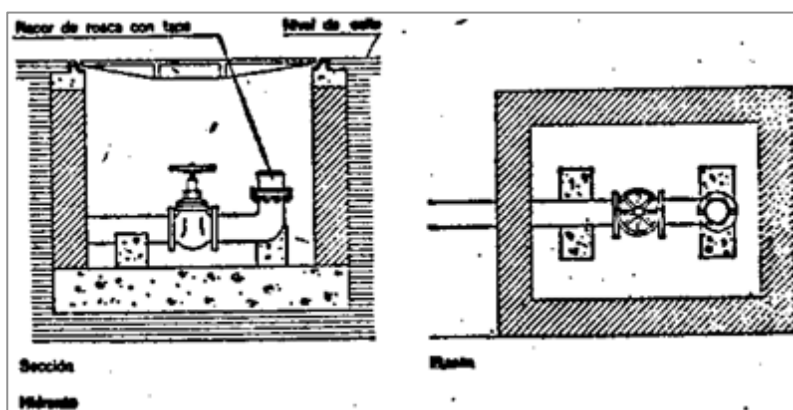


Figura 7. Hidrante empotrado

Seleccionaremos el hidrante empotrado en pavimento ya que es el actualizado actualmente en el puerto, el más usado en España y no entorpece la visión en conjunto.

Los diámetros utilizados en las bocas de incendio serán normalizados de 45 mm, contando con un sistema de acople rápido de manguera del tipo denominado TB que cuenta con tres dientes de sujeción y en laza con un simple giro de 60°.

Se cumplirá el diámetro mínimo de 100 mm para los hidrantes y de 150 mm en la zona de combustibles.

La disposición de los nuevos hidrantes, cuya distancia entre sí es inferior a 50 metros, podemos observarla en el "Plano 20.1 Red de abastecimiento e incendio":



3.5. Red de distribución de agua potable

Determinaremos, primero, los caudales de cálculo y luego dimensionaremos las diferentes tuberías.

3.5.1. Método de cálculo

Para el cálculo de la red, deberá conocerse el caudal que circula por cada tramo de la misma. Tras obtener el caudal de servicio, será necesario saber el caudal que circula por las conducciones en tránsito para dimensionar la red. Después, como se dijo anteriormente se realizarán los cálculos con EPANET

Cuando se determinen estos valores junto a las características geométricas de la red a calcular, seguiremos el siguiente proceso de cálculo:

1. Determinar las pérdidas de carga por metro lineal con la fórmula de Darcy-Weissbach:

$$J = f \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g \cdot D} \cdot L = f \cdot 0,0827 \cdot \frac{Q^2}{D^5} \cdot L$$

Donde:

- J : Pérdida de carga por fricción en el conducto.
- v : Velocidad media.
- g : Aceleración de la gravedad.
- d : Diámetro del conducto.
- L : Longitud del conducto.
- f : Factor de fricción, obtenido a partir de la expresión de Colebrook-White:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \cdot \log \left[\left(\frac{K}{3,71 \cdot D} \right) + \left(\frac{2,51}{Re \cdot \sqrt{f}} \right) \right]$$

- Con Re, número de Reynolds:

$$Re = \frac{v \cdot D}{\mu}$$

- Q: Caudal circulante.

Como se utilizará una tubería de polietileno, se adoptan los siguientes valores:

$$\mu = 1,148 \cdot 10^{-6} \frac{m^2}{s} (a 15^{\circ}C)$$

$$K = 0,007 \text{ mm (Guía técnica CEDEX)}$$



2. La presión mínima en cada tramo se obtendrá aplicando Bernoulli:

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2 \cdot g} + h_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2 \cdot g} + h_2 + \Delta H$$

Deberán cumplirse las siguientes condiciones:

- La presión mínima en todos los tramos de la red debe ser superior a 25 m.c.a., pues se garantiza el correcto funcionamiento de la red, y sobre todo de los utensilios que precisan al menos 8 m.c.a.
- En las bocas de riego o de incendios, la presión deberá ser un poco mayor (10 m.c.a.) para permitir el abastecimiento de vehículos o embarcaciones con autobomba, o bien conectar directamente a ellos la manguera.
- La presión a la entrada viene impuesta y tiene un valor de 40 m.c.a.
- Las velocidades deben estar comprendidas entre 0,5 y 2,5 m/s aproximadamente, ya que velocidades menores favorecerían la sedimentación en algunas zonas de la red y si fuera mayor habría problemas de resistencia mecánica.

Todos estos cálculos se realizarán mediante el programa EPANET, que, introduciendo los datos calcula presiones y velocidades en los nudos y tuberías, respectivamente.

3.5.2. Caudal de cálculo

Se deberá cumplir la legislación vigente tanto en caudales como en velocidades y presiones a lo largo de las conducciones, garantizando unos caudales mínimos para el abastecimiento. El dimensionamiento se realizará exclusivamente para la nueva dársena y zonas colindantes, como son el contradique, los muelles del club náutico, en el que se encuentra la escuela de velay estación de combustible. En la zona norte, apuntaremos que la red existente que consideramos que tiene un buen funcionamiento se conectará a la red general en el acceso Norte y no serán necesarias nuevas tuberías, puesto que la marina seca no necesita, ya que cuenta con servicios sanitarios cercanos y una red de riego e incendio ya construida, dado que se en esa zona se encontraba la zona de varada),

➤ RED DE ABASTECIMIENTO SUR:

Para el cálculo de las redes ramificada, se obtendrá el caudal de servicio teniendo en cuenta, en primer lugar las embarcaciones, después consumo de usuarios, consumo de edificios y considerando las dos hipótesis:

- En la nueva dársena, se coloca una toma por cada cuatro embarcaciones, las cuales, en el caso de disponerse en pantalanos se colocan en torretas con iluminación, abastecimiento



eléctrico y de agua (ver apartado 4.2.2 Figura 17) distribuidas una enfrente de la otra en la zona exterior del pantalán, en el caso de muelles las tomas serán más sencillas (46 tomas para los 184 amarres) de 25 l/min., que supera el mínimo de 20 l/min. que establece la Ley 35/1969, de 26 de abril, sobre puertos deportivos. Se considera que el coeficiente de simultaneidad es del 60% distribuido de forma uniforme en toda la dársena. En el caso de que el número de tomas no resulte entero, redondearemos hacia arriba. Se tendrá un caudal de servicio para las embarcaciones de :

$$Q = n^{\circ} \frac{\text{tomas}}{\text{pantalán}} \cdot \text{simultaneidad (0,60)} \cdot \text{caudal (25 l/min)}$$

Zona	Atraques	Tomas	Caudal (l/min)	Caudal (l/s)
Muelle Oeste	38	10	150	2.5
Pantalán 1	68	17	255	8.5
Pantalán 2	62	16	240	4
Muelle Este	16	4	60	1
Total				16

Tabla 10. Caudal de abastecimiento de embarcaciones

$$Q_1 = 16 \text{ l/s}$$

- Consideraremos un consumo de los usuarios de las embarcaciones de 1 persona por embarcación en punta con una dotación de 200 l/hab/día. Y de 2 habitantes por embarcación para los que son de más de 12 metros de eslora. Por tanto, considerando que sólo tenemos 10 embarcaciones mayores de 12 m, de las 184 nuevas embarcaciones:

$$Q_2 = (174 + 20) \cdot 200 = 38.800 \text{ l/día} = 0,45 \text{ l/s}$$

- Para la zona de combustibles 1,5 l/s:

$$Q_3 = 1,5 \text{ l/s}$$

- El consumo de los edificios es:

– Escuela de vela, 3 l/s:

$$Q_4 = 3 \text{ l/s}$$



- Para la red anti-incendios, se supondrá que están funcionando a la vez las 12 nuevas bocas de incendio, que consumen 8,33 l/s todas las de 100 mm y 16,66 l/s para la zona de combustibles (150 mm) según la normativa UNE23-500:

$$Q_5 = 8,33 \cdot 12 + 16,66 = 116,62 \text{ l/s}$$

Por tanto el caudal total que tendremos, para dimensionar la zona Sur del puerto, es decir, la nueva dársena que se construye considerando dos hipótesis, la primera, es de no incendio y la segunda en caso de incendio será de :

$$Q_{t1} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 = 16 + 0,45 + 1,5 + 3 = 20,95 \text{ l/s}$$

$$Q_{t2} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 = 16 + 0,45 + 1,5 + 3 + 116,62 = 137,57 \text{ l/s}$$



3.5.3. Cálculo de la red

El cálculo de la red lo realizaremos con el programa EPANET 2.0, este programa es específico en el cálculo de redes de abastecimiento de agua. Permite realizar análisis hidráulicos de redes de tuberías a partir de las características físicas de las tuberías y dinámicas de nudos (consumos) para obtener la presión y caudales en nodos y tuberías respectivamente.

En las siguientes figuras se observa nuestra red de abastecimiento de agua potable y de hidrantes de incendio ramificada y los principales datos que se necesitan. Se realizará una hipótesis de cálculo sin considerar el caso de incendio y otra en caso de incendio. Introduciremos diámetros hipotéticos, que una vez realizado el cálculo cambiaremos para que se ajusten a las restricciones de velocidades y presión determinadas.

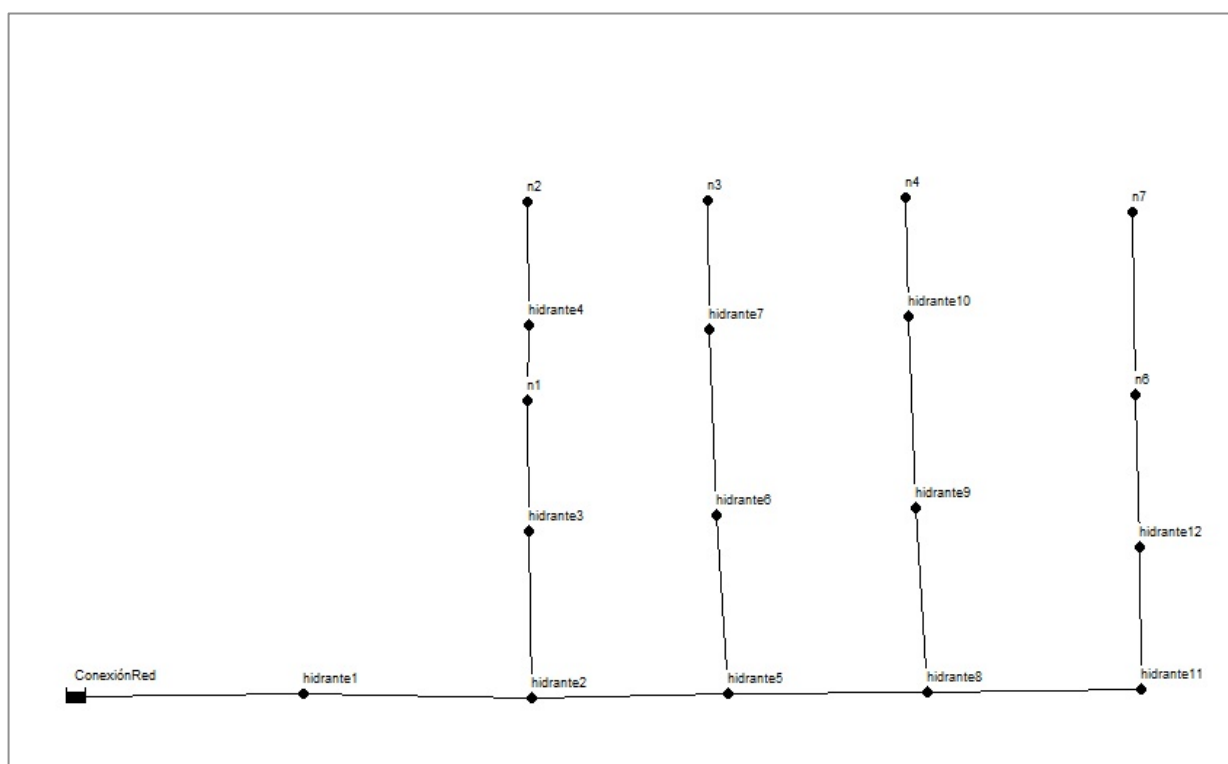


Figura 8 .Identificación nudos

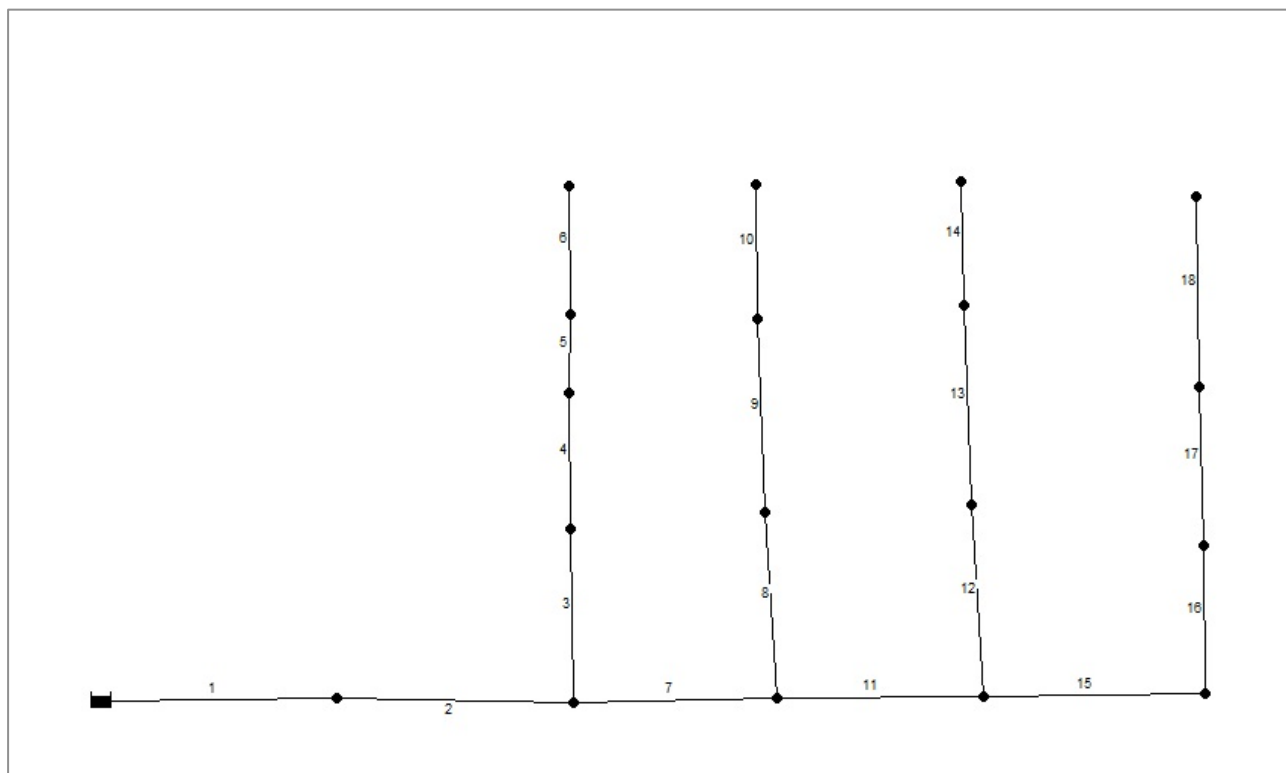


Figura 9 . Identificación tuberías

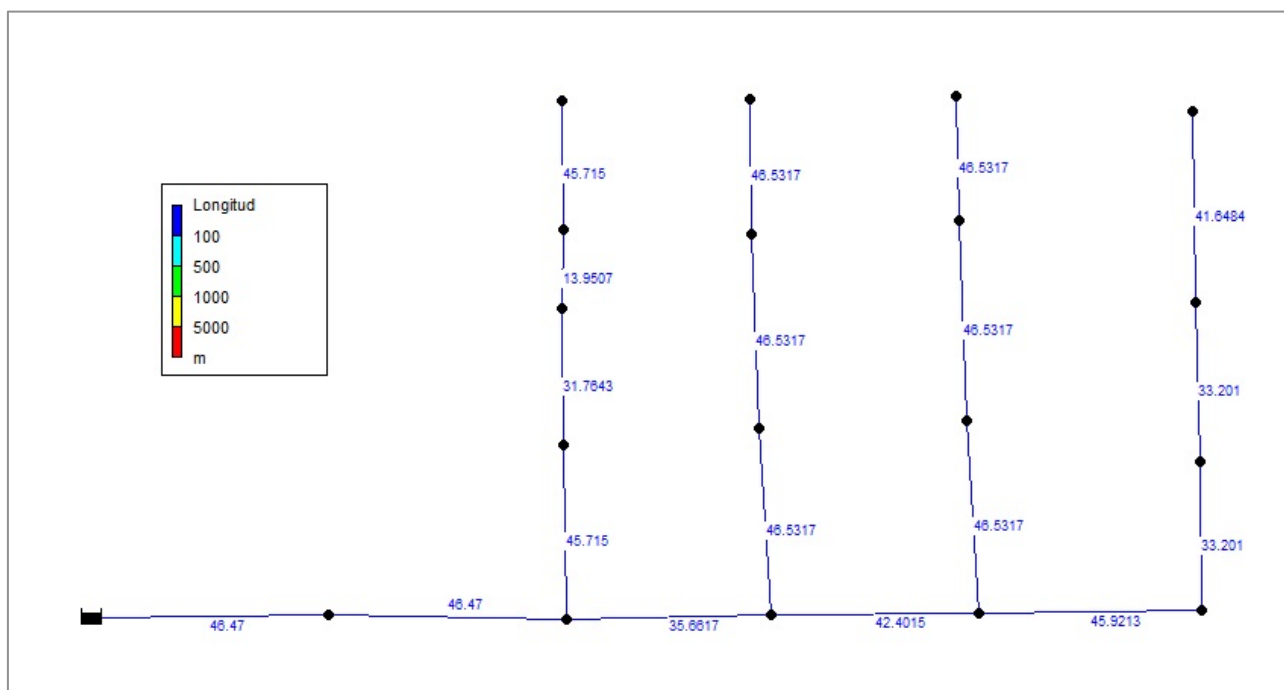


Figura 10 . Longitudes tuberías

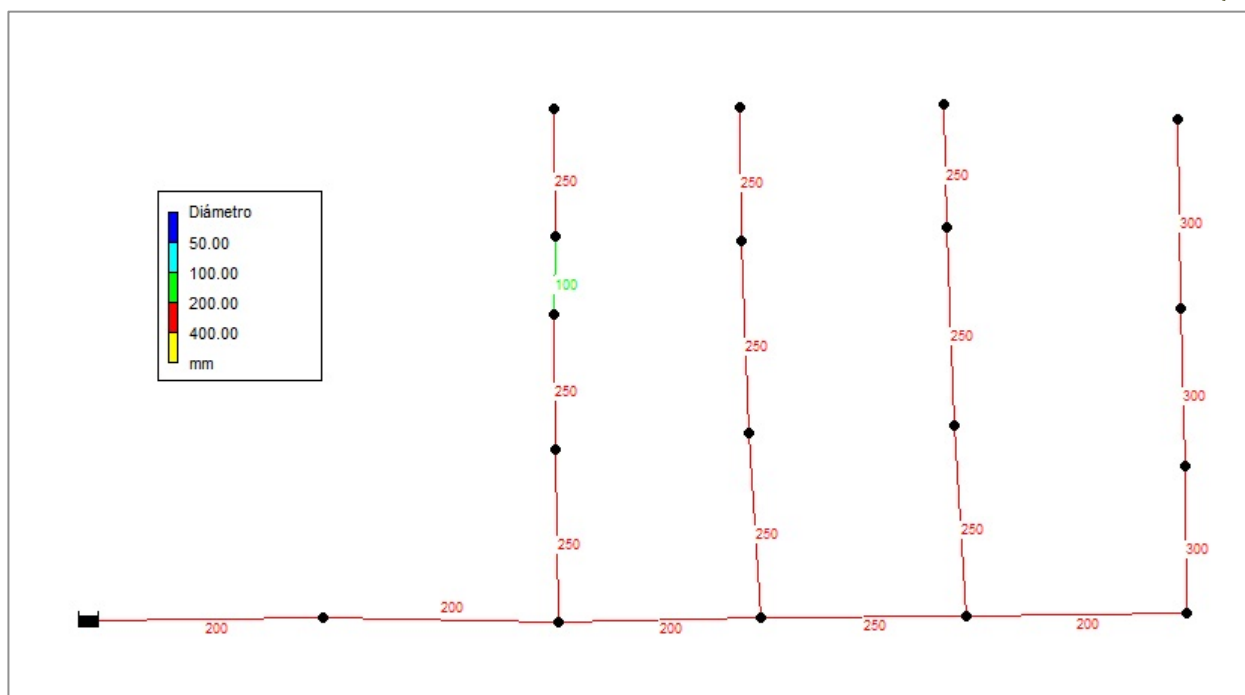


Figura 11. Diámetros tuberías

3.5.4. Listado de resultados

A continuación se muestran los resultados obtenidos. Estos resultados se darán de forma gráfica, mediante un esquema de las redes donde se codificarán con colores las presiones en los nudos y las velocidades en cada tramo.

➤ HIPÓTESIS 1: NO INCENDIO:

Introduciendo la demanda base de cada uno de los nodos que necesitan de abastecimiento de agua potable obtenemos los siguientes resultados, teniendo en cuenta que no serán definitivos, en la *Figura 12* se observan los caudales necesarios y el predimensionamiento de los diámetros de la red.

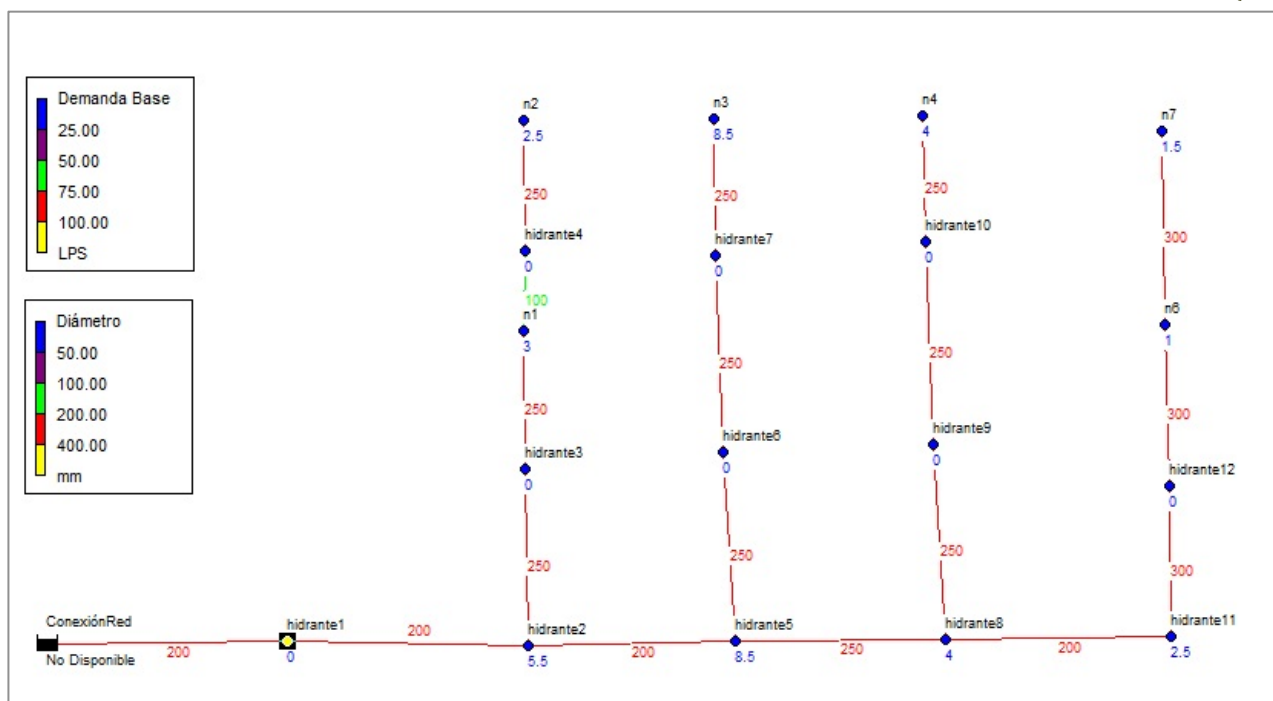


Figura 12. Demanda base y diámetro tuberías, hipótesis 1

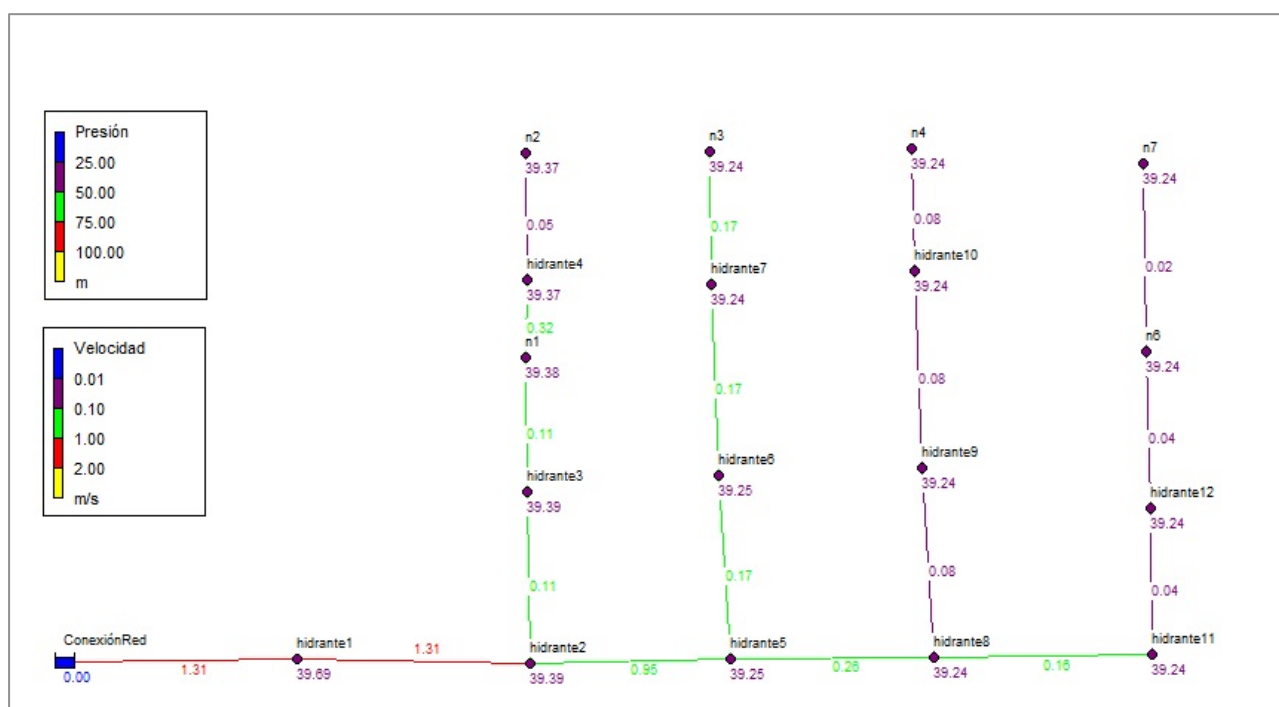


Figura 13. Velocidad y presión hipótesis 1

Observamos que para esta hipótesis tenemos presiones por encima de los 25 m.c.a. por lo que esta condición se cumple. De otra manera, con los diámetros que hemos determinado, las velocidades en algunas tuberías están por debajo de los 0,5 m/s. Esta condición no se cumple, pero recordemos que es un predimensionamiento, ya que las tuberías se dimensionarán para la condición más desfavorable, que en este caso es la hipótesis de incendio.



➤ HIPÓTESIS 2: INCENDIO:

Introduciendo en el programa las demandas base de los hidrantes y realizando modificaciones con los diámetros normalizados de tuberías de polietileno, observamos que la red nos cumple las condiciones de velocidad, ($0,5 \text{ m/s} < v < 2,5 \text{ m/s}$) y de presión ($P > 25 \text{ m.c.a.}$):

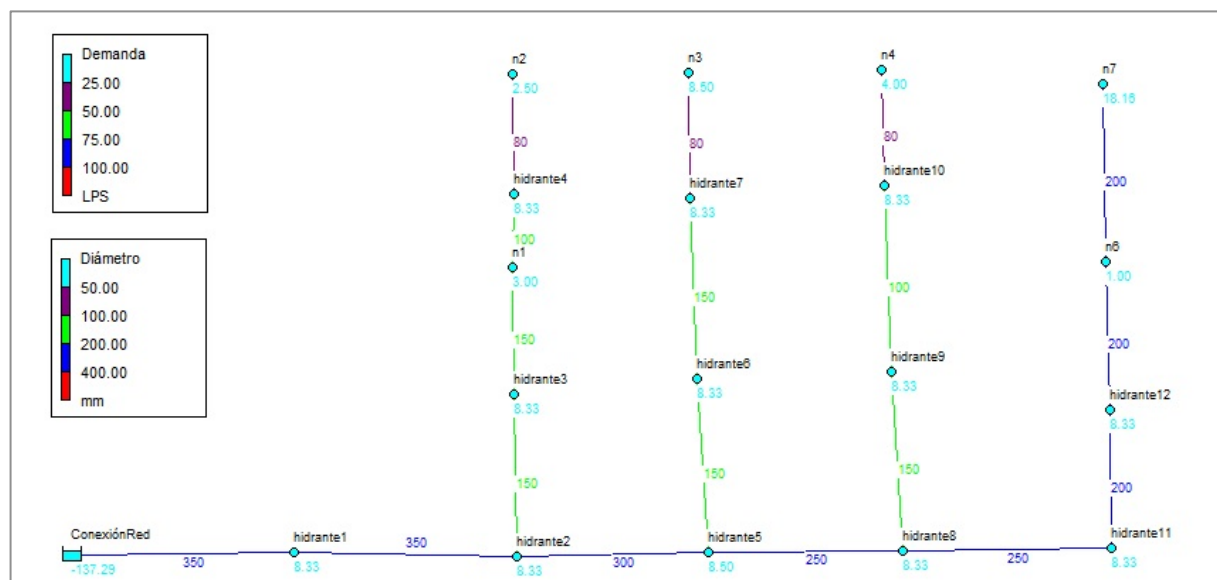


Figura 14. Demanda base y diámetros, hipótesis 2

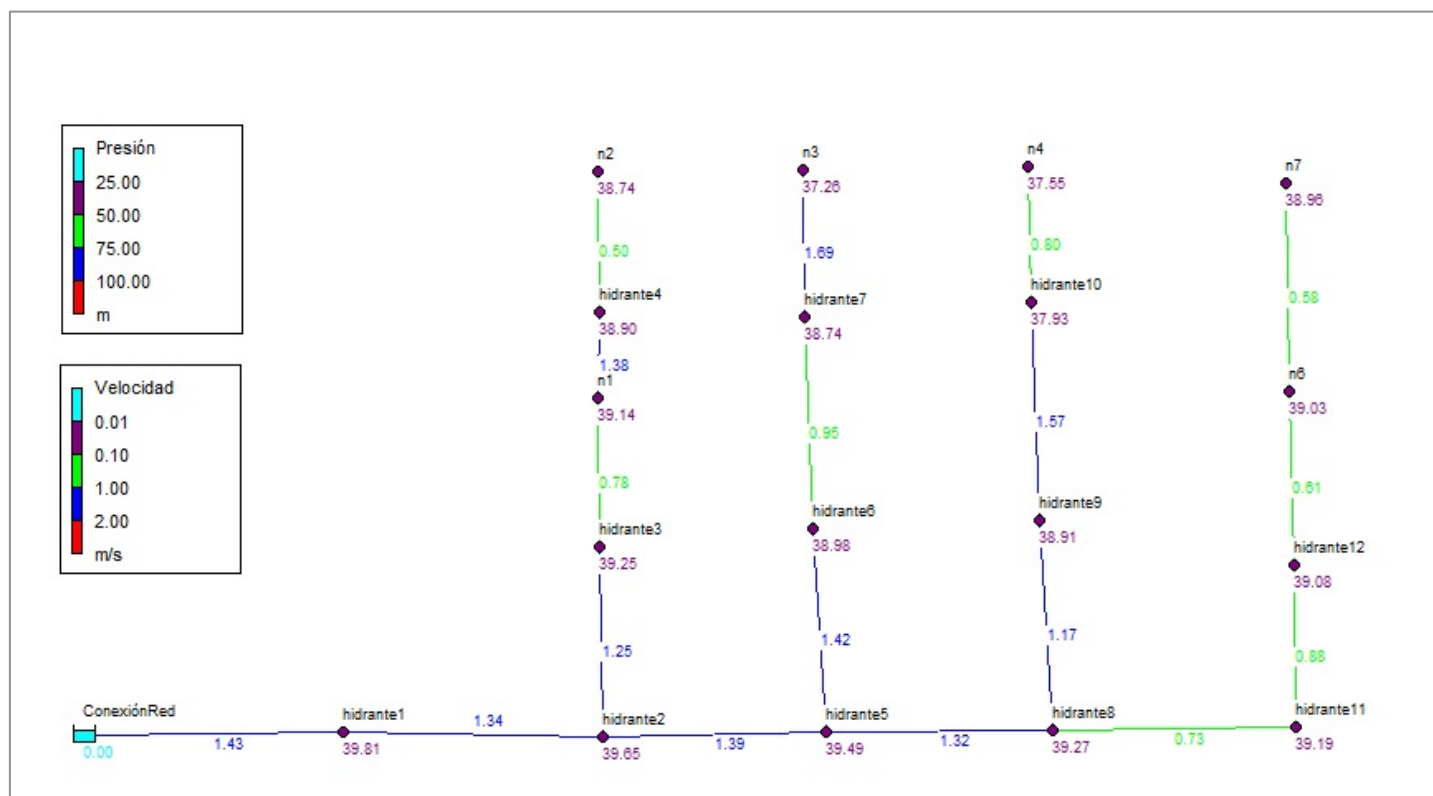


Figura 15. Velocidad y presión hipótesis 2



Tabla de Red - Líneas							
ID Línea	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérd. Unit. m/km	Factor de Fricción	Veloc. de Reacción m/s / d	Calidad	Estado
Tubería 1	137.29	1.43	3.99	0.013	0.00	0.00	Abierto
Tubería 2	128.96	1.34	3.55	0.014	0.00	0.00	Abierto
Tubería 3	22.16	1.25	8.64	0.016	0.00	0.00	Abierto
Tubería 4	13.83	0.78	3.67	0.018	0.00	0.00	Abierto
Tubería 5	10.83	1.38	16.75	0.017	0.00	0.00	Abierto
Tubería 6	2.50	0.50	3.51	0.022	0.00	0.00	Abierto
Tubería 7	98.47	1.39	4.58	0.014	0.00	0.00	Abierto
Tubería 8	25.16	1.42	10.90	0.016	0.00	0.00	Abierto
Tubería 9	16.83	0.95	5.24	0.017	0.00	0.00	Abierto
Tubería 10	8.50	1.69	31.80	0.017	0.00	0.00	Abierto
Tubería 11	64.81	1.32	5.16	0.015	0.00	0.00	Abierto
Tubería 12	20.66	1.17	7.61	0.016	0.00	0.00	Abierto
Tubería 13	12.33	1.57	21.21	0.017	0.00	0.00	Abierto
Tubería 14	4.00	0.80	8.13	0.020	0.00	0.00	Abierto
Tubería 15	35.82	0.73	1.75	0.016	0.00	0.00	Abierto
Tubería 16	27.49	0.88	3.18	0.016	0.00	0.00	Abierto
Tubería 17	19.16	0.61	1.65	0.017	0.00	0.00	Abierto
Tubería 18	18.16	0.58	1.50	0.018	0.00	0.00	Abierto

Figura 16. Informe de resultados Hipótesis 2



4. RED ELÉCTRICA Y DE ALUMBRADO

4.1. Introducción

A continuación, en el siguiente apartado, nos aseguraremos de calcular todos aquellos aspectos para un correcto dimensionamiento de la red eléctrica que concierne a la ampliación del puerto deportivo de Oliva.

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

Se proyectarán las líneas necesarias para la futura demanda tras la ampliación para abastecer a la nueva dársena, aparcamiento, escuela de vela y marina seca; así como la red de alumbrado del puerto. El único inconveniente sucede al eliminar el paso superior que conectaba la parte norte y sur del puerto, por el que transcurrían líneas eléctricas. Pero estas, se conectarán a un nuevo centro de transformación en la parte Norte, que irá conectado al exterior.

Se dimensionarán por lo tanto, los transformadores necesarios, donde se convierte la energía eléctrica en media tensión suministrada por IBERDROLA a energía eléctrica en baja tensión para la distribución a todas las zonas del puerto; la red de fuerza, para suministro a instalaciones del puerto y a usuarios, y la red de alumbrado que serían necesarias en el puerto,

Para poder realizar todo este dimensionamiento, se tomarán las medidas establecidas 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 en todas las zonas del puerto, es la indicada según el *REBT*, que en todos los casos será de 230 V, ya que no contamos con yates de gran consumo eléctrico.

4.2. Red de fuerza

En primer lugar calcularemos las instalaciones para el suministro eléctrico de la escuela de vela, marina seca y el suministro a las embarcaciones. Deberemos de establecer las dotaciones tipo, para estimar la potencia necesaria, hay que recordar que tendremos que dimensionar dos redes; una para la zona norte, que es donde se encuentra la marina seca, y otra para la nueva dársena y todas las obras que se van a construir en su entorno .



4.2.1. Cálculo de la potencia necesaria

➤ ZONA SUR:

En primer lugar, se calculará la potencia requerida en las embarcaciones, para ello haremos uso de la eslora. Al igual que las tomas de agua potable, las tomas eléctricas se dispondrán a lo largo de los pantalanes y muelles en torres de toma para que puedan acceder a las embarcaciones. Según la "ITC-BT-42" la longitud de los cables q conectan a los barcos será inferior a 25 m.

Utilizaremos coeficientes de simultaneidad que ,según la publicación de *""Puertos Deportivos, Servicios e Instalaciones, Almacén Ingenieros, Madrid"* es de alrededor de 0,3 y aumenta con la eslora que reduzcan los costes de la instalación. Consideramos las siguientes dotaciones:

Eslora (m)	Dotación por embarcación (W)	Coefficiente de simultaneidad	Potencia suministrada (W)
6	1.000	0,2	200
8	2.000	0,35	700
10	2.500	0,35	875
12	4.000	0,4	1.600
15	5.500	0,4	2.200

11. Potencia según eslora

La distribución de embarcaciones en la nueva dársena, agrupadas por pantalanes es:

Zona	Eslora (m)	Embarcaciones (nº)	Potencia necesaria (W)	Potencia total (W)
Línea MO	6	16	200	3.200
	8	22	700	15.400
Línea P1	8	10	700	7.000
	10	58	875	50.750
Línea P2	12	52	1.600	83.200
	15	10	2.200	22.000
Línea ME	12	16	1.600	25.600

Tabla 12. Potencia necesaria para muelles y pantalanes

La **potencia total** a suministrar a las embarcaciones es de **207,150 kW** de potencia. Por embarcación, la potencia media es de :

$$P_{med} = \frac{207,150}{184} = 1125,82 \text{ W/embarcación}$$



Puede consultarse en el "*Plano 21.1 Red eléctrica*" la distribución y colocación de los pantalanés y líneas adheridas al muelle.

▪ **Potencia para los edificios:**

En este apartado tendremos que calcular los consumos de la escuela de vela y las zonas de servicio, como estación de combustible. para determinar la potencia eléctrica requerida por las instalaciones del puerto, estableceremos una dotación igual a la establecida por el R.E.B.T. en la *Instrucción ITC-BT-10 "Previsión de cargas para suministros en baja tensión"*

En la siguiente tabla observamos la dotación de cada edificio o servicio:

Zona	Superficie (m ²)	Potencia necesaria (W/m ²)	Potencia total (W)
Estación de combustible	-	-	20.000
Escuela de vela	722,54	30	21.676,2

Tabla 13. Potencia según edificio o servicio

La suma de todas las potencias nos da un valor de **4,1676 kW**.

➤ **ZONA NORTE:**

▪ **Potencia de las embarcaciones:**

Realizaremos los mismos cálculos que en la zona sur, considerando la dotación por eslora de las embarcaciones que se encuentra en la parte Norte del puerto. Debemos considerar que estas embarcaciones y esta línea ya existen en el puerto, y exclusivamente realizaremos los cálculos para poder obtener la potencia del transformador que se alojará en el acceso Norte y sumarle las nuevas líneas eléctricas para abastecer a la construcción de la marina seca.

Volveremos a utilizar, según recomendaciones y proyectos similares, coeficientes de simultaneidad, que según la publicación de "*Puertos Deportivos, Servicios e Instalaciones, Almacén Ingenieros, Madrid*" ,Madrid es de alrededor de 0,3 y aumenta con la eslora, para que reduzcan los costes de la instalación. Consideraremos las siguientes dotaciones:

Eslora (m)	Dotación por embarcación (W)	Coefficiente de simultaneidad	Potencia suministrada (W)
6	1.000	0,2	200
8	2.000	0,35	700
10	2.500	0,35	875
12	4.000	0,4	1.600
15	5.500	0,4	2.200

Tabla 14. Potencia según eslora, zona norte



La distribución de embarcaciones en la zona norte, agrupadas por pantalanes es:

Zona	Eslora (m)	Embarcaciones (nº)	Potencia necesaria (W)	Potencia total (W)
Muelle	7	5	200	1.000
Puente	8	11	700	7.700
	9	1	700	700
Muelle Norte	10	16	875	14.000
	12	20	1.100	22.000

Tabla 15. Potencia necesaria para muelles y pantalanes, zona Norte

La **potencia total** a suministrar a las embarcaciones es de **45,4 kW** de potencia.

Por embarcación, la potencia media es de :

$$P_{med} = \frac{45,4}{53} = 856,60 \text{ W/embarcación}$$

▪ **Potencia para los edificios:**

Realizaremos los cálculos de red eléctrica para edificios en esta zona considerando exclusivamente la Marina Seca, la dotación para esta zona la hemos tomado considerando la iluminación interior y la exterior exclusivamente, ya que es una zona muy amplia y que necesita poca dotación eléctrica a parte de iluminación

Zona	Superficie (m2)	Potencia necesaria (W/m2)	Potencia total (W)
Marina Seca	2.270,4	20	45.408

Tabla 16. Potencia según edificio o servicio, zona Norte

La **potencia** nos da un valor de **45,408 kW**. Observamos que es un valor suficiente para la demanda de potencia tanto en el interior de la misma como para la iluminación exterior, en la que se colocarán 4 focos externos de 250 W sobre el edificio que iluminarán la zona de varada y así no suponen obstáculo en las operaciones.



4.2.2. Alumbrado

➤ NORMATIVA DE LOS REQUERIMIENTOS LUMINOTÉRMICOS:

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: $\frac{L_{med}}{L_{min}} \geq 0,4$
- Iluminancia horizontal media: $E_h \text{ med} \geq 30 \text{ lux}$
- Iluminancia horizontal mínima: $E_h \text{ min} \geq 12 \text{ lux}$
- Deslumbramiento TI (%) <10
- Relaciones Calzada/Alrededores: $RCA \geq 0,5$

➤ ZONA SUR:

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.

Hay que tener en cuenta, que 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.

Seguiremos las especificaciones fijadas en el *Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión* y especialmente a la *Instrucción ITC-BT-09 de las Instalaciones de Alumbrado Exterior*.

La potencia necesaria en cada punto de iluminación es de 150W y de 250 W, tendremos 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 el Club Náutico, en el que se encuentran ahora, además, la escuela de vela y los aparcamientos.

Para los nuevos pantalanes, 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 33 torretas (una cada cuatro embarcaciones) de suministro de agua y suministro eléctrico para los pantalanes, que estén dotadas de iluminación incandescente y

balizamiento y tienen una altura de 0,5 metros. Estas torretas tienen las siguientes características y aspecto:

Características:

- 16 Amperios.
- 1/2" y 3/4" suministro de agua.
- Luz LED multicolor.
- Servicios de emergencia.
- 4.200 lm.
- Potencia de 40 W.



Figura 17. Torretas de iluminación y suministro en pantalanes

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"* nos centraremos en el dimensionamiento de las luces de mayor potencia que se encontrarán dispuestas en la zona de aparcamientos, viales, contradique y zona de varado.

Se dispondrán de lámparas de 150 Watios con 16.500 lm y 250Watios con 30.000 lm, su separación es de entre 16-20 metros entre sí, que corresponde a 4 veces la altura. La disposición se observa en el *"Plano 21.2. Red de alumbrado"*. El consumo de las luminarias, por zonas aparece en la Tabla 17



Zona	Lámparas	Consumo (W)	Consumo total (W)
Aparcamientos	10	150	1.500
Muelle	6	150	900
Viales	12	250	3.000
Contradique	6	150	900
Pantalanes	33	40	1.320

Tabla 17. Consumo de luminarias

La **potencia** a satisfacer para el suministro de alumbrado es de **7,62 kW**,

➤ **ZONA NORTE:**

A continuación, describiremos la distribución de luminarias y su dotación en la zona Norte del puerto, las cuales, en su mayoría ya existen hoy en día, pero como hemos citado anteriormente, no servirán para determinar la potencia necesaria del transformador. Dichas lámparas son de 150 W.

En la Zona de varado y de la marina seca, se colocarán focos sobre las paredes de la marina seca que permitan una iluminación exterior hacia la zona de varado, sin que las farolas supongan un obstáculo para el trabajo de maquinaria. Éstos focos estarán en el consumo eléctrico del edificio.

La disposición se observa en el "*Plano 21.2. Red de alumbrado*". El consumo de las luminarias, por zonas es de:

Zona	Lámparas	Consumo (W)	Consumo total (W)
Muelle puente	4	150	600
Muelle ampliación	10	150	1.500

Tabla 18. Consumo de luminarias

La **potencia** a satisfacer para el suministro de alumbrado es de **2,10 kW**

➤ **DISPOSICIÓN DE LAS LUMINARIAS:**

En el "*Plano 21.2. Red de alumbrado*" se observan con detalle la disposición de las nuevas instalaciones de luz en la ampliación del puerto.

4.2.3. Potencia total necesaria

Realizando la suma de las potencias anteriormente calculadas:

$$P_{ZONA SUR} = 207,15 + 4,17 + 7,62 = \mathbf{218,94 kW}$$

$$P_{ZONA NORTE} = 45,4 + 45,408 + 2,1 = \mathbf{92,908 kW}$$



Del lado de la seguridad, diremos que la potencia total necesaria es de 350 kW para la zona sur y de 100 kW para la zona norte.

El modelo de las nuevas luminarias que se van a disponer en el puerto se ha escogido acorde a las farolas que se encuentran en la actualidad en el Puerto, se observan en el "*Plano 21.3. Detalles red eléctrica y alumbrado*". Son modelos de la casa ATP iluminación.



➤ **REGULADOR DE TENSIÓN PROGRAMABLE:**

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, junto los transformadores, situadas en los accesos al puerto.

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 puedan 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.

Sus ventajas son:

- 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.

4.3. Dimensionamiento de los centros de transformación

Para poder dimensionar los centros de se usará la *Norma Tecnológica NTE-IER* de 1984. Para conseguir que el centro de transformación nos distribuya una potencia igual o mayor a la necesaria

Se dispondrán, en la zona Norte, un centro de transformación y en la Zona Sur, que es donde se encuentra la nueva dársena y la mayor parte de la ampliación, un centro de transformación con dos transformadores, para abastecer a la parte actual del puerto y la nueva zona construida. La potencia de cada uno la podemos determinar con la siguiente fórmula:

➤ **ZONA NORTE:**

$$P_T = \frac{W}{r \cdot \cos(\phi)}$$



Siendo:

- P_T : Potencia del transformador (kVA)
- W : Potencia instalada (kW)
- R : Rendimiento del transformador, tomaremos 0,98
- $\cos(\phi)$: Factor de potencia = 0,9

Resolviendo la fórmula:

$$P_T = \frac{100}{0,98 \cdot 0,9} = 113,438 \text{ kVA}$$

➤ **ZONA SUR:**

$$P_T = \frac{\frac{350}{2}}{0,98 \cdot 0,9} = 198,41 \text{ kVA}$$

Dispondremos los transformadores comerciales, con una potencia superior usando un catálogo de la empresa JESIVA disponibles en el mercado. Resultando un centro de transformación de 150 kVA , y otro centro de transformación con dos transformadores de 200 kVA..



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

Figura 18. Código Jesiva



4.4. Líneas de distribución

La red eléctrica del puerto consta de dos centros de transformación conectadas a la red con acometidas de media tensión, para convertirla en baja tensión. Como comentamos anteriormente, el centro de transformación ya existente se encuentra en el acceso principal del puerto, situado en la zona Sur, a éste, que se cambiará por uno de mayor potencia, se conectarán las líneas de la nueva dársena y nuevas instalaciones del Club Náutico.

El otro centro de transformación será nuevo, se alojará en el nuevo acceso Norte del puerto. A éste se conectarán las líneas de baja tensión de la zona norte del puerto que se han visto afectadas al dismantelar el puente que las conectaba al anterior centro de transformación. Además se añadirán las líneas eléctricas de la marina seca.

A continuación, se dimensionarán las líneas de baja tensión, que serán trifásicas, con 230 V y se encargarán de la distribución de energía a las diferentes instalaciones del puerto, así como a las líneas de alumbrado. Crearemos una estructura ramificada o distribuida donde se colocarán cuadros generales de baja tensión en los centros de transformación con protecciones para la línea y, los ramales de los centros de transformación saldrán de éstos para llegar a los receptores.

Conseguiremos así, minimizar la longitud de las líneas y un mayor ahorro de conductores, aunque es posible que haya algunas repercusiones de unos receptores sobre otros.

Por último, cabe señalar que los circuitos de alumbrado deben disponer de líneas propias ya que su requerimiento de caída de tensión es más restrictivo que el del resto de receptores.

4.4.1. Condiciones

Todas las líneas eléctricas son subterráneas, debido a motivos de seguridad y estéticos. Se seguirá lo establecido por el *R.E.B.T en la instrucción ITC-BT-07*, el cual 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 de las líneas de fachada de 1 metro como mínimo. Las separaciones entre sí o entre las líneas baja tensión que deben guardarse son de 0,2 metros:

➤ LÍNEAS DE MEDIA TENSIÓN:

Puesto que son necesarios dos centros de transformación, se necesitarán dos líneas de media tensión para conectarlos a la red eléctrica. Estas líneas de media tensión se encontrarán fuera del puerto y no las dimensionaremos, pero es importante citarlas.



➤ 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 0,7 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 sean necesarias más líneas, se colocan en capas sucesivas con una distancia entre sí de 0,20m.

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 saga perpendicular al eje de la línea, para que se sepa que estamos accediendo a líneas eléctricas.

Si se prevé el paso de vehículos pesados, se cambia el relleno de arena por hormigón en masa de 100 kg/m², para constituir una conducción reforzada de distribución de baja tensión enterrada *S.D.N.* (*NTE-IER 15*).

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.

➤ LÍNEAS DE ALUMBRADO:

Se construye una conducción de alumbrado *S.D.N.* (*NTE-IER 18*).

Los cables van tendidos 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 por tongadas de 20 cm de tierra sin áridos mayores de 4 cm y apisonada. Deberá alcanzarse una densidad seca no menor del 95% del Próctor Normal.

Si se prevé el paso de vehículos pesados, se cambiará el relleno de arena por hormigón en masa de 100 kg/m², para constituir una conducción reforzada de distribución de alumbrado *S.D.N.* (*NTE-IER 15*), sobre los cuales se colocarán cajas para viales.

4.4.2. Potencia e intensidad de las líneas

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



$$I_L = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_L \cdot \cos(\varphi)}$$

Donde:

- P : Potencia en Watios.
- I_L : Intensidad de corriente en Amperios
- U_L : Tensión, 230 Voltios
- $\cos(\varphi)$ = 1 Factor de potencia

En las páginas siguientes se muestran los resultados, destacaremos que las longitudes se han medido directamente sobre el "*Plano 21.1. Red eléctrica*" y el "*Plano 21.2. Red de alumbrado*".

De las siguientes tablas, podemos destacar que las líneas 12 y 13, correspondientes a la red de fuerza, para la zona sur y las líneas 15 y 21 de la zona norte; son líneas de las que parten el resto de las líneas indicadas, como se observará en los planos. La línea 13 y la línea 21 serán las que se conectarán al centro de transformación correspondiente

En la siguiente tabla señalamos cuales son las líneas en las que se bifurcan las anteriores:

Línea general	Líneas secundarias
12	3, 4, 5 y 9
13	1, 2, 6, 7, 8, 10, 11 y 12
15	14, 17, 18 y 19
21	15, 16 y 20

Tabla 19. Líneas generales y secundarias

Los resultados son los que se muestran en las *Tablas 20 y 21*.



	Línea	Descripción	Potencia individual (W)	Nº unidades	Potencia total (W)	Potencia total línea (W)	Longitud (m)	Intensidad (A)
ZONA SUR	Línea 1	Línea 1 muelle Oeste eslora 6	200	16	3200	18600	137.1444	46.69
		Línea 1 muelle Oeste eslora 8	700	22	15400			
	Línea 2	Escuela de Vela	21676.2	1	21676.2	21676.2	86.835	54.41
	Línea 3	Línea 3 Pantalán 1 Oeste eslora 8	700	10	7000	57750	139.5951	144.97
		Línea 3 Pantalán 1 Oeste eslora 10	875	24	21000			
		Línea 3 Pantalán 1 Este eslora 10	875	34	29750			
		Alumbrado pantalán E1	40	8	320			
		Alumbrado pantalán E2	40	9	360	105200	139.942	264.07
	Línea 4	Línea 4 Pantalán 2 Oeste eslora 12	1600	32	51200			
		Línea 4 Pantalán 2 Este eslora 12	1600	20	32000			
		Línea 4 Pantalán 2 Este eslora 15	2200	10	22000			
		Alumbrado pantalán O1	40	8	320			
		Alumbrado pantalán O2	40	9	360	45600	112.2736	114.47
	Línea 5	Línea 5 Muelle Este	1600	16	25600			
		Combustible	20000	1	20000	450	69.8312	1.130
	Línea 6	Alumbrado 1 Aparcamiento	150	3	450			
	Línea 7	Alumbrado 2 Aparcamiento	150	3	450			
	Línea 8	Alumbrado 3 Aparcamiento	150	3	450			
	Línea 9	Alumbrado 4 Contradique	150	6	900	900	112.2736	2.26
	Línea 10	Alumbrado 5 Viales	250	12	3000	3000	194.6494	7.53
	Línea 11	Alumbrado 6 Muelle 1	150	6	900	900	137.1444	2.26
	Línea 12	Línea de recogida viales	-	-	-	209450	123.98912	525.77
	Línea 13	Línea de recogida ampliación	-	-	-	254976.2	209.65603	640.05

Tabla 20. Potencia e intensidad para cada línea. Zona sur



	Línea	Descripción	Potencia individual (W)	Nº unidades	Potencia total (W)	Potencia total línea (W)	Longitud (m)	Intensidad (A)
ZONA NORTE	Línea 14	Línea 14 Muelle Puente Eslora 7	200	5	1000	23850	60.1307	59.87
		Línea 14 Muelle Puente Eslora 8	700	11	7700			
	Línea 15	Línea 15 Muelle Norte 1 Eslora 9	700	1	700	86508	87.3328	217.15
		Línea 15 Muelle Norte 1 Eslora 10	875	14	12250			
		Línea 15 Muelle Norte 1 Eslora 12	1100	2	2200			
	Línea 16	Línea 16 Muelle Norte 2	1100	14	15400	21550	116.3766	54.10
		Línea 16 Muelle Norte 3 Eslora 10	875	2	1750			
		Línea 16 Muelle Norte 3 Eslora 12	1100	4	4400			
	Línea 17	Marina Seca	45408	1	45408	45408	44.853	113.98
	Línea 18	Alumbrado 1	150	4	600			
	Línea 19	Alumbrado 2	150	10	1500			
	Línea 20	Alumbrado 3	250	5	1250			
	Línea 21	Línea recogida Norte	-	-	-	1250	116.3766	3.138

Tabla 21. Potencia e intensidad para cada línea. Zona norte



4.1. Sección de los conductores

Seguiremos las especificaciones de la *Norma UNE 20460-5-23:2004*, específicamente la tabla A.52-2 bis: *Intensidades admisibles en amperios para temperatura ambiente 25°C en el terreno*. Limitaremos las pérdidas de tensión y potencia en las líneas de distribución, las máximas pérdidas de 5% para tensión y 7% para la potencia. Consideraremos una pérdida proporcional a lo largo de la longitud de la línea.

La sección que utilizaremos para el conductor será la mayor de las obtenidas.

4.1.1. Pérdidas de tensión

Utilizaremos relaciones básicas en la electrotecnia:

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

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

Obtenemos el incremento de tensión:

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

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

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

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

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)
- Pérdidas de potencia



Procederemos al cálculo de las pérdidas de potencia:

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

Despejando S, obtenemos la expresión de la Sección:

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

Donde:

- 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 7%
- L : Longitud de la línea (m)
- R : Resistencia de conductor (Ω)



4.1.2. Comprobación de las intensidades máximas admisibles

El *Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión* establece en la *ITC-BT-07* las intensidades máximas admisibles. Para conductores de cobre en instalación enterrada los máximos valores aceptables, teniendo en cuenta que el aislamiento para nuestros cables es de PVC son:

Sección nominal mm ²	Tres cables unipolares (1)			1 cable trifasico		
						
	TIPO DE AISLAMIENTO					
	XLPE	EPR	PVC	XLPE	EPR	PVC
6	46	45	38	44	43	36
10	64	62	53	61	60	50
16	86	83	71	82	80	65
25	120	115	96	110	105	87
35	145	140	115	135	130	105
50	180	175	145	165	160	130
70	230	225	185	210	220	165
95	285	280	235	260	250	205
120	335	325	275	300	290	240
150	385	375	315	350	335	275
185	450	440	365	400	385	315
240	535	515	435	475	460	370
300	615	595	500	545	520	425
400	720	700	585	645	610	495
500	825	800	665	-	-	-
630	950	915	765	-	-	-

Tabla 22. Intensidades máximas admisibles

4.2. Resultado para la sección de los conductores

Utilizando la sección comercial más próxima, y teniendo en cuenta las secciones necesarias por pérdidas de tensión, de potencia y de máxima intensidad.

Observamos a continuación, en la siguiente tabla los resultados obtenidos de aplicar las fórmulas que hemos visto anteriormente, y la elección de la sección de cada línea, así como la del neutro, que depende de la sección nominal del conductor, como se observa en la *Tabla 23*, sabiendo que los conductores son de cobre.



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
5000	200

Tabla 23. Diámetros de neutro en función de la sección nominal

De la siguiente tabla, nos encontramos con algunas líneas eléctricas que ya están instaladas en el puerto en la actualidad, que son las líneas de la zona norte: Línea 14, línea 15, línea 16, línea 18 y línea 19. Es evidente que las respetaremos y no volveremos a construirlas, pero nos han servido para el cálculo de potencias generales y del nuevo centro de transformación en la zona norte. Por lo tanto hemos realizado el cálculo de sección de estas líneas.

En el "*Plano 21.1. Red eléctrica*" se detallará la diferencia entre líneas nuevas y antiguas, Pero no se considerarán para nada más que a efectos de cálculo.



Línea	Potencia	Longitud	Tensión	Intensidad	S Tensión	S Potencia	S Intensidad	Sección mínima	Sección nominal	S Neutro
Línea 1	18600	137.1444	230	46.690	17.22175155	12.30125111	10	17.22175155	25	16
Línea 2	21676.2	86.835	230	54.412	12.70762103	9.076872164	16	12.70762103	16	10
Línea 3	57750	139.5951	230	144.965	54.42625591	38.87589708	70	54.42625591	70	35
Línea 4	105200	139.942	230	264.075	99.39169862	70.99407044	150	99.39169862	150	70
Línea 5	45600	112.2736	230	114.466	34.56438131	24.68884379	50	34.56438131	50	25
Línea 6	450	69.8312	230	1.130	0.212152579	0.151537556	6	0.212152579	6	6
Línea 7	450	69.8312	230	1.130	0.212152579	0.151537556	6	0.212152579	6	6
Línea 8	450	69.8312	230	1.130	0.212152579	0.151537556	6	0.212152579	6	6
Línea 9	900	112.2736	230	2.259	0.682191736	0.487279812	6	0.682191736	6	6
Línea 10	3000	194.6494	230	7.531	3.942399406	2.815999576	6	3.942399406	6	6
Línea 11	900	137.1444	230	2.259	0.833310559	0.595221828	6	0.833310559	6	6
Línea 12	209450	123.98912	230	525.765	175.3275802	125.2339859	400	175.3275802	400	185
Línea 13	254976.2	209.65603	230	640.046	360.9053324	257.7895231	500	360.9053324	500	200
Línea 14	23850	60.1307	230	59.869	9.682130671	6.915807622	16	9.682130671	16	10
Línea 15	86508	87.3328	230	217.154	51.00584568	36.43274692	120	51.00584568	120	70
Línea 16	21550	116.3766	230	54.095	16.93164819	12.09403442	16	16.93164819	25	16
Línea 17	45408	44.853	230	113.984	13.75023646	9.821597469	50	13.75023646	50	25
Línea 18	600	60.1307	230	1.506	0.243575614	0.173982582	6	0.243575614	6	6
Línea 19	1500	87.3328	230	3.765	0.884412638	0.631723313	6	0.884412638	6	6
Línea 20	1250	116.3766	230	3.138	0.982114164	0.701510117	6	0.982114164	6	6
Línea 21	109308	14.23	230	274.387	10.50130192	7.500929941	150	10.50130192	150	70

Tabla 24. Secciones de las líneas de baja tensión



4.3. Exigencias generales 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)*.

Las exigencias son:

- Los cables se disponen siempre protegidos en el interior de tubos de PVC de 140 mm de diámetro. En la zona terrestre dichos tubos discurren 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 dispone 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.



- En cuanto a las protecciones contra contactos directos e indirectos, además de indicar que seguirán lo establecido en la "ITC-BT-24"; debe tenerse en cuenta que la protección contra los contactos directos debe estar asegurada, por un aislamiento que pueda soportar un ensayo dieléctrico de 500 V durante un minuto.
- No se admiten las medidas de protección por obstáculos ni por puesta fuera del alcance.
- Contra los contactos indirectos en locales no conductores no son admitidas las conexiones equipotenciales no unidas a tierra.
- 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.

PÉREZ GIL
Antonio

Valencia, Junio de 2015