

# Trabajo Fin de Máster

## Ingeniería Industrial

### Proyecto básico de una planta de almacenamiento de hidrocarburos

Autor: M<sup>a</sup> Teresa Rincón Ortega

Tutor: Andrés Cubero Moya

**Dpto. de Ingeniería de la Construcción y  
Proyectos de Ingeniería  
Escuela Técnica Superior de Ingeniería**

Sevilla, 2020





Trabajo Fin de Máster  
Ingeniería Industrial

# **Proyecto básico de una planta de almacenamiento de hidrocarburos**

Autor:

M<sup>a</sup> Teresa Rincón Ortega

Tutor:

Andrés Cubero Moya

Dpto. de Ingeniería de la Construcción y Proyectos de Ingeniería

Escuela Técnica Superior de Ingeniería

Universidad de Sevilla

Sevilla, 2020



Trabajo Fin de Máster: Proyecto básico de una planta de almacenamiento de hidrocarburos

Autor: M<sup>a</sup> Teresa Rincón Ortega

Tutor: Andrés Cubero Moya

El tribunal nombrado para juzgar el Proyecto arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2020

El Secretario del Tribunal



# Agradecimientos

---

A mis padres, por darme la oportunidad de realizar mis estudios y la libertad de elegir la profesión que me apasiona. A mi hermana, por su apoyo constante. A mis abuelos de Cádiz y Zaragoza, por el cariño y confianza que depositan en mí. A mi pareja, por aguantarme en todos los momentos de esta larga carrera. Y a mis amigos y compañeros, que han hecho de estos años unos de los mejores de mi vida.

Para finalizar, a mi tutor por ayudarme y enseñarme en esta etapa final sobre los temas que me gustan.

El almacenamiento de hidrocarburos funciona como elemento de conexión entre las refinerías y los puntos de venta. Absorbe las variaciones entre producción y consumo y permite mantener las reservas estratégicas de combustible del país.

Se desarrolla el diseño de una planta de almacenamiento de hidrocarburos, ubicada en Cartagena, Murcia, junto a la refinería del Valle de Escombreras. El diseño incluye tanto la obra civil, como las instalaciones necesarias para el funcionamiento de esta. Destacando el diseño de los tanques, realizado mediante la Standard API-650.

Los cálculos de las estructuras de acero y hormigón se realizan con el programa Cype 3D y CypeCad. También se crean planos para una descripción visual de las soluciones escogidas. Y por último se realiza el presupuesto del proyecto, donde se refleja el valor económico total de esta planta industrial, y las partes que influyen en mayor medida a este coste.

Las hojas de datos de equipos que se han escogido para diferentes funciones se muestran en el Anexo IV.

# Índice del proyecto

---

<b>Memoria descriptiva</b>	1
<b>Anexos</b>	
• <b>I Memoria Justificativa de cálculos</b>	84
• <b>II Planos</b>	114
• <b>III Presupuesto</b>	137
• <b>IV Hojas de datos</b>	183

PROYECTO BÁSICO DE UNA PLANTA DE  
ALMACENAMIENTO DE HIDROCARBUROS

MEMORIA DESCRIPTIVA

# Índice

---

<b>Agradecimientos</b>	<b>vii</b>
<b>Resumen</b>	<b>viii</b>
<b>Índice del proyecto</b>	<b>ix</b>
<b>Índice de Tablas</b>	<b>xiii</b>
<b>Índice de Figuras</b>	<b>xiv</b>
<b>1 Introducción y antecedentes</b>	<b>1</b>
1.1 <i>Hidrocarburos</i>	1
1.2 <i>Refinación de petróleo</i>	2
1.2.1 Historia del petróleo	2
1.2.2 El proceso de refinación	2
1.3 <i>Plantas de almacenamiento de hidrocarburos</i>	5
<b>2 Descripción general de la planta</b>	<b>7</b>
2.1 <i>Ubicación</i>	8
2.2 <i>Cumplimiento de la normativa urbanística</i>	9
2.3 <i>Layout</i>	9
2.4 <i>Estudio geotécnico del suelo</i>	10
2.4.1 Caracterización del relleno	11
2.4.2 Caracterización del terreno	11
<b>3 Normativa</b>	<b>12</b>
<b>4 Obra civil</b>	<b>13</b>
4.1 <i>Movimiento de tierras</i>	13
4.2 <i>Edificio de oficinas</i>	13
4.2.1 Sistema estructural	14
4.2.2 Sistema envolvente	16
4.2.3 Instalaciones	18
4.3 <i>Nave</i>	18
4.3.1 Sistema estructural	19
4.3.2 Elementos constructivos	23
Además del correcto cálculo de la estructura es necesario tener en cuenta algunos aspectos en la construcción de la nave para que se cumpla la funcionalidad de esta.	23
4.3.3 Instalaciones	24
4.4 <i>Tanques de almacenamiento de hidrocarburos</i>	24
4.4.1 Cubetos de retención	25
4.4.2 Diseño de tanques de almacenamiento de hidrocarburos	27
4.5 <i>Cargadero de camiones</i>	34
4.5.1 Sistema estructural	35
4.6 <i>Puesto de control y caseta de vigilancia</i>	36
4.7 <i>Tuberías y racks de tuberías</i>	37
4.7.1 Especificaciones de tuberías	39
4.7.2 Selección de bombas	41
4.8 <i>Urbanización</i>	42
4.8.1 Cerramiento de la parcela	42
4.8.2 Firmes	42
4.8.3 Acerado y jardinería	43
4.8.4 Marquesinas de aparcamiento	44

4.8.5	Luminaria exterior	44
<b>5</b>	<b>Instalaciones auxiliares</b>	<b>45</b>
5.1	<i>Unidad de recuperación de vapores</i>	45
5.2	<i>Equipos de aditivación</i>	47
5.3	<i>Pararrayos</i>	48
<b>6</b>	<b>Instalación de suministro de agua</b>	<b>50</b>
6.1	<i>Caudales y puntos de consumo</i>	50
6.2	<i>Elementos de la red de distribución</i>	51
6.3	<i>Dimensionamiento de la red del edificio de oficinas</i>	53
6.3.1	Grupo de presión	54
<b>7</b>	<b>Instalación de saneamiento</b>	<b>55</b>
7.1	<i>Evacuación de aguas residuales</i>	55
7.2	<i>Evacuación de aguas pluviales</i>	57
7.3	<i>Red de aguas hidrocarburadas</i>	59
7.3.1	Sistema de tratamiento de aguas hidrocarburadas	61
<b>8</b>	<b>Instalación eléctrica</b>	<b>63</b>
8.1	<i>Centro de seccionamiento</i>	63
8.2	<i>Centro de transformación</i>	64
8.3	<i>Estimación de la potencia nominal</i>	64
8.4	<i>Transformadores</i>	66
8.5	<i>Cuadros generales y secundarios de baja tensión</i>	67
8.6	<i>Líneas principales y de derivación</i>	67
<b>9</b>	<b>Protección contra incendios</b>	<b>69</b>
9.1	<i>PCI en tanques</i>	69
9.1.1	Agua pulverizada	70
9.1.2	Utilización de espuma	71
9.1.3	Hidrantes	73
9.1.4	Lanzas monitoras	75
9.2	<i>PCI en las demás construcciones</i>	75
9.3	<i>Tuberías y reserva de agua/espuma</i>	79
9.4	<i>Sistema de bombeo</i>	80
<b>10</b>	<b>Conclusiones</b>	<b>81</b>
	<b>Referencias</b>	<b>82</b>

# ÍNDICE DE TABLAS

---

Tabla 1. Dimensiones de perfiles	22
Tabla 2. Tanques	25
Tabla 3. Dimensiones tanques	28
Tabla 4. Espesores de virolas	28
Tabla 5. Dimensión de perfiles del cargadero	35
Tabla 6. Productos almacenados	39
Tabla 7. Acero API-5L X-52	40
Tabla 8. Diámetros de red de suministro de agua	54
Tabla 9. Unidades de desagüe	55
Tabla 10. Diámetro de ramales de colectores	56
Tabla 11. Diámetro de bajantes	57
Tabla 12. Diámetro colectores horizontales	57
Tabla 13. Diámetros de la red de evacuación aguas pluviales	58
Tabla 14. Potencia nominal	65
Tabla 15. Medios de protección contra incendios	69
Tabla 16. Medios de protección contra incendios	79
Tabla 17. Caudales, tuberías y reserva de agua/espuma	80

# ÍNDICE DE FIGURAS

---

Figura 1. Estructura molecular de hidrocarburos <sup>1</sup>	1
Figura 2. Refinación del petróleo <sup>6</sup>	4
Figura 3. Ubicación de la parcela	8
Figura 4. Ubicación	8
Figura 5. Clasificación del suelo	9
Figura 6. Layout	10
Figura 7. Espectro sísmico	14
Figura 8. Bovedilla	14
Figura 9. Estructura del edificio de oficinas	15
Figura 10. Losa de cimentación del edificio de oficinas	15
Figura 11. Representación edificio de oficinas	15
Figura 12. Tipos de paneles prefabricados de hormigón	17
Figura 13. Elementos de anclaje en paneles <sup>10</sup>	17
Figura 14. Unión húmeda panel-forjado <sup>10</sup>	17
Figura 15. Unión seca panel forjado <sup>10</sup>	17
Figura 16. Ejemplo unión panel con pilar mediante conectores metálicos	18
Figura 17. Vista del sellado vertical y horizontal <sup>10</sup>	18
Figura 18. Nave metálica	19
Figura 19. Tipos de pórticos	20
Figura 20. Unión pilar-cimentación	20
Figura 21. Unión pilar-viga	20
Figura 22. Orientación de perfiles en viga y pilar	20
Figura 23. Distribución de correas	21
Figura 24. Perfil de las correas	21
Figura 25. Perfil de los tirante	21
Figura 26. Representación de la estructura	21
Figura 27. Tornapuntas	21
Figura 28. Cimentación de la nave	22
Figura 29. Cerramiento lateral <sup>11</sup>	23
Figura 30. Colocación placa alveolar embebida	23
Figura 31. Ejemplo nave con panel embebido	23
Figura 32. Policarbonato celular	23
Figura 33. Panel sándwich	23
Figura 34. Solera de la nave	24
Figura 35. Cubetos	26
Figura 36. Ejemplo de cubetos <sup>12</sup>	26

Figura 37. Techo flotante con pontones <sup>15</sup>	29
Figura 38. Techo flotante con membranas <sup>15</sup>	29
Figura 39. Techo domo geodésico	29
Figura 40. Sellado primario <sup>16</sup>	29
Figura 41. Sellado secundario <sup>16</sup>	29
Figura 42. Dispositivo de drenaje	30
Figura 43. Cimentación en anillo <sup>17</sup>	31
Figura 44. Losa D=46 m	32
Figura 45. Losa D=41 m	32
Figura 46. Gráficas del estudio geotécnico de referencia	33
Figura 47. Estructura del cargadero	35
Figura 48. Pasarelas en cargadero	35
Figura 49. Cimentación del cargadero	36
Figura 50. Distribución de tuberías en planta	37
Figura 51. Rack de tuberías	38
Figura 52. Tuberías en rack	38
Figura 53. Cruce de viales	38
Figura 54. Rack de tuberías hacia cubetos	39
Figura 55. Bomba seleccionada	41
Figura 56. Propiedades bomba seleccionada	41
Figura 57. Cerramiento de la parcela	42
Figura 58. Categorías de tráfico pesado	42
Figura 59. Módulo de compresibilidad en el segundo ciclo de carga	43
Figura 60. Firme	43
Figura 61. Adoquines y acerado	44
Figura 62. Marquesinas de aparcamiento	44
Figura 63. Compresores de tornillo y de paletas	45
Figura 64. Unidad de recuperación de vapores convencional <sup>22</sup>	46
Figura 65. Eyector venturi <sup>23</sup>	46
Figura 66. Bomba dosificadora	48
Figura 67. Pararrayos de barras simples	48
Figura 68. Pararrayos de jaula Faraday	49
Figura 69. Pararrayos con hilos armados	49
Figura 70. Pararrayos con PDC	49
Figura 71. Caudal de cada aparato	50
Figura 72. Esquema red de distribución (CTE-DB-HS4)	51
Figura 73. Esquema grupo de presión (CTE-DB-HS4)	52
Figura 74. Red general de suministro de agua	52
Figura 75. Red de suministro de agua en oficinas	53

Figura 76. Diámetros mínimos de derivaciones a los aparatos	53
Figura 77. Diámetros mínimos	54
Figura 78. UD de aparatos	56
Figura 79. Diámetros colectores	56
Figura 80. Diámetro bajantes	56
Figura 81. Diámetro colectores horizontales	57
Figura 82. Número de sumideros	57
Figura 83. Diámetro canalones	58
Figura 84. Diámetro bajantes	58
Figura 85. Diámetro colectores pluviales	58
Figura 86. Red de evacuación de aguas pluviales	59
Figura 87. Red de evacuación de aguas hidrocarburadas	60
Figura 88. Decantador y separador de aguas hidrocarburadas <sup>26</sup>	61
Figura 89. Separador con by-pass <sup>26</sup>	61
Figura 90. Tiempo de residencia óptimo <sup>27</sup>	62
Figura 91. Distribución red eléctrica	63
Figura 92. CS, CT y CGBT <sup>28</sup>	64
Figura 93. Transformador seco	67
Figura 94. Transformador de aceite	67
Figura 95.Boquillas pulverizadoras	70
Figura 96.Distribución de boquillas	70
Figura 97.Red de agua PCI en tanques	71
Figura 98.Cámaras de espuma	72
Figura 99.Vertederas	72
Figura 100.Hidrantes (RSCIEI)	73
Figura 101.Condiciones de hidrantes	74
Figura 102.Red de hidrantes	74
Figura 103.Lanzas fijas	75
Figura 104.Lanzas portátiles	75
Figura 105.Tipos de chorros	75
Figura 106.Nivel de riesgo (RSCIEI)	76
Figura 107.Eficacia extintores	77
Figura 108.Eficacia extintores fuego clase B	78

# 1 INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

## 1.1 Hidrocarburos

Los hidrocarburos son un conjunto de compuestos orgánicos, cuyas moléculas están formadas por átomos de carbono e hidrógeno, organizados en diversas estructuras dependiendo del tipo.

Todos los hidrocarburos comparten en su estructura molecular una cadena de átomos de carbono y cada uno de ellos puede estar unido a uno o más átomos de hidrógenos. Se clasifican según los enlaces en:

- Saturados: Alcanos. Estos solo contienen enlaces simples, también se les conoce como alifatos.
- Insaturados: - Alquenos (oleínas), son los que contienen enlaces dobles.
  - Alquinos, contienen uno o más enlaces triples.
  - Aromáticos (arenos), generalmente tienen 6 átomos de carbono. Consisten en varios anillos de benceno contiguos.

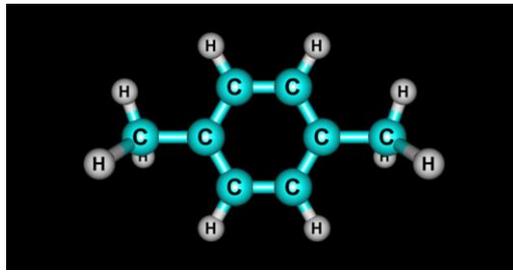


Figura 1. Estructura molecular de hidrocarburos<sup>1</sup>

Los hidrocarburos no se presentan en la naturaleza de forma pura, sino que se encuentran en sustancias fósiles y deben obtenerse a partir de ellas por métodos químicos o físicos. Las sustancias fósiles que se usan para la provisión energética son el petróleo, el carbón y el gas natural. Estos son recursos no renovables ya que no pueden ser fabricados por el ser humano.

El carbón se origina en el depósito de materia vegetal compactada y sometida a alta presión y temperatura durante años, y generalmente se extrae de las minas. Sin embargo, el petróleo y el gas natural se forman por el hundimiento de animales en el fondo del mar, que fueron cubiertos por sedimentos y también sometidos a alta presión y temperatura.

Una vez que las sustancias fósiles son extraídas se transportan a refinerías, donde se obtendrán los hidrocarburos que las componen y otros como azufre o nitrógeno.

Mediante la aplicación de distintos procesos de transformación (refinación) de los hidrocarburos, se fabrican una amplia gama de productos<sup>2</sup>:

- Energéticos: combustibles específicos para transporte, la industria, agricultura y la generación de corriente eléctrica. Los más comunes son las gasolinas, el queroseno y el diésel.
- Productos especiales: como lubricantes, asfaltos, grasas para vehículos y productos de uso industrial.
- Productos petroquímicos: la industria petroquímica hace uso de los elementos que están presentes en los hidrocarburos produciendo compuestos más elaborados que sirven de materia prima para otras industrias. Por ejemplo, para fabricación de plásticos, fibras sintéticas, pinturas, detergentes, fertilizantes, etc...

Una de sus propiedades más importantes es el punto de fusión. Todos, en estado sólido, líquido o gaseoso son inflamables. Por esta razón, se utilizan como combustibles para motores y se promueven, producen, transportan y almacenan en grandes cantidades. Por lo que es necesario utilizar materiales y estructuras adecuadas en los lugares donde estén presentes.

Todos los contenedores en los que estos productos se transportan, los tanques donde se almacenan o equipos utilizados para su transformación deben cumplir regulaciones especiales.

En el caso de una planta de almacenamiento de hidrocarburos, se debe cumplir el Reglamento de Instalaciones Petrolíferas y la Instrucción Técnica Complementaria MI-IPO2, ‘‘parques de almacenamiento de líquidos petrolíferos’’.

## 1.2 Refinación de petróleo

### 1.2.1 Historia del petróleo

Desde la antigüedad, en ciertas regiones terrestres de los países del Oriente Medio, el petróleo aparecía de forma natural. Hace 6000 años se usaba para pegar ladrillos y piedras en Babilonia, también para la medicina o para engrasar pieles. A algunas tribus precolombinas de México se les atribuyen esculturas pintadas con petróleo. También los indígenas de esta época en América lo utilizaban como impermeabilizante para embarcaciones. Aunque los chinos ya lo utilizaban como combustible para la cocción de alimentos.

La primera destilación de petróleo se le otorga al árabe Al-Razi en el siglo IX. Ya entonces se obtenía queroseno y otros destilados para usos médicos y militares.

Durante la Edad Media se continuó utilizando principalmente con fines curativos.

En el siglo XVIII empiezan a perfeccionarse los métodos de refinación, obteniéndose productos derivados que se utilizarían sobretodo para el engrasado de máquinas.

A mediados del siglo XIX, Edwin Drake perforó el primer pozo de petróleo en Pensilvania (EEUU). También ayudó a crear un mercado del petróleo, centrándose en la obtención de queroseno. Este sustituyó al aceite de ballena que se utilizaba como combustible para las lámparas.

Posteriormente se desarrollaron los motores de turbina, utilizados actualmente en aviones comerciales, civiles y militares. Por lo que el 80% de la producción de queroseno era utilizado para estos motores.

En 1910 se comienza a usar el gasóleo como combustible para los barcos, sustituyendo al carbón debido a su mayor capacidad calorífica.

Cuando se logró la separación de la fracción ligera de los gasóleos llamada diésel, el motor de Rudolph Diesel empezó a encontrar un amplio desarrollo, ya que originalmente este fue inventado para trabajar con carbón pulverizado sin haber tenido gran éxito.

La aparición de los motores de combustión abrió nuevas perspectivas en la utilización del petróleo. Y en 1960, en Bagdad (Iraq), se constituye la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP) fundada por el Ministro de Energías venezolano Juan Pablo Pérez Alfonso y un grupo de ministros árabes.

Actualmente, se obtienen a partir del petróleo varios tipos de productos y con distintos usos. En el próximo apartado se explica con más detalle.<sup>3</sup>

### 1.2.2 El proceso de refinación

Se llama crudo al petróleo sin procesar y está compuesto principalmente por hidrocarburos, azufre y nitrógeno. El tipo de crudo varía según su densidad, tipos de hidrocarburos contenidos y las cantidades de azufre y nitrógeno. Es necesario separarlo en ciertas fracciones mediante la refinación de esta sustancia para que tenga aplicación práctica.

El proceso de producción de combustibles comienza con la recepción del crudo de petróleo, que suele ser en zonas portuarias donde llegan barcos petroleros para su descarga. Una vez analizado el petróleo en el laboratorio, comienzan los diferentes procesos.

Las características de configuración de cada refinería son únicas. Están determinadas por su ubicación, diseño, el tipo de crudo utilizado para refinación y las especificaciones de calidad para los productos refinados.

La configuración de una refinería determina las unidades de procesos por las que está formada y las características de las técnicas que utilizan. Se pueden clasificar cuatro tipos de refinerías según la configuración<sup>4</sup>:

- 1- Las refinerías con unidades de destilación atmosférica que solo realizan el fraccionamiento del crudo.
- 2- Las que incluyen la destilación atmosférica, el reformado catalítico y mezcla de productos. Donde pueden controlar el contenido de azufre en los productos refinados.
- 3- Las refinerías de conversión, que incluyen todos los procesos anteriores y el de craqueo.
- 4- Las refinerías de conversión profunda, incluye todos los procesos de las anteriores y la coquización.

A continuación se explican estos procesos de refinación.<sup>4</sup>

#### **Procesos de separación:**

- Destilación. El crudo se calienta en hornos hasta 360 °C y se introduce en una torre de destilación. En esta se separan las distintas fracciones y residuos que componen el petróleo, según su temperatura de ebullición. En general, en la parte superior de la torre se obtienen los productos de menor peso molecular y en la parte inferior los de mayor. Inicialmente se realiza la destilación atmosférica, que se hace a presión levemente superior a la atmosférica, permitiendo separar los componentes más volátiles: gases, componentes de las gasolinas, queroseno y gasoil. El residuo que corresponde a la fracción no vaporizada, es sometido a una segunda destilación, llamada destilación al vacío.
- Destilación al vacío: el residuo se calienta en un horno a temperatura de 380 °C a 420 °C y pasa por una columna a presión menor que la atmosférica. Se separan los compuestos pesados evitando la degradación de los mismos por alta temperatura. Así se logra una nueva fracción componente del gasoil, un aceite pesado y un residuo. El residuo se utiliza como base para fuel oil o asfaltos y el aceite pesado se usa como carga para uno de los procesos de conversión (cracking catalítico).

Tras estos dos procesos de destilación, el crudo queda dividido en:<sup>5</sup>

- Partes ligeras (22%): Gases (2%) , gasolinas y naftas (20%)
- Partes medias (65%): queroseno y disolventes (25%) y gasóleo (40%)
- Partes pesadas (13%): lubricantes (3%) y residuos (10%)

Los **procesos para la conversión** implican un cambio en la estructura de los hidrocarburos que normalmente involucra reacciones químicas cuya velocidad se aumenta mediante catalizadores para obtener productos de mayor calidad.

- Craqueo catalítico (FCC). Proceso que opera a alta temperatura y baja presión, utilizando un catalizador para convertir el gasóleo pesado en gases livianos, materias primas de petroquímicas, mezcla de componentes de gasolina (nafta de FCC) y mezcla de componentes de diésel (aceite cíclico ligero).
- Hidrocraqueo. Proceso que opera a temperatura moderada y alta presión, aplicando hidrógeno para convertir los destilados y el gasóleo a partir de la destilación del crudo, en gasolina y destilados. Este proceso es más efectivo que el FCC en cuanto a la conversión del gasóleo pesado y elaboración de productos de bajo contenido en azufre. Sin embargo, la construcción y el funcionamiento de los hidrocraqueadores son más costosos.
- Coquización. Es un proceso de conversión térmica, no utiliza catalizadores y descompone el aceite residual, el residuo más pesado de la destilación del crudo en sustancias más livianas para continuar su procesamiento.

Los **procesos de mejora** provocan reacciones químicas que combinan o reestructuran las moléculas en los flujos de bajo valor para producir otros de mayor valor, principalmente una mezcla de componentes de gasolina con alto octanaje y bajo contenido de azufre. Todos estos emplean catalizadores e incluyen moléculas de hidrocarburo pequeñas.

- Reformado catalítico. Los reformadores realizan una serie de reacciones catalíticas en flujos de naftas que aumentan significativamente el nivel de octano de los mismos. Estas reacciones químicas generan compuestos aromáticos, que en el punto de ebullición de la gasolina tienen un nivel de octano muy alto y características que favorecen a su producción.

Estos compuestos aromáticos son también favorables para las materias primas de petroquímicos.

- Alquilación. Combina oleofinas livianas con isobutano para producir una mezcla de componentes de gasolina de alto octanaje. Las unidades de alquilación se encuentran solo en las refinerías que disponen de craqueo catalítico, ya que las oleofinas livianas e isobutanos proceden de esta unidad. Se utiliza para la producción de gasolina especial.
- Isomerización. Los hidrocarburos livianos de cinco y seis átomos de carbono se convierten en hidrocarburos ramificados. El producto, isomerato, tiene mayor número de octano y forma parte de los productos con los que se formulan las gasolinas comerciales.

Como beneficio adicional, la isomerización elabora un producto que prácticamente no contiene azufre ni benceno. Algunas refinerías lo añaden para cumplir los estrictos estándares de contenido de benceno en la producción de gasolina.

- Polimerización. Combinación de dos o tres moléculas de oleofina liviana (C3 o C4) para producir una mezcla de componentes de gasolina de alto octanaje y olefínica (poligasolina). Es un proceso relativamente barato pero no se usa demasiado debido a que la poligasolina no es muy demandada por su contenido de sustancias inestables.
- Esterificación. Combinación de oleofinas con alcohol (metanol y etanol) para producir éter. Los éteres son una mezcla de componentes de gasolina especial, con alto contenido de octano y otras propiedades deseables.

Los **procesos de tratamiento** tienen como finalidad cumplir las especificaciones del producto refinado, cuyo objetivo principal es reducir el contenido de azufre. Existen diversas tecnologías de tratamiento pero la más utilizada es la hidrogenación catalítica o hidrotratamiento.

También son necesarios **procesos adicionales** para la realización de operaciones de soporte a la producción. En algunas se elaboran productos especiales, otras controlan las emisiones a la atmósfera o proporcionan apoyo a los procesos principales. Algunos ejemplos son:

- Producción y recuperación de hidrógeno.
- Recuperación de azufre
- Tratamiento de aguas residuales
- Movimiento y almacenamiento de petróleo
- Generación de electricidad y vapor
- Antorchas. Contribuyen a la seguridad de la planta . Ante situaciones puntuales de aumento de presión en un equipo, el sistema descarga parte de los hidrocarburos hacia el sistema de antorcha, donde se queman de forma segura.

La operación en el **proceso final** de una refinería consiste en la mezcla de los flujos de refinación en diferentes proporciones para elaborar productos terminados, cuyas propiedades deben cumplir todas las normas que les sea de aplicación. Por ejemplo, la gasolina es una composición de entre 6 y 10 componentes de mezcla y el combustible diésel tiene una composición de entre 4 y 6.

A continuación se muestra una imagen donde se pueden ver esquemáticamente algunos de los productos principales que se obtiene mediante la refinación del petróleo y el uso que tiene cada uno de ellos.

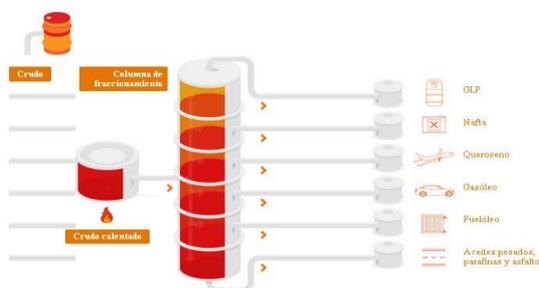


Figura 2. Refinación del petróleo<sup>6</sup>

- GLP, gas licuado de petróleo. Normalmente se separa en butano y propano para su venta individualizada.
- Naftas. La característica más importante es su poder disolvente, por esto se utilizan en la preparación de pinturas, lacas, insecticidas, herbicidas, tintas, etc... Otro de sus principales usos es como materia prima en la industria petroquímica.
- Queroseno. Su principal aplicación es el uso como combustible en aviones. Sin embargo, también sirve como combustible de uso específico en maquinaria pesada, por ejemplo en movimiento de tierras, agricultura o refrigeración. También se utiliza para productos de limpieza mecánica, doméstica o componentes de insecticidas.
- Gasóleo, para la producción de combustible de automóviles.
- Fuelóleo, para combustibles de plantas de energía eléctrica, calderas y hornos.
- Aceites pesados, asfaltos y parafinas que suelen usarse en cosmética.

### 1.3 Plantas de almacenamiento de hidrocarburos

Una vez definido el funcionamiento de las refinerías se explica el trabajo en una planta de almacenamiento de hidrocarburos y su relación con estas para permitir el nivel de producción deseado.<sup>7</sup>

Las instalaciones de almacenamiento de hidrocarburos enlazan las refinerías donde se producen los combustibles y carburantes, con las compañías que los distribuyen a los consumidores.

El almacenamiento de hidrocarburos se puede considerar como una parte imprescindible de la logística de la explotación de estos servicios, ya que:

- Actúa como pulmón entre producción y transporte para absorber las variaciones de consumo.
- Ofrecen flexibilidad operativa a las refinerías.
- Están situadas estratégicamente para satisfacer la demanda de combustibles y ofrecer su servicio a refinerías.
- Son un punto de referencia para la distribución y venta de estos productos.

La mayoría de las instalaciones de almacenamiento reciben el combustible por oleoductos directamente conectados con las refinerías. Aunque algunas se suministran mediante buques por lo que se situarán en un puerto donde los barcos descargan su mercancía a través de tuberías. Así, una vez recibido el combustible se almacena en diferentes tanques según el tipo.

Los clientes de estas plantas de almacenamiento cursan sus pedidos y envían sus camiones cisterna a los cargaderos donde recogen el combustible para distribuirlos a las estaciones de servicio y puntos de consumo.

Uno de los principales criterios que se siguen a la hora de diseñar la distribución de estas plantas industriales es la intención de crecer en capacidad de almacenamiento y por lo tanto, en alcance de negocio. Debido a esto, algunas instalaciones al ser construidas cuentan con un espacio libre para tener la posibilidad de ser ampliadas en el futuro.

La Unión Europea en 1968, emitió una decisión que obligaba a los Estados miembros la necesidad de mantener niveles mínimos de reservas de energía, que concuerdan con los requerimientos de la Agencia Internacional para la Energía (IEA). Los tres objetivos de esta decisión fueron:

- La sostenibilidad del medio ambiente
- La competitividad del Mercado interno de energía
- La seguridad de suministro

La Corporación de Reservas Estratégicas de Productos Petrolíferos (CORES) es el organismo regulador de las reservas de seguridad y estratégicas del país. La Legislación Española establece unas exigencias mínimas de seguridad de 92 días de venta o consumo de gasolinas, destilados medios (gasóleos y queroseno) y fuelóleos<sup>8</sup>.

Estas obligaciones se reparten entre CORES (42 días) y otros sujetos (50 días), como los operadores al por mayor, las empresas distribuidoras al por menor y los consumidores. Por tanto, otra de las funciones de las plantas de almacenamiento es cumplir con los requisitos que esta organización establece y también con los requeridos por parte de los operadores del sector.

Las plantas están dotadas de unos elementos comunes para su funcionamiento: una zona de recepción del producto o conexión con oleoducto, sistemas de bombeo, tanques de almacenamiento, un cargadero de camiones y un laboratorio. Este lleva un exhaustivo control de calidad de todos los combustibles que entran y salen de la planta, garantizando la calidad del producto final. Algunas también incluyen un sistema de proporción de aditivos a los combustibles, para cumplir con los requisitos de cada cliente.

Además existen elementos que permiten la supervisión desde una sala de control donde se pueden manejar todos los sistemas de la planta. Aquí se centralizan todas las operaciones, como el llenado de los taques, la monitorización de la estación de bombeo, el control de los cargaderos, etc...

La seguridad es una de las principales prioridades para cualquier industria, aunque en esta se encuentra muy presente tanto en el diseño, como en los materiales utilizados y en el proceso de construcción, debido a la peligrosidad que supondría un derrame de las sustancias que se almacenan o cualquier otro accidente que pueda producir daños. Normalmente estas instalaciones disponen de:

- Sistema de prevención, siguiendo las normativas aplicables. Por ejemplo, instalación de cubetos o distancia de separación determinada entre tanques.
- Protección contra incendios y sistemas de extinción adaptados a las características de los combustibles y construcciones.
- Sistema continuo de vigilancia automatizado.

También estarán diseñadas para reducir su impacto ambiental contando con:

- Red de recogida de aguas pluviales separada de la red de aguas hidrocarburadas.
- Sistema de tratamiento de aguas hidrocarburadas
- Unidad de recuperación de vapores.
- Recintos estancos

Estos sistemas de protección, junto con las estrictas medidas de seguridad y los controles que se llevan a cabo durante la operación, minimizan el impacto de las instalaciones en el entorno y las convierte en centros seguros y respetuosos con el medio ambiente.

## 2 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA PLANTA

---

El objetivo de este trabajo es el diseño de una planta de almacenamiento de hidrocarburos, el análisis y descripción de las posibles soluciones constructivas y tecnológicas de los elementos que esta contiene, junto con la explicación de las decisiones tomadas mediante cálculos o hipótesis realizadas para ello.

A continuación se describen brevemente las construcciones con las que cuenta la planta del presente trabajo.

- Recepción y transporte de hidrocarburos. Desde una refinería, los sistemas de bombeo hacen posible el transporte de los hidrocarburos mediante oleoductos hasta la planta. Desde este punto se distribuyen los hidrocarburos a los tanques de almacenamiento mediante las tuberías. Los oleoductos son aéreos y llegan mediante racks de estructura metálica, pero quedarán fuera del alcance del trabajo, centrándose en las tuberías y elementos que se encuentran dentro de la parcela.

Es responsabilidad del personal de trabajo, la recepción y transporte de estos productos. Por ello se dotará de elementos de medida a esta instalación de manera que se pueda llevar un control de las cantidades que entran a la planta. Además se realizarán análisis de muestras tomadas de las sustancias que entran para comprobar la calidad de los productos recibidos.

- Almacenamiento de productos petrolíferos. Las capacidades de almacenamiento y los productos que se almacenan son:
  - 120.000 m<sup>3</sup> de gasolina
  - 80.000 m<sup>3</sup> de diésel
  - 80.000 m<sup>3</sup> de jet
  - 40.000 m<sup>3</sup> como espacio de reserva

Se construyen cuatro tanques de 30.000 m<sup>3</sup> de capacidad cada uno y cinco de 40.000 m<sup>3</sup>, separados en dos cubetos para contener los hidrocarburos en caso de fuga. Cada uno está conectado con dos tuberías, una de recepción del producto y otra de salida.

- Cargadero de camiones. Consiste en una estructura metálica cubierta, versátil por su multifuncionalidad ya que también sirve como rack de tuberías para recibir los productos. Cuenta con una instalación de modo manual y modo automático de brazos de carga.

Justo al lado del cargadero, se construye un parking de camiones para que cuando estén todos los puestos ocupados, los demás operarios puedan estacionar en un lugar que permita el tránsito seguro de camiones.

- Puesto de control junto al cargadero. Es una construcción de menor tamaño, con espacio para dos puestos de trabajo y con altura adecuada para vigilar el funcionamiento de la planta desde un punto de vista global y que permita detectar cualquier problema si se produce.
- Edificio de oficinas. Se dispone de un edificio de hormigón para tener un lugar de trabajo de administración, dirección y control. Aquí se sitúa la sala de control, desde la que se vigila y actúa sobre todos los instrumentos instalados.
- Una nave de estructura metálica que alberga el laboratorio, taller y almacén.
- Caseta de vigilancia de entradas y salidas.

En cuanto a las instalaciones, son necesarias las siguientes para el correcto funcionamiento de una planta de almacenamiento:

- Unidad de recuperación de vapores. Recogida de los vapores de instalaciones de almacenamiento y carga, los vuelve a licuar y los devuelve en forma de hidrocarburos líquidos a los tanques de almacenamiento. Estos métodos incluyen absorción, condensación, adsorción y enfriamiento simple.
- Sistema de proporción de aditivos en línea.

- Red de recogida de aguas hidrocarbudas y sistema de tratamiento de estas. Esta red se encuentra en los cubetos y en el cargadero, que son los lugares en los que se podría producir una fuga de combustible y mezclarse con agua en caso de lluvia. Si esto sucede, es necesario la recogida de estas aguas hidrocarbudas, transportarlas al sistema de tratamiento y así separar los hidrocarburos del agua de lluvia para poder volver a almacenarlos.
- Red de recogida de aguas pluviales. Instalada en el resto de la planta, donde no se pueda producir el derrame de hidrocarburos.
- Instalación de saneamiento y agua caliente sanitaria. Necesaria en baños, aseos y vestuarios.
- Instalación eléctrica
- Instalación de videovigilancia
- Instalación de protección contra incendios

## 2.1 Ubicación

Una vez que se analizan los diferentes puntos estratégicos donde podría situarse la planta, se procede a la ubicación exacta de esta.

El principal objetivo es maximizar los beneficios y para ello se estudian factores como la naturaleza de la industria, la forma de transportar los productos, la localización de mercados de interés, así como aspectos ecológicos y medioambientales.

Como los hidrocarburos llegan a la planta a través de oleoductos cuyo origen es una refinería, se va a situar cerca de esta. En concreto, a un kilómetro de la Refinería de Petróleo del Valle de Escombreras que se encuentra en Cartagena, Murcia. Desde que se fundó en 1950, esta refinería no ha dejado de crecer e invertir en nuevos proyectos para aumentar su producción y mejorar la calidad de sus productos. Por esta razón se sitúa aquí la planta de almacenamiento, ya que el aumento de producción de una refinería implica también un aumento de la necesidad de almacenamiento.



Figura 3. Ubicación de la parcela

Se ha localizado una parcela de 191.881 m<sup>2</sup> sin construir que se toma como ubicación de la planta de almacenamiento de hidrocarburos que se va a diseñar.



Figura 4. Ubicación

La refinería de Escombreras tiene una capacidad de refinación de 150.000 barriles de petróleo al día, es decir 24 millones de litros de petróleo al día. Esta abastece al mercado nacional y también exporta excedentes de combustibles y coque al mercado internacional. De estos litros de petróleo se obtiene:

- Gasolina (27 KBD, kilos de barriles al día)
- Diésel (70 KBD)
- Jet A-1(12 KBD), es un combustible para aviones.
- GLP, gas licuado de petróleo (3,5 KBD, combustible para estufas domésticas y equipo industrial)
- Propileno (4.5 KBD), la base para la producción de propileno.
- Nafta (27 KBD), precursor industrial petroquímico, blending de gasolinas.
- Arotar (3.5 KBD) para fabricación de llantas.
- Azufre (250 t/día) para producción de ácido y derivados, fertilizante y tratamiento de aguas
- Coque (2500 t/día) para generación eléctrica y la industria metalúrgica.

La necesidad de protección del medio ambiente y la eficiencia es imprescindible para esta empresa, por eso se utilizan las mejores tecnologías para obtener combustibles de alta calidad, limpios, de bajo azufre y que contribuyan a mejorar la calidad del aire que se respira en las ciudades. Esto aporta una garantía ambiental y de seguridad para el entorno y en especial, para este proyecto.

## 2.2 Cumplimiento de la normativa urbanística

El Plan General de Ordenación Urbanística (PGOU) de Cartagena, aprobado definitivamente en 1987, establece las condiciones urbanísticas de los suelos donde se va a implantar la Planta de Hidrocarburos.

Los terrenos están clasificados por el Plan General como Suelo Urbanizable no sectorizado con uso global industrial. Por lo tanto el uso de planta de hidrocarburos es compatible urbanísticamente con lo estipulado por el PGOU.

Previamente a la presentación del Proyecto para solicitar la licencia de obras, se desarrollaría un Plan de Actuación Urbanístico, al ser un suelo no programado. Y también un Plan Parcial para su urbanización.

Identificador del elemento (ID)	363
Plan donde se origina el ámbito	Plan General Municipal de Ordenación de 1987 <input type="checkbox"/>
Signatura	N.EC1
Clase (y situación) del suelo	Suelo urbanizable
Categoría del suelo	Suelo urbanizable no programado
Condiciones particulares del ámbito	No hay ficha de condiciones para este ámbito
Comentarios	Uso Industrial
Superficie aproximada de la zona	9 833 698 m <sup>2</sup>

Figura 5. Clasificación del suelo

## 2.3 Layout

Una vez que se ha encontrado una ubicación para la construcción de la planta, y se han definido todas las construcciones e instalaciones que la forman, se procede a situar cada una de estas en la parcela y establecer el layout. Además, se deja un espacio disponible para preveer ampliaciones futuras.

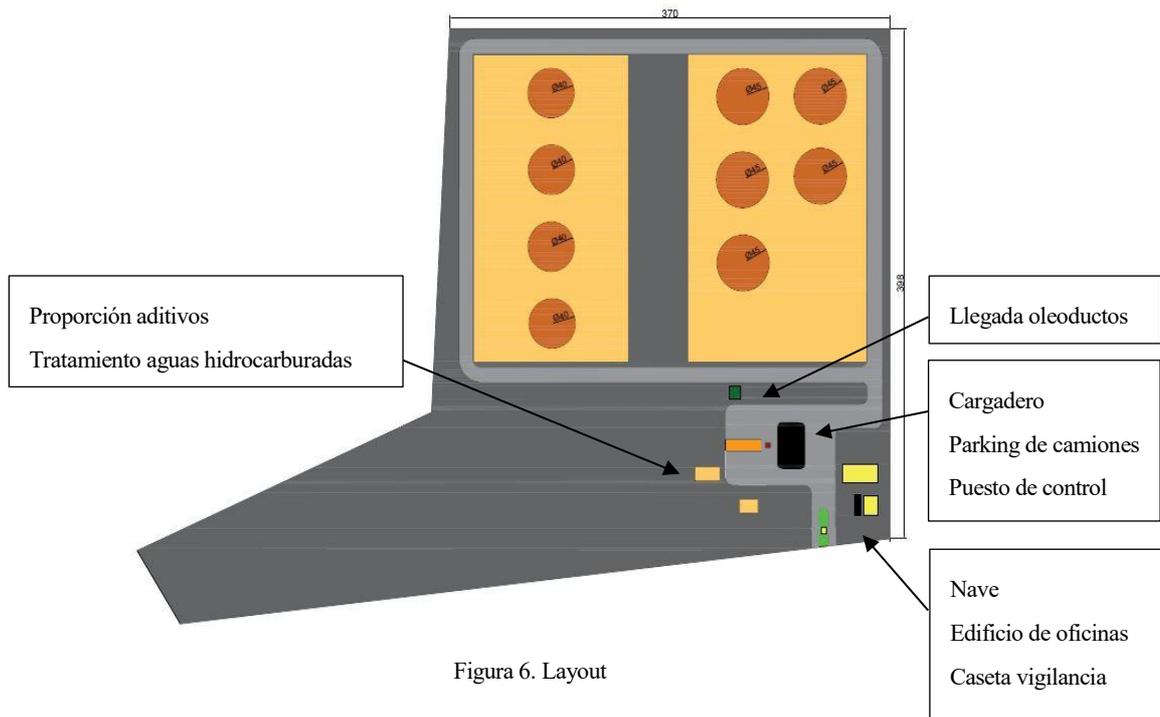


Figura 6. Layout

## 2.4 Estudio geotécnico del suelo

Las condiciones geotécnicas del suelo de la parcela en la que se construye esta planta influirá en el tipo y tamaño de la cimentación de todas las estructuras existentes. Para suponer el comportamiento de este suelo se ha tomado de referencia un estudio geotécnico de una zona del puerto de Huelva, ya que esta planta se construye en una parcela cercana al mar.

Inicialmente, para verificar las características y disposición de materiales en el terreno se realizaron las siguientes prospecciones:

- 4 Sondeos a rotación con extracción de testigo y toma de muestras. Son perforaciones de diámetro entre 65 y 130 mm y profundidades mayores de 100 metros. Se obtienen muestras del terreno y del agua en caso de existencia del nivel freático.
- 3 Ensayos CPTU con medida de disipaciones. El ensayo de penetración estática CPTU consiste en hincar en el terreno a velocidad constante (2 cm/s) un cono que permite medir la resistencia a la penetración, el rozamiento de un manguito ubicado encima de la punta cónica, y la presión intersticial del agua a medida que el cono penetra en el terreno. Adicionalmente al ensayo CPTU se pueden realizar disipaciones, midiendo la velocidad con la que tiene lugar la disipación de la presión de poros en exceso hasta un cierto porcentaje del valor de equilibrio, que coincidirá con el valor de la presión hidrostática a esa profundidad.
- 1 Perfil de tomografía eléctrica. Consiste en aplicar en el terreno una corriente eléctrica a través de electrodos y medir el voltaje resultante en otros electrodos. Esto permite conocer la resistividad del terreno y determinar la presencia de filtraciones en algunas áreas.
- 1 Perfil de Sísmica de ondas superficiales MASW. Es un método que analiza las propiedades de ondas sísmicas superficiales (principalmente las ondas Rayleigh), la cual se propaga horizontalmente desde la fuente emisora hasta los geófonos receptores. La velocidad de propagación de estas ondas dependen de la frecuencia. Esta propiedad se conoce como dispersión.

Obteniéndose la siguiente información:

- Existencia de espesores de fangos bajo los rellenos de hasta 12 metros.
- Existen zonas con distintos espesores de relleno.

- Se trata de fangos muy fluidos, con escasa capacidad portante y baja permeabilidad. Esto implica que cualquier carga vertical se transmite en gran medida en sentido horizontal.
- Existen zonas cuyos rellenos tienen gran cantidad de finos.

### 2.4.1 Caracterización del relleno

Se utilizan materiales granulares para la ejecución del relleno general. Este material debe ser arenoso o granular, que provengan de otra excavación pero nunca de la presente obra, ya que están constituidos por fangos y arcillas. Debe cumplir:

- La cantidad que pase por el tamiz 200 debe ser inferior al 20% en peso.
- El peso específico aparente seco debe ser mayor a 1.8 t/m<sup>3</sup>.
- El ángulo de rozamiento interno superior a 33°.
- El contenido de materia orgánica es inferior a 5% en peso.
- El tamaño máximo es menor de 20 cm.

Se supone un espesor de relleno de todo el terreno de 4.5 metros.

### 2.4.2 Caracterización del terreno

El estudio geotécnico permite conocer los distintos estratos del terreno y sus profundidades. Además proporciona las gráficas indicando la resistencia lateral y en punta de cada uno de ellos, que es necesario para el cálculo de algunas cimentaciones. Estas se mostrarán cuando se realicen el cálculo de los pilotes que sean necesarios.

0. Relleno granular (4.5 metros)
1. Arenas limosas – limos arenosos (0 – 4 m)
2. Limos arcillosos – limos arenosos (4 – 6 m)
3. Fangos arcillosos (6 – 10 m)
4. Fangos arenosos (10 -13 m)
5. Limos arcillosos – arcillas limosas (13 - 14 m)
6. Arenas – arenas limosas (14 – 17 m)
7. Arenas (17 – 18 m)
8. Limos arcillosos – arcillas limosas – arcillas (18 – 28 m)
9. Arenas limosas – Limos arenosos – arenas (28 – 30 m)
10. Arenas muy consistentes y terrenos finos muy consistentes sobre consolidados y cementados (30 – 30.3 m)
11. Arcillas – arcillas limosas y limos arcillosos (30.3 – 34 m)
12. Limos arenosos (34 – 34.4 m)
13. Arenas – arenas limosas(34.4 – 38 m)

# 3 NORMATIVA

---

- ‘EHE-08’: Instrucción Española de Hormigón Estructural
- ‘EAE’: Instrucción Española de Acero Estructural
- ‘CTE-DB-SE- AE’: Código Técnico de la Edificación-Documento Básico-Seguridad Estructural-Acciones en la Edificación
  
- Real Decreto 2085/1994: ‘Reglamento de Instalaciones Petrolíferas’
- Real Decreto 1562/1998: Instrucción Técnica Complementaria MI-IPO2 ‘Parques de almacenamiento de líquidos petrolíferos’
  
- API Standard 650: ‘American Petroleum Institute’
- UNE 60309:1983. Canalizaciones para combustible.
- Instrucción Técnica Complementaria del Reglamento de Redes y Acometidas de Productos Gaseosos: ‘ITC MIG 5.1’
  
- ‘NCSE-02’: Norma de Construcción Sismorresistente Española
- Instrucción Técnica de Carreteras, Norma 6.1: Secciones de Firme
- Guía de Cimentaciones en Obras de Carreteras
  
- NFPA-780 (National Fire Protection Association). Estándar para la instalación de sistemas de protección frente a rayos.
- ‘CTE-DB-Salubridad HS’: Código Técnico de la Edificación-Documento Básico-Salubridad
- Reglamento electrotécnico para Baja Tensión (R.D. 842/2002)
  
- Reglamento de Seguridad Contra Incendios en Establecimientos Industriales (R.D. 2267/2004)
- UNE 23503:1989. Sistemas fijos de agua pulverizada. Diseño e instalaciones.
- UNE 13565-1:2019. Sistemas fijos de lucha contra incendios. Sistemas espumantes.
- NFPA-16. Instalación de rociadores agua-espuma.

# 4 OBRA CIVIL

---

En este apartado se describen todas las construcciones de obra civil y los requisitos necesarios para que el funcionamiento de la planta sea lo más eficiente posible. También se realiza el diseño de las estructuras que la forman, cuyo cálculos están reflejados en el Anexo I. Los planos realizados quedan recogidos en el Anexo II. Por último, se realiza el presupuesto de toda la obra, incluyendo las instalaciones, recogido en el Anexo III. Para la selección de algunos elementos, como bombas o tuberías, se han utilizado catálogos que se muestran en el Anexo IV.

## 4.1 Movimiento de tierras

El movimiento de tierras se lleva a cabo en cualquier terreno antes de comenzar una obra. Primero se realiza el desbroce, así se denomina a la acción de limpiar el terreno de plantas, malezas o restos de basura. Una vez realizado, se procede a las tareas de excavación necesarias en el terreno, que dependen de la forma de este y de la obra. Existen diferentes tipos de excavaciones:

- Desmote. Movimiento de las tierras que están por encima de la rasante del plano de arranque.
- Vaciado. Se lleva a cabo cuando el plano de arranque del edificio está ubicado bajo el terreno. Esto se realiza normalmente para la construcción de las cimentaciones.
- Terraplenado. Se ejecuta cuando el terreno está debajo del plano de arranque de la obra y hay que elevarlo al mismo nivel.

En este caso, para comenzar se realiza el desbroce. A continuación se ejecutan los desmontes y terraplenes necesarios para que toda la superficie quede a la misma altura. Sobre este se establece un material de relleno de 4.5 metros de altura que es compactado para aportar resistencia al terreno en la superficie. Y por último, se realiza el vaciado de las partes en las que se construyen zapatas o losas de cimentación.

## 4.2 Edificio de oficinas

La planta cuenta con un edificio de oficinas para controlar las actividades y realizar los trabajos de administración necesarios. También para recibir clientes interesados en la compra de hidrocarburos o para que los trabajadores puedan reunirse en un lugar confortable.

Las dimensiones de este edificio serán 16x12 metros y 6 metros de altura, 3 por cada planta. En la planta baja se encuentran:

- Sala de control, donde se reciben todas los parámetros indicados por los sistemas instalados en toda la planta. Por ejemplo, caudalímetros, medidores de nivel, de presión, etc...
- Comedor y sala de descanso, para que los trabajadores tengan espacio para pasar su tiempo libre.
- Vestuarios, ya que es importante disponer de duchas y lavabos para permitir el aseo de las personas antes de salir del trabajo.
- Aseos

En la segunda planta están:

- Despachos del director y subdirector.
- Sala de administración y oficinas en general
- Sala de reuniones, imprescindible en lugares de oficinas.
- Aseos

En el Anexo II, se encuentran los planos de la distribución de las oficinas.

#### 4.2.1 Sistema estructural

La estructura es de hormigón armado, al ser este un material común en edificación por su durabilidad y resistencia al fuego, además no necesita mantenimiento. Esta ha sido calculada con el programa CYPECAD y se describe a continuación.

Las cargas a las que está sometida la estructura, según lo indicado en el Código Técnico de la Edificación (CTE-SE-AE) son:

- Sobrecarga de uso (zonas administrativas):  $2 \text{ kN/m}^2$
- Sobrecarga de uso en la cubierta (accesibles para conservación):  $1 \text{ kN/m}^2$
- Carga de nieve (Murcia):  $0.2 \text{ kN/m}^2$
- Peso propio (hormigón normal):  $24 \text{ kN/m}^3$
- Cerramientos exteriores (carga lineal en vigas exteriores):  $7 \text{ kN/m}$
- Acción sísmica, Murcia (Cartagena), presenta el siguiente espectro (Periodo frente coeficiente de amplificación).

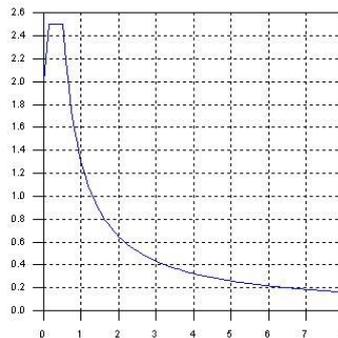


Figura 7. Espectro sísmico

La aceleración sísmica básica ( $a_b$ ) en Cartagena es  $0.07g$  (siendo  $g$ , el valor de la gravedad), por lo que todas las construcciones deben cumplir la Norma de Construcción Sismorresistente (NCSE-02), que establece como ámbito de aplicación todas las edificaciones de importancia normal donde la aceleración sísmica básica sea mayor a  $0.04g$ .

La estructura portante vertical está formada por pilares de hormigón armado de sección cuadrada y dimensiones  $30 \times 30$ , separados unos 4 metros entre ellos. Las vigas, también de hormigón armado, son planas de  $30 \times 35$  cm.

La estructura portante horizontal se resuelve mediante un forjado de viguetas de bovedillas de hormigón con las siguientes dimensiones.

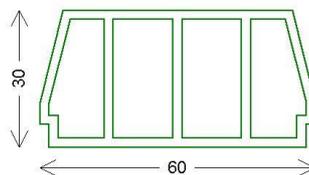


Figura 8. Bovedilla

Se muestra en la siguiente imagen la disposición de pilares, vigas y viguetas. Además de la escalera para conectar las dos plantas del edificio.

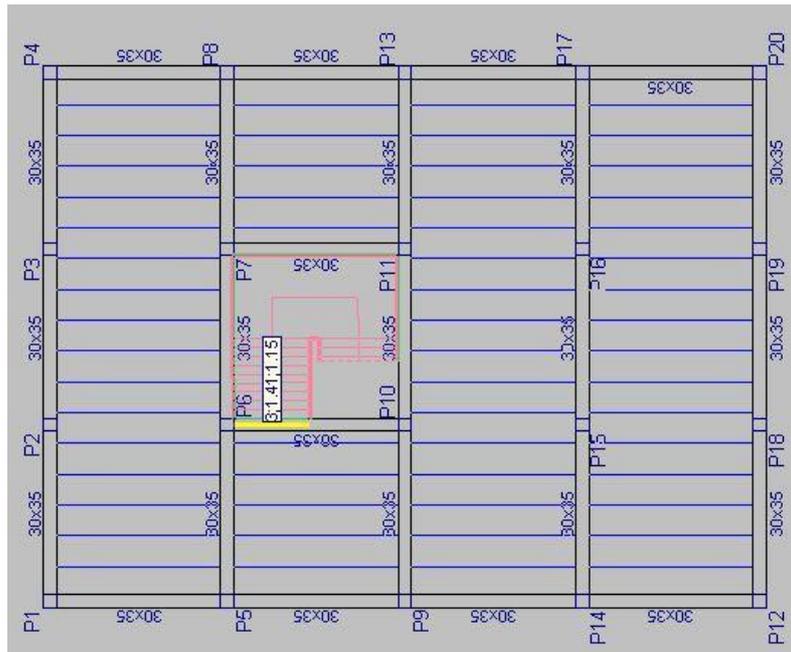


Figura 9. Estructura del edificio de oficinas

La cimentación se resuelve mediante una losa de hormigón armado con un espesor de 0.6 metros. Tiene una armadura superior formada por barras de 16 mm de diámetro cada 30 cm y una armadura inferior igual a esta. Para el cálculo se ha estimado una capacidad portante del terreno aproximada de  $1 \text{ kg/cm}^2$ , suponiendo que el relleno granular compactado puede ofrecer esta resistencia.

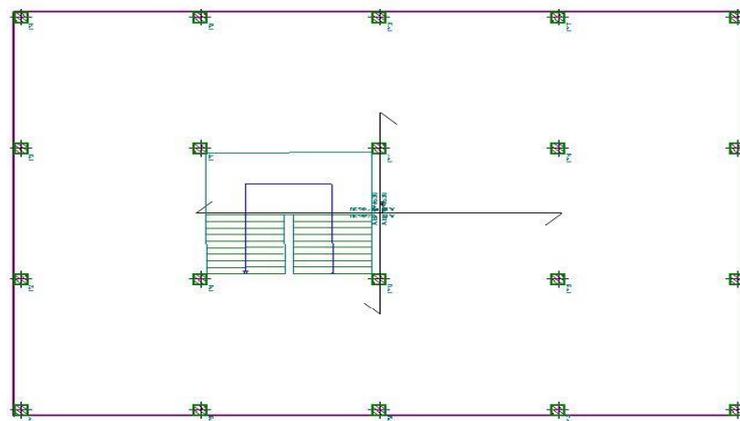


Figura 10. Losa de cimentación del edificio de oficinas

Para representar de forma gráfica como sería la estructura de este edificio se presenta la figura 11.



Figura 11. Representación edificio de oficinas

Los planos de armado de los elementos descritos se muestran en el Anexo II.

#### 4.2.2 Sistema envolvente

Se entiende como sistema envolvente del edificio todos los elementos que limitan y proporcionan un ambiente interior adecuado mediante la colocación de los cerramientos, es decir, fachadas, cubierta y terrado. Además deben proporcionar un aislamiento acústico y térmico conveniente, y aportar resistencia al fuego.

Son la cara visible de una construcción, por lo que el componente estético adquiere mayor importancia y debe transmitir la imagen deseada por la empresa.

Se pueden diferenciar:

- Fachadas ligeras, que precisan una estructura auxiliar que las sustente o pueden quedar encajadas entre forjados o pilares.
- Fachadas pesadas, fabricadas con elementos autoportantes. Por ejemplo materiales de obra de fábrica o paneles prefabricados. Están sujetas en la estructura mediante uniones para que no puedan caer.

Para el cerramiento exterior de este edificio de oficinas se utilizan paneles prefabricados de hormigón a medida. Estos paneles se conforman en fábrica por lo que su producción es más industrializada y económica. Desde la fábrica se transportan a la obra, esto puede ocasionar la necesidad de transportes especiales cuando el tamaño de los paneles prefabricados sea muy grande. Pero en este caso no es necesario, ya que el edificio que se construye tiene unas dimensiones pequeñas.

A continuación se enumeran algunas de las ventajas que tiene utilizar elementos prefabricados:<sup>9</sup>

- La prefabricación permite realizar elementos estandarizados y que formen un conjunto entre ellos.
- Permiten gran variedad de acabados superficiales, pudiendo personalizarlos al gusto del proyectista o cliente para cada obra.
- Presentan homogeneidad en toda la pieza y en el conjunto del edificio.
- Bajo mantenimiento y gran resistencia a la interperie.
- Uno de los aspectos más importantes es el ahorro en tiempo de ejecución.

Aunque también presentan algunas limitaciones:

- El edificio debe ser de forma que permita la colocación de elementos repetitivos, en caso contrario podría aumentar el coste considerablemente.
- La coordinación en cuanto a transporte y colocación es imprescindible.
- Según el tamaño, puede que el coste inicial sea mayor que si se utilizan otro tipo de cerramientos. Pero se debe compensar con la facilidad y rapidez de ejecución, que podría suponer un menor coste en otras tareas.
- Es necesario mano de obra cualificada.

Se pueden diferenciar tres tipos de paneles de hormigón prefabricados:

- 1- Planos: no presentan ningún saliente en su forma final, siendo completamente lisos.
- 2- Nervados: las placas tienen nervios de hormigón armado en la junta con la siguiente placa para la unión y dar rigidez al conjunto, ahorrando armado interior.
- 3- Alveolares: presentan agujeros longitudinales en su interior para aligerar su peso propio.

Para el cerramiento de fachada de este edificio de oficinas se utilizan paneles planos prefabricado de hormigón para garantizar un buen aislamiento y acabado.



Figura 12. Tipos de paneles prefabricados de hormigón

Los anclajes son elementos clave para el transporte, descarga en obra y la colocación de los paneles. Consisten en piezas metálicas que se colocan durante la fabricación, quedando embebidos en el hormigón y en la posición idónea para que sirvan de mecanismo de enganche con los medios de elevación disponibles.

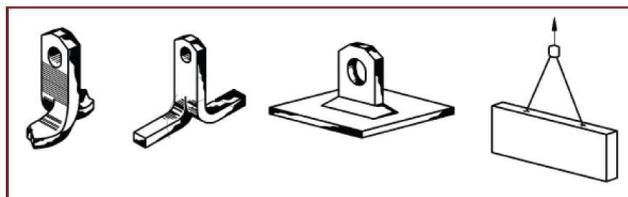


Figura 13. Elementos de anclaje en paneles <sup>10</sup>

Para la construcción de un cerramiento adecuado hay que tener en cuenta las uniones entre paneles y uniones entre panel y estructura. Se pueden diferenciar dos tipos:

- Uniones húmedas: mediante el hormigonado de las juntas entre el panel y la estructura. Normalmente se utilizan para paneles ligeros.

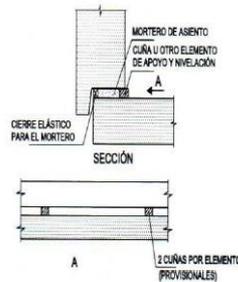


Figura 14. Unión húmeda panel-forjado<sup>10</sup>

- Uniones secas: conexión mediante perfiles o piezas metálicas que conectan el panel con partes de la estructura. Se realizan mediante soldadura o tornillos. Estas se utilizan en los paneles autoportantes.

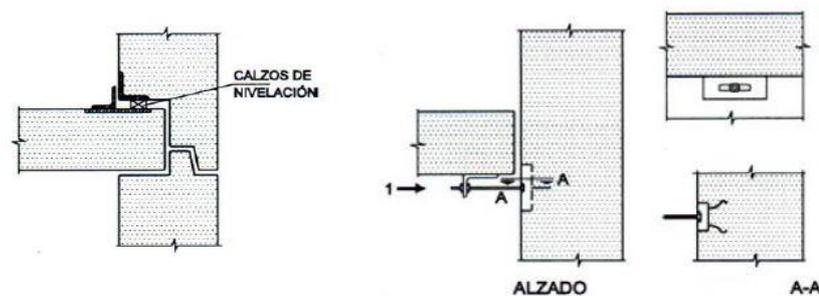


Figura 15. Unión seca panel forjado<sup>10</sup>



Figura 16. Ejemplo union panel con pilar mediante conectores metálicos

Las fachadas deben asegurar estanqueidad frente a la lluvia y al viento mediante juntas verticales y horizontales. Como el hormigón es un material que puede contraerse y expandirse según la variación de temperatura que experimente, se deja un espacio en las juntas para permitir esta variación de volumen sin generar cargas que puedan dañar los paneles. Además, se coloca en estas juntas un material que permita la dilatación y contracción y que evite la entrada de humedad. Este puede ser lana de vidrio, goma, neopreno o algún plástico esponjoso.



Figura 17. Vista del sellado vertical y horizontal<sup>10</sup>

### 4.2.3 Instalaciones

El edificio de oficina cuenta con las siguientes instalaciones que serán explicadas con más detalles en el apartado de instalaciones:

- Instalación eléctrica para luminaria y enchufes
- Instalación de saneamiento y agua caliente sanitaria
- Instalación de protección contra incendios
- Videovigilancia
- Climatización

### 4.3 Nave

Se construye una nave de estructura metálica para disponer de un espacio de almacenamiento, taller y también un laboratorio. En este se realizan los análisis de muestras de los hidrocarburos que entran en la planta, para comprobar su estado antes de ser almacenados en los tanques y realizar controles de calidad.

Aunque en la planta no se dedica a tareas de producción o montaje, se dispone de un espacio de almacenamiento y otro de taller para realizar reparaciones de equipos y tener provisiones de algunas piezas o máquinas necesarias para el mantenimiento de los distintos elementos.

Esta nave se sitúa junto al edificio de oficinas para facilitar la comunicación entre los técnicos del laboratorio, operarios de taller y el personal que trabaje en oficina. Así se puede llevar un control adecuado del funcionamiento de la planta.

La razón por la que se construye una nave metálica y no se incluyen estas zonas en el edificio de oficinas, es por sus distintas funciones. Las oficinas deben ofrecer buena estética y comodidad para los trabajadores. En la nave también deben adecuarse los puestos de trabajo a las necesidades de los trabajadores, pero además es necesario espacios de mayores dimensiones para ciertas actividades, como puede ser la entrada de camiones o almacén de maquinaria con grandes dimensiones. Al ser una construcción de mayor altura libre y luz, se elige la solución más sencilla y económica.

La estructura de esta nave metálica tiene una luz de 14 metros, una altura de 10 y un largo de 30, formada por porticos a dos aguas cada 6 metros.

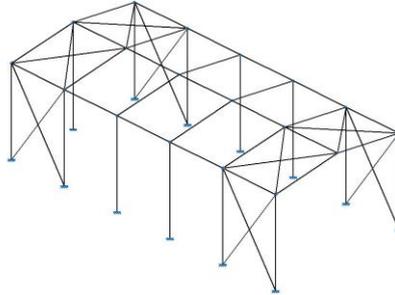


Figura 18. Nave metálica

#### 4.3.1 Sistema estructural

Esta estructura ha sido calculada con CYPE 3D y a continuación se describen los conceptos a tener en cuenta para realizar este diseño.

Lo primero que se selecciona es el tipo de acero para la construcción de esta estructura. El acero S275 es el más común y el que se utiliza normalmente para perfiles metálicos. Se crea la geometría de la estructura, que consta de 6 pórticos a dos aguas con una separación de 6 metros entre ellos.

Las cargas serán las indicadas en el Código Técnico de la Edificación para este caso:

- Sobrecarga de nieve (Murcia):  $0.2 \text{ kN/m}^2$
- Sobrecarga de uso (cubiertas transitables para conservación):  $1 \text{ kN/m}^2$
- Peso propio de la cubierta, panel ligero:  $1 \text{ kN/m}^2$
- Acción del viento
- Acción sísmica

Según como se resuelvan los apoyos y uniones entre pilares y vigas se pueden clasificar los pórticos en cuatro tipos fundamentales:

- A) Pórticos con nudos rígidos y apoyos empotrados. Aparecerán momentos flectores en la base de los pilares, lo que podría condicionar la cimentación.
- B) Pórticos con nudos rígidos y apoyos articulados. Los momentos flectores en la base de los pilares serían nulos.
- C) Pórticos triarticulados, destacan por su flexibilidad y enorme flectores en los hombros. Condiciona sobretudo el dimensionamiento de dinteles. Se suelen utilizar para grandes luces por su menor sensibilidad a asentos y acciones térmicas, pero no son muy frecuentes.
- D) Pórticos con apoyos empotrados, cumbrera con unión rígida y nudos articulados. También condicionaría el dimensionamiento de los dinteles, tanto por esfuerzos como por flecha. Son más comunes en estructuras de hormigón prefabricado en las que las uniones rígidas son complejas.

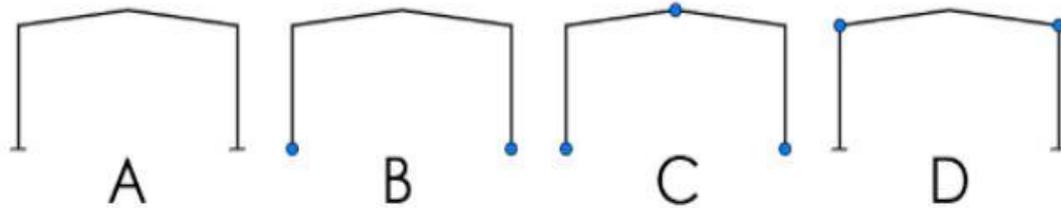


Figura 19. Tipos de pórticos

Tras analizar los diferentes tipos, se descartan las opciones C y D debido a las complicaciones que podrían aparecer, dando lugar a perfiles excesivamente grandes y por el poco uso de estos tipos de pórticos para naves como la de esta planta. Así que se procede al cálculo de la estructura cambiando solamente los apoyos: empotrados y articulados.

Al realizar el cálculo con apoyos articulados se obtuvieron unas dimensiones de pilares y vigas mayores que en el caso de apoyos empotrados. Y el tamaño de la cimentación no cambió considerablemente. Por esta razón se escoge el tipo de pórtico A para esta nave metálica, con apoyos empotrados y nudos rígidos.

A continuación se muestra el detalle constructivo de los apoyos empotrados, que consiste en soldar tanto el alma como las alas del perfil a la placa base. Y los nudos rígidos que estarían soldados a la pieza con la que se une. Todas las uniones son soldadas.

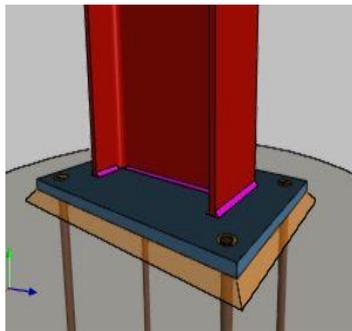


Figura 20. Unión pilar-cimentación

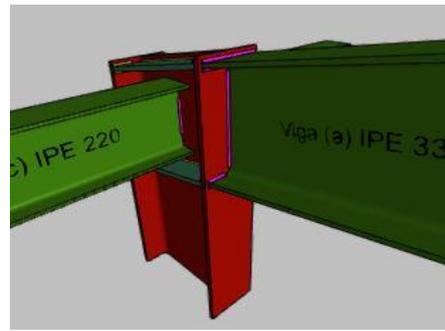


Figura 21. Unión pilar-viga

La orientación de las secciones condiciona el buen diseño de una nave. Debe estar orientado de forma que al plano más desfavorable de pandeo se le oponga la mayor resistencia. Y el eje de mayor resistencia debe estar orientado según la dirección de las cargas más grandes. En este caso, la dirección del viento horizontal será la que ejerza una mayor carga en la estructura, por lo que los perfiles metálicos se colocarán con la siguiente disposición. En los pilares de las esquinas, al tener en cuenta el viento frontal se podrían colocar girados 90°, respecto a los demás. De esta forma resistiría mejor las cargas y se obtendría un perfil más pequeños para estos. Aunque, en este caso se ha decidido no girarlos porque se utilizarán como cerramientos muros prefabricados que irán embebidos en los perfiles.



Figura 22. Orientación de perfiles en viga y pilar

Los pórticos son traslacionales, es decir, los desplazamientos que se produzcan en la estructura pueden afectar a los esfuerzos. El método de cálculo es no lineal al tener en cuenta estos efectos de segundo orden.

La cubierta esta apoyada sobre correas transversales con perfil IPE 180 separadas 2 metros. Hay que destacar que estos son elementos continuos apoyados sobre las vigas y el programa realiza el cálculo pasando las cargas que transmitirían las correas a las vigas.

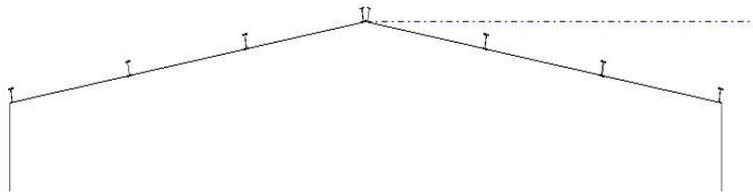


Figura 23. Distribución de correas

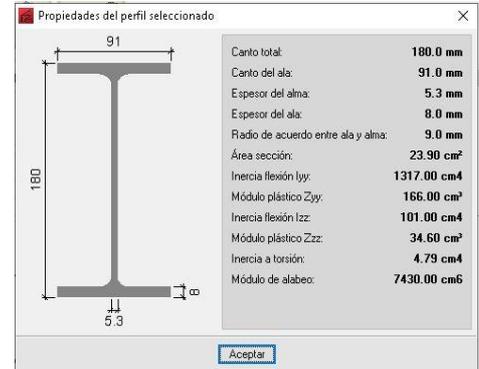


Figura 24. Perfil de las correas

Para el arriostramiento se utilizan cruces de San Andrés entre los pórticos de los extremos. Estos absorben parte del empuje del viento y disminuyen las longitudes de pandeo. Son definidos como tirantes y se ha elegido un perfil R14.

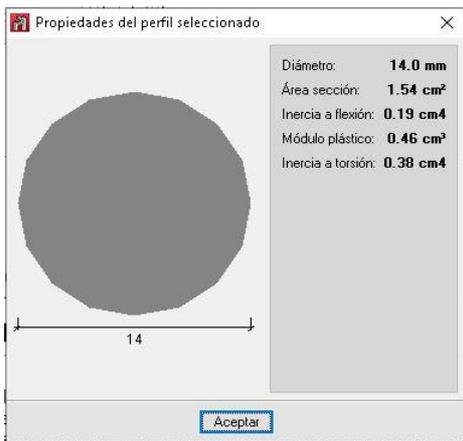


Figura 25. Perfil de los tirantes



Figura 26. Representación de la estructura

En cuanto al pandeo en pilares, se define un coeficiente de pandeo según las condiciones de contorno. Se podría suponer que existirán elementos de rigidización para evitar o reducir este pandeo. Pero en este caso no se han tenido en cuenta estos elementos y se define un coeficiente de pandeo de 0.7.

También se tienen en cuenta elementos constructivos, como muros embebidos que pueden reducir el pandeo en dirección perpendicular al pórtico.

Sería necesario comprobar pandeo lateral en piezas sometidas a flexocompresión. En el ala superior de las vigas no habrá pandeo lateral, ya que justo encima se encuentran las correas que le aportan rigidez. Pero en el ala inferior podría producirse. En este caso se ha supuesto que se añadirán elementos constructivos que aporten rigidez al ala inferior y que no se producirá pandeo lateral. Un ejemplo podrían ser las tornapuntas.

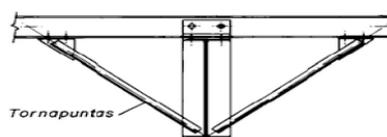


Figura 27. Tornapuntas

La estructura ha sido calculada para una resistencia al fuego de R30. Para protegerla en caso de incendio se le aplica una capa de pintura intumescente cuyo espesor se indica a continuación.

Los perfiles obtenidos al calcular la estructura son:

Pilares en extremos	HEB 400 Pintura intumescente: 0.4 mm
Pilares intermedios	HEB 300 Pintura intumescente: 0.4 mm
Vigas en extremos	IPE 270 Pintura intumescente: 0.8 mm
Vigas intermedias	IPE 360 Pintura intumescente: 0.6 mm
Vigas unión de pórticos	IPE 330 Pintura intumescente: 0.4 mm

Tabla 1. Dimensiones de perfiles

Por último se define la cimentación con zapatas de hormigón armado y vigas centradoras. El problema que suele tener la cimentación de pórticos no suele ser por tensiones, ya que las cargas transmitidas al terreno no serán grandes. Pero suelen tener problemas de vuelco, porque normalmente son pilares muy esbeltos que soportan cargas horizontales. Para este caso se han obtenido zapatas cuadradas de con dimensiones entre 1.5 y 2 metros de ancho, y 0.75 y 0.85 m de espesor. Además se añaden vigas centradoras de sección cuadrada de 40 cm.

La Norma Sismorresistente establece criterios de diseño para las cimentaciones: “la cimentación debe enlazarse con los elementos contiguos en dos direcciones mediante dispositivos de atado que se encuentren al nivel de las zapatas”. Si la aceleración de cálculo es mayor o igual a 0.16g, los elementos de atado serán vigas de hormigón armado. Sin embargo, si esta es menor de 0.16g se puede considerar que el elemento de atado en la segunda dirección será la solera de hormigón que debe estar al nivel de las zapatas.

En este caso, la aceleración de cálculo es menor de 0.16g por lo que se construyen vigas centradoras y una solera de hormigón.

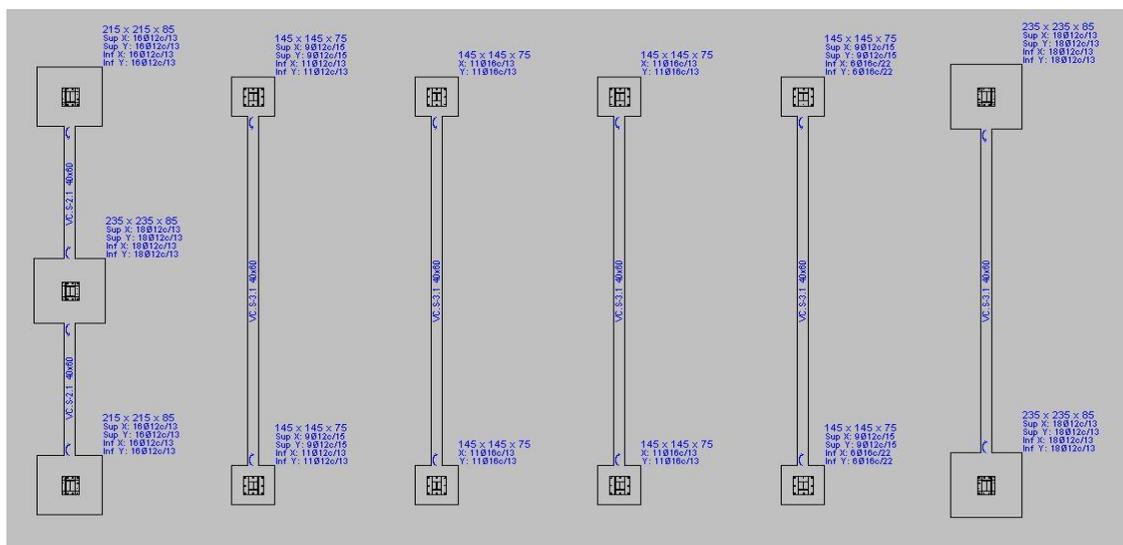


Figura 28. Cimentación de la nave

### 4.3.2 Elementos constructivos

Además del correcto cálculo de la estructura, es necesario tener en cuenta algunos aspectos en la construcción de la nave para que se cumpla la funcionalidad de esta.

- Cerramiento lateral: se utilizan paneles de hormigón prefabricado alveolares, que están embebidos en los pilares metálicos y unidos a estos mediante piezas metálicas.<sup>11</sup>

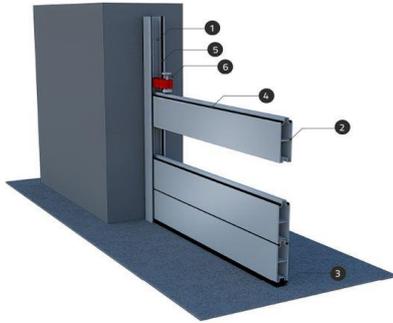


Figura 29. Cerramiento lateral<sup>11</sup>

- 1- Pilar metálico
- 2- Panel
- 3- Junta inferior de apoyo y sellado para asegurar la estanqueidad
- 4- Junta intermedia de sellado entre paneles
- 5- Junta lateral entre perfil y panel
- 6- Pinza de compresión para fijar los paneles una vez instalados



Figura 31. Ejemplo nave con panel embebido

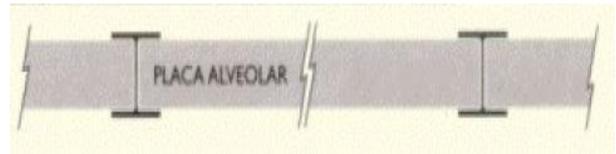


Figura 30. Colocación placa alveolar embebida

- Cubierta. El factor principal que condiciona el tipo de cubierta elegida es el uso al que se destine la construcción. En este caso además de almacén, también habrá un laboratorio y taller con personas trabajando, por lo que se debe ofrecer un buen aislamiento térmico.

Se elige para la cubierta de esta nave paneles metálicos tipo sándwich prefabricados, formados por una chapa interior, un aislante intermedio de lana de roca y otra chapa exterior.

Además es conveniente aprovechar al máximo la entrada de luz a través de la cubierta, por lo que se colocan placas traslúcidas de policarbonato celular, debido a su buen aislamiento y facilidad para combinarlas con los paneles tipo sandwich.

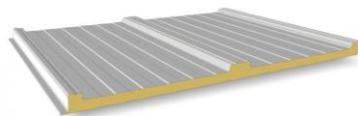


Figura 33. Panel sándwich



Figura 32. Policarbonato celular

- Forjado y solera. Se coloca una losa de hormigón que forma el suelo de la nave. Sobre este se añade un aislamiento térmico mediante un panel rígido y ligero de poliestireno extruido para minimizar la disipación de calor. Se coloca una capa separadora de film de polietileno y sobre esta una capa de mortero, en el lugar del taller y laboratorio para colocar posteriormente losetas. Sin embargo, en el resto de la nave se vierte una capa de resina directamente sobre la losa de hormigón.



Figura 34. Solera de la nave

### 4.3.3 Instalaciones

Al igual que en el edificio de oficinas, esta nave dispone de las siguientes instalaciones:

- Instalación eléctrica
- Instalación de agua sanitaria
- Protección contra incendios
- Videovigilancia
- Climatización

## 4.4 Tanques de almacenamiento de hidrocarburos

La planta almacena tres tipos de productos en nueve tanques que son diseñados mediante la norma API-650 y cumpliendo las disposiciones que indica la Instrucción Técnica Complementaria MI-IPO2 “Parques de almacenamiento de líquidos petrolíferos”. El Reglamento de Instalaciones Petrolíferas (R.D. 2085/1994) clasifica los hidrocarburos de la siguiente manera:

- Clase A: hidrocarburos licuados cuya presión absoluta de vapor a 15° C sea superior a 98 kPa.
  - Clase A1: se almacenan licuados a menos de 0 °C.
  - Clase A2: se almacenan licuados en otras condiciones.
- Clase B: hidrocarburos cuyos puntos de inflamación es inferior a 55° C y no están comprendidas en la clase A. Por ejemplo, gasolinas, naftas, petróleo, etc...
  - Clase B1: punto de inflamación menor de 38° C.
  - Clase B2: punto de inflamación igual o mayor a 38° C.
- Clase C: hidrocarburos cuyo punto de inflamación está comprendido entre 55° y 100° C, como el gasoil, fuel-oil, diesel, etc...
- Clase D: hidrocarburos cuyo punto de inflamación sea superior a 100° C, como asfaltos, parafinas y lubricantes.

Se construyen nueve tanques, separados en dos cubetos de retención, con las siguientes dimensiones y productos:

Tipo de producto	Capacidad de un tanque	Número de tanques	Diámetro	Altura
Gasolina (Tipo B)	30.000 m <sup>3</sup>	4	40 m	24.5 m
Diésel (Tipo C)	40.000 m <sup>3</sup>	2	45 m	26.5 m
Jet (Tipo B)	40.000 m <sup>3</sup>	2	45 m	26.5 m
‘RESERVA’	40.000 m <sup>3</sup>	1	45 m	26.5 m

Tabla 2. Tanques

Estos deben cumplir las disposiciones impuestas por la Instrucción Técnica MI-IPO2:

- Todos los tanques deben disponer de cubetos de retención. Pueden estar en un mismo cubeto los tanques con productos de tipo B y C, siempre que cumplan las distancias de separación establecidas.
- La distancia entre las paredes de tanques de superficie de eje vertical, con techo flotante, que almacenen un producto de tipo B y su diámetro sea menor de 50 metros debe ser como mínimo la mitad del diámetro de estos. Es decir, los tanques que almacenan gasolina y jet estarán separados por una distancia de 20 metros entre ellos.
- Si el producto almacenado es de tipo C, y las demás características son iguales a las anteriores, deben estar separados por una distancia mayor o igual a 0.3 veces su diámetro. Este sería el caso de los tanques que almacenan diesel, que se han separado también a una distancia de 20 metros, aunque la distancia mínima permitida entre ellos sería de 13.5 metros.
- Las distancias anteriores podrían reducirse mediante la adopción de medidas y sistemas contra incendios adicionales. En este caso, al disponer de espacio suficiente no se tomarán medidas adicionales a las que expone el Reglamento de Instalaciones Petrolíferas y el Reglamento Contra Incendios en Establecimientos Industriales.

#### 4.4.1 Cubetos de retención

Un cubeto es un recipiente estanco cuya misión es retener los productos almacenados en caso de rotura del tanque o funcionamiento incorrecto del sistema. Su capacidad determina el volumen máximo que puede retener. La Instrucción Técnica MI-IPO2 establece las características que deben cumplir estos elementos:

- Cuando un cubeto contiene dos o más tanques, la capacidad total de almacenamiento por cubeto no sobrepasará los 200.000 m<sup>3</sup>. Por esta razón, en la planta se construyen dos cubetos. Uno que contiene los 4 tanques donde se almacenan 120.000 m<sup>3</sup> de gasolina. Y otro que contiene los cinco restantes con 80.000 m<sup>3</sup> de diesel, 80.000 m<sup>3</sup> de jet y el tanque de reserva con capacidad de 40.000 m<sup>3</sup>.
- La capacidad de un cubeto debe ser igual o mayor a los siguientes valores:
  - a) 30% de la capacidad global de los tanques, considerando que no existe ningún recipiente en su interior
  - b) 100% de la capacidad del tanque mayor. Calculando la capacidad del tanque como si el mayor no existiera y descontando la superficie de los demás a la del cubeto. Para esta planta se han realizado los cálculos de esta manera, obteniendo dos cubetos con las siguientes dimensiones:
    1. ‘Cubeto 1’ se llama al que contiene los cuatro tanques de 30.000 m<sup>3</sup>, por lo que debe tener una capacidad de 30.000 m<sup>3</sup>. Se obtiene un cubeto con dimensiones de 130x240 metros y una altura de 1 metro.
    2. ‘Cubeto 2’ se llamará al que contiene los cinco tanques, por lo que debe tener una capacidad de 40.000 m<sup>3</sup>. Se obtienen unas dimensiones de 150x240 metros y una altura de 1.2 metros.

- Se realizarán diques de tierra o muretes de 0.7 metros de altura dentro del cubeto para compartimentar cada tanque por separado.
- La altura de los cubetos no podrá ser menor de 1 metro ni mayor de 3 metros. En este caso, se han fijado alturas de 1.2 y 1 metro.
- Los cubetos deben estar rodeados, al menos, en una cuarta parte de su periferia por vías con una anchura mínima de 6 metros, si son caminos de libre circulación. Y si son zonas de acceso restringido deberán tener un ancho mínimo de 4 metros. En este caso, se construyen viales de 12 metros de ancho alrededor de los cubetos, como se muestra en la figura 35.
- Las paredes de las esquinas de los cubetos deben estar reforzadas.
- La distancia entre la pared del tanque y pared del cubeto debe ser como mínimo de 4 metros, si la pendiente del muro es inferior a  $45^\circ$  y si es mayor, 3 metros.

Se muestra a continuación la disposición de tanques dentro de los cubetos descritos:

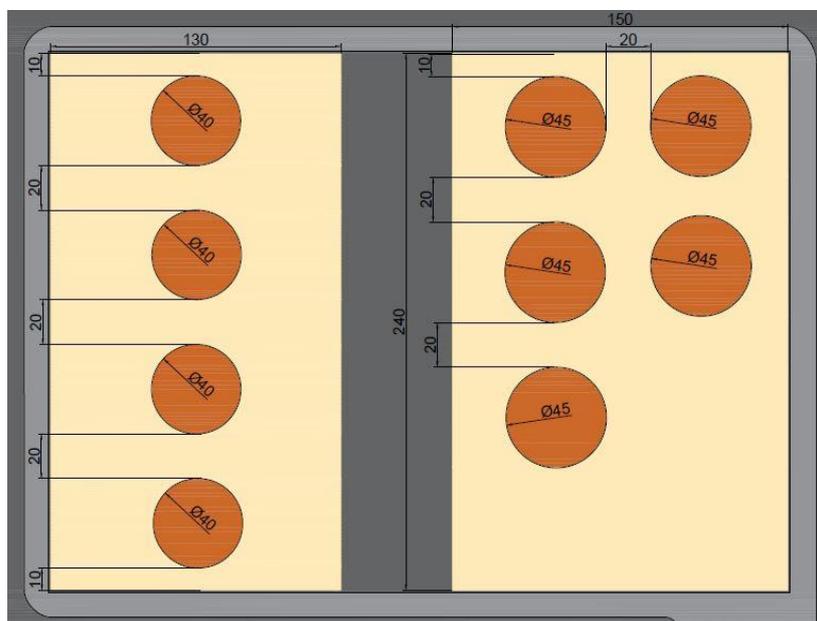


Figura 35. Cubetos

En cuanto a los materiales utilizados para la construcción del cubeto, se utiliza hormigón para las paredes y un material geotextil bajo el suelo para evitar filtraciones al terreno.

Se colocan escaleras metálicas para permitir la entrada de personas, y así poder realizar reparaciones e inspecciones. Y para la entrada de las tuberías se construirán racks de estructura metálica. A continuación se muestra una imagen donde se pueden apreciar estos detalles.



Figura 36. Ejemplo de cubetos<sup>12</sup>

El agua de lluvia se acumulará en el interior y se evacuarán mediante la red de aguas hidrocarburadas, por si contienen cierta cantidad de producto. Desde allí se llevan a la zona de tratamiento de estas aguas para poder separar el agua de lluvia de los hidrocarburos y ser evacuada a la red general de pluviales.

#### 4.4.2 Diseño de tanques de almacenamiento de hidrocarburos

El almacenamiento es la actividad principal de esta planta e indispensable para el transporte de hidrocarburos. La selección del tipo y tamaño de los tanques depende de la relación producción-consumo, las condiciones ambientales, la localización y sobretodo, el tipo de producto a almacenar.

Las dimensiones de los tanques de la planta se calculan según la capacidad que deben tener para poder almacenar las cantidades de productos definidas. Estas se han fijado según la producción de la refinería de Cartagena, ya que la fabricación de gasolina, diesel y jet es mayor que la de otros productos.

En la industria existen varios tipos de tanques:<sup>13</sup>

- Tanques atmosféricos: operan a presión atmosférica o menor, desde 101 hasta 7 kPa. No pueden utilizarse para almacenar líquidos a temperaturas iguales o mayores a su punto de ebullición.
  - Tanques atmosféricos de techo fijo: puede tener techo autosoportado o por columnas y la superficie del techo puede tener forma de cono o domo. Opera con un espacio para los vapores, el cual cambia cuando varía el nivel del líquido.
  - Tanques atmosféricos de techo flotante: el techo flota sobre el líquido eliminando o manteniendo constante el espacio para los vapores.
- Tanque a presión. Operan con líquidos cuya presión de vapor es mayor o igual a 0.914 kg/cm<sup>2</sup>. Los principales tanques a presión son los cilíndricos y esféricos.
  - Tanques a presión cilíndricos: su montaje se realiza en horizontal sobre dos o más apoyos y si es vertical sobre un fuste. Se consideran económicos hasta los 800 m<sup>3</sup>.
  - Tanques a presión esféricos: suelen estar formados por gruesas paredes de acero y se consideran económicos los que tengan una capacidad de agua a partir de los 800 m<sup>3</sup>.
- Tanque a baja presión. Diseñados para mantener una presión interna entre 0.035 y 1.055 kg/cm<sup>2</sup>. Suelen diseñarse mediante la norma API-620.
- Tanques refrigerados. Se utilizan para almacenar gases licuados que tengan un punto de ebullición entre -126° C y -1.1 °C. Los principales tipos son: recipientes a presión, esferas a presión y tanques cilíndricos verticales.

Los hidrocarburos se almacenan en tanques atmosféricos y su diseño se realiza basado en la API Standard 650. Esta se centra en el diseño de tanques para almacenamiento de petróleo y sus derivados, aunque también para otros productos líquidos comunmente presentados en la industria.

Además, la API-650 cubre especificaciones de material, diseño, fabricación, montaje y requerimientos de pruebas para tanques cilíndricos verticales, de acero soldado y para presiones iguales o inferiores a la atmosférica. Aunque, bajo ciertos requisitos también podría utilizarse para presiones internas altas. Se aplica solo a los tanques cuyo fondo está totalmente apoyado y sin refrigeración.

##### 4.4.2.1 Envoltente

Los depósitos de la planta tendrán una forma cilíndrica y las paredes estarán formados por láminas de acero soldadas. Estas deben ser delgadas, de espesor constante y estar sometidas a cargas repartidas que varíen de forma continua. La superficie debe ser continua y variar gradualmente su curvatura.

La eficiencia de las láminas se debe a su curvatura. Esta geometría permite que esfuerzos transversales a la lámina sean equilibrados mediante esfuerzos internos en forma de axiles, llamados esfuerzos de membrana. En estos elementos existe en cada punto una doble curvatura (interior y exterior), lo que permite soportar situaciones de carga generales sin que aparezcan esfuerzos de flexión, y dando como resultado un buen aprovechamiento del material.

El problema que puede aparecer en estos elementos es la flexión localizada, que puede darse en situaciones en las que cargas externas o conexiones entre elementos no hagan posible el equilibrio solo con esfuerzos de membrana. Esto ocurre normalmente en zonas pequeñas, por lo que habrá que rigidizar los puntos que puedan ser afectados, que habitualmente son las uniones. Esto explica la importancia de las soldaduras que unirán las diferentes placas y las revisiones a las que se someten antes de poner en marcha el depósito.<sup>14</sup>

La envolvente de los tanques se forma por varias virolas de la misma altura, el espesor de cada una varía según los esfuerzos a los que se someta. Esto depende de la altura de líquido que existe sobre cada virola. Se ha realizado el cálculo de los espesores de todas las virolas, para los dos tipos de tanques, los de 40 metros de diámetro y los de 45 metros, mediante el Método de un pie, que establece la API-650. Obteniendo los siguientes resultados. Los cálculos se recogen en el Anexo I.

D (m)	H <sub>pared</sub> (m)	H líquido (m)	N <sub>virolas</sub>	h <sub>virola</sub> (m)
45	26.5	26	13	2.04
40	24.5	24	12	2.04

Tabla 3. Dimensiones tanques

H <sub>líquido D=45</sub> (m)	t <sub>escogido D=45</sub> (mm)	H <sub>líquido D=40</sub> (m)	t <sub>escogido D=40</sub> (mm)
26	<b>45</b>	24	<b>40.4</b>
24	<b>45</b>	22	<b>37</b>
22	<b>41.7</b>	20	<b>33.6</b>
20	<b>37.8</b>	18	<b>30.2</b>
18	<b>34</b>	16	<b>26.8</b>
16	<b>30.2</b>	14	<b>23.4</b>
14	<b>26.3</b>	12	<b>20</b>
12	<b>22.5</b>	10	<b>16.6</b>
10	<b>18.6</b>	8	<b>13.1</b>
8	<b>14.8</b>	6	<b>9.7</b>
6	<b>11</b>	4	<b>8</b>
4	<b>8</b>	2	<b>8</b>
2	<b>8</b>		

Tabla 4. Espesores de virolas

En cuanto a la posición, se construyen depósitos de eje vertical. Estos son los utilizados para grandes volúmenes debido a su distribución homogénea de presión. Además tienen una mayor estabilidad que los horizontales al poder instalarse sobre su base directamente. Otra ventaja es que requieren un espesor menor, excepto la base. Y aprovechando el eje vertical, se maximiza el espacio de trabajo en la planta.

#### 4.4.2.2 Techo

Para elegir el tipo de techo de este tanque se presentan las siguientes opciones:

- Sin techo, para productos que no soliciten requerimientos de contaminación o evaporación.
- Techo fijo, suele utilizarse para productos no volátiles.
- Techo flotante, para productos volátiles ya que se reduce la cámara de aire entre el fluido y el techo.
  - Techo flotante interno, además del techo flotante existe un techo fijo sobre este.
  - Techo flotante externo, se encuentra a cielo abierto.

Al contener productos volátiles en los tanques se utilizará techo flotante. Este consta de una membrana solidaria al producto que evita o reduce la formación del espacio de vapor, minimizando pérdidas por evaporación al exterior, disminuyendo el daño medioambiental y el riesgo de formación de mezclas explosivas.

Los techos flotantes internos suelen ser de aluminio y se coloca sobre ellos un techo fijo, que puede ser autoportante o necesitar columnas para soportarlo. Para sustentar el techo flotante se pueden utilizar pontones, cilindros estancos que flotan sobre el producto. No son un componente estructural ya que no están sometidos a esfuerzos. Aunque otra alternativa sería utilizar membranas, que no necesitan pontones.

En ambos casos existirá un sellado primario y otro secundario entre el techo flotante y la envolvente del tanque para evitar emisiones y pérdidas por gases.

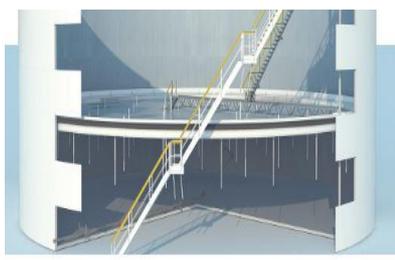


Figura 37. Techo flotante con pontones<sup>15</sup>



Figura 38. Techo flotante con membranas<sup>15</sup>

En este caso se coloca un techo flotante interno de membranas y un techo tipo domo geodésico de aluminio para proteger tanto el producto almacenado como los componentes estructurales del tanque. El techo tipo domo es autoportante, proporciona eficiencia ambiental y reduce los costes de mantenimiento.



Figura 39. Techo domo geodésico

El espesor del techo domo ha sido calculado teniendo en cuenta las cargas a las que está sometido, obteniéndose un espesor de **13 mm**. Los cálculos se reflejan en el Anexo I.

El sellado primario se realiza con un tipo conocido como ‘‘Sellado Primario de Tijera y Zapata’’ y el secundario se realiza mediante telas de teflón ignífugas como barrera y unida al tanque mediante elementos metálicos.



Figura 40. Sellado primario<sup>16</sup>



Figura 41. Sellado secundario<sup>16</sup>

Las válvulas de venteo o “respiraderos” son elementos de los techos de tanques que sirven para equilibrar la presión o depresión producida por la aspiración o impulsión del fluido al bombearse. Estas se colocan en el techo domo y se conectan directamente a una tubería de succión, dirigida a la unidad de recuperación de vapores, donde los hidrocarburos vuelven a ser licuados y almacenados en los tanques. De esta forma, se evita la emisión de gases a la atmósfera y se reduce la pérdida de hidrocarburos por evaporación.

El fondo vierteaguas del techo se debe extender por lo menos 5 cm por debajo de la parte superior del tanque.

En las cubiertas también se dispone de bocas de inspección, sondeo y niveles. Permitiendo realizar el mantenimiento adecuado y asegurando el correcto funcionamiento. Las bocas son bridadas en la base y empernadas al panel del techo con una placa de refuerzo de aluminio (API-650).

Se cuenta con escaleras metálicas en cada tanque para poder subir a la cubierta y realizar las inspecciones, además de plataformas en la cubierta con barandillas.

En tanques con techos flotantes exteriores debe colocarse un dispositivo de drenaje para el agua de lluvia. Ya que al ser a cielo abierto se quedaría estancada. Para esto, se diseña un punto bajo en la cubierta, una válvula antirretorno y una manguera o tubería que pase por el interior del tanque hasta salir por un punto bajo de este. Esto no es necesario en los depósitos de esta planta ya que tienen un techo fijo que impide la entrada de agua.

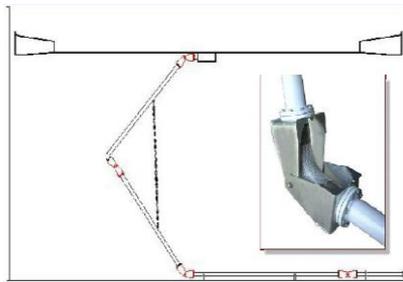


Figura 42. Dispositivo de drenaje

#### 4.4.2.3 Fondo

El objetivo del fondo del tanque, además de soportar el producto que contiene sin que se produzcan daños, es impedir que se filtren sustancias en el terreno. Si la base fuera cónica o esférica podría facilitar el vaciado del producto o de sedimentos. Pero estructuralmente, el fondo va a estar sometido a altas presiones por el fluido y la forma que mejor comportamiento tendría frente a esto sería un fondo plano.

Además la norma en la que nos basamos, API-650, solo contempla los casos de tanques cuyo fondo total está uniformemente apoyado.

El fondo de los tanques está formado por chapas soldadas del mismo espesor. Este se ha calculado obteniendo un espesor mínimo necesario de **8 mm**. También se calcula el ancho de la chapa anular, que sería la que está soldada a la primera virola del depósito, obteniendo un ancho mínimo de **600 mm** (Anexo I).

#### 4.4.2.4 Materiales

Las láminas que forman la envolvente de los tanques deben cumplir dos condiciones principales: que sea suficientemente resistente para soportar los esfuerzos a los que se someterán las láminas y que sea anticorrosivo, ya que el ambiente en el que estos se encuentran es muy húmedo. Por estos dos requisitos se elige el acero inoxidable para la construcción de los depósitos.

Otras ventajas del acero inoxidable son, el bajo coste de mantenimiento, la resistencia a altas y bajas temperaturas y la facilidad de fabricación (soldabilidad, corte, doblado y plegado).

Otra opción podría ser utilizar tanques de aluminio, ya que este material tiene buena resistencia a la corrosión, no necesitaría mantenimiento a lo largo de su vida útil y además es más ligero que el acero. A pesar de esto, en los tanques, la carga que soportarán las láminas estará condicionada sobretudo por el producto que contiene en su interior, más que por el peso propio del tanque. Por esto, el aluminio sería mejor opción en tanques con dimensiones menores.

En la industria, los tres tipos de aceros inoxidable más utilizados son:

- Acero Inoxidable Austenítico. Tienen alta resistencia a la corrosión y son fácilmente soldables. Se utiliza para equipos de la industria alimentaria, química y petroquímica.
- Acero Inoxidable Ferríticos. Es más barato pero presenta mayor dificultad para soldar que los austeníticos, aunque más que los martensíticos. Tiene buena resistencia a la corrosión debido a su alto contenido de cromo, pero menos resistencia mecánica. Suele utilizarse para la fabricación de electrodomésticos o en la industria automovilística.
- Acero Inoxidable Martensítico. Tiene una dureza elevada aunque poca resistencia a la corrosión. Se usa para cuchillerías, instrumentos quirúrgicos o discos de freno.

Entre estos tres tipos de aceros inoxidables, se elige el acero inoxidable austenítico para la construcción de los tanques, ya que tiene las propiedades adecuadas y son los más utilizados para estas aplicaciones.

El techo flotante interno y el techo fijo estarán contruídos por aleaciones de aluminio, ya que al ser autoportantes, a estos elementos les influye en gran medida su peso propio.

#### 4.4.2.5 Cimentación

El estudio geotécnico utilizado como referencia, permite hacer un prediseño de la cimentación de los depósitos. El terreno debe soportar las cargas que genere el tanque y el contenido del mismo, y esto será posible gracias a la cimentación.

Los tipos de cimentación que se suelen utilizar para tanques son:

- Anillo de hormigón armado o de grava, con suelo compactado en su interior.

Los tanques con grandes diámetros suelen acumular cargas en las paredes, lo que puede hacer que el suelo no la soporte simplemente por contacto directo. Esto se evita mediante un cimiento anular que se suele construir de hormigón o grava y que debe estar como mínimo a 30 cm sobre la superficie. Su interior está formado por relleno bien compactado que permita que el tanque repose sobre el mismo de forma eficiente.

Cuando se aplica presión sobre el terreno que se encuentra rodeado por un muro (el anillo), la presión se traduce en empuje horizontal sobre el muro, lo que ayuda al reparto de las cargas que ejerce el contenido del tanque sobre el terreno. Para el diseño de este anillo también habría que tener en cuenta las cargas verticales que recibe por la parte del tanque apoyada sobre él.

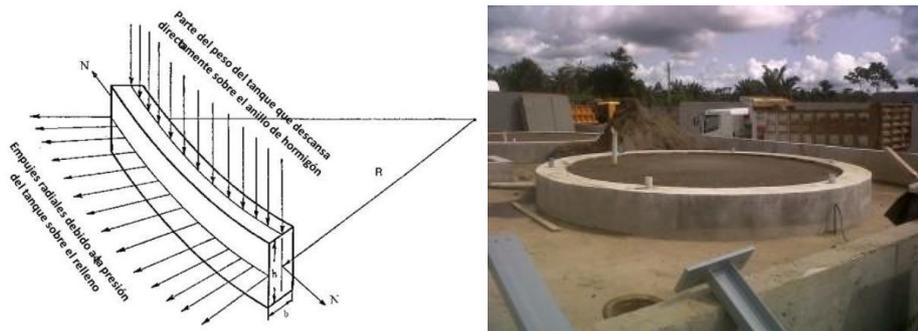


Figura 43. Cimentación en anillo<sup>17</sup>

Los tanques de esta planta tienen un diámetro de 40 y 45 metros, además contienen una gran cantidad de producto, por lo este tipo de cimentación no soportaría las cargas transmitidas por el combustible al terreno con solo una capa de relleno bajo el fondo.

- Losa de hormigón armado.

En el caso de que el contenido del tanque transmita mucha carga y el terreno compactado no aporte la resistencia o estabilidad suficiente, se podría construir una losa de hormigón armado. En este caso también podría construirse un anillo de hormigón armado alrededor de la losa.

- Losa de hormigón armado sobre pilotes.

El nivel freático o la presencia de un terreno muy blando puede ocasionar situaciones en las que no sea suficiente la construcción de una losa para la cimentación. En estos casos, se utiliza una losa de hormigón armado con pilotes.

El terreno de la parcela en la que se construyen los tanques de este proyecto es muy blando debido a su composición. Aunque haya rellenos granulares por toda la superficie, no tiene la capacidad portante suficiente para soportar la carga del tanque y de los productos que contiene, ya que son volúmenes de 30.000 y 40.000 m<sup>3</sup> y densidades de 800 kg/m<sup>3</sup> aproximadamente. Por esto se decide utilizar como cimentación losas de hormigón armado pilotadas.

Los pilotes transmiten la carga al terreno y pueden trabajar de dos formas. Los pilotes flotantes están inmersos en terrenos de resistencia media o baja y transmiten la mayor parte de la carga por rozamiento a través del fuste. Y los pilotes columna, apoyados en una base mucho más resistente que el terreno superior y que trabaja mayoritariamente por punta. En este caso, los pilotes serán flotantes, ya que tenemos un terreno de resistencia baja. Además serán de hormigón 'in situ'.

Los análisis del terreno realizados en el estudio geotécnico de referencia, proporcionan la resistencia en punta y resistencia en fuste de los pilotes en diferentes profundidades. Con esto y suponiendo un diámetro de los pilotes de 50 cm, se ha calculado el número de pilotes necesarios para cada losa y la profundidad que deben alcanzar.

Se obtiene la carga de hundimiento, por lo tanto también la admisible:

$$Q_{\text{Hundimiento}} = \sum (A_{\text{punta}} \cdot r_{\text{punta}} + A_{\text{fuste}} \cdot r_{\text{fuste}}) = 441,702 \text{ Tn}$$

$$Q_{\text{Admisible}} = Q_{\text{Hundimiento}} / 1.2 = 336 \text{ Tn}$$

Los cálculos realizados se muestran en el Anexo I. Obteniendo una profundidad de los pilotes de 35 metros para que puedan soportar 370 toneladas cada uno.

En los depósitos que contienen 40.000 m<sup>3</sup>, por tanto un peso de 32.000 toneladas son necesarios 95 pilotes. Y en los que contienen 30.000 m<sup>3</sup>, cuyo peso es 24.000 toneladas, se necesitan 72 pilotes.

El diámetro de las losas de hormigón armado es de 1 metro mayor que el diámetro del tanque para soportar también el peso de las paredes. Cuentan con armadura de refuerzo en dos direcciones perpendiculares en la cara inferior de la losa y superior de la losa. A continuación se muestra la distribución de pilotes en las losas de 46 y 41 metros de diámetro.

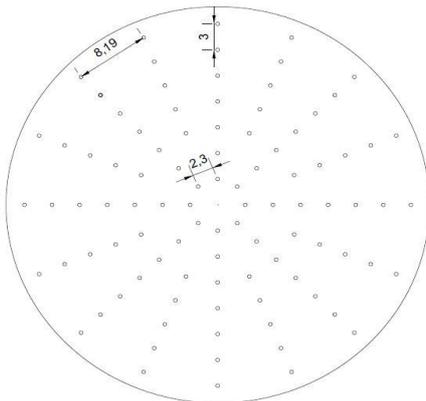


Figura 44. Losa D=46 m

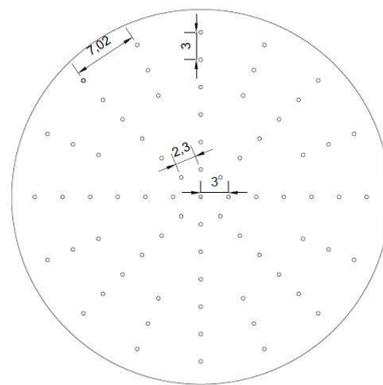


Figura 45. Losa D=41 m

Las gráficas utilizadas para hallar la resistencia en punta y en fuste son las siguientes:

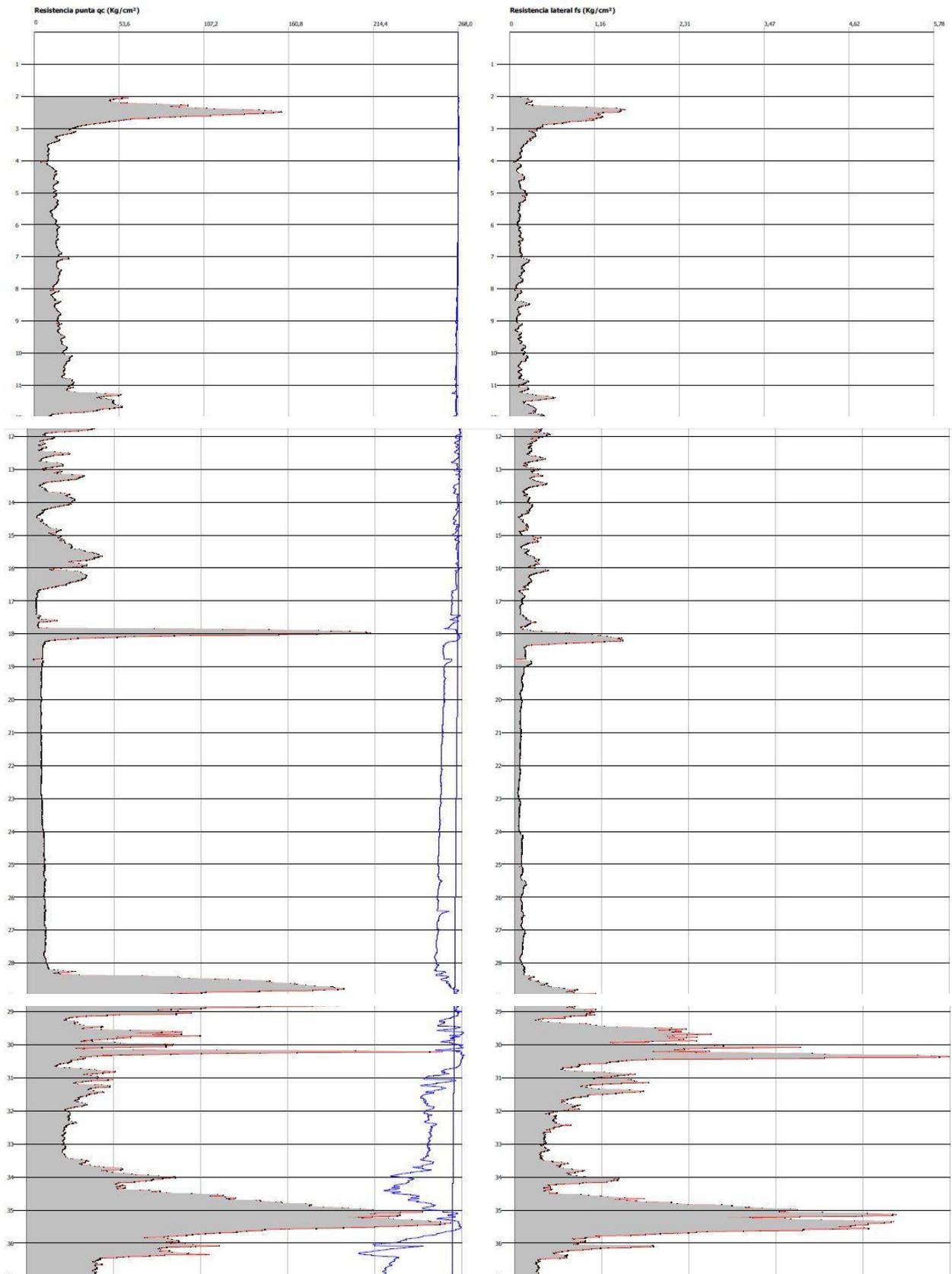


Figura 46. Gráficas del estudio geotécnico de referencia

Estos tipos de cimentaciones se suelen realizar en proyectos de tanques de grandes dimensiones y que además se sitúan sobre terrenos blandos. Se han buscado algunos ejemplos:<sup>18</sup>

- Una planta de desulfuración en la Robla (León) y en Narcea (Soto de la Barca, Asturias).
- Tanque de almacenamiento de GLN en un proyecto en Norte Grande, Chile.
- Tanque de almacenamiento de GLN en Zierbena (Vizcaya)

#### 4.4.2.6 Proceso de construcción <sup>19</sup>

Como en todas las construcciones, se empieza por la ejecución de los cimientos. Se hacen las excavaciones necesarias, se construyen los pilotes, se colocan las barras de armado y se vierte el hormigón.

A continuación, se sueldan las chapas que forman la primera virola. Encima de esta se construye la estructura que forma el techo, y sobre la que se colocarán las chapas que lo componen. Aunque esto depende a veces del tipo de cubierta, en el caso de techo domo se coloca una vez que se ha contruido todo el cuerpo del tanque mediante una grúa.

La pared del tanque se compone por chapas rectangulares de diferentes dimensiones de acero inoxidable. Estas se sueldan entre sí. Cada vez que se termina de construir una virola, esta se eleva mediante gatos hidráulicos para construir la siguiente también desde el suelo. Y así continuamente hasta haber soldado todas las virolas que componen el tanque.

Antes de poner a prueba el buen funcionamiento del tanque, se realiza un control de calidad de las soldaduras, garantizando que estén libres de defectos en su interior mediante el radiografiado de estas.

Por último, hay que realizar una prueba hidráulica para comprobar la estanqueidad y el asentamiento sobre el terreno. Una vez comprobado, los tanques se suelen pintar de blanco para que se eleve lo menos posible la temperatura del interior.

## 4.5 Cargadero de camiones

El almacenamiento de hidrocarburos se realiza con el objetivo de venderlos a otras empresas que se encarguen de su distribución y llegada a los puntos donde se requiera. Para esto se suministran los combustibles mediante tuberías, cuyo origen se encuentra en los tanques de almacenamiento, a los camiones que llegan a la planta. La realización de esta actividad hace que sea necesaria la construcción un cargadero. En este caso se construye una estructura metálica con dimensiones 30x5 m y 7 metros de alto, dividida en seis puestos de carga. Cada uno tiene tres mangueras, una por cada tipo de producto, y en cada una de ellas se instala un caudalímetro para controlar la cantidad que sale.

Esta estructura establece un lugar donde los camiones puedan hacer la carga de forma segura y controlada cumpliendo con las especificaciones que indica la Instrucción Técnica Complementaria MI-IPO2:

- Cualquier derrame accidental fluirá hacia un sumidero, situado fuera de la situación del vehículo, que se conectará con la red de aguas hidrocarbonadas. Para esto el suelo del cargadero se construye con cierta inclinación para facilitar la entrada del producto en los sumideros.
- El cargadero se sitúa de forma que los camiones que se dirijan a este lo hagan por caminos de libre circulación. Y la salida se debe poder hacer sin necesidad de maniobra. Para esto se construyen carriles de 6 metros de ancho y el cargadero no tiene instalaciones a su alrededor que dificulten el paso de los camiones.
- Los medios de transporte estacionados a la espera se situarán sin obstaculizar las entradas o salidas de camiones que estén cargando ni de los medios contra incendios. Para esto se construye en la planta un parking de camiones situado junto al cargadero, y así los que deban esperar para cargar disponen de un lugar donde estacionar sin ocasionar problemas en el tránsito de vehículos.

El parking tiene unas dimensiones de 24x30 metros.

- La estructura del puesto de carga y las tuberías estarán interconectadas eléctricamente entre sí y a una puesta a tierra mediante un conductor permanente. Además para los productos de clase B, existirá un dispositivo de alarma óptico o acústico que garantice la adecuada conexión a tierra.
- Las mangueras flexibles deberán ser revisadas, al menos, una vez al año.

#### 4.5.1 Sistema estructural

La estructura del cargadero es metálica, formada por siete porticos a un agua separados 5 metros cada uno, con 7 metros de altura. Formando seis puestos de carga, de 5 metros de ancho cada uno para tener espacio suficiente para el camion, tuberías y accesorios necesarios.

Las tuberías se sitúan en la parte superior del cargadero, apoyadas sobre vigas a 6.5 metros de altura y suponiendo unas cargas lineales de 10 kg/m sobre estas. Estas permiten la llegada de los tres tipos de productos a todos los puestos, donde los camiones serán cargados mediante mangueras.

Las cargas a las que estará sometida la estructura son:

- Carga de nieve: 0.2 kN/m<sup>2</sup>
- Sobrecarga de uso: 0.1 kN/m<sup>2</sup>
- Carga de la cubierta (chapa grecada): 1 kN/m<sup>2</sup>
- Carga en vigas donde se apoyan las tuberías: 0.1 kN/m
- Cargas de viento
- Carga que transmiten las correas a los pórticos

Los pilares y vigas de esta estructura se han calculado con el programa CYPE 3D, estableciéndose los perfiles mostrados en la siguiente tabla. Aunque en los resultados de cálculo no se obtenían todos iguales, se ha decidido ponerlos lo más parecido posibles para mayor simplicidad en la construcción.

Pilares	HEB 140 / 0.6 mm de pintura intumescente
Vigas	IPE 160 / 0.6 mm de pintura intumescente
Correas	IPE 160

Tabla 5. Dimensión de perfiles del cargadero

Se muestra el esquema de la estructura en las imágenes siguientes:

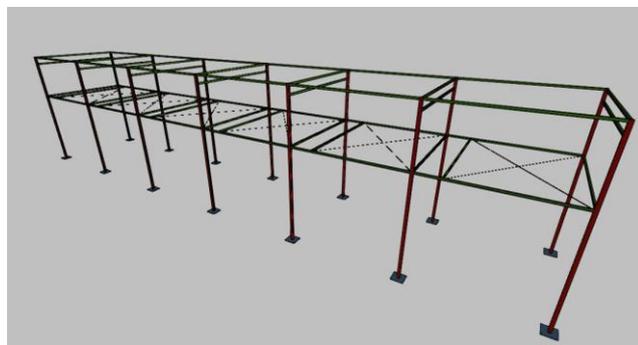


Figura 47. Estructura del cargadero



Figura 48. Pasarelas en cargadero

En cada puesto de carga, se construye una plataforma metálica a una altura de 4.5 metros, quedando por encima de los camiones. De esta forma los operarios pueden cargar los camiones desde arriba mediante una trampilla que se abre en la plataforma por donde se conecta la manguera con la boca del camión. Estas tienen escaleras, barandillas y líneas de vida para garantizar la seguridad de los trabajadores.

Sobre las correas se coloca una cubierta de chapa grecada para proteger a los operarios que estén trabajando de las condiciones climáticas.

Como medida de seguridad y con el fin de evitar choques de camiones con los pilares se construye un escalón rodeando cada pórtico y se pintan los bordes de amarillo para que sean fácilmente visibles. También se colocan defensas de 1 metro de altura justo delante de las escaleras para aumentar la seguridad.

Junto al cargadero se situa un rack de tuberías por el que llegan estas desde los tanques de almacenamiento. Esto se explica con mas detalle en el próximo apartado.

En cuanto a la cimentación, se realiza mediante zapatas de hormigón armado. Se ha supuesto una resistencia del terreno baja ( $1 \text{ kg/cm}^2$ ) para el cálculo debido a que estas apoyadas en el material de relleno. En este caso, la carga que se transmite al terreno es mucho menor que en el caso de los tanques, y por eso se utiliza esta solución. Las dimensiones calculadas para las zapatas son de  $160 \times 160 \times 60 \text{ cm}$  para las centrales, y las de los extremos tendrán unas dimensiones de  $120 \times 120 \times 60 \text{ cm}$ . Se arriostran solo en una dirección mediante vigas centradoras, considerando la union con la capa de hormigón que formará el suelo como arriostramiento en una segunda dirección, igual que se hizo en la nave. La cimentación calculada se distribuye de la siguiente manera:

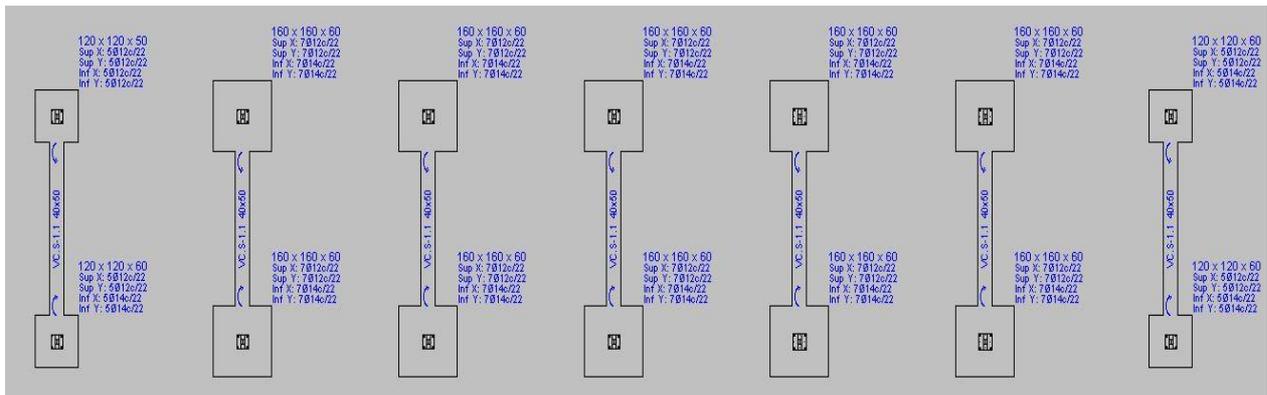


Figura 49. Cimentación del cargadero

## 4.6 Puesto de control y caseta de vigilancia

La actividad principal se encuentra en el cargadero, debido a esto es necesario que algunos trabajadores controlen este proceso. Así es posible detectar los problemas que puedan surgir como, derrames de producto, fugas en alguna tubería o accidente de camiones.

Para esto se instala junto al cargadero un puesto de control, con un espacio suficiente como para dos puestos de trabajo. Cuenta con dos plantas, con un ventanal en la planta de arriba desde donde se puede observar la entrada y salida de camiones, además de los tanques. Esto hace posible también detectar fugas, incendios o algún problema visible en los depósitos.

Se construye con estructura metálica, dimensiones de  $5 \times 5$  metros y altura de 7 metros. Los cerramientos se realizan mediante paneles sandwich y ventanas de PVC. La cimentación se realiza mediante una losa de hormigón armado debido a la pequeña superficie que ocupa esta construcción, además de ser ligera y no transmitir grandes cargas al terreno.

Las instalaciones que se necesitan en este puesto son:

- Electricidad para luminaria y enchufes.
- Aparatos de aire acondicionado frío/calor para la climatización.
- Suministro de agua y red de saneamiento para el baño.

- Protección Contra Incendios

Además del puesto de control, se construye una **caseta de vigilancia** justo en la puerta de entrada de la planta. En esta trabajará un operario que vigila los camiones y el resto de vehículos que entran y salen. En la entrada habrá una **báscula para camiones**, que permite asegurar que están vacíos cuando entran y contabilizar la cantidad de material que sale en cada uno de ellos.

Aunque con los caudalímetros del cargadero se conoce la cantidad que ha cargado cada camión, es importante en este tipo de industrias el uso de la báscula para comprobar que el caudalímetro funciona correctamente o utilizarla el caso de que estos se averíen.

#### 4.7 Tuberías y racks de tuberías

La gasolina, diésel y jet llegan a esta planta a través de oleoductos procedentes de la Refinería de Escombreras. Estos se conectan con tuberías que llevan los combustibles hasta los tanques. Cuando el cargadero se ponga en funcionamiento, los hidrocarburos irán desde los tanques hasta este para que los camiones realicen la carga. Por lo tanto, cada tanque cuenta con una tubería de entrada de producto y otra de salida. Estas cumplen con las indicaciones de la IT MI-IPO2:

- Las tuberías serán de acero en tramos de la mayor longitud posible, unidas por soldadura o por bridas, reduciendo la posibilidad de fugas.
- Estas se montarán en haces paralelos, dejando entre ellas una distancia proporcional a su diámetro para evitar la interacción. En esta planta, la distancia entre tuberías es de 20 cm entre las de diámetro menor y de 40 cm entre las más grandes.
- Se preveerán los movimientos por dilatación y contracción térmica, haciendo que sean absorbidos por los cambios de dirección o los puntos de anclaje. Se instalan curvas de dilatación (liras), evitándose la juntas de expansión.
- Los haces de tuberías aéreas podrán ir apoyadas sobre estructuras de hormigón armado o de perfiles metálicos. También pueden ir enterradas o por el suelo apoyadas sobre durmientes de hormigón, dejando 1 metro a cada lado libre de malezas, para evitar que un posible incendio afecte a la tubería.

A continuación se muestra un esquema de como se distribuyen las tuberías. (En el plano se ha fijado una separación mayor entre estas para que pueda apreciarse mejor su situación, pero la distancia entre ellas será de 20 y 40 cm).

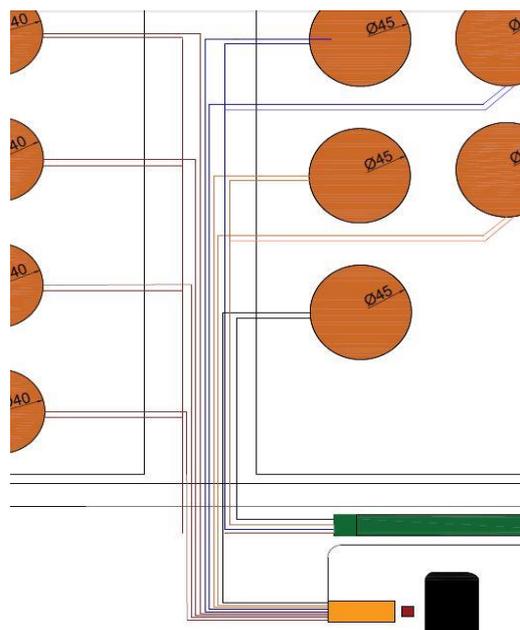


Figura 50. Distribución de tuberías en planta

Cada depósito cuenta con una tubería de salida, conectada directamente al cargadero. Y con una tubería de entrada, conectada a un colector común para el transporte del material que contienen.

Todas las tuberías van soportadas por racks de estructura metálicas. Así estas pueden sobrepasar los viales, entrar y salir del cubeto, manteniéndose en cierta altura para que no les afecte un posible derrame del producto. Además es necesario que cuando lleguen al cargadero lo hagan por la parte superior, a 6.5 metros de altura. Entonces habrá:

- Desde el cargadero hasta cruzar los viales: rack de 7 metros de altura y 3 metros de ancho, con dos alturas y con una separación de 7 metros entre ellos. Para pasar los viales se separarán 12 metros y también soportan las tuberías de llenado de los depósitos. Se muestra a continuación una parte de su estructura, que asegura un apoyo de las tuberías cada 1.75 metros.

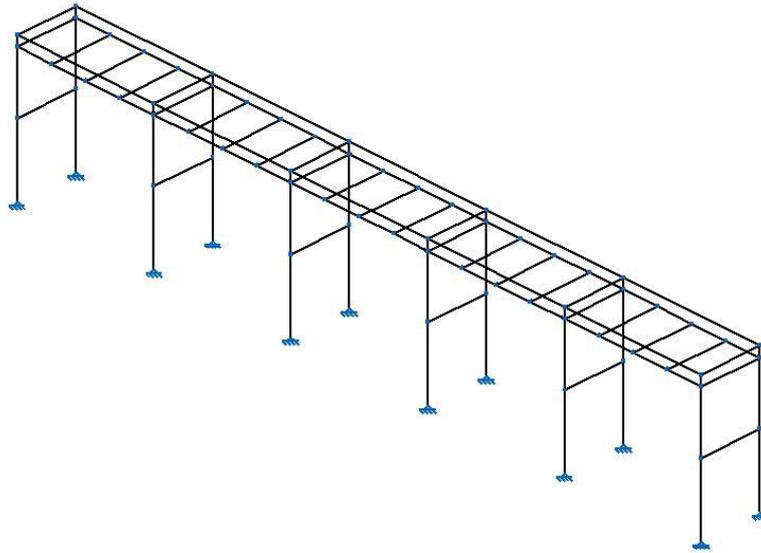


Figura 51. Rack de tuberías

A continuación se muestran distintos tramos de los rack ocultando algunas de sus vigas para ver el trasiego de tuberías en estos.

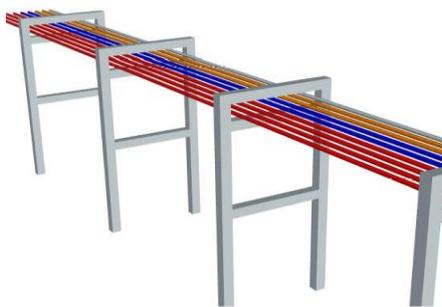


Figura 52. Tuberías en rack

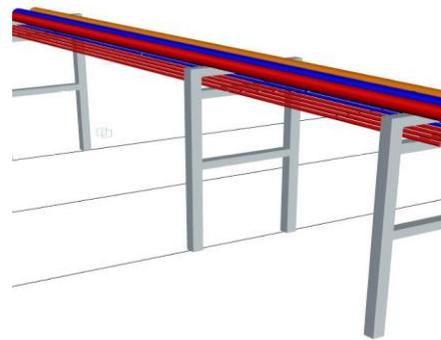


Figura 53. Cruce de viales

- Desde que se sobrepasan los viales: rack de 2 metros de altura y 3 de ancho situado entre los dos cubetos y que llevan las tuberías hasta los tanques para poder sobrepasar las paredes del cubeto. Las tuberías de llenado de tanques van por las vigas inferiores y las que se dirigen al cargadero por la superior. La altura de los rack que llevan solo dos tuberías para la entrada de estas en el cubeto, tendrán una altura de 2 metros. La separación entre estos es de 1.5 metros, para que las tuberías puedan tener los apoyos suficientes.

En estas figuras se muestran ejemplos de cómo quedaría cada parte del rack, diferenciando por colores las tuberías según el combustible que transportan.

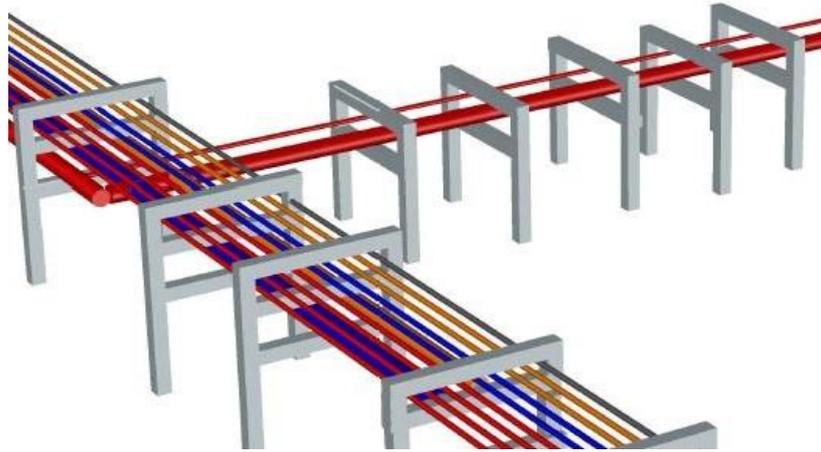


Figura 54. Rack de tuberías hacia cubetos

Los racks de 7 metros de altura están protegidos con defensas para evitar posibles daños por colisiones de camiones, ya que están junto a los viales y al cargadero.

#### 4.7.1 Especificaciones de tuberías

Los distintos productos llegan a la planta a través de oleoductos aéreos apoyados sobre racks de estructura metálica. Estos quedan fuera del alcance del proyecto, diseñando solamente las tuberías y el sistema de bombeo dentro de la planta. A continuación se establecen los criterios básicos para el diseño de las tuberías. Se utiliza como referencia un proyecto de la empresa CLH sobre una tubería para transportar Jet A-1.<sup>20</sup>

Los productos que se van a transportar son:

	Jet – A1	Gasolina 95	Diesel 500
Densidad a 15° C	775 – 840 kg/m <sup>3</sup>	708 – 719 kg/m <sup>3</sup>	840 Kg/m <sup>3</sup>
Punto ebullición	35 – 170 °C	36 – 221 °C	180 – 360 °C

Tabla 6. Productos almacenados

Se diferencian dos tipos de tuberías, las de llenado de tanques y las destinadas a carga de camiones.

En primer lugar se diseñan las tuberías encargadas de transportar los productos hasta los tanques. Estas tres tuberías están conectadas a los oleoductos, por lo que se instala en estos puntos válvulas de control de presión con el fin de reducir la presión de llegada, desde unos 40 kg/cm<sup>2</sup> (40 bar) a 10 kg/cm<sup>2</sup> (10 bar). Se instala también densímetros en el punto de llegada de cada producto para controlar la calidad de este.

Para el diseño se ha supuesto una velocidad de los hidrocarburos en las tuberías de 5 m/s y que un depósito de 40.000 m<sup>3</sup> tardaría en llenarse unas 20 horas. Obteniendo un caudal de trabajo de la tubería de 2000 m<sup>3</sup>/h y una presión de diseño de 10 bar. Con estos datos se calcula el diámetro, y el espesor se calculará con la fórmula incluida en la norma UNE 60309-83:

$$A_{\text{sección tubería}} = \frac{Q \left(\frac{\text{m}^3}{\text{h}}\right)}{v \left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right) \cdot 3600 \left(\frac{\text{s}}{\text{h}}\right)} = 0.11 \text{ m}^2$$

$$D = 37,61 \text{ cm} = 14,8 \text{ ''}$$

$$e = 10,61 + 1.5 = 12.11 \text{ mm}$$

API- 5L es una norma internacional que especifica los requisitos para la fabricación de tubos de acero para uso en transporte de productos en la industria del gas natural y del petróleo. Esta distingue entre varios grados según la composición química y propiedades mecánicas, desde A25, A, B, X42, X52, X56, X60, X65, X70 a X80.

El material que se emplea para la fabricación de las tuberías será acero al carbono según el código API-5L en calidad Grado X-52, cuyas propiedades químicas y las físicas son las siguientes.

	% C (máx)	% Mn (máx)	% P (máx)	% S (máx)	Límite elástico mínimo
API-5L X-52	0.29	1.25	0.04	0.05	358 MPa

Tabla 7. Acero API-5L X-52

El espesor mínimo de las conexiones se calcula de acuerdo con la fórmula incluida en la norma UNE 60309-83:

$$e = \frac{P \cdot D}{20 \cdot \sigma_e} \cdot \frac{1}{F \cdot C}$$

e, espesor de cálculo del tubo (mm)

P, presión de cálculo (8 MPa)

$\sigma_e$ , límite elástico (358 MPa)

F, coeficiente de minoración del límite elástico (0.72, según ITC MIG 5.1, Reglamento de Redes y Acometidas de Productos Gaseosos)

C, factor de eficiencia de la soldadura (0.055)

A continuación se especifican las dimensiones de las tuberías que se encargan del transporte de hidrocarburos hasta el cargadero. Para esto se ha supuesto que el tiempo de llenado de un camión sería de 30 minutos, y la capacidad de este de unos 20 m<sup>3</sup>. Estimando un caudal de 40 m<sup>3</sup>/h para llenar un camión.

Como el cargadero tiene capacidad para 6 camiones, se va a suponer una simultaneidad de 3 camiones llenándose al mismo tiempo del mismo producto y que proceda del mismo tanque. De esta forma no sobredimensionamos las tuberías ni las bombas, ya que es poco probable que 6 camiones se llenen al mismo tiempo del mismo material. Y en el caso que esto ocurra, el máximo tiempo de espera serían 30 minutos, que es el tiempo de carga de un camión. De esta forma se calcula el diámetro y espesor de estas tuberías, estableciendo un caudal de 120 m<sup>3</sup>/h y una presión de 3.5 bar.

La presión necesaria se calcula debido a las variaciones de altura que se producen por las tuberías al pasar de un rack a otro, unos 5 mca aproximadamente y por las pérdidas de carga, que se soportan un 10% de pérdidas cada 10 metros. Es decir, si la tubería que se dirige al tanque más lejano mide 300 metros, la pérdida de carga serían unos 30 mca. Aunque 3.5 sería la presión de trabajo, la presión de diseño de la tubería será de 5 bar. Y la velocidad de los hidrocarburos en esta se supone de 4 m/s.

$$A_{\text{sección tubería}} = \frac{Q \left(\frac{\text{m}^3}{\text{h}}\right)}{v \left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right) \cdot 3600 \left(\frac{\text{s}}{\text{h}}\right)} = 0.00833 \text{ m}^2$$

$$D = 10,3 \text{ cm} = 4 \text{ ''}$$

$$e = 1,9 + 1,5 \text{ mm} = 3,4 \text{ mm}$$

Basándonos en un catálogo general de tubos de acero (empresa TUBACERO S.A.), se escoge unos tubos de:

- Tuberías oleoductos – tanques:  $D_{\text{nominal}} = 16''$ ,  $D_{\text{exterior}} = 355,6 \text{ mm}$  y espesor = 12,8 mm
- Tuberías tanques – cargadero:  $D_{\text{nominal}} = 4''$ ,  $D_{\text{exterior}} = 114,3 \text{ mm}$  y espesor = 5,33 mm

### Revestimiento de las tuberías

Las conducciones se protegen mediante un sistema pasivo frente a la corrosión, con un revestimiento externo de polietileno extruído en fábrica, de unos 5 mm aproximadamente. Las uniones entre tubos se revestirán en frío con cintas de polietileno de calidad y características iguales o superiores al material de protección de los tubos.

Para el revestimiento de curvas en caliente o reparaciones, se podría utilizar cintas de polietileno o materiales termorretráctiles. Estos son materiales que, al aplicarles calor, se contraen asegurando aislamiento y fijación.

## 4.7.2 Selección de bombas

Los combustibles son trasladados desde la refinería hasta esta planta de almacenamiento, y para esto son necesarias bombas que proporcionen el caudal y presión adecuado. Pero el bombeo de los hidrocarburos desde la refinería queda fuera del alcance del trabajo y se centrará en el traslado de los hidrocarburos desde los tanques hasta el cargadero. Para esto se instalan dos bombas por cada tanque.

El caudal de funcionamiento de las bombas será variable en función del número de camiones que estén cargando a la vez. Debido a esto, se colocan dos bombas en paralelo por cada tanque, permitiendo utilizar solo una y cuando el caudal requerido aumente se pondría el funcionamiento la segunda. Las bombas en paralelo permiten un aumento de caudal, permaneciendo a la misma presión a la que funcionan las dos.

Las condiciones de trabajo son las mismas para todas las bombas, aunque puede que la presión necesaria desde algunos tanques sea menor que en otros dependiendo de la distancia a la que se encuentren del cargadero. Aun así, se instalan las mismas bombas en todos los tanques.

Las bombas se colocan en el borde del cubeto, fuera de este y lo más cerca posible de los tanques correspondientes.

Para la selección de las bombas se fija el caudal y la presión a la que deben trabajar.

$Q = 60 \text{ m}^3/\text{h}$ , ya que se instalan dos bombas por tanque, obteniendo un caudal máximo de  $120 \text{ m}^3/\text{h}$ . Sería lo necesario para llenar 3 camiones a la vez, que es la suposición de simultaneidad que se realizó para el diseño de las tuberías.

$P = 3.5 \text{ bar}$

Otra característica imprescindible de las bombas que se utilicen en este lugar es que tengan certificado ATEX, ya que van a trabajar junto a sustancias que pueden formar atmósferas explosivas.

Con estos datos se ha buscado en catálogos de fabricantes de bombas, encontrando la adecuada para esta aplicación. Del catálogo de "Gasoleos Ferrer", la bomba BDP 1000·H3, "especialmente concebida para el transvase de grandes volúmenes, carga y descarga de carburantes en cisternas, almacenamiento de combustibles, hidrocarburos, gasolina, gasóleo, queroseno y de cualquier otro líquido no corrosivo y sin partículas sólidas en suspensión".

BDP-1000 · H3"	10130	8.205,00 €
----------------	-------	------------

### BOMBA:

- Caudal: 1000 l/min.
- Presión de trabajo: 3,5 bar.
- 400 rpm.
- Conexión mediante brida soldable de 3".
- **Dímetros recomendados:**
  - conexión aspiración - impulsión: Ø4"
- Ejecución grupo motobomba: horizontal.
- Bypass incorporado.

### MOTOR:

- Voltaje: 400-660 VCA trifásico.
- Frecuencia: 50 Hz.
- Potencia: 5,5 kW.
- Protección IP-55.
- Protección condensables: encapsulado.
- Certificado ATEX EExd IIBT4
- Velocidad de giro: 3000 rpm.
- Aislamiento: Clase F.
- Acoplamiento reductor/motor: brida.
- Nivel de ruido: 80 dB(A).

### REDUCTOR:

- Tipo: engranajes helicoidales.
- Entrada: 3000 rpm · Salida: 650 rpm.
- Relación: 4,6.

### Dimensiones y peso (aprox.):

- Dim.: 1264x420x405 mm (largo x ancho x alto).
- Peso: 227 kg.



Figura 55. Bomba seleccionada

Figura 56. Propiedades bomba seleccionada

## 4.8 Urbanización

La urbanización sería el último paso durante la ejecución de la obra, ya que si se construyen pavimentos o muros antes de realizar otras tareas, como por ejemplo la construcción de los tanques, podrían ser dañados debido a la necesidad de entrada de maquinaria pesada y de grandes dimensiones.

### 4.8.1 Cerramiento de la parcela

Siguiendo la Instrucción Técnica Complementaria MI-IP02, todo parque de almacenamiento de hidrocarburos debe disponer de un cerramiento de 2.5 metros de altura mínima rodeando el conjunto de sus instalaciones. También establece la distancia máxima entre este y cada parte de la instalación, siendo de 20 metros, cuya disposición se cumple en esta planta.

La construcción del cerramiento se realiza mediante un muro de hormigón armado de 3 metros de altura formado por placas prefabricadas de hormigón y con un vallado de 0.5 metro encima de estas.



Figura 57. Cerramiento de la parcela

El cerramiento podría dejar fuera a instalaciones independientes del funcionamiento de la planta, como oficinas, laboratorios y talleres. Pero en este caso se rodeará toda la parcela con esta valla para que no resulte un obstáculo a la hora de ir a la zona de tanques a realizar cualquier inspección o reparación, o retrasar el acceso de los bomberos en caso de incendio.

### 4.8.2 Firmes

Mediante la norma 6.1 de la Instrucción de Carreteras se seleccionan los materiales para la construcción del firme que depende de la acción prevista del tráfico. Habrá dos tipos de vehículos circulando, camiones y turismos. Se diseña para la situación más desfavorable, es decir, dependiendo del número de camiones que pasen al día por estos firmes.

La sección depende de dos parámetros: el valor del módulo de compresibilidad en el segundo ciclo de carga, obtenido de acuerdo con la NLT- 357: "Ensayo de carga con placa" y la intensidad media de vehículos pesados (IMDp).

Se supone que entrarán en la planta una media de 40 vehículos al día, obteniendo una categoría de tráfico pesado **T41**.

TABLA 1.A. CATEGORÍAS DE TRÁFICO PESADO T00 A T2

CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO	T00	T0	T1	T2
IMDp (vehículos pesados/día)	≥ 4 000	< 4 000 ≥ 2 000	< 2 000 ≥ 800	< 800 ≥ 200

TABLA 1.B. CATEGORÍAS DE TRÁFICO PESADO T3 Y T4

CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO	T31	T32	T41	T42
IMDp (vehículos pesados/día)	< 200 ≥ 100	< 100 ≥ 50	< 50 ≥ 25	< 25

Figura 58. Categorías de tráfico pesado

En cuanto al módulo de compresibilidad, se supondrá el más desfavorable (60 MPa), obteniendo una categoría de explanada E1.

TABLA 2. MÓDULO DE COMPRESIBILIDAD EN EL SEGUNDO CICLO DE CARGA

CATEGORÍA DE EXPLANADA	E1	E2	E3
$E_{v2}$ (MPa)	$\geq 60$	$\geq 120$	$\geq 300$

Figura 59. Módulo de compresibilidad en el segundo ciclo de carga

Ambos valores permiten seleccionar el tipo de firme, encontrando las siguientes opciones.

- Opción 4111: Mezclas Bituminosas y Zahorra Artificial
- Opción 4112: Mezclas Bituminosas y Suelo de Cemento
- Opción 4114: Hormigón de Firme y Zahorra Artificial

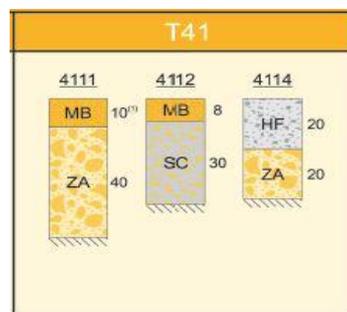


Figura 60. Firme

Se selecciona para los viales y el parking de camiones un firme formado por una capa de 10 centímetros de mezclas bituminosas sobre una de 40 cm de zahorra artificial.

Para las zonas del suelo que no estén ocupadas por viales o explanadas para parking, se utilizará grava compactada para obtener una superficie suficientemente estable para que algunas personas puedan andar por encima en caso de ser necesario. Pero no se requieren condiciones adicionales, ya que en teoría el tránsito solo se realizará por viales y acerado.

### 4.8.3 Acerado y jardinería

El acerado se realiza alrededor del contorno del edificio de oficinas, el parking, la nave y alrededor de pequeñas instalaciones como la sala de aditivos.

En primer lugar, se realiza una excavación de 30 centímetros aproximadamente en la superficie donde se vaya a colocar la acera. En los bordes se ponen los sardineles que sirven para limitar y permitir la compactación de una capa de arena suelta que se coloca en la parte excavada. Una vez que se ha realizado la compactación de esta arena y se encuentra nivelada, se pueden colocar los adoquines. Tras su colocación hay que realizar la compactación de los adoquines mediante una placa vibratoria e ir echando arena para rellenar los huecos. Este proceso se repite dos o tres veces para asegurar una superficie plana y uniforme.

Los adoquines serán losetas de hormigón para uso exterior, formado por cuatro pastillas de formato nominal 20x20x3 cm y color gris.



Figura 61. Adoquines y acerado

Como complemento de la urbanización y para mejorar la estética de las zonas donde se sitúan los trabajadores, se han contemplado algunos espacios verdes y de jardinería.

Justo en la entrada se instala una zona verde alrededor de la caseta de vigilancia de entradas y salidas. Además, se rodeará con plantas el parking de las oficinas y la entrada tanto del edificio como de la nave que se sitúa junto a este.

#### 4.8.4 Marquesinas de aparcamiento

En el parking de las oficinas se dispone de marquesinas de aparcamiento. Estan formados por tres elementos principales:

- Pórticos, contruídos con pilares, vigas y correas de acero, uniones soldadas y con imprimación anticorrosiva.
- Cubierta, de chapa grecada de acero galvanizado y unida a las correas mediante tornillos.
- Cimentación, dependerá del tamaño y peso de la marquesina, pero al ser una estructura ligera se utilizarán zapatas de hormigón armado.



Figura 62. Marquesinas de aparcamiento

#### 4.8.5 Luminaria exterior

Se colocan a los lado de los viales luminarias sustentadas por báculos, una estructura vertical cuya altura se fijará en 8 metros permitiendo un alumbrado exterior generalizado y efectivo. La geometría de la parte inferior adopta un perfil troncocónico y sirve como elemento de anclaje al suelo para soportar la estructura vertical.

Las luminarias serán de aluminio fundido a alta presión, con una potencia de 150 W y contarán con certificado ATEX. Las conducciones para el cableado serán de polietileno e irán por zanjas.

# 5 INSTALACIONES AUXILIARES

## 5.1 Unidad de recuperación de vapores

Los tanques de almacenamiento contienen productos altamente volátiles, esto significa que un cambio en la presión o temperatura a la que se encuentran puede hacer que cambien de estado líquido a gaseoso emitiendo compuestos orgánicos volátiles (VOC). Esto se produce debido a:

- Pérdidas por trabajo, ocurren cuando el nivel del tanque varía.

Al aumentar el nivel del tanque, los vapores tienden a desplazarse hacia arriba. El levantamiento del líquido tiende a comprimir los vapores, incrementando la presión en el espacio para vapor del tanque, hasta que esta alcanza la presión de venteo y la válvula de presión de vacío (también llamada respiradero) se abre, permitiendo la salida de estos. Si el nivel disminuye, también se pueden crear variaciones de presión que hacen que la válvula de venteo se abra y se emitan vapores. Estas pérdidas serán mayores en los tanques de techo fijo.

- Pérdidas estáticas, debido a cambios en la temperatura y presión.

Si se permite que estos gases escapen a la atmósfera, se reducen los ingresos a través de la pérdida de volumen de hidrocarburos, crean riesgo de incendio y además contribuyen a la contaminación.

Una manera de evitar las emisiones de estos gases es instalar una unidad de recuperación de vapores en los tanques de almacenamiento. Estos son sistemas que pueden capturar aproximadamente un 95% de los vapores, sometiéndolos a un tratamiento para licuarlos y devolverlos en forma de hidrocarburos líquidos a los tanques, así pueden volver a comercializarse. Esto además de significar un ahorro económico, también facilita el cumplimiento de los límites de emisiones a la atmósfera y reduce el riesgo de incendio.

Los combustibles recuperados pueden utilizarse para la re-inyección en las líneas de venta, o como combustible para algún proceso que exista en la planta. En este caso, se re-inyecta en los tanques para volver a ser almacenado.

Existen dos tipos de unidades de recuperación de vapores: <sup>21</sup>

- Unidades de recuperación de vapores (URV) convencionales. Formados por un compresor rotativo para succionar los vapores que salen a presión atmosférica del tanque de almacenamiento. Suele utilizarse un compresor rotativo de paletas o de tornillo.

Un compresor de tornillo está formado por dos rotores helicoidales que giran y engranan, el aire es empujado a lo largo de ellos hacia un espacio cada vez más pequeño, dando lugar a un aumento de presión.

El compresor de paletas consta de una carcasa fija en la que se coloca un disco de rotor con ranuras que se utilizan para sujetar las paletas deslizantes. Cuando el rotor gira, el disco también, permitiendo el movimiento de las paletas. Cuando estas se alejan del centro, queda atrapada una gran cantidad de aire en su interior y, con la rotación, las palas deslizantes convergen y el aire atrapado en ellas se comprime.

Estos tipos de compresor son más silencioso que los dinámicos, además suelen tener menor tamaño y la temperatura final del gas comprimido es relativamente baja, algo importante al trabajar con productos volátiles.

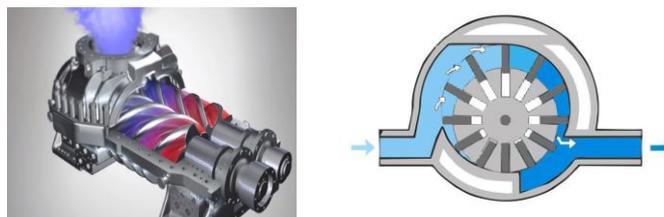


Figura 63. Compresores de tornillo y de paletas

La línea de succión del compresor va directamente conectada a la válvula del tanque que se abre cuando la presión en el interior de este aumenta o disminuye, sobrepasando los límites establecidos.

En primer lugar, los gases pasan por un rectificador, su función es eliminar suciedad o líquidos no deseados de la corriente de flujo del gas. Después los gases pasan al compresor, que realiza la función esencial, succiona el gas y eleva la presión del mismo para licuarlos. Una vez hecho esto, pasan a un pequeño depósito, donde se encuentran los gases en la parte superior y los líquidos en la inferior. La entrada del compresor se conecta a la parte superior. Y desde la parte inferior los hidrocarburos líquidos son bombeados hacia los tanques.

A continuación se muestra un esquema del funcionamiento de la unidad de recuperación de vapores.

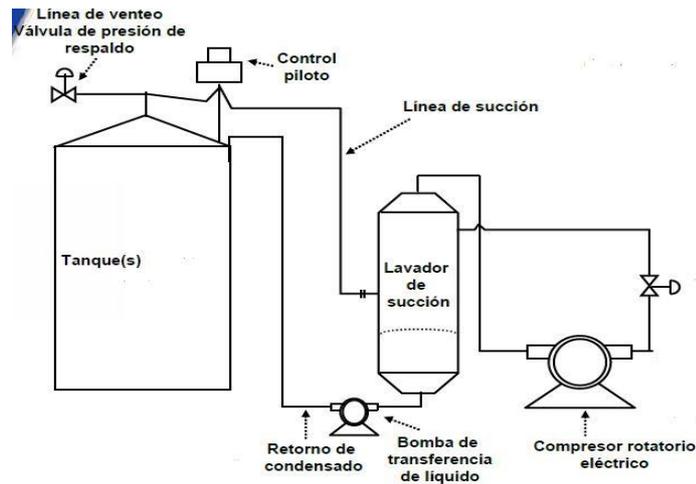


Figura 64. Unidad de recuperación de vapores convencional <sup>22</sup>

Este es el tipo de unidad que se instala en la planta del proyecto.

- Unidades de recuperación de vapores con eyector Venturi (EVRU). Se utiliza un eyector venturi para la aspiración de los gases del tanque.

Un eyector es una bomba fluido-fluido que no tiene pistones, válvulas, rotores ni otras piezas móviles. Funciona por transferencia de impulso del fluido primario (alta presión) al fluido secundario (baja presión). El vapor motriz se expande hasta una presión por debajo de la presión de aspiración, creando una depresión que introduce la carga de aspiración en el eyector. El vapor motriz a alta velocidad se mezcla con el caudal aspirado. Según esta mezcla entra en el difusor convergente/divergente, la velocidad se transforma en presión.

Las ventajas de este es que no requiere mantenimiento, carece de partes móviles y puede trabajar con todo tipo de fluidos.

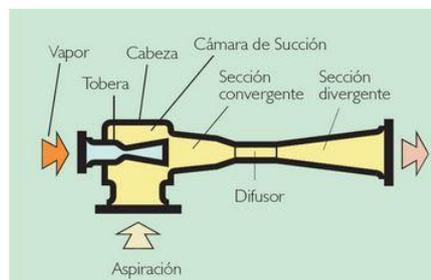


Figura 65. Eyector venturi <sup>23</sup>

## 5.2 Equipos de aditivación

La planta de almacenamiento de hidrocarburos colabora con sus clientes para que puedan ofrecer un producto diferenciado y se encarga de añadir en el momento de la carga de camiones, los aditivos para diferenciar la calidad de sus productos.

Cualquier producto que entra en la red logística debe cumplir unas especificaciones de calidad para ser aceptado. Para verificarlo, se realizan en la entrada de los productos tomas de muestras que luego se analizan en el laboratorio. Cuando se ha asegurado que el producto cumple todas las especificaciones, este es almacenado y ya sería apto para su uso sin necesidad de someterlo a ningún tratamiento. Sin embargo, pueden ser modificados mediante el uso de aditivos para conseguir ventajas competitivas.

Los aditivos son productos químicos que se añaden a los combustibles para potenciar su rendimiento, agilizar el transporte o aumentar su calidad. Existen varios tipos, que se añadirán a un combustible u otro dependiendo de las características de cada uno.

Se pueden diferenciar cuatro tipos de aditivación:<sup>24</sup>

- Aditivos de proceso: existen dos fundamentales: los anticorrosivos y los reductores de fricción.
- Aditivos fiscales. Su objetivo es colaborar para prevenir el fraude. Algunos combustibles como el gasóleo B y C están subvencionados para un uso determinado (agrícola y calefacción). Pero, por sus características, podrían utilizarse para automóviles diésel. Entonces la legislación exige que estos productos vayan caracterizados por ciertos aditivos para que se pueda diferenciar si se utilizan de forma fraudulenta.

Estos dos tipos se incorporan a los productos antes de su entrada en la planta. De esta manera se consigue disminuir el consumo energético, y las emisiones contaminantes..

- Aditivos de mejora de especificaciones.
- Aditivos de mejora de características de calidad no incluidas en las especificaciones.

Estos últimos se inyectan en línea cuando se produce la carga de camiones, según los requerimientos del cliente.

Algunos ejemplos de aditivos de mejora son:

- Aditivo antifrío. Mejora la fluidez del producto a baja temperatura.
- Aditivo antiestático. Evita la presencia de energía estática y aumenta la seguridad.
- Aditivos desemulsionantes, evitan que se formen bacterias por la presencia del agua en el depósito donde se almacena el combustible.
- Aditivos estabilizantes, encargados de mantener el combustible siempre fresco y evitar la descomposición térmica del gasóleo que puede llegar a producir lodos.

En esta planta se supone que a los combustibles que entran ya les han suministrado los aditivos de proceso y fiscales en refinería, para reducir la fricción y evitar la corrosión durante el transporte a través del oleoducto.

Los aditivos de mejora se añaden a los productos cuando se produce la carga de camiones. Es decir, en el cargadero, de forma automática y en la proporción establecida por cada cliente, se añade el aditivo en el propio brazo de carga que está conectado a la cuba del camión, pudiendo aditivar a diferentes concentraciones. Cada aditivo tiene su circuito independiente y solo se mezcla con el producto en el brazo de carga.

Respecto a la proporción de aditivo que llevan los combustibles, puede variar según el cliente y el producto. Pero se trata de una proporción muy pequeña, pocos centímetros cúbicos por cada metro cúbico de producto. Aproximadamente, cada 10.000 m<sup>3</sup> de producto se mezcla con 1 litro de aditivo.<sup>25</sup> Con esta proporción, se calcula que en un camión de 20 m<sup>3</sup> habría que suministrar 0.2 litros de cada aditivo escogido.

Debido a esto, los depósitos en los que se almacenan los aditivos son pequeños. En esta planta se cuenta con doce depósitos para seis tipos de aditivos, de 200 litros cada uno. Estos son suministrados directamente por el proveedor.

Suponiendo que se cargan 40 camiones al día, y si todos utilizaran los seis aditivos disponibles, supondría un consumo de aditivos de 8 litros de cada tipo al día. Por tanto, habría que realizar la reposición de productos cada dos meses aproximadamente.

Estos depósitos se encuentran en un pequeño almacén junto al cargadero. Este consta de unas dimensiones de 4x5 metros y una altura de 2.5 m. Formado por paredes y techo de hormigón para conseguir un mejor aislamiento, se ubica sobre una losa también de hormigón armado. Cuenta con una puerta metálica y rendijas para la ventilación, además de dos focos de iluminación y distintos puntos de conexión a la corriente.

Desde este almacén salen tuberías que transportar los aditivos hasta los puestos del cargadero. Esto se realiza mediante bombas dosificadoras peristálticas, utilizadas para pequeños caudales de productos químicos.

Esta bomba está formada principalmente por un tubo de pequeña sección y una parte rotatoria. El funcionamiento se basa en alternar la compresión y relajación de la manga que conduce los contenidos. El rodillo pasa a lo largo de esta creando por compresión un sello entre el lado de succión y de descarga, de forma que elimina la fuga del producto. Tras restablecer la manga, se genera un fuerte vacío que conduce el producto al interior de la boma. Esta acción de bombeo convierte a este tipo de bomba en las ideales para aplicaciones de pequeñas dosis exactas. Además pueden presentar una presión de hasta 16 bares.<sup>26</sup>

Se colocan encima de los envases que contienen los aditivos, introduciendo en estos el tubo de aspiración y conectando su salida a las tuberías que los llevan al cargadero. En total, se cuenta con una por cada producto, es decir, seis bombas dosificadoras.



Figura 66. Bomba dosificadora peristáltica

### 5.3 Pararrayos

En todas las construcciones se suelen instalar pararrayos, para evitar posibles daños en las estructuras.

Se pueden diferenciar distintos tipos de pararrayos según su aplicación.<sup>27</sup>

- Pararrayos de barras simples. Está formado por una punta metálica aguda con altura entre 2 y 8 metros, colocada en la parte superior de la estructura que protégé. Este debe ser conectado a dos conductores de bajada mínimo y dos tomas de tierra. Su radio de protección es de 30 metros, por lo que suele utilizarse en pequeñas construcciones.

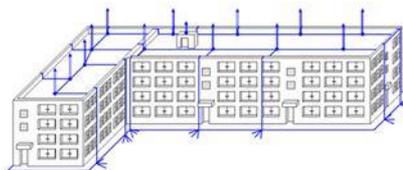
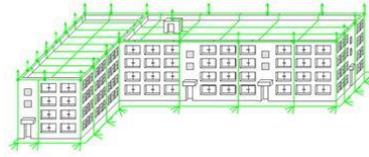
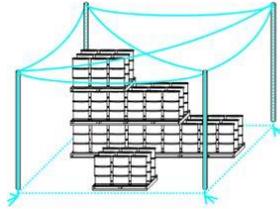


Figura 67. Pararrayos de barras simples<sup>27</sup>

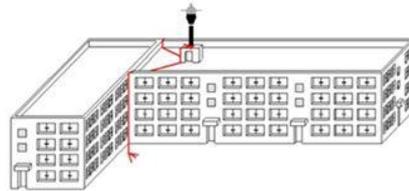
- Pararrayos de jaula Faraday, se compone de una malla en el tejado y en la fachada. En el tejado se instalan puntas captadoras, tanto en los bordes como en los puntos más altos. El tamaño de estas mallas es de entre 5 y 20 metros. En la fachada los conductores de bajada se conectan a la malla del techo y a las tomas de tierra. Este tipo de instalación suele ser más costosa y difícil por la complejidad de las estructuras a proteger.

Figura 68.Pararrayos de jaula Faraday<sup>27</sup>

- El pararrayos con hilos armados se constituye por una malla de conductores distantes de la estructura a proteger. Se colocan hilos armados por encima de esta, conectados a conductores de bajada y tomas de tierra específica. Se suele utilizar para grandes construcciones.

Figura 69.Pararrayos con hilos armados<sup>27</sup>

- El pararrayos con dispositivo de cebado PDC permite generar de forma artificial con un dispositivo de ionización que establece un punto de impacto específico en la punta. La captura es más rápida que con un pararrayos de barra simple, permitiendo proteger zonas más grandes.

Figura 70.Pararrayos con PDC<sup>27</sup>

En la nave y en el edificio de oficinas se instala un pararrayos de barra simple. Este se conecta a dos conductores de bajada y dos tomas de tierra. Además el radio de protección es de aproximadamente 30 metros, por lo que solo se necesitaría uno en cada construcción.

Los tanques de esta planta tienen una altura considerable, de 24.5 y 26.5 metros. Por esta razón se estudia el caso de la instalación de pararrayos para su protección.

La norma NFPA 780 establece que se puede considerar un tanque de acero vertical cilíndrico, con un diámetro mayor de 6 metros y cuya base esté en contacto con el suelo, como si estuviera conectado a tierra, sin necesidad de instalar tomas de tierra ni sistemas pararrayos. Por tanto, no habrá instalación de protección contra rayos en los tanques.

# 6 INSTALACIÓN DE SUMINISTRO DE AGUA

La instalación de suministro se encarga de conducir agua desde uno o más puntos de alimentación hasta múltiples puntos de consumo, en condiciones de servicio adecuadas. Debe tener capacidad para suministrar el caudal demandado, la presión de servicio y la calidad del agua adecuada al uso al que se destine. Esto está establecido por el Código Técnico de la Edificación, en el Documento Básico de Salubridad (HS-4).

Los puntos de consumo se sitúan en:

- Edificio de oficinas: baños y vestuarios.
- Nave: baños y laboratorio.
- Baño del puesto de control
- Baño de la caseta de vigilancia
- Depósitos de la instalación de protección contra incendios, que permanecerán llenos y solo necesitarán suministro en caso de incendio.

## 6.1 Caudales y puntos de consumo

El Documento Básico de Salubridad establece unos caudales instantáneos mínimos para cada tipo de aparato. Con esta información y al haber definido los puntos de consumo, se calculan los caudales en cada uno de ellos, teniendo en cuenta la simultaneidad. Los caudales están definidos en la tabla 2.1 del DB HS4.

Tabla 2.1 Caudal instantáneo mínimo para cada tipo de aparato

Tipo de aparato	Caudal instantáneo mínimo de agua fría [dm <sup>3</sup> /s]	Caudal instantáneo mínimo de ACS [dm <sup>3</sup> /s]
Lavamanos	0,05	0,03
Lavabo	0,10	0,065
Ducha	0,20	0,10
Bañera de 1,40 m o más	0,30	0,20
Bañera de menos de 1,40 m	0,20	0,15
Bidé	0,10	0,065
Inodoro con cisterna	0,10	-
Inodoro con fluxor	1,25	-
Urinarios con grifo temporizado	0,15	-
Urinarios con cisterna (c/u)	0,04	-
Fregadero doméstico	0,20	0,10
Fregadero no doméstico	0,30	0,20
Lavavajillas doméstico	0,15	0,10
Lavavajillas industrial (20 servicios)	0,25	0,20
Lavadero	0,20	0,10
Lavadora doméstica	0,20	0,15
Lavadora industrial (8 kg)	0,60	0,40
Grifo aislado	0,15	0,10
Grifo garaje	0,20	-
Vertedero	0,20	-

Figura 71. Caudal de cada aparato

- Oficinas. Existe demanda de caudal en los aseos de ambas plantas (suponiendo 4 lavabos y 4 inodoros), vestuarios (se suponen 6 duchas, 4 lavabos y 2 inodoros) y comedor (2 lavaderos). Obteniendo un caudal instantáneo total de **3 l/s**.

A continuación se obtiene el caudal de diseño, teniendo en cuenta el coeficiente de simultaneidad.

$$Q_{\text{diseño}} = k_p \cdot Q_{\text{instantáneo}} = 0.23 \cdot 3 = \mathbf{0.7 \text{ l/s}}$$

$$k_p = \frac{1}{\sqrt{n-1}} = \frac{1}{\sqrt{20-1}} = 0.23$$

Siendo:

$k_p$ , coeficiente de simultaneidad que depende del número de aparatos que haya en el edificio

$n$ , número de aparatos ( $n=16$ )

- Nave. Cuenta con 6 lavabos en baños, 6 fregaderos en el laboratorio, 6 inodoros y 2 lavamanos. Obteniendo un caudal instantáneo de **2.5 l/s**.

$$k_p = \frac{1}{\sqrt{n-1}} = \frac{1}{\sqrt{20-1}} = 0.23$$

$$Q_{\text{diseño 2}} = k_p \cdot Q_{\text{instantáneo}} = 0.23 \cdot 2.5 = \mathbf{0.58 \text{ l/s}}$$

- Baños del puesto de control y de la caseta de vigilancia. Contando con un lavabo y un inodoro en cada uno.

$$Q_{\text{instantáneo}} = Q_{\text{diseño 3}} = Q_{\text{diseño 4}} = \mathbf{0.2 \text{ l/s}}$$

- Para los depósitos del sistema de protección contra incendios se instala un caudal de **2 l/s**, en caso de incendio.

## 6.2 Elementos de la red de distribución

La red de distribución está formada por un contador general único, una acometida, un armario o arqueta del contador general, un tubo de alimentación, un distribuidor principal y las derivaciones colectivas. Se muestra el esquema de red con contador general:

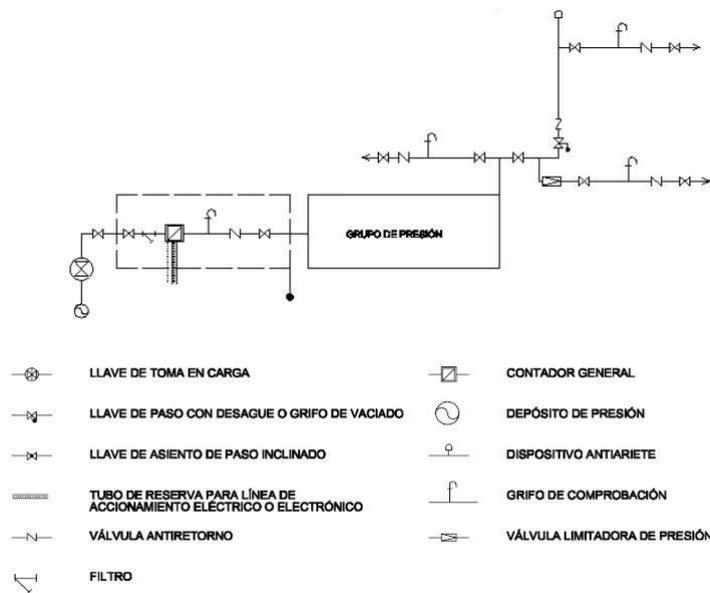


Figura 72. Esquema red de distribución (CTE-DB-HS4)

A continuación se detallan los distintos elementos:

- Acometida. Tubería que conecta la instalación general con la red exterior de suministro de agua, que se supone que existe junto al terreno donde se construye la planta, al haber otras edificaciones cercanas. Y debe disponer de los siguientes elementos:
  1. Llave de toma sobre la tubería de distribución de la red exterior de suministro que abre el paso a la acometida.
  2. Un tubo de acometida que enlace la llave de toma con la de corte general.
  3. Una llave de corte en el exterior de la planta.

- Instalación general, es el conjunto de tuberías y elementos de control y regulación que conectan la acometida con las instalaciones interiores. Debe tener :
  1. Llave de corte general, para interrumpir el suministro al edificio y está situada dentro de la propiedad, en una zona accesible. En la planta habrá un armario donde también estará el contador general, junto con esta llave.
  2. Filtro de la instalación general, retiene los residuos del agua que pueda dar lugar a corrosiones de las canalizaciones metálicas. Se instala a continuación de la llave de corte general y dentro del armario donde se sitúa esta. Este filtro debe tener un umbral de filtrado entre 25 y 50 micrómetros, con malla de acero inoxidable y baño de plata.
  3. Armario o arqueta del contador general. En este caso se construye un armario donde se encuentra la llave de corte general, el filtro de la instalación general, el contador, una llave, un grifo de prueba, una válvula de retención y una llave de salida.
  4. Distribuidor principal: tubería que enlaza los sistemas de control de presión con las derivaciones o ascendentes.
  5. Ascendentes o montantes, son las tuberías verticales que enlazan el distribuidor principal con las instalaciones interiores particulares.
  6. Derivaciones colectivas, las que enlazan el montante con las derivaciones del aparato, directamente o a través de una ramificación.
  7. Sistemas de control y regulación de la presión. El grupo de presión es de accionamiento regulable, es decir, de caudal variable. De esta forma no necesita un depósito auxiliar de alimentación, y cuenta con un variador de frecuencia que acciona las bombas manteniendo constante la presión de salida, independientemente del caudal solicitado. Se instalan válvulas limitadoras de presión en cada derivación para que no se supere la presión de servicio máxima establecida. A continuación se muestra el esquema del grupo de presión:

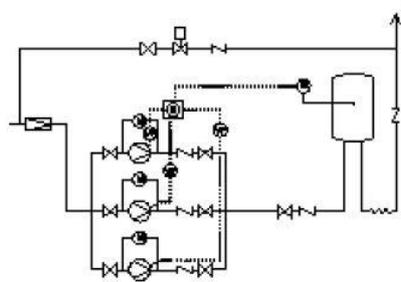


Figura 73. Esquema grupo de presión (CTE-DB-HS4)

Se muestra a continuación el esquema de la red de suministro de agua en la planta, suponiendo que la acometida se encuentra en la parte inferior derecha. Esta se conecta con el grupo de presión para llevar el agua a los puntos de consumo.

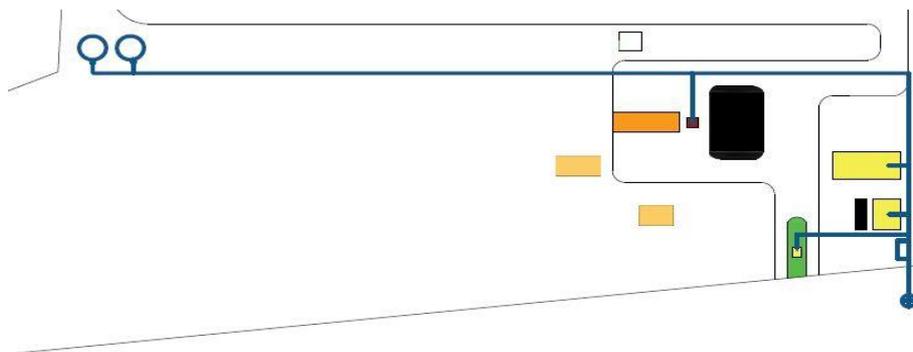


Figura 74. Red general de suministro de agua

### 6.3 Dimensionamiento de la red del edificio de oficinas

Los diámetros de las tuberías para el suministro de agua en el edificio de oficinas se calculan para el punto más desfavorable, es decir, donde se necesite mayor presión y caudal. En este caso sería el aseo de la primer planta. La presión en este punto debe ser mayor de 100 kPa, y menor de 500 kPa, según el CTE HS4. La red de distribución en oficinas es:

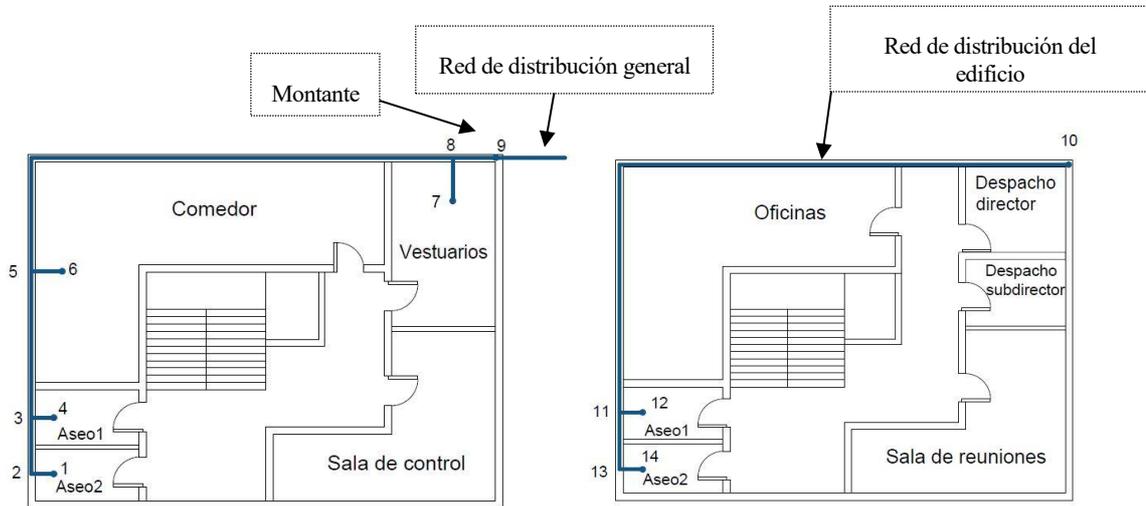


Figura 75. Red de suministro de agua en oficinas

Los **diámetros de las derivaciones** a los aparatos son establecidos por el CTE en la tabla 4.2 del apartado 4.3 del Documento Básico de Salubridad HS-4:

**Tabla 4.2 Diámetros mínimos de derivaciones a los aparatos**

Aparato o punto de consumo	Diámetro nominal del ramal de enlace	
	Tubo de acero	Tubo de cobre o plástico (mm)
Lavamanos	1/2	12
Lavabo, bidé	1/2	12
Ducha	1/2	12
Bañera <1,40 m	3/4	20
Bañera >1,40 m	3/4	20
Inodoro con cisterna	1/2	12
Inodoro con fluxor	1- 1 1/2	25-40
Urinario con grifo temporizado	1/2	12
Urinario con cisterna	1/2	12
Fregadero doméstico	1/2	12
Fregadero industrial	3/4	20
Lavavajillas doméstico	1/2 (rosca a 3/4)	12
Lavavajillas industrial	3/4	20

Figura 76. Diámetros mínimos de derivaciones a los aparatos

Se calculan los **diámetros de los tramos** de tuberías, respetando los diámetros mínimos que indica el CTE.

- Tramo 1-2, 3-4 y 5-6 , 7-8: son derivaciones a aparatos (inodoros con cisterna, lavabos, fregaderos y duchas). El diámetro de esta se fija en **12 mm**.
- Tramo 2-3: el caudal en cada tramo será igual a la suma de los caudales de diseño de los puntos de consumo a los que alimenta este. En este caso, solo alimenta a un aseo que dispone de un lavabo y un inodoro, por lo que el caudal de diseño es igual al caudal instantáneo. Suponiendo una velocidad de 1.5 m/s en la instalación.

$$q_D = q_I = 0.15 \text{ l/s}$$

$$D_{2-3} = \sqrt{\frac{4 \cdot q_D}{\pi \cdot v}} = 11.3 \text{ mm ; } \mathbf{20 \text{ mm}}$$

- Tramo 3-5: el caudal se calcula sumando los caudales de los dos puntos de consumo de los aseos.

$$q_I = 0.15 + 0.15 = 0.3 \text{ l/m}^3$$

$$k = \text{coef. simultaneidad} = \frac{1}{\sqrt{n-1}} = \frac{1}{\sqrt{4-1}} = 0.577$$

$$q_D = 0.3 \cdot 0.577 = 0.1731 \text{ l/m}^3$$

$$D_{3-5} = \sqrt{\frac{4 \cdot q_D}{\pi \cdot v}} = 12.12 \text{ mm} ; \mathbf{20 \text{ mm}}$$

- Tramo 5-7: se suman los caudales de los tres puntos de consumo que hay en la primera planta del edificio.

$$q_I = 0.15 + 0.15 + 0.2 = 0.5 \text{ l/s}$$

$$k = \text{coef. simultaneidad} = \frac{1}{\sqrt{n-1}} = \frac{1}{\sqrt{6-1}} = 0.447$$

$$q_D = 0.5 \cdot 0.447 = 0.224 \text{ l/m}^3$$

$$D_{5-8} = \sqrt{\frac{4 \cdot q_D}{\pi \cdot v}} = 13.8 \text{ mm} ; \mathbf{25 \text{ mm}}$$

Los diámetros del resto de tramos se indican en la siguiente tabla:

Tramo 8-9	Montante (9-10)	Tramo 10-11	Tramo 11 -12	Tramo 11-13	Tramo 13-14
25 mm	20 mm	20 mm	12 mm	20 mm	12 mm

Tabla 8. Diámetros de red de suministro de agua

Las tuberías serán de acero y los diámetros mínimos vienen definidos en la siguiente tabla:

Tramo considerado	Diámetro nominal del tubo de alimentación	
	Acero	Cobre o plástico (mm)
Alimentación a cuarto húmedo privado: baño, aseo, cocina.	¾	20
Alimentación a derivación particular: vivienda, apartamento, local comercial	¾	20
Columna (montante o descendente)	¾	20
Distribuidor principal	1	25
< 50 kW	½	12
Alimentación equipos de climatización		
50 - 250 kW	¾	20
250 - 500 kW	1	25
> 500 kW	1 ¼	32

Figura 77. Diámetros mínimos

### 6.3.1 Grupo de presión

Existirá un **depósito auxiliar de alimentación** cuyo volumen depende del caudal máximo total y el tiempo previsto de utilización (de 15 a 20 minutos).

$$V = Q_{\text{instantáneo en oficinas}} \cdot t \cdot 60 = 3 \frac{\text{dm}^3}{\text{s}} \cdot 20 \text{ min} \cdot 60 \frac{\text{s}}{\text{min}} = 3600 \text{ dm}^3 = \mathbf{3.6 \text{ m}^3}$$

El número de **bombas** a instalar en el caso de un grupo de tipo convencional, excluyendo las de reserva, se determina en función del caudal total del grupo. Para caudales de hasta 10 dm<sup>3</sup>/s se disponen de dos bombas.

El caudal de las bombas será el máximo simultáneo de la instalación. **Q<sub>diseño oficinas</sub> = 0.7 dm<sup>3</sup>/s.**

La presión mínima o de arranque será la suma de la altura de aspiración, más la altura geométrica, la pérdida de carga del circuito y la pérdida de presión en el grifo, llave o fluxor. La presión en el punto más desfavorable tiene como principal factor de pérdida de presión la altura geométrica (H<sub>g</sub> = 6 mca) y la presión mínima residual del aparato debe ser 100 kPa (10 mca). Sumando estos dos valores se establece una presión para cada bomba de **20 mca.**

# 7 INSTALACIÓN DE SANEAMIENTO

Se implanta un sistema separativo para la evacuación de aguas, diferenciando las aguas residuales, pluviales e hidrocarburadas. Se instala una red de tuberías para cada tipo con el fin de evitar la contaminación entre ellas.

Las redes se diseñan disminuyendo las pérdidas puntuales de energía para lo que se presta especial atención a las uniones de los conductos, cambios de alineación, pendiente, cambio de sección y otras circunstancias que puedan alterar el flujo hidráulico. La sección de los conductos depende de la velocidad del agua a evacuar y del caudal que pasa por estos.

Los colectores desaguan por gravedad en una arqueta general, que constituye el punto de conexión entre la instalación de evacuación de la planta y la red de alcantarillado público, a través de la acometida.

Los residuos agresivos industriales, que en este caso serían las aguas hidrocarburadas, deben someterse a un tratamiento previo al vertido a la red de alcantarillado. Por esto, se instala una unidad de separación de agua e hidrocarburos, antes de que esta sea evacuada.

Se supone la existencia de una única red de alcantarillado pública. Debe instalarse una conexión entre la red de pluviales, residuales e hidrocarburadas antes de su salida a la red exterior. Y tiene que disponer de un cierre hidráulico que impida la transmisión de gases de una a otra. Este puede estar incorporado a los puntos de captación de las aguas o ser un sifón o final en la propia conexión.

Los bajantes y canalones deben realizarse sin desviaciones ni retranqueos y con un diámetro uniforme en toda su altura excepto, en el caso de bajantes residuales cuando existan obstáculos insalvables en su recorrido. Este diámetro no debe disminuir en el sentido de la corriente. Y pueden aumentar cuando comentan a la bajante caudales de magnitud mucho mayor que los de tramos de aguas arriba.

En las redes enterradas, la unión entre conductos verticales y horizontales, y entre derivaciones debe realizarse con arquetas dispuestas sobre cimiento de hormigón, con tapa practicable. Solo puede acometer un colector por cada cara de la arqueta, de forma que el ángulo entre el colector y la salida sea mayor de 90°.

En este caso solo se necesita un subsistema de ventilación primaria, al ser construcciones con menos de 7 plantas.

Al final de la instalación y antes de la acometida debe disponerse de un pozo general.

## 7.1 Evacuación de aguas residuales

Se desarrolla el dimensionado de la red de evacuación de aguas residuales, que es necesaria en el edificio de oficinas, en la nave, en la caseta de vigilancia y el puesto de control.

A cada tipo de aparato se le asigna un número de desagües determinado y el diámetro mínimo de los sifones y derivaciones individuales de estos. Se recoge en las Tabla 4.1 del CTE-DB-HS-5. En este caso disponemos de lavabos, duchas, inodoros con cisterna, fregaderos de cocina y de laboratorio, todos de uso público.

Se obtiene:

Edificio de oficinas	Nave	Caseta de vigilancia	Puesto de control
82 UD	58 UD	7 UD	7 UD

Tabla 9. Unidades de desagüe

**Tabla 4.1 UD correspondientes a los distintos aparatos sanitarios**

Tipo de aparato sanitario	Unidades de desagüe UD		Diámetro mínimo sifón y derivación individual (mm)		
	Uso privado	Uso público	Uso privado	Uso público	
Lavabo	1	2	32	40	
Bidé	2	3	32	40	
Ducha	2	3	40	50	
Bañera (con o sin ducha)	3	4	40	50	
Inodoro	Con cisterna	4	5	100	100
	Con fluxómetro	8	10	100	100
Urinario	Pedestal	-	4	50	-
	Suspendido	-	2	40	-
	En batería	-	3.5	-	-
Fregadero	De cocina	3	6	40	50
	De laboratorio, restaurante, etc.	-	2	-	40
Lavadero	3	-	40	-	
Vertedero	-	8	-	100	
Fuente para beber	-	0.5	-	25	
Sumidero sifónico	1	3	40	50	
Lavavajillas	3	6	40	50	
Lavadora	3	6	40	50	
Cuarto de baño (lavabo, inodoro, bañera y bidé)	Inodoro con cisterna	7	-	100	-
	Inodoro con fluxómetro	8	-	100	-
Cuarto de aseo (lavabo, inodoro y ducha)	Inodoro con cisterna	6	-	100	-
	Inodoro con fluxómetro	8	-	100	-

Figura 78. UD de aparatos

Los botes sifónicos o sifones individuales deben tener el mismo diámetro que la válvula de desagüe conectada.

Los diámetros de ramales colectores entre aparatos sanitarios y la bajante se establecen según el número máximo de unidades de desagüe y la pendiente del ramal colector. Se supone una pendiente del 2% y el número máximo de UD se indica en el apartado anterior, obteniendo los diámetros para estos ramales en los distintas cosntrucciones:

Edificio de oficinas	Nave	Caseta de vigilancia	Puesto de control
110 mm	90 mm	63 mm	63 mm

Tabla 10. Diámetro de ramales de colectores

**Tabla 4.3 Diámetros de ramales colectores entre aparatos sanitarios y bajante**

Máximo número de UD			Diámetro (mm)
Pendiente			
1 %	2 %	4 %	
-	1	1	32
-	2	3	40
-	6	8	50
-	11	14	63
-	21	28	75
47	60	75	90
123	151	181	110
180	234	280	125
438	582	800	160
870	1.150	1.680	200

Figura 79. Diámetros colectores

El dimensionado de los bajantes debe asegurar que no se supere el límite de 250 Pa de variación de presión y para un caudal de forma que, la superficie ocupada por el agua no sea mayor a 1/3 de la sección transversal de la tubería. El diámetro de los bajantes se obtiene con la siguiente tabla, considerando el máximo número de UD en la bajante y en cada ramal, dependiendo del número de plantas de la construcción.

**Tabla 4.4 Diámetro de las bajantes según el número de alturas del edificio y el número de UD**

Máximo número de UD, para una altura de bajante de:		Máximo número de UD, en cada ramal para una altura de bajante de:		Diámetro (mm)
Hasta 3 plantas	Más de 3 plantas	Hasta 3 plantas	Más de 3 plantas	
10	25	6	6	50
19	38	11	9	63
27	53	21	13	75
135	280	70	53	90
360	740	181	134	110
540	1.100	280	200	125
1.208	2.240	1.120	400	160
2.200	3.600	1.680	600	200
3.800	5.600	2.500	1.000	250
6.000	9.240	4.320	1.650	315

Figura 80. Diámetro bajantes

El edificio de oficinas tiene menos de tres plantas, obteniendo un diámetro de los bajantes de 90 mm, y en el resto se obtienen los siguientes diámetros.

Edificio de oficinas	Nave	Caseta de vigilancia	Puesto de control
90 mm	90 mm	50 mm	50 mm

Tabla 11. Diámetro de bajantes

Por último, los colectores horizontales se diseñan para funcionar a tres cuartos de sección, bajo condiciones de flujo uniforme. También depende del número de UD y de la pendiente de estos, suponiéndose del 2%.

Tabla 4.5 Diámetro de los colectores horizontales en función del número máximo de UD y la pendiente adoptada

Máximo número de UD			Diámetro (mm)
Pendiente			
1 %	2 %	4 %	
-	20	25	50
-	24	29	63
-	38	57	75
96	130	160	90
264	321	382	110
390	480	580	125
880	1.056	1.300	160
1.600	1.920	2.300	200
2.900	3.500	4.200	250
5.710	6.920	8.290	315
8.300	10.000	12.000	350

Figura 81. Diámetro colectores horizontales

Se obtiene:

Edificio de oficinas	Nave	Caseta de vigilancia	Puesto de control
90 mm	90 mm	50 mm	50 mm

Tabla 12. Diámetro colectores horizontales

## 7.2 Evacuación de aguas pluviales

La red de evacuación de aguas pluviales se construye enterrada y ramificada de forma que el agua circule por gravedad de arqueta en arqueta hasta llegar a la acometida. Esta red recoge el agua de la lluvia en todas las construcciones como, el edificio de oficinas, la nave, el cargadero, la caseta de vigilancia y el puesto de control. Cada una dispone de su propia instalación de evacuación, y a partir de estas son llevadas a la red general de recogida de la planta que las dirige a la acometida. Además, se colocan arquetas en los cambios de dirección y en los puntos de conexión entre conductos, teniendo en cuenta las posibles pérdidas de carga.

También se evacúa el agua de los viales, mediante conductos enterrados e imbornales a lo largo del eje de estos. Se cuenta también con imbornales en el parking de oficinas y alrededor del edificio.

Para el predimensionado de las conducciones se supone una velocidad de circulación del agua entre 1 y 2 m/s.

El sistema de evacuación del edificio de oficinas está formado por sumideros, canalones, bajantes y arquetas. La cubierta se construye con una pendiente del 2% para evitar estanqueidades, siendo el punto central el más alto. El número de sumideros depende de la superficie de la cubierta en proyección horizontal. En este caso se cuenta con tres sumideros en la cubierta que van conectados a bajantes.

Tabla 4.6 Número de sumideros en función de la superficie de cubierta

Superficie de cubierta en proyección horizontal (m <sup>2</sup> )	Número de sumideros
S < 100	2
100 ≤ S < 200	3
200 ≤ S < 500	4
S > 500	1 cada 150 m <sup>2</sup>

Figura 82. Número de sumideros

Los canalones se instalan con una pendiente del 2% para evacuar el agua por gravedad y hacerla llegar hasta los bajantes. El diámetro nominal de los canalones de sección semicircular para una intensidad pluviométrica de 100 mm/h depende de la pendiente y superficie a la que sirva, resultando de 200 mm.

**Tabla 4.7 Diámetro del canalón para un régimen pluviométrico de 100 mm/h**

Máxima superficie de cubierta en proyección horizontal (m <sup>2</sup> )				Pendiente del canalón	Diámetro nominal del canalón (mm)
0.5 %	1 %	2 %	4 %		
35	45	65	95		100
60	80	115	165		125
90	125	175	255		150
185	260	370	520		200
335	475	670	930		250

Figura 83. Diámetro canalones

Los bajantes desembocan en arquetas de paso, prefabricadas de hormigón, para reducir las pérdidas de carga. Estas se conectan a la red del conducto principal mediante conductos secundarios de PVC. El diámetro de los bajantes es de 90 mm y son de acero galvanizado, al igual que los canalones.

**Tabla 4.8 Diámetro de las bajantes de aguas pluviales para un régimen pluviométrico de 100 mm/h**

Superficie en proyección horizontal servida (m <sup>2</sup> )	Diámetro nominal de la bajante (mm)
65	50
113	63
177	75
318	90
580	110
805	125
1.544	160
2.700	200

Figura 84. Diámetro bajantes

Finalmente, el diámetro de los colectores sería de 110 mm.

**Tabla 4.9 Diámetro de los colectores de aguas pluviales para un régimen pluviométrico de 100 mm/h**

Superficie proyectada (m <sup>2</sup> )			Pendiente del colector	Diámetro nominal del colector (mm)
1 %	2 %	4 %		
125	178	253		90
229	323	458		110
310	440	620		125
614	862	1.228		160
1.070	1.510	2.140		200
1.920	2.710	3.850		250
2.016	4.589	6.500		315

Figura 85. Diámetro colectores pluviales

De la misma forma se diseña la red de evacuación en la nave, donde se encuentran el laboratorio y el taller.

Se colocan canalones a ambos lados de la cubierta y bajantes paralelos a los pilares de los pórticos que desembocan en arquetas prefabricadas de hormigón. El número de sumideros de la cubierta y los diámetros de estos componentes se definen en la tabla 12.

El puesto de control también cuenta con una red de evacuación de aguas pluviales que se distribuye de la misma forma que en la nave, pero los diámetros de las conducciones serán distintos debido a sus dimensiones.

La caseta de vigilancia de la entrada de la planta simplemente cuenta con imbornales perimetrales, debido a sus pequeñas dimensiones.

	Sumideros	Diámetro Canalones	Diámetro Bajantes	Diámetro Colectores
Oficinas	3	200 mm	90 mm	110 mm
Nave	4	250 mm	110 mm	160 mm
Cargadero	3	150 mm	75 mm	90 mm
Puesto de control	2	100 mm	50 mm	90 mm

Tabla 13. Diámetros de la red de evacuación agual pluviales

Las conducciones del puesto de control, del cargadero y del parking de camiones van conectadas a la red de evacuación de aguas hidrocarbonadas. Por esto no se muestran en el siguiente esquema.

Se construyen arquetas cada 50 metros, comenzando desde los puntos extremos de la red del conducto principal. Este se construye con tuberías de polietileno a una cota de 1 metro por debajo de la superficie del terreno, que finaliza en la acometida para desembocar en la red de alcantarillado pública.

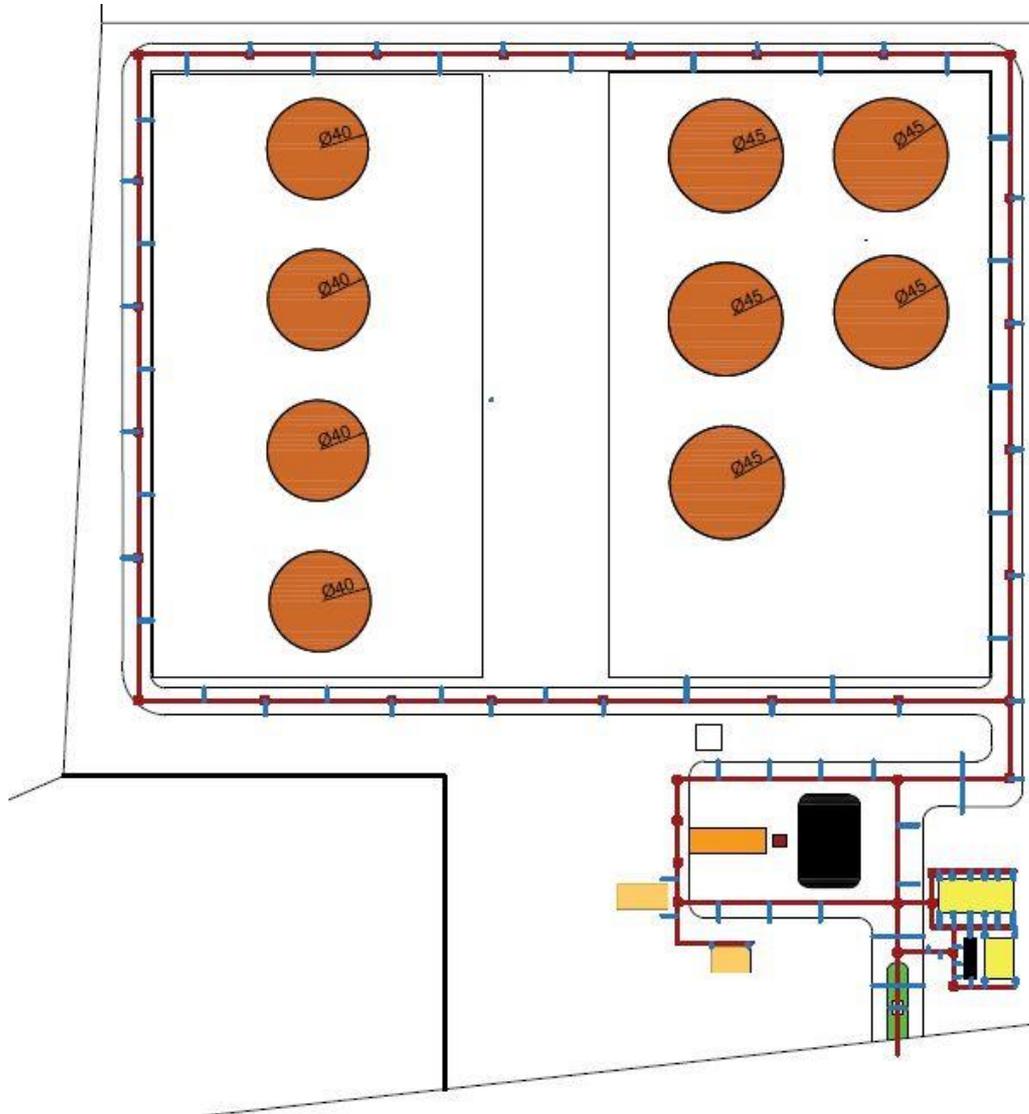


Figura 86. Red de evacuación de aguas pluviales

### 7.3 Red de aguas hidrocarbonadas

Las instalaciones se diseñan para reducir el impacto ambiental de la planta y una de las medidas que se toman para esto es la instalación de una red de aguas hidrocarbonadas separada de la red de recogida de aguas pluviales. Además deben cumplir la ley 22/2011, de residuos y suelos contaminados.

Los puntos de recogida de la red de aguas hidrocarbonadas se instalan en los lugares donde pueden producirse derrames o pérdidas de hidrocarburos, es decir, en los cubetos, en el cargadero y en el parking de camiones.

La red de tuberías de aguas hidrocarbonadas es de 200 mm de diámetro y con una pendiente mínima del 2%. Las tuberías son de fundición dúctil por ser un material resistente a los hidrocarburos. La entrada de líquidos a la red se realiza mediante sifones para evitar la salida de gases. En general, toda la red se encuentra provista de arquetas.

El cargadero cuenta con imbornales conectados a los conductos de la red de recogida de aguas hidrocarbурadas, ya que en este lugar es muy frecuente la presencia de pequeñas cantidades de productos en el suelo debido a pérdidas durante la carga de camiones. El pavimento del cargadero se construye con cierta pendiente para que el agua fluya hasta ellos por gravedad. Además, es impermeable y resistente a la acción de los hidrocarburos.

En el caso de los cubetos, el agua de lluvia se queda almacenada dentro. Pero antes de que esta sea evacuada se analiza para ver si se han producido pérdidas de hidrocarburos y pueda estar contaminada. La unidad de separación de aguas hidrocarbурadas cuenta con un sistema de by-pass, es decir, puede hacer pasar estas aguas por el proceso de separación o, directamente dirigirlas a la red de evacuación de aguas pluviales en caso de que no estén contaminadas. Este proceso se explica mejor en el siguiente apartado.

Los hidrocarburos separados serán posteriormente retirados y trasladados a un centro de tratamiento de residuos.

A continuación se muestra el esquema de las tuberías de la red de aguas hidrocarbурadas junto con las de evacuación de aguas pluviales. Estas recogen el agua de los cubetos, el cargadero y el parking de camiones. Se muestra su paso por la unidad de tratamiento de aguas hidrocarbурadas y la conexión a la salida con la red de evacuación de pluviales.

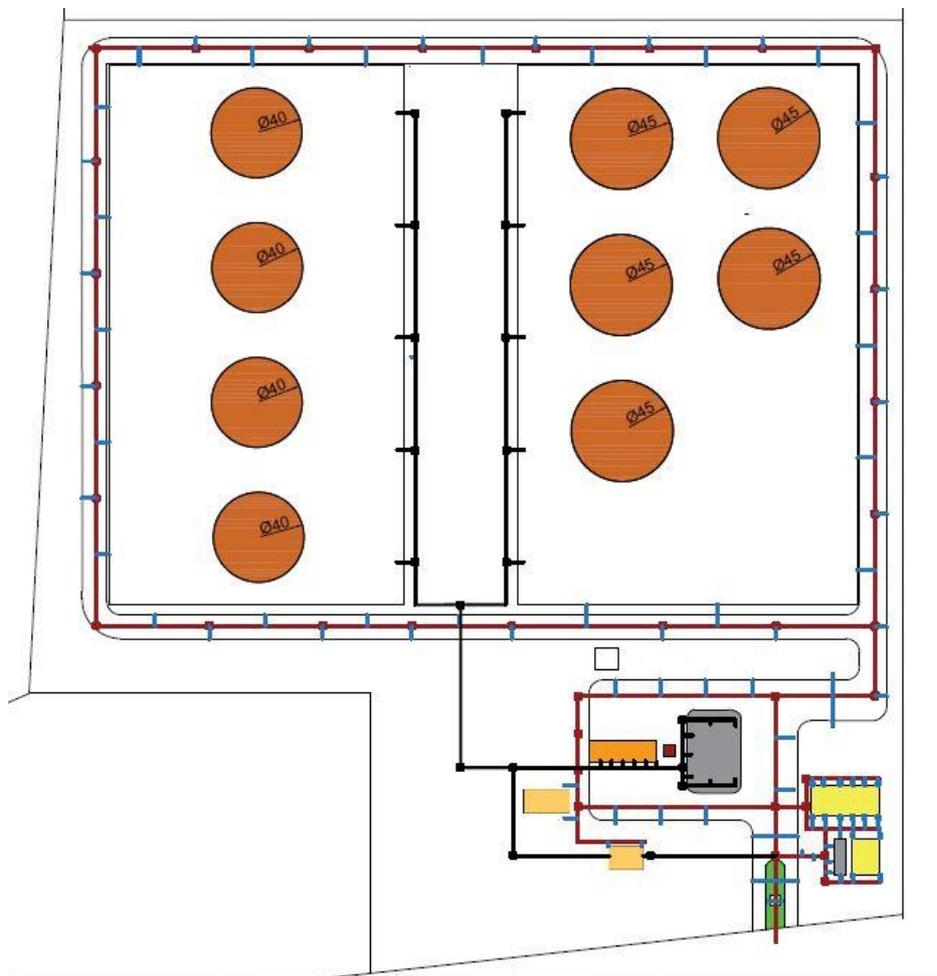


Figura 87. Red de evacuación de aguas hidrocarbурadas

### 7.3.1 Sistema de tratamiento de aguas hidrocarburadas

Las aguas hidrocarburadas no pueden entrar en un sistema de tratamiento de aguas residuales sin ser tratadas previamente, y tampoco se pueden verter directamente a un sistema de recuperación de agua de lluvia. Por esta razón se instala una red de aguas hidrocarburadas que desemboca en un separador.

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

En primer lugar, se separan los lodos y fangos, que se encontraban en el suelo, y entran al ser arrastrados por el agua. Este agua sucia entra en el separador perdiendo velocidad y la gravedad hace que los sólidos se depositen en la zona de decantador o desarenador.

Los restos de hidrocarburos se sitúan en la parte superior del depósito ya que tienen una densidad menor que la del agua. Sin embargo, quedarán algunas partículas de hidrocarburos que por su pequeño tamaño no flotan. Para eliminarlas se hace pasar el agua por unos filtros de coalescencia, donde se unen estas partículas formando otras más grandes que quedan flotando en la superficie.

Una vez separados los hidrocarburos, esta agua ya puede verterse en la red general de evacuación de pluviales para llegar a la red general de alcantarillado. En la salida del separador se construye una arqueta para poder tomar muestras y comprobar la calidad del agua.

Para evitar la salida de los hidrocarburos acumulados en la parte superior se dispone de un sistema de cierre, de forma que, cuando la capa de hidrocarburos sea muy grande, el obturador bloquea la salida. Este asegura que el líquido ligero almacenado no pasa a la salida del separador. Su principio de funcionamiento es la flotabilidad en el agua pero no en los hidrocarburos.

Este depósito formado por el decantador y separador se encuentra enterrado y ambas partes tienen una tapa de fundición para la inspección y vaciado de los materiales sedimentados.

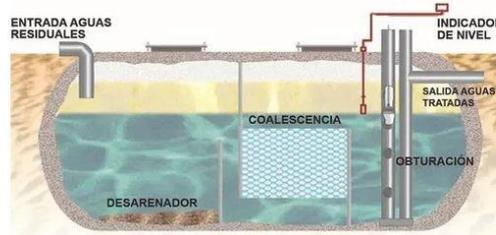


Figura 88. Decantador y separador de aguas hidrocarburadas<sup>28</sup>

Normalmente, el agua que debe tratarse es la que se recoge al inicio de las precipitaciones. Cuando pasa cierto tiempo y los restos de hidrocarburos o residuos han sido arrastrados por la lluvia, el agua que se recoge después no estaría contaminada. Por este motivo el separador cuenta con un sistema by-pass, permitiendo pasar el agua directamente a la red de pluviales cuando no esté contaminada.



Figura 89. Separador con by-pass<sup>28</sup>

La construcción de separadores de hidrocarburos se rige por la normativa europea EN-858-1 y EN-858-2. Debe disponer de un sistema de alarma óptico o acústico automático, para detectar un nivel fijado previamente.

El separador debe tener la capacidad suficiente para almacenar los hidrocarburos filtrados. Para realizar un predimensionamiento del decantador y separador, se utiliza un catálogo de la empresa Techneau.<sup>29</sup>

Para los depósitos que incluyen decantador y separador se estima un tiempo de residencia óptimo de los residuos de 190 segundo, y un tamaño nominal de 100 l/s. Obteniendo un aparato con decantador incluido de  $19 \text{ m}^3$  ( $100 \text{ l/s} \cdot 190 \text{ s} = 19000 \text{ l} = 10 \text{ m}^3$ ). El material de este será polietileno.



Figura 90. Tiempo de residencia óptimo<sup>29</sup>

Algunas de las ventajas que tiene la separación y tratamiento de aguas hidrocarbonadas son:

- Minimización de residuos peligrosos, con el tratamiento 'in situ'.
- Mejora desde el punto de vista medioambiental.
- Reducción del coste en gestión de residuos y desplazamientos a plantas de tratamientos finales de agua contaminada.
- Menor emisión de gases contaminantes a la atmósfera.

# 8 INSTALACIÓN ELÉCTRICA

El diseño de la instalación eléctrica se lleva a cabo de acuerdo con el Reglamento Electrotécnico de Media y Baja Tensión.

La compañía eléctrica distribuidora suministra a la planta la potencia necesaria mediante una línea aérea de 15 kV. La acometida está conectada con el centro de seccionamiento, y a partir de este sale una línea de media tensión, hasta el centro de transformación.

El Centro de Transformación, recibe la energía en media tensión y la suministra en baja a los Cuadros Generales de Baja Tensión. La electricidad se distribuye en baja tensión hasta los diferentes cuadros eléctricos de cada punto de consumo.

Las líneas que salen de los CGBT serán enterradas. Pero una vez que llegan a los cuadros secundarios éstas serán aéreas, distribuidas en bandejas de cables, que en algunas construcciones no serán visibles debido al falso techo.

Se muestra a continuación el esquema de la planta con la acometida, el CS, CT, los CGBT y las líneas de baja tensión.

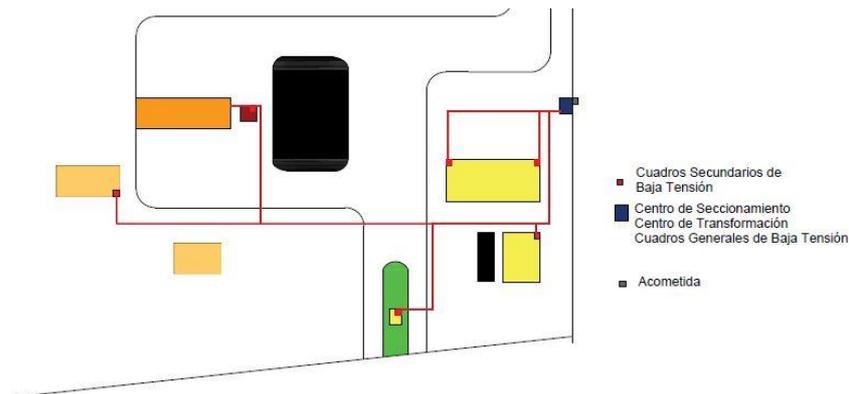


Figura 91. Distribución red eléctrica

## 8.1 Centro de seccionamiento

Un centro de seccionamiento es una instalación formada por un conjunto de celdas y aparataje eléctrica de protección y corte. Este une la red eléctrica de una compañía determinada, que depende de la localización, con una instalación particular a la que da servicio. En caso de incidencia, el centro de seccionamiento protege a la instalación separándola de la red. Cuenta con las siguientes celdas:

- Celda de línea de entrada, por la que entran los conductores de la acometida.
- Celda de línea de salida.
- Celda de línea de seccionamiento, donde se ubican los elementos de apertura de las distintas líneas de tensión. Cuentan con un interruptor-seccionador de corte.
- Celda de protección general, situadas después de la celda de entrada para proteger la instalación en caso de emergencia.
- Celda de medida, formado por dos transformadores de medida que indican la intensidad y tensión que circula en todo momento.

Las celdas a emplear serán de la serie SM6, celdas modulares de aislamiento que utilizan hexafluoruro de azufre (SF6) como elemento de corte y extinción de arco eléctrico. Este es una reacción que se puede producir por un defecto de aislamiento o por una situación de servicio excepcional. Las celdas SM6 presentan una placa más débil que el resto de la envoltura en una de sus paredes que sería rota por el gas en caso de producirse un arco eléctrico.

La fabricación de la gama SM6 corresponde según la norma UNE-EN-60298 a la definición de aparataje bajo envoltura metálica compartimentada.

La medición de la energía se lleva a cabo con el cuadro de contadores, que está conectado al secundario de los transformadores de intensidad y tensión de la celda de medida.

## 8.2 Centro de transformación

Los centros de transformación son instalaciones eléctricas que permiten transformar la energía de alta a media tensión o de media a baja. En este caso, recibe la energía en media tensión y la transforma en baja para ser distribuida a los distintos puntos donde sea necesaria.

Se cuenta con un centro de transformación y dos transformadores. La potencia necesaria total calculada para el funcionamiento de la planta es de 540 kW.

El centro de transformación se ubica en una caseta independientes construidas con hormigón y contando con cerramientos adecuados frente al aislamiento de filtraciones o acumulación de agua. El acceso a esta se realiza mediante una puerta de acero galvanizado cubierta con pintura anticorrosión.

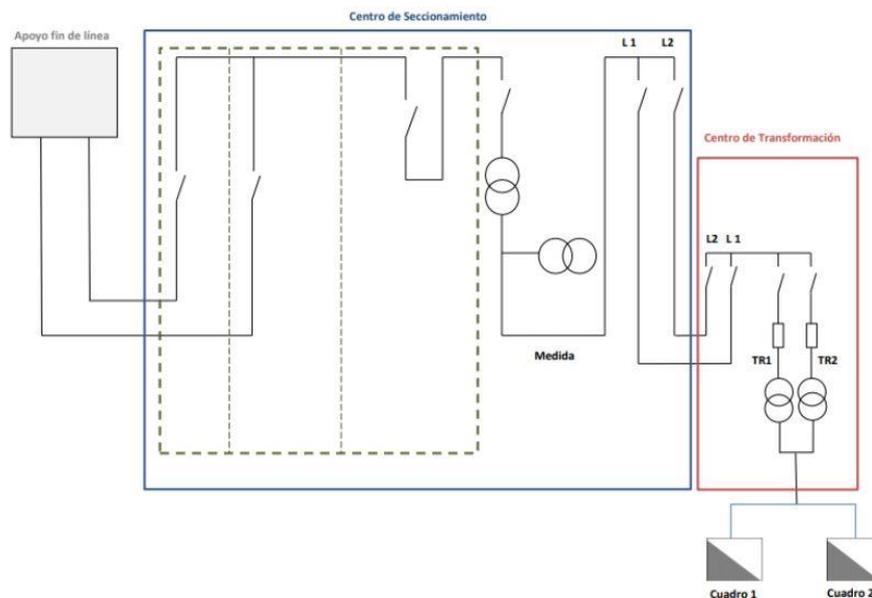


Figura 92. CS, CT y CGBT<sup>30</sup>

## 8.3 Estimación de la potencia nominal

Para el diseño de la instalación eléctrica se realiza una estimación de la potencia total consumida en la planta, teniendo en cuenta la demandada máxima de cada dispositivo.

Los puntos de consumo que debe alimentar el CT son:

- Edificio de oficinas, 29.1 kW
- Nave de laboratorio, taller y almacén, 63 KW
- Caseta de vigilancia, 2 kW
- Puesto de control, 4.72 kW

- Cargadero, 0.5 kW
- Iluminación exterior, 100 kW
- Bombas de hidrocarburos, 100 kW
- Sistemas de bombeo de PCI, esta potencia se estima a 300 kW al no haber calculado aún la instalación
- Sistema de bombeo de la unidad de aditivación, 50 kW

A continuación se muestra la lista de consumidores:

Zona	Equipo	Potencia nominal (kW)
<b>Edificio de oficinas</b> (29,1 kW)	Luminarias LED(100 udes)	3,5
	Equipos informáticos (50 udes)	15
	Grupo de presión suministro de agua	1
	Aire acondicionado frio/calor (10 uds)	9,6
<b>Nave</b> (63 kW)	Luminarias LED (200 udes)	7
	Equipos informáticos (50 udes)	15
	Grupo de presión suministro de agua	1
	Climatización	20
	Maquinaria o equipos para taller	20
<b>Caseta de vigilancia</b> (2,06 kW)	Luminaria (2 uds)	0,3
	Equipos informáticos (2 udes)	0,6
	Pantallas de vigilancia (4 udes)	0,5
	Aire acondicionado frio/calor	0,96
<b>Puesto de control</b>	El doble que la caseta de vigilancia	4,72
<b>Cargadero</b>	Surtidores	0,5
<b>Iluminación exterior</b>		100
<b>Cubetos</b>	Bombas de hidrocarburos	100
<b>PCI</b>	Bombas	300
<b>Unidad de aditivación</b>	Bombas	0,5
<b>TOTAL = 600 kW</b>		

Tabla 14. Potencia nominal

La potencia total que consumen todos los aparatos de la planta es de 600 kW. Pero es poco probable que todos estos estén en funcionamiento al mismo tiempo, por esta razón se tiene en cuenta un coeficiente de simultaneidad para cada zona de consumo.

- Edificio de oficinas, se supone que trabajaría al 70% de la potencia calculada, es decir, se van a tener en cuenta 20.4 kW.
- Nave de laboratorio, taller y almacén, igual que en las oficinas se supone un 70% de simultaneidad, 44.1 kW.
- Caseta de vigilancia, en general siempre habría alguien en este puesto de trabajo para la vigilancia de la planta, por lo que se mantienen los 2 kW calculados anteriormente.
- Puesto de control, se mantiene la potencia calculada, 4.72 kW
- Cargadero, también se mantiene la misma, 0.5 kW
- Iluminación exterior, como puede que algunas veces se trabaje de noche se tiene en cuenta el 100% de la potencia calculada, 100 kW.
- Bombas de hidrocarburos. Solo podrían estar en funcionamiento al mismo tiempo, las bombas de seis tanques, ya que en el cargadero solo hay seis puestos de carga. Se supone un coeficiente de simultaneidad de 2/3 (12 bombas funcionando/18 bombas totales), obteniendo 67 kW.
- Sistemas de bombeo de PCI, se cuentan los 300 kW estimados ya que esta instalación puede que todas las bombas trabajen al mismo tiempo. Aunque sería una situación excepcional, se considera por mayor seguridad.
- Sistema de bombeo de la unidad de aditivación, también se cuentan los 0,5 kW estimados anteriormente.

Finalmente, la Potencia Instalada es de **540 kW**.

## 8.4 Transformadores

Se calcula la potencia aparente necesaria para la alimentación de la instalación eléctrica de la planta. Se tiene en cuenta el factor de potencia y un rendimiento del 90%.

$$f_p = \text{coef simultaneidad} = 0.8$$

$$\eta = \text{rendimiento} = 90 \%$$

$$\cos \varphi = \text{factor de potencia} = 0.85$$

$$P_n = \text{potencia nominal instalada} = 540 \text{ kW}$$

$$S_n = \text{potencia aparente} = P_n / (\cos \varphi \cdot \eta) = 706 \text{ kVA}$$

Conociendo la potencia aparente se selecciona el tipo de transformador que se va a instalar. Se colocan dos transformadores secos encapsulados de 630 kVA y relación de transformación 15/0.42 kV. De estos solo trabaja uno, el otro quedaría de reserva para ponerse en funcionamiento cuando se produzca una avería o sea necesaria una mayor potencia. Así se evita paralizar el funcionamiento de la planta por reparación o inspección de este.

Algunas de las características de los transformadores secos son:

- Riesgo de incendio bajo, ya que están compuestos por materiales autoextinguibles
- Tienen un diseño compacto y su instalación resulta sencilla
- El mantenimiento que requieren es reducido
- Pero el coste de estos es elevado y el nivel de ruido es significativo

Otro tipo de transformador que podría utilizarse sería transformador en aceite, en el que su circuito magnético y arrollamientos están completamente sumergidos en aceite, que se utiliza como líquido aislante.

No se escoge este tipo debido a que puede suponer un importante riesgo de incendio, ya que el aceite tiene una baja temperatura de inflamación.

Otras desventajas sería que necesita un mantenimiento continuo para someterlo a controles de aceite y de incremento de temperatura. Además, la obra civil de la caseta en la que se encuentre sería más costosa porque el techo y paredes deberían ser resistentes al fuego. A pesar de estos inconvenientes, estos tipos de transformadores tienen un coste más reducido, el nivel de ruido es menor y resiste mejor a las sobretensiones y sobrecargas.



Figura 93. Transformador seco



Figura 94. Transformador de aceite

## 8.5 Cuadros generales y secundarios de baja tensión

Un Cuadro General de Baja Tensión (CGBT) está constituido por dispositivos de seccionamiento y protección ante sobrecargas y cortocircuitos. Cada transformador alimenta a un CGBT y de estos parten los circuitos de distribución, hasta llegar a los cuadros secundarios y luego a las cargas.

La envolvente del CGBT estará provisto de una envolvente metálica formada por paneles adosados con una doble puerta delantera, metálica y troquelada dejando accesible los interruptores y las conexiones ocultas.

De los Cuadros Generales de Baja Tensión se alimentan los Cuadros Secundarios que estarán en:

- Edificio de oficinas, cuenta con dos cuadros secundarios. Uno para la planta baja y otro para la primera.
- Nave, dividida en dos partes alimentadas cada una desde un cuadro.
- Caseta de vigilancia, con solo uno.
- Puesto de control, dispone de tres cuadros secundarios. El que alimenta los aparatos de iluminación y tomas de corriente del puesto de control, otro para la electricidad en los cargaderos y otro que alimenta a las bombas de hidrocarburos.
- Unidad de proporción de aditivos. Un cuadro que alimenta las tomas de corriente donde estarán conectadas las bombas que llevan estos aditivos al cargadero.

La envolvente para los CS será un montaje empotrado en pared construídos con chapa y tapas de protección de plástico aislante y autoextinguible. Estos alojan interruptores generales manuales de corte, interruptores automáticos como protección de contactos indirectos e interruptores magnetotérmicos de protección para los circuitos de salida.<sup>31</sup>

## 8.6 Líneas principales y de derivación

Las líneas principales son las que unen las bornas de baja tensión del transformador con el cuadro general de baja tensión. Estos cables serán de cobre con aislamiento de polietileno. La instalación de estas líneas será al aire sobre bandeja ventilada, formando solo una capa y atados con bridas.

Todos los cables van identificados mediante etiquetas indicando el destino, procedencia, interruptor que le protege y las características del cable.

Las líneas de derivación a cuadros secundarios y tomas eléctricas enlazan los interruptores de salida del CGBT con los secundarios de las distintas ubicaciones. Estos serán de cobre con aislamiento de polietileno, autoextinguibles e irán en conductos enterrados. Las dimensiones de estos conductos debe permitir la ampliación de la sección de los conductores en un 100%.

Es importante evitar, en lo posible, los cambios de direcciones de los tubos que contienen los cables. Y en los puntos que se produzcan, se dispondrá de arquetas con tapa. Además, cuando estos deban cruzar por debajo de una calle o carreteras, debe ser como mínimo a 0.8 metros de profundidad, recubiertos por hormigón y perpendicular al eje del vial. Y siempre que sea posible se colocan por encima de canalizaciones de agua.

La sección mínima de los cables de cobre debe ser de 10 mm<sup>2</sup>.

# 9 PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

En la protección contra incendios se pueden diferenciar dos tipos de estrategia: la protección pasiva y la activa.

La protección pasiva no implica ninguna acción directa sobre el fuego, incluso puede entrar en funcionamiento aunque no se haya producido. Este actúa como medida de prevención para reducir el riesgo de incendio. En este caso, también se acciona con el fin de impedir que el calor del fuego llegue a las estructuras, materiales o equipos. Además contribuye para facilitar la extinción. Para este tipo de protección suele utilizarse agua.

La protección activa permite limitar los efectos del incendio actuando directamente sobre el fuego. Y puede ser mediante agua, gases o polvo. La protección con agua es el método más común y económico, pero existen situaciones en la que esta no sería suficiente, llevando a la utilización de espuma, gases o polvos, dependiendo del tipo de fuego que pueda producirse. Por ejemplo, en un incendio eléctrico no podría utilizarse agua para su extinción, en este caso suele utilizarse polvo.

La instalación de PCI es imprescindible en cualquier planta industrial. Todas deben cumplir lo establecido en el Reglamento de Protección Contra Incendios en Establecimientos Industriales (R.D. 2267/2004). Pero como esta se dedica al almacenamiento de hidrocarburos, también debe incluir los medios de lucha contra incendio que indica la normativa específica.

Se divide este apartado en dos puntos. El primero que indica los medios de protección en los tanques y cubetos, que establece la IT-MI-IPO2. Y en el segundo, se describen las distintas instalaciones contra incendios en los demás establecimientos.

En el siguiente cuadro se resume los distintos medios de protección contra incendios en las distintas áreas.

Tanques	Boquillas de agua pulverizada
	Vertederas de Espuma
	Hidrantes
Cargadero	Rociadores de espuma
	Extintores
El resto de establecimientos	Extintores

Tabla 15. Medios de protección contra incendios

## 9.1 PCI en tanques

Esta instalación protege la superficie de ambos cubetos y está formada por una red de agua, como sistema de refrigeración de los tanques y una red de espuma, como sistema de extinción.

El sistema de refrigeración no bastaría para extinguir un fuego, pero se utiliza para enfriar la superficie de los tanques cuando se produce un incendio en estos o en alguno próximo. Un sistema de espuma sería el medio de protección activo en el tanque que se produzca el incendio.

Tanto el sistema de refrigeración como el de extinción se controlan desde el mando de las instalaciones fijas, esto es una zona formada por un conjunto de válvulas que controla el paso de la descarga de los sistemas de protección contra incendios. También cuentan con manómetros para medir la presión y un presostato para emitir una señal de alarma cuando las válvulas se abran. Esta zona de mando se debe situar en el exterior de los cubetos y a una distancia mínima de 25 metros de la pared de estos. Se va a ubicar junto a los depósitos de almacenamiento de agua contra incendios, cuyo layout se muestra en el apartado 9.1.3.

### 9.1.1 Agua pulverizada

Para el control de la temperatura de la superficie del tanque se coloca en la corona del mismo, un anillo principal con boquillas pulverizadoras. Cada tanque tiene un anillo, y todos se alimentan de la red de agua de protección contra incendios, independiente de las demás.

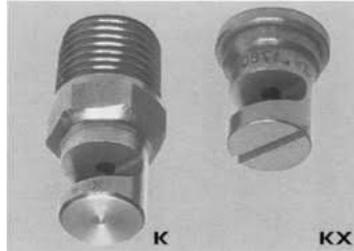


Figura 95. Boquillas pulverizadoras

Este sistema se utiliza para proteger a los tanques afectados cuando hay un incendio en otro. Se denomina tanque afectado a los adyacentes situados a menos de  $1.5R$  del incendiado, desde sus paredes. En esta planta, todos los adyacentes al incendiado podrían ser afectados ya que la distancia de separación entre cada uno de ellos es de 20 metros, menor a 67.5 metros ( $1.5 \times 45$ ). Debido a esto, en caso de incendio, habría dos tanques afectados como máximo.

El parque de almacenamiento debe contar con una reserva permanente de agua para cinco horas con un caudal de 15 litros/minuto por metro de circunferencia del tanque incendiado, según la ITC-MI-IPO2.

El caudal de agua obtenido es **2121 l/min**, para el depósito incendiado.

Los tanques adyacentes tienen techo flotante, y para estos la norma indica que los pulverizadores deben suministrar un caudal de agua de 2 litros/m<sup>2</sup>/min en tanques afectados. Como máximo existirán dos tanques afectados, por tanto el caudal necesario sería **6361 litros/min**.

La reserva de agua debe ser suficiente para suministrar un caudal de **8482 litros/min** ( $2121 + 6361$ ) durante 5 horas, dando lugar a un volumen de **2544 m<sup>3</sup>**.

Las tomas de agua de la red contra incendio deben estar en la proximidad de las instalaciones de carga, trasiego y almacenamiento de productos petrolíferos.

Las tuberías que constituyen esta red deben ser de acero y garantizar que los caudales requeridos se mantienen a una presión mínima de 7.5 kg/cm<sup>2</sup> en todos sus puntos. Además, están distribuidas en malla para aislar cualquier sección que sea afectada por una rotura, manteniendo el resto de la red a la presión de trabajo.

Siempre que sea posible deben seguir el trazado de las calles y estar enterradas, si la temperatura a la que se pueden ver sometidas se encuentre por debajo de los 0° C. En esta planta, serán enterradas y estarán protegidas contra la corrosión.

A continuación se calcula el número de boquillas necesaria en cada tanque para cubrir toda la superficie de la pared.

Conociendo el ángulo de descarga ( $120^\circ$ ) y la distancia al depósito de las boquillas (0.5 metros), se obtiene la superficie que cubre una boquilla.

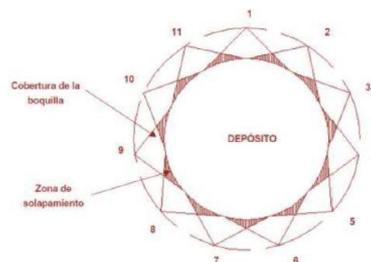


Figura 96. Distribución de boquillas<sup>32</sup>

$$\operatorname{tg}(120/2) = \frac{\text{distancia cubierta}/2}{0.5}$$

$$\text{distancia cubierta} = 1.73 \text{ m}$$

Cada boquilla cubre una superficie de 1.73 metros, por tanto, en los tanques cuyo diámetro es de 45 metros, se colocan **82 boquillas**. Y en los de 40 metros de diámetro, **73 boquillas**. Obteniendo un número de boquillas total en toda la instalación de 702.

Esto cumple con la norma UNE 23503:1989 (sistemas fijos de agua pulverizada) que recomienda separar las boquillas como máximo 3.5 metros.

El esquema de las tuberías de agua que llegan hasta las boquillas de los tanques se muestra a continuación.

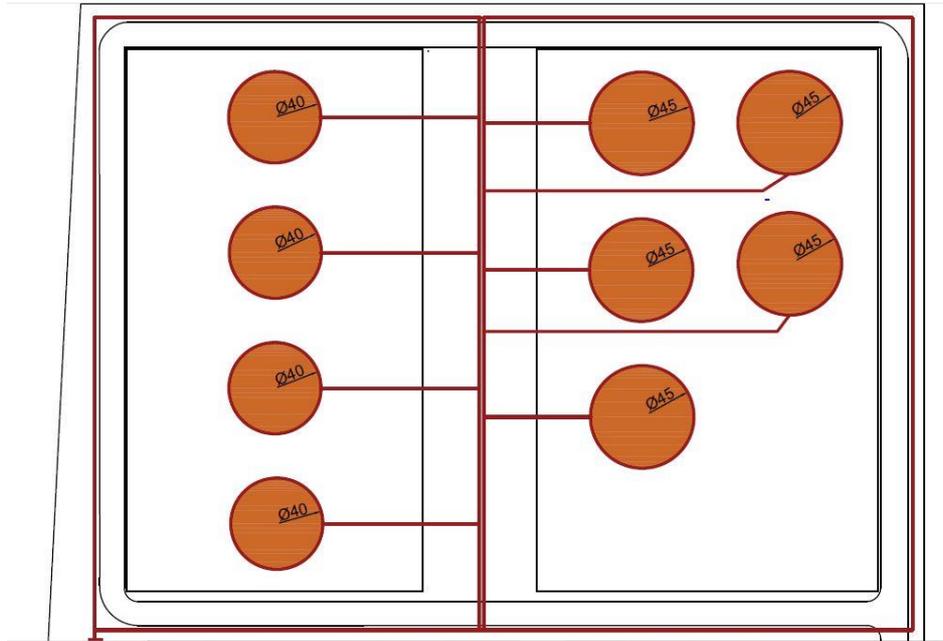


Figura 97. Red de agua PCI en tanques

### 9.1.2 Utilización de espuma

La espuma contra incendios está formada por tres componentes: espumógeno, agua y aire. Su funcionamiento se basa en la mezcla de agua y espumógeno, y posteriormente con aire para que se produzca el espumante.

Los espumógenos se pueden diferenciar según las sustancias que los forman<sup>33</sup>:

- Espumógenos de base proteínica, dentro de los que se encuentran varios tipos.
  - Proteínicos
  - Fluoroproteínicos. Compatibles con el polvo químico seco, al contrario que los demás.
  - Fluoroproteínicos, formadores de película (FFFP). Para aumentar la velocidad de actuación se les añade más aditivos fluorados y se consigue una capa denominada película acuosa, la cual se extiende rápidamente.
  - Fluoroproteínicos, formadores de película antialcohol (FFFP-AR). Se utilizan para los disolventes polares.

El uso principal es para fuegos de hidrocarburos. La ventaja de este es el reducido coste, la estabilidad de la capa de espumante y su resistencia al calor. Pero es incompatible con tanques de acero inoxidable o de aluminio, por lo que no se podría utilizar en este proyecto.

- Espumógenos de base sintética, se diferencian varios tipos:
  - AFFF, espumógenos formadores de película acuosa. Contienen aditivos fluorados que permiten crear esa película. De esta forma se crea una capa de espuma sobre el líquido combustible impidiendo la generación de vapores inflamables y separando el aire de estos. Además, evita la propagación en la superficie del líquido. Es compatible con todos los líquidos combustibles, excepto con disolventes polares.
  - AFFF-AR, espumógenos formadores de película acuosa Anti-Alcohol. Formado por líquidos polares, como el alcohol, que es soluble en agua. Para evitar esto se añaden aditivos al espumógeno y se consigue una capa densa de espuma.
  - Espumógeno de Alta Expansión. Se utiliza para fuegos de Clase A y en líquidos combustibles e inflamables. Por ejemplo en naves de grandes almacenes.
  - Espumógenos de clase A, al que se añaden aditivos para reducir la tensión superficial del agua y pueda adherirse e incluso penetrar en el combustible.

Además, dependiendo de la concentración de espumógeno que contenga se pueden diferenciar tres tipos: 1%, 3% y 6%. Cada uno tiene distintas aplicaciones según su funcionalidad.

La Instrucción Técnica Complementaria MI-IPO2 establece el uso de espuma de baja expansión en parques de almacenamiento de hidrocarburos. Para este caso, se va a utilizar espumógeno del tipo AFFF, con una concentración del 3%, ya que así se reduce considerablemente los volúmenes de almacenamiento de espumógeno y el coste correspondiente, prolongando la autonomía de utilización.

El diseño del sistema de espuma se debe realizar en base a la norma UNE 13565-1:2019.

La generación de esta se produce en dos etapas. Primero, una línea de agua llega a los proporcionadores, donde se mezcla con espumógeno produciendo agente espumante. Luego, este es transportado mediante tuberías hasta el depósito incendiado.

A continuación, se añade aire a la mezcla anterior. Esto se realiza en los puntos de salida de la espuma, son dispositivos de descarga llamados cámaras de espuma. Esta llega mediante tuberías en forma de anillo alrededor del tanque.

Por último, se descarga la espuma en la superficie del líquido. Al ser más ligera que los hidrocarburos, flota sobre estos, produciendo una capa continua de material acuoso que desplaza el aire produciendo un doble efecto de enfriar y evitar el contacto con el aire. Además evita la expansión de vapores combustibles previniendo la reiniciación del fuego. También tiene la característica de adherirse a las superficies que cubre, protegiéndolas de fuegos adyacentes<sup>34</sup>. Con el objetivo de reducir la inmersión y agitación, esta descarga se hace a través de bocas o vertederas de espuma.



Figura 98. Cámaras de espuma



Figura 99. Vertederas

La red de espuma se puede dividir en los siguientes elementos:

- Sistema de dosificación: formada por el depósito de almacenamiento de espumógeno y el equipo de dosificación.
- Sistema de distribución de espuma, formado por tuberías de acero galvanizado.
- Cámaras de espuma, están formadas por una placa de orificio, un sello de vapor y un deflector. Se sitúan en la parte alta de la virola y se conectan de forma que se evite la posibilidad de que el contenido del tanque penetre en las líneas de espuma. Cada tanque dispondrá de 5 cámaras de espuma.

- Vertederas de espuma, se instalan bajo la junta débil (unión techo fijo-virola).

Siguiendo la MI-IPO2, los almacenamientos aéreos con capacidad superior a 500 m<sup>3</sup> de cualquier clase de hidrocarburos deben disponer de medios fijos y/o móviles para generar espuma. Y se dispondrá de una reserva que será, como mínimo, la necesaria para proteger al tanque que requiera más espumógeno.

Para los tanques de eje vertical de techo fijo se debe suministrar un caudal mínimo de 4 litros/min de solución acuosa por cada metro cuadrado de superficie a cubrir, durante un tiempo mínimo de 55 minutos.

Se obtiene un caudal mínimo de **6362 l/min** y una reserva de espumante de **350 m<sup>3</sup>**.

No se requiere caudal de espuma para tanques afectados, según la MI-IPO2.

### 9.1.3 Hidrantes

Se va a instalar una red de hidrantes junto a los viales que rodean los cubetos. El diseño de esta instalación se realiza siguiendo lo establecido por el Reglamento de Protección Contra Incendios en Establecimientos Industriales (R.D. 2267/2004).

Se puede considerar como establecimiento industrial tipo D.

El grado de peligrosidad de los combustibles es ALTO, ya que puede se puede dar su combustión a menos de 100 °C. Por lo tanto, el coeficiente de peligrosidad es C = 1.6. Este se utiliza para calcular el nivel de riesgo intrínseco de cada zona.

$$Q_s = \frac{\sum q_{vi} \cdot c_i \cdot h_i \cdot s_i}{A} \cdot R_a$$

Siendo:

q<sub>vi</sub>, poder calorífico de cada combustible (el RSCIEI establece un valor de 43700 MJ/m<sup>3</sup> para tanques de hidrocarburos)

c<sub>i</sub>, coeficiente de peligrosidad

h<sub>i</sub>, altura de almacenamiento

s<sub>s</sub>, superficie de almacenamiento

A, área de los cubetos

R<sub>a</sub>, coeficiente adimensional que corrige el grado de peligrosidad inherente a la actividad industrial

Los cálculos quedan:

$$Q_{s1} = \frac{43700 \frac{MJ}{m^3} \cdot 120000 m^3 \cdot 1.6}{240 \cdot 130} \cdot R_a = 537847 \frac{MJ}{m^2}$$

$$Q_{s2} = \frac{43700 \frac{MJ}{m^3} \cdot 200000 m^3 \cdot 1.6}{240 \cdot 150} \cdot R_a = 776890 \frac{MJ}{m^2}$$

Obteniendo para el cubeto 1 una carga de fuego de 537847 MJ/m<sup>2</sup>. Y para el cubeto 2, 776890 MJ/m<sup>2</sup>. Es decir, en ambos existe un nivel de riesgo ALTO 8.

La siguiente tabla indica según la configuración de la zona, su superficie y el nivel de riesgo, si hay que instalar hidrantes exteriores.

Configuración de la zona de incendio	Superficie del sector o área de incendio (m <sup>2</sup> )	Riesgo Intrínseco		
		Bajo	Medio	Alto
A	≥ 300	NO	SÍ	
	≥ 1000	SÍ*	SÍ	
B	≥ 1000	NO	NO	SÍ
	≥ 2500	NO	SÍ	SÍ
	≥ 3500	SÍ	SÍ	SÍ
C	≥ 2000	NO	NO	SÍ
	≥ 3500	NO	SÍ	SÍ
D o E	≥ 5000	SÍ	SÍ	SÍ
	≥ 15000	SÍ	SÍ	SÍ

Figura 100.Hidrantes (RSCIEI)

En este caso se deben cumplir las siguientes condiciones:

- La zona protegida por cada hidrante es la cubierta por un radio de 40 metros medidos horizontalmente desde la situación del hidrante.
- Al menos uno de los hidrantes debe tener una salida de 100 mm. Este será el que esté situado más cerca de ambos cubetos.
- La distancia entre la posición del hidrante y el límite exterior de la zona protegida debe ser como mínimo de 5 metros. Por esto se colocan en el lado de los viales más alejado de la pared del cubeto.

Las necesidades de agua para proteger cada zona dependen de la configuración del establecimiento y del nivel de riesgo intrínseco de la zona.

Configuración del establecimiento industrial	Nivel de riesgo intrínseco					
	Bajo		Medio		Alto	
Tipo	Caudal (L/Mín.)	Autón. (Mín)	CauDal (L/Mín.)	Autón. (Mín)	Caudal (L/Mín.)	Auton. (Mín)
A	500	30	1000	60	-	-
B	500	30	1000	60	1000	90
C	500	30	1500	60	2000	90
D y E	1000	30	2000	60	3000	90

Figura 101. Condiciones de hidrantes

En este caso, se obtiene un caudal de 3000 l/min y una autonomía de **90 minutos**. Pero como los productos almacenados son combustibles, el reglamento establece que se debe aumentar el caudal en 500 l/min. Por tanto, se establece un caudal de **3500 l/min**. Para cumplir esto, se necesita un depósito de reserva de agua de **315 m<sup>3</sup>**. Y la presión mínima de salida en las bocas de los hidrantes es de **5 bar**.

Todos los hidrantes contarán con lanzas monitoras debido a la distancia a la que se encuentran de los tanques y estas permiten un mayor alcance.

A continuación se muestra el esquema de la red de hidrantes.

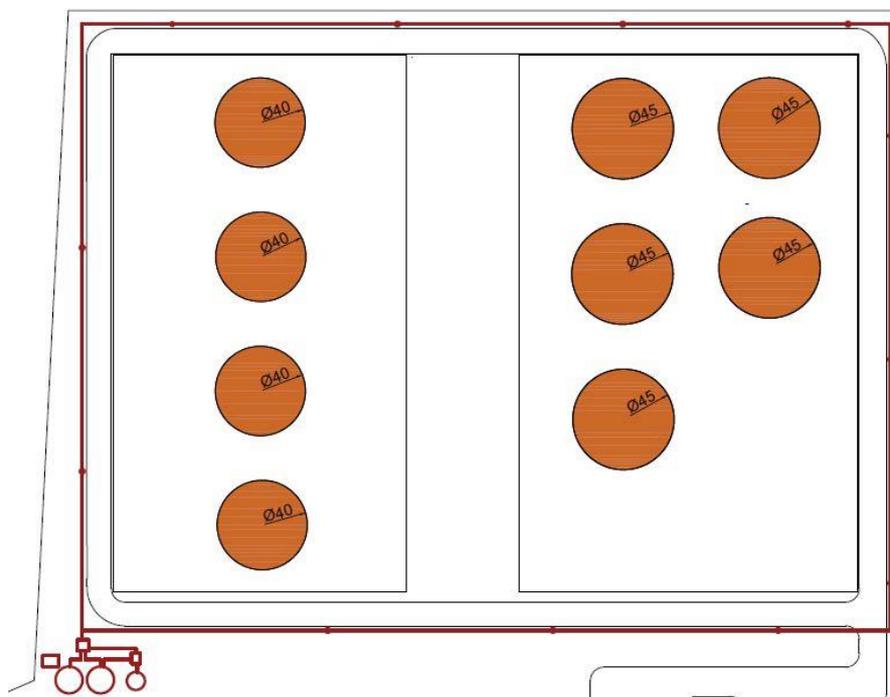


Figura 102. Red de hidrantes

### 9.1.4 Lanzas monitoras

Se utilizan cuando existe una gran demanda de agua o espuma y además, la distancia que se deba cubrir sea muy grande. En el caso de incendio en un tanque, resulta difícil acercarse a este para intentar apagar el fuego. Por esta razón, son necesarias este tipo de equipos con el objetivo de entinguirlo a una distancia segura.

Se pueden diferenciar dos tipos:

- Lanzas monitoras fijas. Se instalan en una posición estática, como hidrantes o torretas de camiones.
- Lanzas monitoras portátiles. Pueden moverse de acuerdo a las circunstancias del siniestro, avanzando o retrocediendo, ya que están alimentados por mangueras.



Figura 103. Lanzas fijas



Figura 104. Lanzas portátiles

Estas se colocan sobre los hidrantes que rodean los cubetos, ya que se necesita un gran alcance. El agente extintor que se aplique será espuma (agua, espumógeno y aire) de baja expansión, al ser la que tiene mayor alcance.

También se pueden diferenciar estas lanzas por los tipos de chorro que suministran:<sup>35</sup>

- Chorro sólido. El que tiene mayor alcance, pero es más difícil de manejar.
- Chorro de ataque. Tiene una apertura entre 30 y 45 °, por lo tanto un menor alcance pero su manejo es más sencillo.
- Cortina de protección: este tiene una apertura de chorro mayor de 45°. Se utiliza para proteger instalaciones y para el desplazamiento de humos o gases. Pero su alcance es mucho menor.

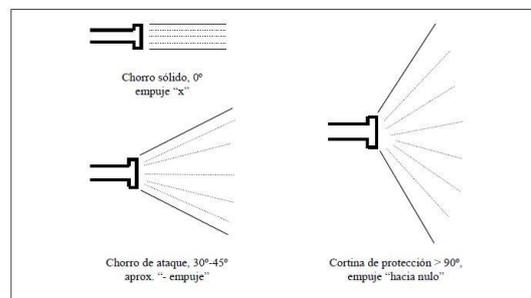


Figura 105. Tipos de chorros<sup>35</sup>

Para este caso, se eligen lanzas monitoras fijas con chorro sólido conectadas a hidrantes.

## 9.2 PCI en las demás construcciones

Los medios de protección que hay que implantar en cada una de estas construcciones están establecidos por el Reglamento de Protección Contra Incendios en Establecimientos Industriales (R.D. 2267/2004).

Esta norma define como establecimiento al conjunto de edificios, zona, instalación o espacio abierto de uso industrial o almacén.

Los establecimientos industriales se caracterizan por:

- Su configuración y ubicación con relación a su entorno
- Su nivel de riesgo intrínseco

A continuación se clasifica cada establecimiento existente en la planta según estas dos características. Y así, el RSCIEI define la configuración que se debe instalar. En algunos de estos habrá que cumplir también las especificaciones adicionales de la IT-MI-IPO2.

También se indican condiciones de aproximación de los viales a las fachadas accesibles y en los tramos de maniobra.

- ✓ El ancho mínimo debe ser de 5 metros. En esta planta todos los carriles tienen un ancho de 6 metros, ya que la IT-MI-IPO2 establece este mínimo para los viales de zonas no clasificadas.
- ✓ Altura mínima libre: 4.5 metros. También se cumple, al tener los rack de tuberías una altura de 6.5 metros.
- ✓ La capacidad portante de los viales debe ser 2000 kp/m<sup>2</sup>. Esto se define en el apartado de urbanización y cumple con esta condición al utilizar un hormigón de resistencia de 4 MPa para los viales.
- ✓ En los tramos curvos los carriles deben tener un radio mínimo de 5.3 y 12.5. , con una anchura de 7.2 metros.

**Edificio de oficinas**

El edificio de oficinas es un establecimiento de **tipo C**, al ocupar completamente un edificio y estar a más de 3 metros de distancia de los demás.

El nivel de riesgo intrínseco se obtiene al calcular la densidad de carga de fuego.

$$Q_s = \frac{\sum G_i \cdot q_i \cdot c_i}{A} \cdot R_a$$

Siendo:

G<sub>i</sub> , superficie ocupada o masa de cada combustible (m<sup>2</sup>)

q<sub>i</sub>, poder calorífico de cada combustible (MJ/m<sup>2</sup>). El RSCIEI establece un valor de 600 MJ/m<sup>2</sup> en espacio de oficinas.

c<sub>i</sub>, coeficiente de peligrosidad. Este caso es de baja peligrosidad, c<sub>i</sub> = 1.

R<sub>a</sub>, coeficiente de corrección de peligrosidad según el uso. R<sub>a</sub> = 1

$$Q_s = 600 \text{ MJ/m}^2$$

Una vez calculada la densidad de carga de fuego, mediante la siguiente tabla se determina el nivel de riesgo intrínseco.

Nivel de riesgo intrínseco		Densidad de carga de fuego ponderada y corregida	
		Mcal/m <sup>2</sup>	MJ/m <sup>2</sup>
BAJO	1	Q <sub>s</sub> ≤ 100	Q <sub>s</sub> ≤ 425
	2	100 < Q <sub>s</sub> ≤ 200	425 < Q <sub>s</sub> ≤ 850
MEDIO	3	200 < Q <sub>s</sub> ≤ 300	850 < Q <sub>s</sub> ≤ 1.275
	4	300 < Q <sub>s</sub> ≤ 400	1.275 < Q <sub>s</sub> ≤ 1.700
	5	400 < Q <sub>s</sub> ≤ 800	1.700 < Q <sub>s</sub> ≤ 3.400
ALTO	6	800 < Q <sub>s</sub> ≤ 1.600	3.400 < Q <sub>s</sub> ≤ 6.800
	7	1.600 < Q <sub>s</sub> ≤ 3.200	6.800 < Q <sub>s</sub> ≤ 13.600
	8	3.200 < Q <sub>s</sub>	13600 < Q <sub>s</sub>

Figura 106.Nivel de riesgo (RSCIEI)

Obteniendo un nivel de riesgo **BAJO 2**.

Se deben instalar:

- Sistemas manuales de alarma de incendio, constituidos por un conjunto de pulsadores que permiten transmitir una señal a una central de control que se sitúa en las oficinas, permanentemente vigilada, de esta forma se identifica la zona donde se haya producido el incendio.

Se sitúa un pulsador en cada salida de evacuación y la distancia máxima a recorrer desde cualquier punto hasta un pulsador no debe superar los 25 metros.

- Extintores de eficacia 21A. Se coloca uno en cada planta, aunque con un único extintor en el edificio se cumpliría el reglamento. Esto se determina mediante la siguiente tabla, que establece la dotación de extintores portátiles en construcciones que puedan producirse fuegos de clase A (los que se producen en combustibles sólidos, como papel, cartón, madera, etc...).

Grado de riesgo intrínseco del sector de incendio	Eficacia mínima del extintor	Área máxima protegida del sector de incendio
Bajo	21A	Hasta 600 m <sup>2</sup> (un extintor más por cada 200 m <sup>2</sup> , o fracción, en exceso).
Medio	21A	Hasta 400 m <sup>2</sup> (un extintor más por cada 200 m <sup>2</sup> , o fracción, en exceso).
Alto	34A	Hasta 300 m <sup>2</sup> (un extintor más por cada 200 m <sup>2</sup> , o fracción, en exceso).

Figura 107. Eficacia extintores

- Sistemas de alumbrado de emergencia. Son fijos, provistos de su propia fuente de energía y entran automáticamente en funcionamiento cuando se produce un fallo del 70% de su tensión nominal en servicio.

Debe mantener las condiciones de servicio durante una hora, como mínimo, proporcionando una iluminancia de 1 lux en el nivel del suelo. Además debe ser uniforme, considerando que la relación entre la iluminancia máxima y mínima sea menor de 40.

- Señalización de salidas de emergencia

## Nave

Igual que en el apartado anterior, este es un establecimiento de **tipo C**.

Cuenta con un espacio para taller, laboratorio y almacén. Se seleccionan las densidades de carga de fuego mediante las tablas del Reglamento, obteniendo:

$$Q_s \text{ taller de reparación} = 600 \text{ MJ/m}^2$$

$$Q_s \text{ laboratorio químico} = 500 \text{ MJ/m}^2 \text{ y } R_a = 1.5$$

$$Q_s \text{ aparatos mecánicos} = 400 \text{ MJ/m}^2$$

Sumando una carga total de:

$$Q_{s \text{ NAVE}} = 1750 \text{ MJ/m}^2$$

Dando lugar a un nivel de riesgo **MEDIO 5**. Por lo tanto, se establecen las siguientes instalaciones contra incendios:

- Sistema manual de alarma de incendios
- Dos extintores de eficacia 21A
- Sistema de alumbrado de emergencia
- Señalización de salidas de emergencia

Todos estos medios deben cumplir las mismas especificaciones que se indican en el apartado del edificio de oficinas.

## Cargadero

Establecimiento **tipo D**, ya que está totalmente cubierto pero no cuenta con cerramientos laterales.

Para calcular la carga de fuego se ha considerado la que aparece en el reglamento como “automóviles garage y aparcamiento”.

$$Q_s \text{ garage y aparcamiento} = 200 \text{ MJ/m}^2$$

$$Q_s \text{ CARGADERO} = 200 \text{ MJ/m}^2$$

Obteniendo una carga total de 200 MJ/m<sup>2</sup>, por tanto un nivel de riesgo **BAJO 2**.

En establecimientos de tipo D con nivel de riesgo BAJO se instalan:

- Sistema manual de alarma de incendios
- Como en el cargadero, entran camiones y estarán presentes sustancias inflamables que puedan suponer fuego de clase B, los extintores que se deben colocar en este lo indica el reglamento con la siguiente tabla:

	VOLUMEN MÁXIMO, V (1), DE COMBUSTIBLES LÍQUIDOS EN EL SECTOR DE INCENDIO (1) (2)			
	V ≤ 20	2	50	100
EFICACIA MÍNIMA DEL EXTINTOR	113 B	113 B	144 B	233 B

Figura 108. Eficacia extintores fuego clase B

El volumen de un camión, se supone de 20 m<sup>3</sup>, es decir, 20.000 litros. En este caso, como el volumen de combustibles de clase B supera los 2000 litros, el reglamento establece que los medios de protección de este sector quedan determinados por la reglamentación específica que lo afecte, es decir, la IT-MI-IPO2. Esta norma indica que hay que situar en cada surtidor:

- Un extintor de polvo BC y eficacia 144B, para los productos que puedan causar fuegos de clase B.
- Un extintor de polvo BC y eficacia 113D para los productos que den lugar a fuegos de clase C y D.

Al ser los productos que se suministran hidrocarburos, líquidos inflamables y capaces de causar fuego de tipo B, se coloca en cada uno de ellos un extintor de polvo BC 144B.

Además de los anteriores, también hay que instalar un extintor de 100 kg de polvo seco, o dos de 50 kg, sobre ruedas en la proximidad del cargadero. Debido a esto se instala junto al puesto de control un extintor de polvo de 100 kg sobre ruedas.

- Sistema de alumbrado de emergencia
- Señalización de salidas de emergencia
- En todos los establecimientos que se manipulen líquidos inflamables, hay que instalar sistemas de espuma. Por tanto, se decide colocar rociadores de espuma en el cargadero.

La norma NFPA-16 para rociadores de espuma, establece un caudal mínimo total de espuma de 6.5 litros/min/m<sup>2</sup>. Y un caudal mínimo en cada rociador de 57.2 l/min. Así se obtiene el número de rociadores necesarios en el cargadero, 18.

$$Q_{\text{TOTAL}} = 6.5 \text{ l/min/m}^2 \cdot 30 \times 5 \text{ m}^2 = 975 \text{ l/min} = 58.5 \text{ m}^3/\text{h}$$

Además debe presentar una autonomía de 10 minutos, estableciendo así una reserva de 9.75 m<sup>3</sup> de espuma.

### Sala de aditivos

Es de tipo C y riesgo BAJO. Como los líquidos almacenados pueden suponer fuego clase B y el volumen almacenado será mayor de 100 litros, se colocan dos extintores de eficacia 233B.

### Puesto de control y Caseta de vigilancia

Ambas son de tipo C y riesgo BAJO.

En el puesto de control se coloca un extintor de polvo de 100 kg sobre ruedas, para cumplir lo dispuesto en la Instrucción Técnica sobre el cargadero, ya que este se encuentra justo al lado.

Se coloca un extintor de eficacia 21A en la caseta de vigilancia de entradas y salidas de la planta.

Y por último, se coloca un sistema manual de alarma en ambos establecimientos.

Además de lo explicado anteriormente, es obligatorio que los puntos de alarma fijos se sitúen a menos de 100 metros de la instalación que contenga líquidos petrolíferos. Pero pueden ser sustituidos por transmisiones u otros medios de vigilancia continua.

Como en situaciones normales, no va a trabajar nadie en una distancia menor a 100 metros de los tanques, se colocan sensores de temperatura y de humo que transmitirán una señal al puesto de control en caso de incendio o de riesgo de incendio.

A continuación se muestra una tabla resumen con los distintos establecimientos que se han definido y los medios contra incendios con los que cuentan:

	Sistema auto. de detección	Sistema manual alarma	Sistema comunic. alarma	Hidrante	Extintores	BIEs	Rociadores	Alumbrado emergencia
Oficinas		X			X			X
Nave		X			X			X
Cargadero		X			X		X	
Puesto de control		X			X			X
Caseta de vigilancia		X			X			X
Aditivos					X			

Tabla 16. Medios de protección contra incendios

### 9.3 Tuberías y reserva de agua/espuma

La red general de tuberías está formada por las que alimentan al todo el sistema de protección contra incendios. Las tuberías de la red de agua principal seguirán el trazado de las calles y estarán enterradas a una profundidad de 60 centímetros. El material de estas es acero, indicado por la Instrucción Técnica MI-IPO2.

La red de tuberías principal de espuma es de acero galvanizado, al ser una instalación seca y necesitar un material resistente a la corrosión.

Al conocer el caudal y suponer una velocidad de 2.5 m/s del fluido en cada tubería, se estiman los diámetros de estas. Y se calcula la reserva de agua y espuma para cumplir las especificaciones de cada parte de la instalación en toda la planta.

	Caudal	Diámetro	Reserva agua	Reserva espumógeno
Tuberías de espuma a hidrantes	3500 m <sup>3</sup> /h	380 mm	305.55 m <sup>3</sup>	9.45 m <sup>3</sup>
Tuberías de espuma a tanques	6362 l/min 382 m <sup>3</sup> /h	43 mm	339.5 m <sup>3</sup>	10.5 m <sup>3</sup>
Tuberías de espuma a rociadores del cargadero	6.5 l/min/m <sup>2</sup> 975 l/min 58.5 m <sup>3</sup> /h	10 mm	9.5 m <sup>3</sup>	0.3 m <sup>3</sup>
Tuberías de agua a boquillas pulverizadoras	636 m <sup>3</sup> /h	70 mm	2544 m <sup>3</sup>	-
<b>TOTAL</b>			3200 m <sup>3</sup>	20.25 m <sup>3</sup>

Tabla 17. Caudales, tuberías y reserva de agua/espuma

Por tanto se instalan cuatro depósitos, dos de agua con un volumen de 1600 m<sup>3</sup> cada uno, y otros dos de espuma con un volumen de 11 m<sup>3</sup> cada uno.

#### 9.4 Sistema de bombeo

Las tuberías de la instalación de protección contra incendios que llegan a los hidrantes, tanques y cargadero son independientes. Debido a esto se instala un sistema de bombeo que suministrarán el caudal necesario en cada caso y válvulas que permitirán el control del paso de agua hacia la instalación que corresponda.

Las bombas deben garantizar una presión mínima de 7.5 bar en todos los puntos de la red de PCI, según la IT-MI-IPO2. Además si consideramos que se encuentran a una distancia máxima de 200 metros a los puntos más alejados y unas pérdidas del 10%, se obtiene una presión necesaria de 9.5 bar.

Estas seguirán un esquema de conexión en paralelo. El caudal máximo que podría ser requerido es de 3500 m<sup>3</sup>/h, en caso de incendio en un tanque. Y el caudal mínimo requerido sería 58.5 m<sup>3</sup>/h, en caso de que se produzca un incendio en el cargadero. Por esto se decide instalar una bomba independiente para la instalación del cargadero con un caudal de 60 m<sup>3</sup>/h. Esta se activa cuando se detecte un incendio en el cargadero.

Se instala otra bomba para el sistema de agua en los tanques, con un caudal de 650 m<sup>3</sup>/h.

Para la red de espumógeno, se utilizarán dos bombas en paralelo de 1800 m<sup>3</sup>/h, para proporcionar el caudal necesario a los hidrantes. Y otra bomba de 400 m<sup>3</sup>/h para garantizar el caudal en las vertederas de espuma.

# 10 CONCLUSIONES

---

Para concluir, se destacan algunos aspectos del proyecto con objetivo de resumir las soluciones adoptadas.

Debido a aspectos estructurales, ambientales y objetivos de la planta diseñada se han tomado las siguientes decisiones.

- Emplazamiento junto a la refinería del Valle de Escombreras en Cartagena, Murcia, para recibir los hidrocarburos mediante oleoductos.
- Tanques con techo flotante y techo fijo, para reducir al máximo las emisiones a la atmósfera. Diseñados mediante la Standard API-650.
- Unidad de recuperación de vapores convencional, para evitar emisiones y al mismo tiempo conseguir un ahorro económico, reduciendo la pérdida de hidrocarburos, ya que tras ser licuados se vuelven a almacenar.
- Unidad de aditivos, con objetivo de causar una mayor satisfacción a clientes al poder obtener hidrocarburos con las características deseadas.
- Red de aguas hidrocarbonadas separada de la red de aguas pluviales.
- Separador de aguas pluviales e hidrocarburos antes de ser evacuadas a la red general de evacuación de aguas pluviales.
- Instalación de protección contra incendios diseñada para tanques de este tipo, formada por una red de agua y otra de espuma.

Todos los diseños se han realizado cumpliendo el Reglamento de Instalaciones Petrolíferas y la Instrucción Técnica Complementaria MI-IPO2 “parques de almacenamiento de líquidos petrolíferos”.

Finalmente, el presupuesto general asciende a un valor de **VEINTITRES MILLONES SEISCIENTOS DIECISEIS MIL NOVECIENTOS SESENTA Y NUEVE EUROS CON CUARENTA Y OCHO CENTÍMOS** (23.616.969,48 €).

Los mayores costes de la planta se producen por el movimiento de tierras, ya que se construye un relleno de 4.5 metros en toda la superficie de la planta, suponiendo esto un coste de siete millones trescientos ochenta y cuatro mil quinientos setenta y ocho euros (7.384.578 €) . Y también en la construcción de los tanques, debido a su tamaño y a la cimentación que requieren al encontrarse en un terreno muy blando, dando lugar a un coste de cinco millones doscientos ochenta y tres mil setecientos cincuenta euros (5.283.750 €).

# REFERENCIAS

---

1. Máxima Uriarte, J. <https://www.caracteristicas.co/hidrocarburos/>. 9 Septiembre (2019).
2. <https://www.masterlogistica.es/hidrocarburos/>.
3. Benini, R. *et al.* Programa de Fortalecimiento de Escuelas Técnicas. Una escuela hacia el futuro. Refinación del Petróleo, Parte I. *Programa Fortalec. Esc. Técnicas. Una Esc. hacia el Futur.* 1–28 (2011).
4. MathPro. Introducción a la refinación del petróleo y producción de gasolina y diesel con contenido ultra bajo de azufre. *Int. Counc. Clean Transp.* 45 (2011).
5. Agencia Energética del Gobierno Vasco. <https://www.eve.eus/Conoce-la-Energia/Multimedia/Infografias/Refinado-de-petroleo?lang=es-es>.
6. <https://www.repsol.com/es/conocenos/que-hacemos/refino/index.cshtml>.
7. CLH. Clh Grupo Clh.
8. Corporación de Reservas Estratégicas de Productos Petrolíferos. <https://www.cores.es/es/seguridad-suministro/productos-petroliferos>.
9. UPC, E. ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS . FACHADAS. 119–145 (2001).
10. Fabricantes de Fachadas Arquitectónicas, A. N. Montaje de fachadas de hormigón arquitectónico. (2008).
11. <https://www.alu-stock.es/es/aluminio-arquitectura/barreras-anti-inundaciones-aluminio/componentes-instalacion/>.
12. Culebras, P. M. *et al.* Revista CLH, Artículo 52. 1–32 (2018).
13. <http://www.ingenieriadepetroleo.com/tipo-tanques-de-petroleo/>. Abril (2013).
14. Romea, C. <https://www.e-zigurat.com/blog/es/estructuras-laminares/>. Mayo (2019).
15. <http://www.membranasflotantes.com/>.
16. <https://www.hmttank.com/>.
17. Corral, C. Cálculo de un anillo de cimentación. 1–5
18. <http://www.balzola.com/es/Referencias/Obra%20civil%20industrial.html>.
19. Culebras, P. M. *et al.* Revista CLH, Artículo 49. 1–32 (2018).
20. Simal Moralejo, C. TUBERÍA DEDICADA A JET A-1 CONECTADA AL OLEODUCTO PARA ALIMENTACIÓN A LA NUEVA. (2018).
21. Martínez Cedillo, T. G. Recuperación de vapores de hidrocarburos. (2015).
22. Subcomité de petróleo y Gas natural. Unidades de Recuperación de Vapores. (2008).
23. Equirepsa. <https://www.equirepsa.com/productos/eyectores/eyector-termocompresor/>.
24. Revista CLH. <https://www.clh.es/revistasclh/Numero2/html/04.htm>.
25. Raso, C. Los aditivos de la gasolina, ¿mito o realidad? *Febrero* (2016).
26. Verdeflex. <https://www.verdeflex.com/es/como-funcionan-las-bombas-peristalticas-de-dosificacion/>.
27. France Paratonnerrers. <https://ioniflash.com/es/faq-items/cuales-los-diferentes-pararrayos>. 27 Noviembre (2012).
28. Puig Caldes, J. <http://blogdeagua.es/separadores-de-hidrocarburos/>. 6 septiembre (2018).

29. Techneau. Separador de hidrocarburos. 15–16 (2018).
30. Planta de almacenamiento de hidrocarburos en Algeciras. 73 (2018).
31. Vargaz Cruz, J. & Romero Rueda, E. Trabajo Fin de Grado Grado en Ingeniería de Tecnologías Industriales Diseño de una planta industrial de elaboración de cerveza en la provincia de Sevilla. (2018).
32. Pedro Manuel Fernández Daza & Estanislao Núñez Delgado. Sistema de Protección Contra Incendios en una terminal de almacenamiento de hidrocarburos. (2015).
33. <http://www.incendiosyseguridad.com/seccion-1.0.0/SCI-1.1.1.3.html>.
34. Prefire. QDS ¿ Qué debería saber ? Sistemas de extinción de incendios . ESPUMA.
35. Bomberos Comunidad De Madrid. Lanzas Monitoras.

**PROYECTO BÁSICO DE UNA PLANTA DE  
ALMACENAMIENTO DE HIDROCARBUROS**

**ANEXO I**

**CÁLCULOS Y COMPROBACIONES**

Índice de tablas.....	86
Índice de figuras.....	87
<b>1 Pilotes de los tanques .....</b>	<b>88</b>
<b>2 Espesores de los tanques .....</b>	<b>90</b>
2.1 Espesor de virolas .....	90
2.2 Espesor de la chapa de fondo.....	92
2.3 Espesor y longitud de la placa anular de fondo.....	93
2.4 Espesor del techo domo .....	94
2.5 Rigidizadores .....	96
<b>3 Comprobaciones de esfuerzos en la nave .....</b>	<b>98</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

---

Tabla 1. Resistencias del terreno.....	88
Tabla 2. Tanque con diámetro 45 m.....	92
Tabla 3. Espesores del tanque de D=45 m .....	92
Tabla 4. Tanque con diámetro 40 m.....	92
Tabla 5. Espesores del tanque D=40 m.....	92
Tabla 6. Cargas.....	95

## ÍNDICE DE FIGURAS

---

Figura 1. Diámetros de pilotes .....	89
Figura 2. Resistencia por fuste .....	89
Figura 3. Esfuerzo máximo permitido para prueba hidrostática .....	91
Figura 4. Esfuerzo máximo permitido por condiciones de diseño .....	91
Figura 5. Espesores mínimos de tanques .....	91
Figura 6. Espesor de la placa anular de fondo.....	93
Figura 7. Rigidizador .....	97

# 1 PILOTES DE LOS TANQUES

El objetivo de este anexo es obtener la carga máxima admisible de un pilote para calcular la profundidad a la que deben construirse y el número de pilotes necesarios para soportar toda la carga. Para comenzar se va suponer un diámetro de pilote de 50 centímetros, para poder calcular el área en punta y en fuste.

$$A_{\text{punta}} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = 1256.63 \text{ cm}^2$$

$$A_{\text{fuste}} = 2 \cdot \pi \cdot R \cdot L = 125.66 \cdot L \text{ cm}^2$$

La longitud dependerá de la profundidad del estrato en la que se esté calculando la carga.

$$Q_{\text{Hundimiento}} = Q_{\text{punta}} + Q_{\text{fuste}} = A_{\text{punta}} \cdot r_{\text{punta}} + \sum_{\text{estrato } i} (A_{\text{fuste}} \cdot r_{\text{fuste}})$$

$$Q_{\text{Admisible}} = Q_{\text{Hundimiento}} / 1.2$$

En este caso se han utilizado los siguientes valores, obtenido de las tablas del estudio geotécnico de referencia.

Profundidad (m)	Resistencia en punta (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia en fuste (kg/cm <sup>2</sup> )	A <sub>punta</sub> (m <sup>2</sup> )	A <sub>fuste</sub> (m <sup>2</sup> )
2 - 3	53.6	0.8	-	157,08
3 - 11	15	0.2	-	1099,56
11 - 12	53,6	0.2	-	157,08
12 - 15	20	0.3	-	471,24
15 - 17	30,6	0.3	-	314,16
17 - 17.8	20	0.2	-	125,664
17,8 - 18,2	210	1.2	-	62,832
18,2 - 28	15	0.1	-	1539,384
28 - 29	180	2.3	-	157,08
30 - 34	30	0.5	-	628,32
34 - 35	100	1.2	-	157,08
35 - 36	<b>160</b>	1.6	0.49087	157,08

Tabla 1. Resistencias del terreno

Se obtiene:

$$Q_{\text{Hundimiento}} = 78,539 + 363,163 = 441,702 \text{ Tn}$$

Aplicando los coeficientes de minoración que indica la Norma de Cimentaciones de Carreteras, la carga máxima admisible para cada pilote será:

$$Q_{\text{Admisible}} = (79,539 \cdot 0.8) + (363.163 \cdot 0.75) = 336 \text{ Tn}$$

- Tanques con capacidad de 40.000 m<sup>3</sup>. La cimentación debe soportar 32.000 Tn.  
(800  $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$  · 40.000 m<sup>3</sup>)

$$n_{\text{pilotes}} = \frac{32.000 \text{ Tn}}{336 \frac{\text{Tn}}{1 \text{ pilote}}} = 95 \text{ pilotes}$$

- Tanques con capacidad de 30.000 m<sup>3</sup>. La cimentación debe soportar 24.000 Tn  
(800  $\frac{kg}{m^3}$  · 30.000 m<sup>3</sup>)

$$n_{\text{pilotes}} = \frac{24.000 \text{ Tn}}{336 \frac{\text{Tn}}{\text{pilote}}} = 72 \text{ pilotes}$$

La densidad de los combustibles se ha aproximado a 800 kg/m<sup>3</sup> para realizar los cálculos.

La profundidad de los pilotes se ha obtenido, suponiendo que la carga máxima en un pilote debe ser menor de 400 Tn, y se ha ido sumando la resistencia de fuste aportada por cada estrato hasta obtener una carga de hundimiento menor de 400 Tn, pero suficiente para que el número de pilotes no fuese excesivo.

El coeficiente de minoración de la carga en punta se obtienen de la tabla 5.1 de la Guía de Cimentaciones en Obras de Carreteras. Y el de la carga de fuste se indica en el apartado 5.10.2.3.2 de esta guía. Aunque esta obra no sea en carreteras, la norma suele utilizarse también para cimentaciones en distintos lugares.

TABLA 5.1. VALORES DE  $\rho$ . ENSAYOS DE PENETRACIÓN ESTÁTICA

TIPO DE TERRENO	DIÁMETRO REAL O EQUIVALENTE DEL PILOTE	
	$D \leq 0,5 \text{ m}$	$D \geq 1 \text{ m}$
Granular	0,5	0,4
Cohesivo	0,8	0,6

Figura 1. Diámetros de pilotes

#### 5.10.2.3.2. Resistencia por fuste

La resistencia por fuste a considerar en el cálculo es la determinada en el propio ensayo de penetración,  $f_s$ , minorada según se especifica a continuación:

$$\tau_f = 0,75 \cdot f_s$$

Figura 2. Resistencia por fuste

## 2 ESPESORES DE LOS TANQUES

Se calcula el espesor de cada virola, de la chapa de fondo y de la placa anular de fondo para los dos tipos de tanques que se construyen en la planta.

- Tanques que contienen gasolina ( $\rho = 710 \text{ kg/m}^3$ ), con un diámetro de 40 metros y altura de 24.5 metros.
- Tanques que contienen queroseno y diésel ( $\rho = 840 \text{ kg/m}^3$ ), con 45 metros de diámetro y 26.5 metros de altura.

### 2.1 Espesor de virolas

Para calcular el espesor de las láminas que forman los depósitos se aplica el método de un pie, según el Standard API-650. Este considera una sección transversal del tanque situada a 304.8 mm (1 pie) por debajo de la base de cada virola, y se realiza un estudio del espesor a presión hidrostática y otro con sus propiedades de diseño.

La condición para poder aplicar este método es que el diámetro del tanque sea igual o menor de 61 metros. Como los diámetros de los depósitos que se van a calcular son de 40 y 45 metros, es posible aplicar el método de un pie. El acero utilizado para la construcción de estos es acero austenítico, por lo tanto se aplica el Anexo S de la API-650.

El espesor de cada virola será igual al mayor valor de los siguientes:

$$t_t = \frac{4.9 \cdot D \cdot (H-0.3)}{S_t}$$
$$t_d = \frac{4.9 \cdot D \cdot (H-0.3) \cdot G}{S_d} + CA$$

Siendo:

$t_t$  = espesor de prueba hidrostática

$t_d$  = espesor de diseño

D, diámetro del depósito (m)

H, altura de diseño del nivel del líquido para cada virola (m)

G, densidad relativa de la sustancia a almacenar.  $G = \frac{\text{Densidad del producto}}{\text{Densidad del agua}}$

CA, sobre espesor de corrosión. Se tomará un valor de 2 milímetros.

$S_t$ , esfuerzo máximo permitido para prueba hidrostática

$S_d$ , esfuerzo máximo permitido por condiciones de diseño

Estos dos últimos valores dependen del tipo de acero que se utilice para las envolventes y de la temperatura máxima a la que estarán sometidas. Y están indicadas en las tablas S.3a y S.2a de la Standards API-650.

Los tanques están formados por láminas de acero inoxidable austenítico, suponiéndose del tipo 317L. Y los productos almacenados no se encontrarán a más de 40° C, suponiéndose una temperatura máxima de 90° en la envolvente para asegurar el diseño. Por lo tanto, los valores de  $S_t$  y  $S_d$  serán 119 y 155 MPa, respectivamente.

Table S.3a—Allowable Stresses for Plate Ring Flanges (SI)

Type	Allowable Stress ( $S_t$ ) (in MPa) for Maximum Design Temperature Not Exceeding				
	40 °C	90 °C	150 °C	200 °C	260 °C
201-1	155	133	115	104	--
201LN	197	167	151	143	138
304	140	115	103	95	89
304L	117	99	88	81	75
316	140	119	107	99	92
316L	117	97	87	79	73
317	140	119	108	99	92
317L	140	119	108	99	92

Figura 3. Esfuerzo máximo permitido para prueba hidrostática

Table S.2a—Allowable Stresses for Tank Shells (SI)

Type	Min. Yield MPa	Min. Tensile MPa	Allowable Stress ( $S_t$ ) (in MPa) for Maximum Design Temperature Not Exceeding					
			40 °C	90 °C	150 °C	200 °C	260 °C	$S_t$ Ambient
201-1	260	515	155	136	125	121	—	234
201LN	310	655	197	172	153	145	143	279
304	205	515	155	155	140	128	121	186
304L	170	485	145	132	119	109	101	155
316	205	515	155	155	145	133	123	186
316L	170	485	145	131	117	107	99	155
317	205	515	155	155	145	133	123	186
317L	205	515	155	155	145	133	123	186

Figura 4. Esfuerzo máximo permitido por condiciones de diseño

Según lo indicado en el apartado 5.6.1.2 de la norma API-650: los espesores de las virolas no pueden ser menores de 8 mm si el diámetro de los tanques se encuentra entre 15 y 36 metros. Y todos las chapas deben tener un espesor menor de 45 mm. Por esto, una vez realizados los cálculos, todos los espesores menores de 8 mm se redondearán a este valor.

Nominal Tank Diameter		Nominal Plate Thickness	
(m)	(ft)	(mm)	(in.)
< 15	< 50	5	3/16
15 to < 36	50 to < 120	6	1/4
36 to 60	120 to 200	8	5/16
> 60	> 200	10	3/8

Figura 5. Espesores mínimos de tanques

Para los depósitos con D=45, que contienen diésel y queroseno se obtienen los siguientes resultados.

D (m)	H <sub>pared</sub> (m)	H líquido (m)	N <sub>virolas</sub>	h <sub>virola</sub> (m)	G
45	26.5	26	13	2.04	0.84

Tabla 2. Tanque con diámetro 45 m.

H <sub>i</sub> (m)	t <sub>i</sub> (mm)	t <sub>d</sub> (mm)	t <sub>escogido</sub> (mm)
26	49.3	42	<b>45</b>
24	45.5	38.9	<b>45</b>
22	41.6	35.8	<b>41.7</b>
20	37.8	32.7	<b>37.8</b>
18	34	29.6	<b>34</b>
16	30.1	26.5	<b>30.2</b>
14	26.3	23.3	<b>26.3</b>
12	22.5	20.2	<b>22.5</b>
10	18.6	17.1	<b>18.6</b>
8	14.8	14	<b>14.8</b>
6	10.9	10.9	<b>11</b>
4	7.1	7.8	<b>8</b>
2	3.3	4.6	<b>8</b>

Tabla 3. Espesores del tanque de D=45 m

Y para los depósitos con diámetro de 40 metros, que contienen gasolina se obtienen:

D (m)	H <sub>pared</sub> (m)	H líquido (m)	N <sub>virolas</sub>	h <sub>virola</sub> (m)	G
40	24.5	24	12	2.04	0.71

Tabla 4. Tanque con diámetro 40 m

H <sub>i</sub> (m)	t <sub>i</sub> (mm)	t <sub>d</sub> (mm)	t <sub>escogido</sub> (mm)
24	40.4	29.7	<b>40.4</b>
22	37	27.4	<b>37</b>
20	33.6	25.1	<b>33.6</b>
18	30.2	22.7	<b>30.2</b>
16	26.8	20.4	<b>26.8</b>
14	23.4	18.1	<b>23.4</b>
12	20	15.7	<b>20</b>
10	16.5	13.4	<b>16.6</b>
8	13.1	11	<b>13.1</b>
6	9.7	8.7	<b>9.7</b>
4	6.3	6.3	<b>8</b>
2	2.9	4	<b>8</b>

Tabla 5. Espesores del tanque D=40 m

## 2.2 Espesor de la chapa de fondo

Según lo indicado en el apartado 4.2.1 de la API-650: el espesor de la chapa de fondo debe ser mayor o igual al mínimo espesor permitido de la primera virola.

Además, el apartado S.3.1.2 del Anexo S indica que el sobre espesor por corrosión de la chapa de fondo debe ser como mínimo de 5 mm, por lo que los espesores resultantes son los siguientes:

$$t_{\text{fondo TANQUE D=40 m}} = 8 + 5 = \mathbf{13 \text{ mm}}$$

$$t_{\text{fondo TANQUE D=45 m}} = 8 + 5 = \mathbf{13 \text{ mm}}$$

### 2.3 Espesor y longitud de la placa anular de fondo

La placa anular de fondo es aquella en la que se suelda la parte inferior del tanque en todo su perímetro. El espesor mínimo debe ser superior al mayor espesor determinado por la Tabla 5.1.a más el sobre espesor de corrosión.

Esta tabla solo es de aplicación para depósitos cuya altura efectiva (H x G) sea menor de 23 metros. En este caso  $H_1 \cdot G = 26.5 \cdot 0.84 = 22.26$ , y  $H_2 \cdot G = 24.4 \cdot 0.71 = 17.4$ , se cumple.

Table 5.1a—Annular Bottom-Plate Thicknesses ( $t_b$ ) (SI)

Plate Thickness <sup>a</sup> of First Shell Course (mm)	Stress <sup>b</sup> in First Shell Course (MPa)			
	≤ 190	≤ 210	≤ 220	≤ 250
$t \leq 19$	6	6	7	9
$19 < t \leq 25$	6	7	10	11
$25 < t \leq 32$	6	9	12	14
$32 < t \leq 40$	8	11	14	17
$40 < t \leq 45$	9	13	16	19

<sup>a</sup> Plate thickness refers to the corroded shell plate thickness for product design and nominal thickness for hydrostatic test design.

<sup>b</sup> The stress to be used is the maximum stress in the first shell course (greater of product or hydrostatic test stress). The stress may be determined using the required thickness divided by the thickness from "a" then multiplied by the applicable allowable stress:  
 Product Stress =  $((t_d - CA) / \text{corroded } t) (S_d)$   
 Hydrostatic Test Stress =  $(t_t / \text{nominal } t) (S_t)$

NOTE The thicknesses specified in the table, as well as the width specified in 5.5.2, are based on the foundation providing uniform support under the full width of the annular plate. Unless the foundation is properly compacted, particularly at the inside of a concrete ringwall, settlement will produce additional stresses in the annular plate.

Figura 6. Espesor de la placa anular de fondo

El valor depende de dos factores:

- 1) Espesor de la primera virola, es decir, la situada en la base.

$$t_{1 D=45} = t_{1 D=40} = 8 \text{ mm}$$

- 2) Tensión máxima en la primera virola, que será la mayor de las dos siguientes.

- Depósito con D = 40m:

$$\text{Product Stress} = \frac{(t_d - CA)}{t_{\text{corroído}}} \cdot S_d = \frac{4-2}{6} \cdot 115 = 38.3 \text{ MPa}$$

$$\text{Hydrostatic Test Stress} = \frac{t_t}{t_{\text{nominal}}} \cdot S_t = \frac{2.9}{8} \cdot 119 = 43.1 \text{ MPa} < 190 \text{ MPa}$$

Con estos dos valores obtenemos el espesor de la placa anular de fondo, que serían 6 mm más el sobre espesor de corrosión,  $t_{b D=40} = 8 \text{ mm}$ .

- Depósito con D = 45 m

$$\text{Product Stress} = \frac{(t_d - CA)}{t_{\text{corroído}}} \cdot S_d = \frac{4.6-2}{6} \cdot 115 = 49.83 \text{ MPa} < 190 \text{ MPa}$$

$$\text{Hydrostatic Test Stress} = \frac{t_t}{t_{\text{nominal}}} \cdot S_t = \frac{3.3}{8} \cdot 119 = 49 \text{ MPa}$$

Se obtiene también el espesor de la chapa anular de fondo,  $t_{b D=45} = 8 \text{ mm}$ .

El ancho de la placa anular de fondo debe permitir al menos 600 mm entre la lámina de la pared del tanque hasta cualquier soldadura del fondo. Según el apartado 5.5.2 de la API-650 se define como:

$$L_{D=40} = 2 \cdot t_b \cdot \sqrt{\frac{F_y}{2 \cdot \gamma \cdot G \cdot H}} = 2 \cdot 8 \cdot \sqrt{\frac{205 \cdot 10^3}{2 \cdot 9.81 \cdot 0.71 \cdot 24.5}} = 360.5 \text{ mm ; } \mathbf{600 \text{ mm}}$$

$$L_{D=45} = 2 \cdot t_b \cdot \sqrt{\frac{F_y}{2 \cdot \gamma \cdot G \cdot H}} = 2 \cdot 8 \cdot \sqrt{\frac{205 \cdot 10^3}{2 \cdot 9.81 \cdot 0.84 \cdot 26.5}} = 346.6 \text{ mm; } \mathbf{600 \text{ mm}}$$

## 2.4 Espesor del techo domo

El techo fijo seleccionado es de tipo domo y tendrá según la norma API-650 (apartado 5.10.6), un radio mínimo de  $0.8 \cdot D$  y máximo de  $1.2 \cdot D$ . En este caso se va a considerar un radio igual al máximo.

El espesor del techo será el valor mayor de los tres obtenidos, pero siendo siempre menor de 13 mm (excluyendo el sobre espesor de corrosión).

$$\begin{aligned} 1) & 4 \cdot 1000 \cdot rr \cdot \sqrt{\frac{B}{1000 \cdot E}} + CA \\ 2) & 4 \cdot 1000 \cdot rr \cdot \sqrt{\frac{U}{1.33 \cdot 1000 \cdot E}} + CA \\ 3) & 5 \text{ mm} \end{aligned}$$

Siendo:

$rr$ , radio del techo domo (m)

$B$ , mayor de las combinaciones de las cargas de gravedad con carga de nieve equilibrada  $S_b$

$U$ , mayor de la combinaciones de carga de gravedad sin carga de nieve equilibrada  $S_u$

Para hallar el resultado de las fórmulas anteriores, es necesario calcular los valores de las combinaciones de carga que podrían producirse.

$$p_1 = D_L + L_r + 0.4P_e$$

$$p_2 = D_L + S_u + 0.4P_e$$

$$p_3 = D_L + S_b + 0.4P_e$$

$$p_4 = D_L + P_e + 0.4L_r$$

$$p_5 = D_L + P_e + 0.4S_u$$

$$p_6 = D_L + P_e + 0.4S_b$$

SÍMBOLO	DEFINICIÓN	MODO DE OBTENCIÓN	VALOR
$D_L$	Carga muerta de techo domo	$D_L = \rho \cdot e_{\text{domo}} \cdot g$	$D_L = 1.015 \text{ kPa}$
$L_r$	Sobrecarga de uso	API-650	$L_r = 1 \text{ kPa}$
$P_e$	Presión externa específica	Dato de partida	$P_e = 0.25 \text{ kPa}$
$S_u$	Carga de nieve sin equilibrar	$S_u = 1.5 \cdot S_b$	$S_u = 0.252 \text{ kPa}$
$S_b$	Carga de nieve equilibrada	$S_b = 0.84 \cdot S_g$	$S_b = 0.168 \text{ kPa}$
$S_g$	Carga de nieve de suelo	CTE	$S_g = 0.2 \text{ kPa}$

Tabla 6. Cargas

La carga muerta del domo ( $D_L$ ) es la carga debida al peso propio del teco y se calcula suponiendo un espesor de 13 mm, que es el máximo permitido.

$$D_L = \rho_{\text{acero}} \cdot e_{\text{domo}} \cdot g = 7960 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 0.013 \text{ m} \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 1015 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = \mathbf{1.015 \text{ kPa}}$$

La fuerza ejercida por cuerpos externos, sobrecarga de uso, se puede determinar mediante el código ASCE 7, siempre que no sea menor de 0.72 kPa. En este caso, se tomará el valor indicado por la API-650,  $L_r = \mathbf{1 \text{ kPa}}$ .

Las cargas de nieve se aplican sobre la proyección horizontal del techo. Se puede hallar mediante el código ASCE-7 para los depósitos que se encuentren en Estados Unidos. En este caso, como el proyecto está situado en España, se ha tomado la carga de nieve que indica el Código Técnico de la Edificación para la región de Murcia,  $S_g = \mathbf{0.2 \text{ kPa}}$ .

La carga de nieve equilibrada y desequilibrada se obtiene con las expresiones indicadas por la Standard API-650.

$$p_2 = D_L + S_u + 0.4P_e = 1.015 + 0.252 + 0.4 \cdot 0.25 = 1.367 \text{ kPa}$$

$$p_3 = D_L + S_b + 0.4P_e = 1.015 + 0.168 + 0.4 \cdot 0.25 = 1.283 \text{ kPa}$$

$$p_5 = D_L + P_e + 0.4S_u = 1.015 + 0.25 + 0.4 \cdot 0.252 = 1.3658 \text{ kPa}$$

$$p_6 = D_L + P_e + 0.4S_b = 1.015 + 0.25 + 0.4 \cdot 0.168 = 1.3322 \text{ kPa}$$

$$\mathbf{B = \text{máx}(p_3, p_6) = 1.3322 \text{ kPa}}$$

$$\mathbf{U = \text{máx}(p_2, p_5) = 1.367 \text{ kPa}}$$

Con estos valores ya se puede calcular el espesor mínimo para los techos domos de los dos tipos de tanque.

- Tanques con  $D=40 \text{ m}$ :  $rr = 1.2 \cdot 40 = 48 \text{ m}$

$$4 \cdot 1000 \cdot rr \cdot \sqrt{\frac{B}{1000 \cdot E}} + CA = 17.67 \text{ mm}$$

$$4 \cdot 1000 \cdot rr \cdot \sqrt{\frac{U}{1.33 \cdot 1000 \cdot E}} + CA = 15.92 \text{ mm}$$

5 mm

El espesor del techo domo será:  $t_{\text{domo } D=40} = \mathbf{13 \text{ mm}}$

- Tanques con D=45 m:  $rr = 1.2 \cdot 45 = 54$  m

$$4 \cdot 1000 \cdot rr \cdot \sqrt{\frac{B}{1000 \cdot E}} + CA = 19.62 \text{ mm}$$

$$4 \cdot 1000 \cdot rr \cdot \sqrt{\frac{U}{1.33 \cdot 1000 \cdot E}} + CA = 17.66 \text{ mm}$$

5 mm

El espesor del techo domo será:  $t_{\text{domo D=45}} = 13$  mm

El área mínima requerida para la unión de la pared con el techo se determina mediante la siguiente expresión (Apartado 5.10.6.2, API-650):

$$A_{D=45} = \frac{P \cdot D^2}{8 \cdot Fa \cdot \text{tg} \vartheta} = \frac{1.367 \cdot 45^2}{8 \cdot (0.6 \cdot 205 \cdot 10^3) \cdot \text{tg}(40.33)} = 0.003314 \text{ m}^2 = \mathbf{33.14 \text{ cm}^2}$$

$$\Theta = \arctg\left(\frac{D/2}{H}\right) = \arctg\left(\frac{22.5}{26.5}\right) = 40.33^\circ$$

$$A_{D=40} = \frac{P \cdot D^2}{8 \cdot Fa \cdot \text{tg} \vartheta} = \frac{1.367 \cdot 40^2}{8 \cdot (0.6 \cdot 205 \cdot 10^3) \cdot \text{tg}(39.22)} = 0.002723 \text{ m}^2 = \mathbf{27.23 \text{ cm}^2}$$

$$\Theta = \arctg\left(\frac{D/2}{H}\right) = \arctg\left(\frac{20}{24.5}\right) = 39.22^\circ$$

Siendo P, la combinación de cargas máxima obtenida.

$$Fa = 0.6 \cdot F_y$$

$F_y$ , límite elástico

## 2.5 Rigidizadores

Se calcula el módulo resistente mínimo del rigidizador superior frente a viento. Y se selecciona un perfil que cumpla esta condición, junto con la del área mínima calculada en el apartado anterior.

El módulo resistente mínimo del rigidizador es (apartado 5.9.6.6):

$$Z_{D=40} = \frac{D^2 \cdot h_1}{17} \cdot \left(\frac{V}{190}\right)^2 = \frac{40^2 \cdot 24.5}{17} \cdot \left(\frac{155}{190}\right)^2 = 1534 \text{ cm}^3$$

$$Z_{D=45} = \frac{D^2 \cdot h_1}{17} \cdot \left(\frac{V}{190}\right)^2 = \frac{45^2 \cdot 26.5}{17} \cdot \left(\frac{155}{190}\right)^2 = 2100 \text{ cm}^3$$

$h_1$ , altura del depósito (m)

V, velocidad del viento de diseño, 155 km/h.

D, diámetro del depósito(m)

Eligiendo rigidizadores del tipo e.

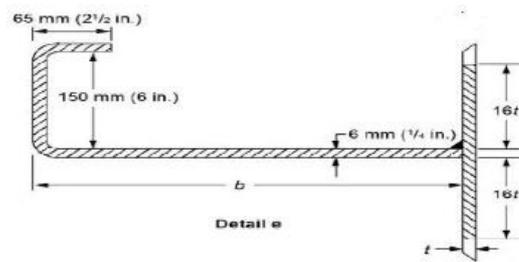


Figura 7. Rigidizador

Para los depósitos con 45 metros de diámetro, se utiliza rigidizador tipo e con 11 mm de espesor y  $b=900$  mm. Y para los de 40 metros, con espesor de 8 mm y  $b=750$  mm. Cumpliendo los requisitos de área mínima y de módulo resistente.

### **3 COMPROBACIONES DE ESFUERZOS EN LA NAVE**

---

Se muestran a continuación las comprobaciones de esfuerzos más significativos en las vigas y pilares de la nave de estructura metálica, obtenidas mediante el programa Cype 3D. En primer lugar se encuentran las comprobaciones de un pilar intermedio:

- Limitación de esbeltez
- Resistencia a flexión en eje y (Temperatura ambiente y resistencia al fuego)
- Resistencia a flexión y axil combinados (Temperatura ambiente y resistencia al fuego)

Las comprobaciones de una viga intermedia:

- Limitación de esbeltez
- Resistencia a flexión en eje y (Temperatura ambiente y resistencia al fuego)
- Resistencia a flexión y axil combinados (Temperatura ambiente y resistencia al fuego)

Y la comprobación a tracción del tirante que se somete a mayor esfuerzo.

La esbeltez reducida  $\bar{\lambda}$  de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda} : \underline{\quad 0.94 \quad}$  ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

Clase : 1

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

A : 149.10 cm<sup>2</sup>

f<sub>y</sub>: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f<sub>y</sub> : 2701.33 kp/cm<sup>2</sup>

N<sub>cr</sub>: Axil crítico de pandeo elástico.

N<sub>cr</sub> : 455.822 t

El axil crítico de pandeo elástico N<sub>cr</sub> es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

N<sub>cr,y</sub> : 510.085 t

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

N<sub>cr,z</sub> : 455.822 t

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

N<sub>cr,T</sub> : 869.774 t

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[ G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

Donde:

I<sub>y</sub>: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

I<sub>y</sub> : 25170.00 cm<sup>4</sup>

I<sub>z</sub>: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

I<sub>z</sub> : 8563.00 cm<sup>4</sup>

I<sub>t</sub>: Momento de inercia a torsión uniforme.

I<sub>t</sub> : 185.00 cm<sup>4</sup>

I<sub>w</sub>: Constante de alabeo de la sección.

I<sub>w</sub> : 1688000.00 cm<sup>6</sup>

E: Módulo de elasticidad.

E : 2140673 kp/cm<sup>2</sup>

G: Módulo de elasticidad transversal.

G : 825688 kp/cm<sup>2</sup>

L<sub>ky</sub>: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

L<sub>ky</sub> : 10.210 m

L<sub>kz</sub>: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

L<sub>kz</sub> : 6.300 m

L<sub>kt</sub>: Longitud efectiva de pandeo por torsión.

L<sub>kt</sub> : 9.000 m

i<sub>0</sub>: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

i<sub>0</sub> : 15.04 cm

$$i_0 = (i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2)^{0.5}$$

Siendo:

i<sub>y</sub> , i<sub>z</sub>: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

i<sub>y</sub> : 12.99 cm

i<sub>z</sub> : 7.58 cm

y<sub>0</sub> , z<sub>0</sub>: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

y<sub>0</sub> : 0.00 mm

z<sub>0</sub> : 0.00 mm

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.580} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.774} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N16, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H2.

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{22.076} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N16, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H2+0.75·Nieve.

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{27.883} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{48.084} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{1869.00} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

El momento flector resistente de cálculo  $M_{b,Rd}$  viene dado por:

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$$M_{b,Rd} : \underline{36.040} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{1869.00} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

$\chi_{LT}$ : Factor de reducción por pandeo lateral.

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}} \leq 1$$

$$\chi_{LT} : \underline{0.75}$$

Siendo:

$$\Phi_{LT} = 0.5 \cdot \left[ 1 + \alpha_{LT} \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - 0.2) + \bar{\lambda}_{LT}^2 \right]$$

$$f_{LT} : \underline{0.95}$$

$\alpha_{LT}$ : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_{LT} : \underline{0.21}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{M_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} : \underline{0.88}$$

$M_{cr}$ : Momento crítico elástico de pandeo lateral.

$$M_{cr} : \underline{65.792} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento crítico elástico de pandeo lateral  $M_{cr}$  se determina según la teoría de la elasticidad:

$$M_{cr} = \sqrt{M_{LTV}^2 + M_{LTw}^2}$$

Siendo:

$M_{LTV}$ : Componente que representa la resistencia por torsión uniforme de la barra.

$$M_{LTV} = C_1 \cdot \frac{\pi}{L_c} \cdot \sqrt{G \cdot I_t \cdot E \cdot I_z}$$

$$M_{LTV} : \underline{58.410} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$M_{LTw}$ : Componente que representa la resistencia por torsión no uniforme de la barra.

$$M_{LTw} = W_{el,y} \cdot \frac{\pi^2 \cdot E}{L_c^2} \cdot C_1 \cdot i_{f,z}^2$$

$$M_{LTw} : \underline{30.278} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Siendo:

$W_{el,y}$ : Módulo resistente elástico de la sección bruta, obtenido para la fibra más comprimida.

$$W_{el,y} : \underline{1678.00} \text{ cm}^3$$

$I_z$ : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$$I_z : \underline{8563.00} \text{ cm}^4$$

$I_t$ : Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{185.00} \text{ cm}^4$$

E: Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{2140673} \text{ kp/cm}^2$$

G: Módulo de elasticidad transversal.

$$G : \underline{825688} \text{ kp/cm}^2$$

$L_c^+$ : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala superior.

$$L_c^+ : \underline{9.000} \text{ m}$$

$L_c^-$ : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala inferior.

$$L_c^- : \underline{9.000} \text{ m}$$

$C_1$ : Factor que depende de las condiciones de apoyo y de la forma de la ley de momentos flectores sobre la barra.

$$C_1 : \underline{1.00}$$

$i_{f,z}$ : Radio de giro, respecto al eje de menor inercia de la sección, del soporte formado por el ala comprimida y la tercera parte de la zona comprimida del alma adyacente al ala comprimida.

$$i_{f,z}^+ : \underline{8.32} \text{ cm}$$

$$i_{f,z}^- : \underline{8.32} \text{ cm}$$

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.341} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.644} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N16, para la combinación de acciones PP+0.5·V(0°)H2.

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{3.168} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N16, para la combinación de acciones PP+0.5·V(180°)H2.

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{12.208} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{35.776} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{1869.00} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{1914.18} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

$f_{y,q}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,q} : \underline{1914.18} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

$k_{y,q}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,q} : \underline{0.71}$$

$g_{M,q}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$g_{M,q} : \underline{1.00}$$

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

El momento flector resistente de cálculo  $M_{b,Rd}$  viene dado por:

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$$M_{b,Rd} : \underline{18.970} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{1869.00} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{1914.18} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

$f_{y,q}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,q} : \underline{1914.18} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

$k_{y,q}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,q} : \underline{0.71}$$

$g_{M,q}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$g_{M,q} : \underline{1.00}$$

$c_{LT}$ : Factor de reducción por pandeo lateral.

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}} \leq 1$$

$$c_{LT} : \underline{0.53}$$

Siendo:

$$\Phi_{LT} = 0.5 \cdot \left[ 1 + \alpha_{LT} \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - 0.2) + \bar{\lambda}_{LT}^2 \right]$$

$$f_{LT} : \underline{1.22}$$

$a_{LT}$ : Coeficiente de imperfección elástica.

$$a_{LT} : \underline{0.49}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = k_{\lambda,\theta} \cdot \sqrt{\frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{M_{cr}}}$$

$$i_{LT} : \underline{1.02}$$

$k_{i,q}$ : Factor de incremento de la esbeltez reducida para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{i,q} : \underline{1.16}$$

$M_{cr}$ : Momento crítico elástico de pandeo lateral.

$$M_{cr} : \underline{65.792} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento crítico elástico de pandeo lateral  $M_{cr}$  se determina según la teoría de la elasticidad:

$$M_{cr} = \sqrt{M_{LTV}^2 + M_{LTW}^2}$$

Siendo:

$M_{LTV}$ : Componente que representa la resistencia por torsión uniforme de la barra.

$$M_{LTV} = C_1 \cdot \frac{\pi}{L_c} \cdot \sqrt{G \cdot I_t \cdot E \cdot I_z}$$

$$M_{LTV} : \underline{58.410} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$M_{LTW}$ : Componente que representa la resistencia por torsión no uniforme de la barra.

$$M_{LTW} = W_{el,y} \cdot \frac{\pi^2 \cdot E}{L_c^2} \cdot C_1 \cdot i_{f,z}^2$$

$$M_{LTW} : \underline{30.278} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Siendo:

$W_{el,y}$ : Módulo resistente elástico de la sección bruta, obtenido para la fibra más comprimida.

$$W_{el,y} : \underline{1678.00} \text{ cm}^3$$

$I_z$ : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$$I_z : \underline{8563.00} \text{ cm}^4$$

$I_t$ : Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{185.00} \text{ cm}^4$$

E: Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{2140673} \text{ kp/cm}^2$$

G: Módulo de elasticidad transversal.

$$G : \underline{825688} \text{ kp/cm}^2$$

$L_c^+$ : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala superior.

$$L_c^+ : \underline{9.000} \text{ m}$$

$L_c^-$ : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala inferior.

$$L_c^- : \underline{9.000} \text{ m}$$

$C_1$ : Factor que depende de las condiciones de apoyo y de la forma de la ley de momentos flectores sobre la barra.

$$C_1 : \underline{1.00}$$

$i_{f,z}$ : Radio de giro, respecto al eje de menor inercia de la sección, del soporte formado por el ala comprimida y la tercera parte de la zona comprimida del alma adyacente al ala comprimida.

$$i_{f,z}^+ : \underline{8.32} \text{ cm}$$

$$i_{f,z}^- : \underline{8.32} \text{ cm}$$

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1 \quad h : \underline{0.620} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad h : \underline{0.866} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + k_{y,LT} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad h : \underline{0.837} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N16, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H2+0.75·Nieve.

Donde:

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.	$N_{c,Ed} : \underline{15.424} \text{ t}$
$M_{y,Ed}, M_{z,Ed}$ : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.	$M_{y,Ed} : \underline{27.883} \text{ t}\cdot\text{m}$ $M_{z,Ed} : \underline{0.003} \text{ t}\cdot\text{m}$
Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.	Clase : <u>1</u>
$N_{pl,Rd}$ : Resistencia a compresión de la sección bruta.	$N_{pl,Rd} : \underline{383.588} \text{ t}$
$M_{pl,Rd,y}, M_{pl,Rd,z}$ : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.	$M_{pl,Rd,y} : \underline{48.084} \text{ t}\cdot\text{m}$ $M_{pl,Rd,z} : \underline{22.385} \text{ t}\cdot\text{m}$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta.	A : <u>149.10</u> cm <sup>2</sup>
$W_{pl,y}, W_{pl,z}$ : Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	$W_{pl,y} : \underline{1869.00} \text{ cm}^3$ $W_{pl,z} : \underline{870.10} \text{ cm}^3$
$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.	$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$
$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$	
Siendo:	
$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$
$\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.	$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$

$k_y, k_z, k_{y,LT}$ : Coeficientes de interacción.

$$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}} \quad k_y : \underline{1.04}$$

$$k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}} \quad k_z : \underline{1.09}$$

$$k_{y,LT} = 1 - \frac{0.1 \cdot \bar{\lambda}_z}{C_{m,LT} - 0.25} \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}} \quad k_{y,LT} : \underline{0.99}$$

$C_{m,y}, C_{m,z}, C_{m,LT}$ : Factores de momento flector uniforme equivalente.

$C_{m,y} : \underline{1.00}$
$C_{m,z} : \underline{1.00}$
$C_{m,LT} : \underline{1.00}$

$c_y, c_z$ : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$c_y : \underline{0.67}$
$c_z : \underline{0.58}$

$c_{LT}$ : Coeficiente de reducción por pandeo lateral.

$c_{LT} : \underline{0.75}$
-----------------------------

$\bar{\lambda}_y, \bar{\lambda}_z$ : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$\bar{\lambda}_y : \underline{0.89}$
$\bar{\lambda}_z : \underline{0.94}$

$a_y, a_z$ : Factores dependientes de la clase de la sección.

$a_y : \underline{0.60}$
$a_z : \underline{0.60}$

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1 \quad h : \underline{0.382} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad h : \underline{0.760} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + k_{y,LT} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad h : \underline{0.719} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N16, para la combinación de acciones PP+0.5·V(180°)H2.

Donde:

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.	$N_{c,Ed} : \underline{11.496} \text{ t}$
$M_{y,Ed}, M_{z,Ed}$ : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.	$M_{y,Ed} : \underline{12.208} \text{ t}\cdot\text{m}$ $M_{z,Ed} : \underline{0.001} \text{ t}\cdot\text{m}$
Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.	Clase : <u>1</u>
$N_{pl,Rd}$ : Resistencia a compresión de la sección bruta.	$N_{pl,Rd} : \underline{285.404} \text{ t}$
$M_{pl,Rd,y}, M_{pl,Rd,z}$ : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.	$M_{pl,Rd,y} : \underline{35.776} \text{ t}\cdot\text{m}$ $M_{pl,Rd,z} : \underline{16.655} \text{ t}\cdot\text{m}$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta.	$A : \underline{149.10} \text{ cm}^2$
$W_{pl,y}, W_{pl,z}$ : Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	$W_{pl,y} : \underline{1869.00} \text{ cm}^3$ $W_{pl,z} : \underline{870.10} \text{ cm}^3$
$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.	$f_{yd} : \underline{1914.18} \text{ kp/cm}^2$

$$f_{yd} = f_{y,0} / \gamma_{M,0}$$

Siendo:

$f_{y,q}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.	$f_{y,q} : \underline{1914.18} \text{ kp/cm}^2$
---	---

$$f_{y,0} = f_y \cdot k_{y,0}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$
---	---

$k_{y,q}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.	$k_{y,q} : \underline{0.71}$
--	------------------------------

$g_{M,q}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.	$g_{M,q} : \underline{1.00}$
--	------------------------------

$k_y, k_z, k_{y,LT}$ : Coeficientes de interacción.

$$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}} \quad k_y : \underline{1.06}$$

$$k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}} \quad k_z : \underline{1.12}$$

$$k_{y,LT} = 1 - \frac{0.1 \cdot \bar{\lambda}_z}{C_{m,LT} - 0.25} \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}} \quad k_{y,LT} : \underline{0.99}$$

$C_{m,y}, C_{m,z}, C_{m,LT}$ : Factores de momento flector uniforme equivalente.	$C_{m,y} : \underline{1.00}$ $C_{m,z} : \underline{1.00}$ $C_{m,LT} : \underline{1.00}$
--	---

$c_y, c_z$ : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	$c_y : \underline{0.52}$ $c_z : \underline{0.49}$
--	--

$c_{LT}$ : Coeficiente de reducción por pandeo lateral.	$c_{LT} : \underline{0.53}$
---	-----------------------------

$\lambda_y, \lambda_z$ : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$a_y, a_z$ : Factores dependientes de la clase de la sección.

$\lambda_y$ :	<u>1.03</u>
$\lambda_z$ :	<u>1.09</u>
$a_y$ :	<u>0.60</u>
$a_z$ :	<u>0.60</u>

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3) **VIGA**

La esbeltez reducida  $\bar{\lambda}$  de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda} : \underline{0.65} \quad \checkmark$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

$$\text{Clase} : \underline{3}$$

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{72.70} \text{ cm}^2$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

$N_{cr}$ : Axil crítico de pandeo elástico.

$$N_{cr} : \underline{477.749} \text{ t}$$

El axil crítico de pandeo elástico  $N_{cr}$  es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : \underline{477.749} \text{ t}$$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{550.901} \text{ t}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{\infty}$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[ G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

Donde:

$I_y$ : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

$$I_y : \underline{16270.00} \text{ cm}^4$$

$I_z$ : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$$I_z : \underline{1043.00} \text{ cm}^4$$

$I_t$ : Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{37.30} \text{ cm}^4$$

$I_w$ : Constante de alabeo de la sección.

$$I_w : \underline{314000.00} \text{ cm}^6$$

E: Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{2140673} \text{ kp/cm}^2$$

G: Módulo de elasticidad transversal.

$$G : \underline{825688} \text{ kp/cm}^2$$

$L_{ky}$ : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

$$L_{ky} : \underline{8.482} \text{ m}$$

$L_{kz}$ : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

$$L_{kz} : \underline{2.000} \text{ m}$$

$L_{kt}$ : Longitud efectiva de pandeo por torsión.

$$L_{kt} : \underline{0.000} \text{ m}$$

$i_0$ : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

$$i_0 : \underline{15.43} \text{ cm}$$

$$i_0 = (i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2)^{0.5}$$

Siendo:

$i_y$ ,  $i_z$ : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

$$i_y : \underline{14.96} \text{ cm}$$

$$i_z : \underline{3.79} \text{ cm}$$

$y_0$ ,  $z_0$ : Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

$$y_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$$

$$z_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$$

## Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6) VIGA

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.768} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.152 m del nudo N12, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H1.

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{5.503} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.152 m del nudo N12, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q+0.9·V(180°)H2+0.75·Nieve.

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{20.893} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{27.205} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{1019.00} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D) VIGA

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

h : 0.576 ✓

Para flexión positiva:

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{Ed}^+$  : 0.000 t·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.152 m del nudo N12, para la combinación de acciones PP+0.5·V(180°)H2.

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{Ed}^-$  : 10.817 t·m

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$M_{c,Rd}$  : 18.775 t·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

Clase : 1

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$W_{pl,y}$  : 1019.00 cm<sup>3</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 1842.49 kp/cm<sup>2</sup>

$$f_{yd} = f_{y,\theta} / \gamma_{M,\theta}$$

Siendo:

$f_{y,q}$ : Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y,q}$  : 1842.49 kp/cm<sup>2</sup>

$$f_{y,\theta} = f_y \cdot k_{y,\theta}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 2803.26 kp/cm<sup>2</sup>

$k_{y,q}$ : Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$k_{y,q}$  : 0.66

$g_{M,q}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$g_{M,q}$  : 1.00

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1 \quad h : \underline{0.794} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad h : \underline{0.808} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad h : \underline{0.498} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.152 m del nudo N12, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q+0.9·V(180°)H2+0.75·Nieve.

Donde:

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.	$N_{c,Ed} : \underline{4.945} \text{ t}$
$M_{y,Ed}, M_{z,Ed}$ : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.	$M_{y,Ed} : \underline{20.893} \text{ t}\cdot\text{m}$ $M_{z,Ed} : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$
Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.	Clase : <u>1</u>
$N_{pl,Rd}$ : Resistencia a compresión de la sección bruta.	$N_{pl,Rd} : \underline{194.093} \text{ t}$
$M_{pl,Rd,y}, M_{pl,Rd,z}$ : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.	$M_{pl,Rd,y} : \underline{27.205} \text{ t}\cdot\text{m}$ $M_{pl,Rd,z} : \underline{5.099} \text{ t}\cdot\text{m}$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta.	$A : \underline{72.70} \text{ cm}^2$
$W_{pl,y}, W_{pl,z}$ : Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	$W_{pl,y} : \underline{1019.00} \text{ cm}^3$ $W_{pl,z} : \underline{191.00} \text{ cm}^3$
$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.	$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$
$\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.	$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$

$k_y, k_z$ : Coeficientes de interacción.

$$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}} \quad k_y : \underline{1.01}$$

$$k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}} \quad k_z : \underline{1.02}$$

$C_{m,y}, C_{m,z}$ : Factores de momento flector uniforme equivalente.

$C_{m,y} : \underline{1.00}$
$C_{m,z} : \underline{1.00}$

$c_y, c_z$ : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$c_y : \underline{0.87}$
$c_z : \underline{0.83}$

$\bar{\lambda}_y, \bar{\lambda}_z$ : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$\bar{\lambda}_y : \underline{0.65}$
$\bar{\lambda}_z : \underline{0.61}$

$a_y, a_z$ : Factores dependientes de la clase de la sección.

$a_y : \underline{0.60}$
$a_z : \underline{0.60}$

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D) VIGA

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1 \quad h : \underline{0.595} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad h : \underline{0.613} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad h : \underline{0.378} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.152 m del nudo N12, para la combinación de acciones PP+0.5·V(180°)H2.

Donde:

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.	$N_{c,Ed} : \underline{2.534} \text{ t}$
$M_{y,Ed}, M_{z,Ed}$ : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.	$M_{y,Ed} : \underline{10.817} \text{ t}\cdot\text{m}$ $M_{z,Ed} : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$
Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.	Clase : <u>1</u>
$N_{pl,Rd}$ : Resistencia a compresión de la sección bruta.	$N_{pl,Rd} : \underline{133.949} \text{ t}$
$M_{pl,Rd,y}, M_{pl,Rd,z}$ : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.	$M_{pl,Rd,y} : \underline{18.775} \text{ t}\cdot\text{m}$ $M_{pl,Rd,z} : \underline{3.519} \text{ t}\cdot\text{m}$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta.	$A : \underline{72.70} \text{ cm}^2$
$W_{pl,y}, W_{pl,z}$ : Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	$W_{pl,y} : \underline{1019.00} \text{ cm}^3$ $W_{pl,z} : \underline{191.00} \text{ cm}^3$
$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.	$f_{yd} : \underline{1842.49} \text{ kp/cm}^2$

$$f_{yd} = f_{y,0} / \gamma_{M,0}$$

Siendo:

$$f_{y,q}: \text{Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.} \quad f_{y,q} : \underline{1842.49} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{y,0} = f_y \cdot k_{y,0}$$

$$f_y: \text{Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)} \quad f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

$$k_{y,q}: \text{Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.} \quad k_{y,q} : \underline{0.66}$$

$$g_{M,q}: \text{Coeficiente parcial de seguridad del material.} \quad g_{M,q} : \underline{1.00}$$

$k_y, k_z$ : Coeficientes de interacción.

$$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}} \quad k_y : \underline{1.02}$$

$$k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}} \quad k_z : \underline{1.02}$$

$$C_{m,y}, C_{m,z}: \text{Factores de momento flector uniforme equivalente.} \quad C_{m,y} : \underline{1.00}$$

$$C_{m,z} : \underline{1.00}$$

$$c_y, c_z: \text{Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.} \quad c_y : \underline{0.68}$$

$$c_z : \underline{0.72}$$

$$\bar{\lambda}_y, \bar{\lambda}_z: \text{Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.} \quad \bar{\lambda}_y : \underline{0.77}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.72}$$

$a_y, a_z$ : Factores dependientes de la clase de la sección.

$$a_y : \frac{0.60}{\quad}$$

$$a_z : \frac{0.60}{\quad}$$

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.612} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(0^\circ)H1$ .

$N_{t,Ed}$ : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{2.515} \text{ t}$$

La resistencia de cálculo a tracción  $N_{t,Rd}$  viene dada por:

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$N_{t,Rd} : \underline{4.110} \text{ t}$$

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : \underline{1.54} \text{ cm}^2$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

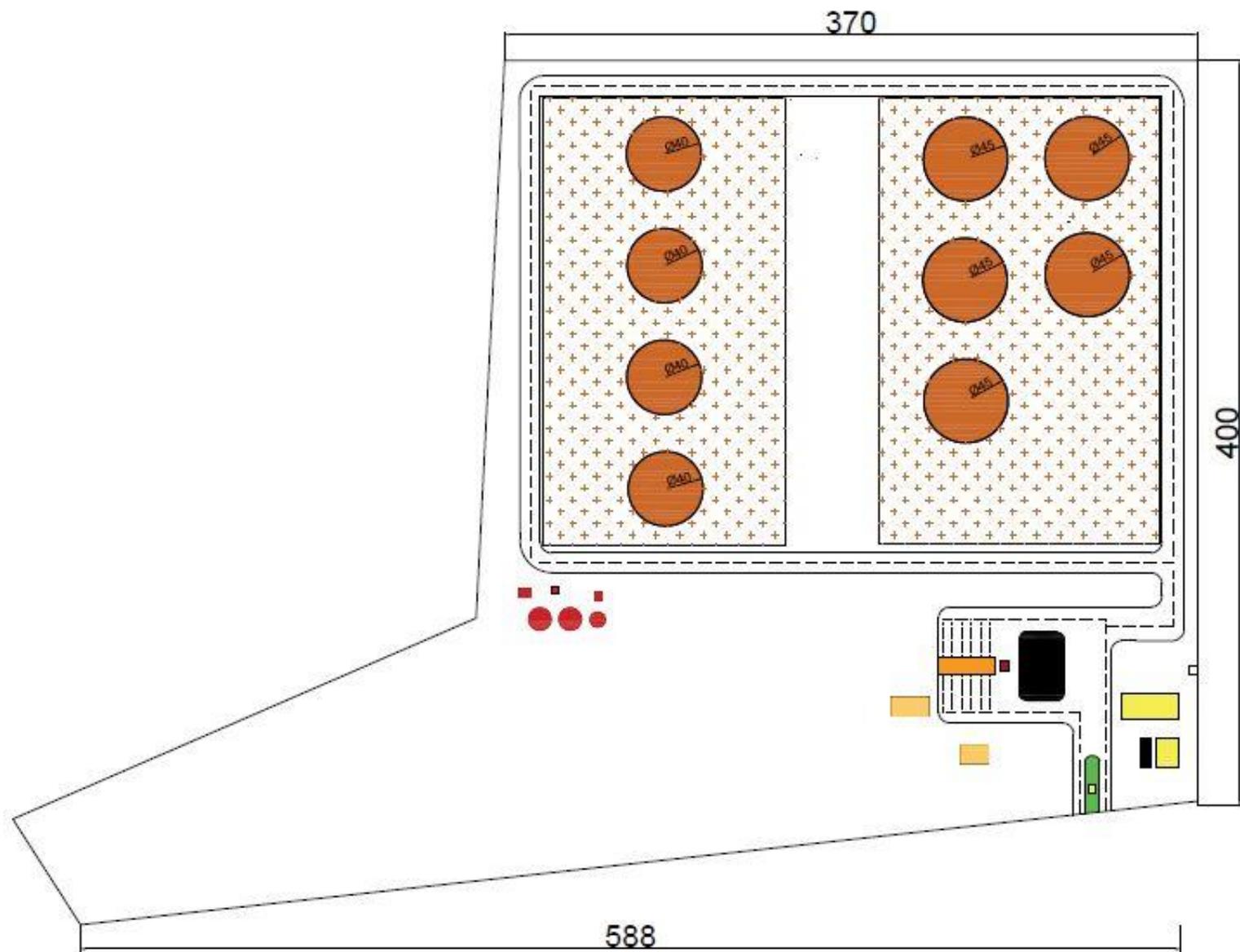
$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

**PROYECTO BÁSICO DE UNA PLANTA DE  
ALMACENAMIENTO DE HIDROCARBUROS**

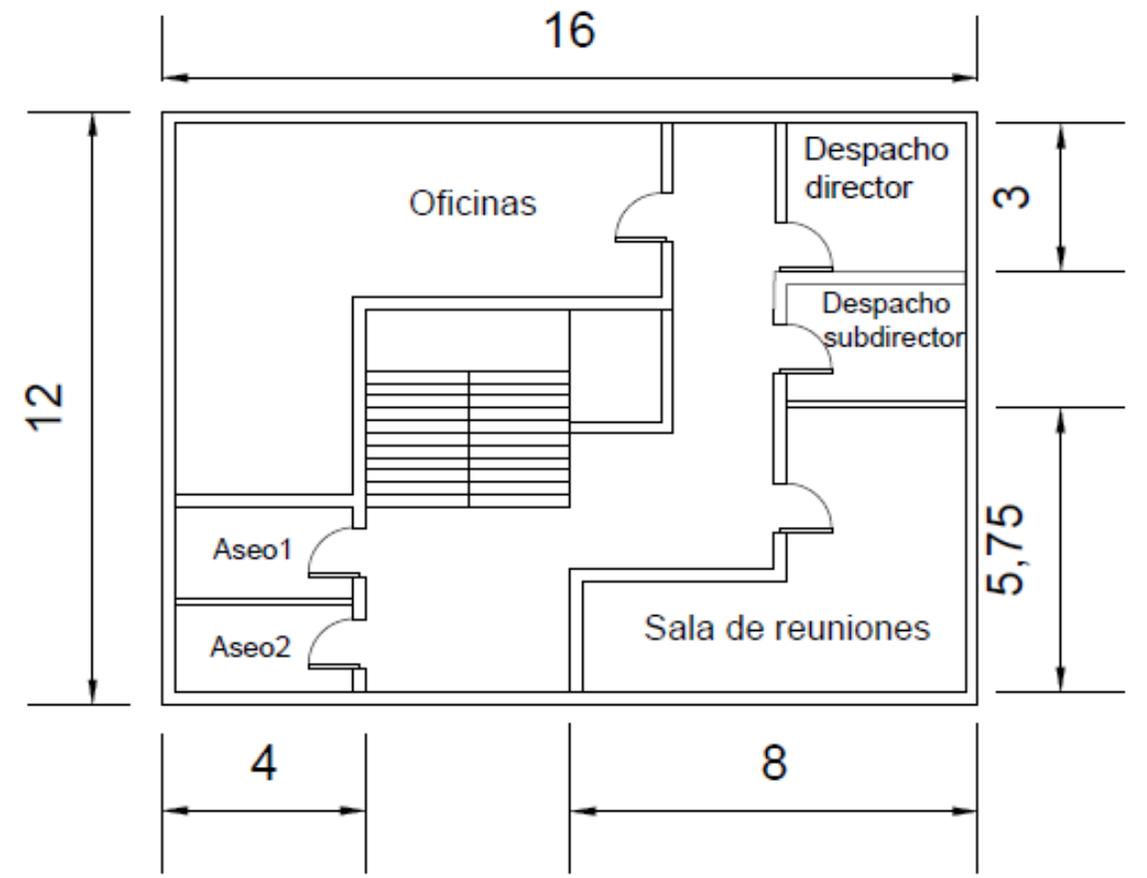
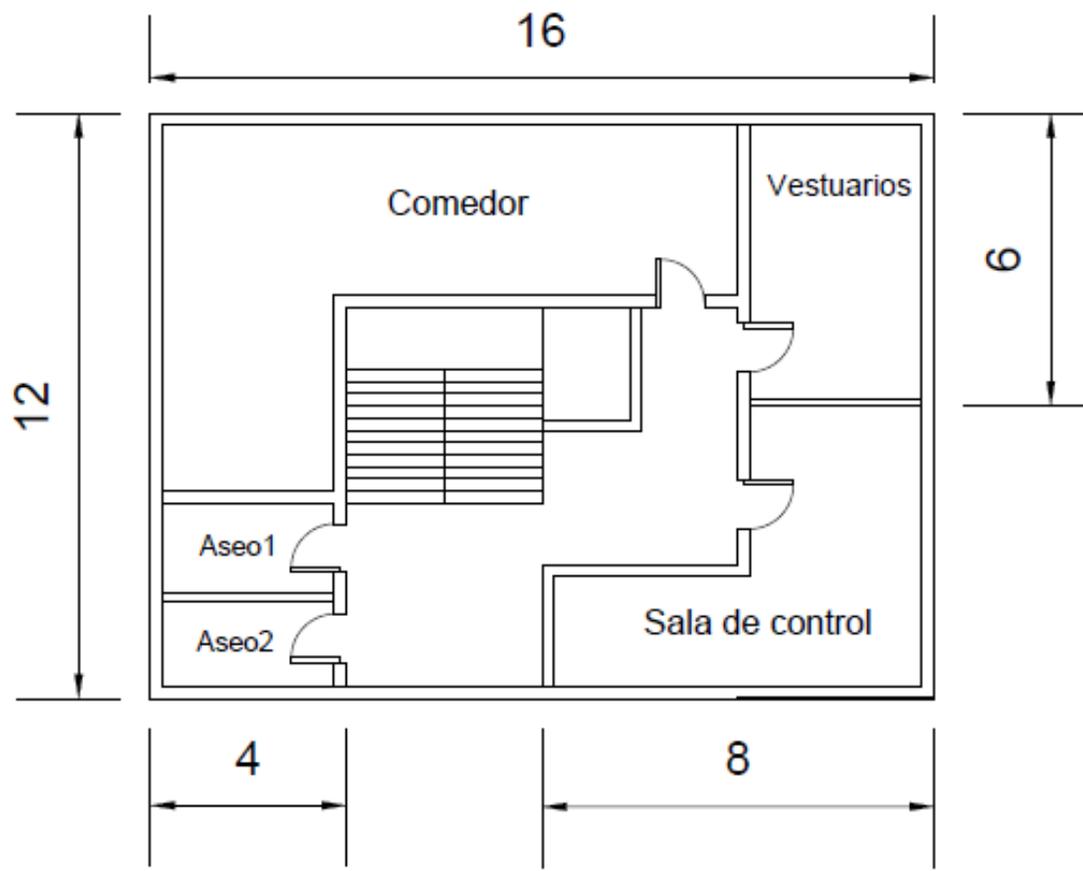
**ANEXO II**

**PLANOS**

- Plano 1. Layout
- Plano 2. Distribución edificio de oficinas
- Plano 3. Vigas edificio de oficinas. Forjado 1
- Plano 4. Vigas edificio de oficinas. Forjado 1
- Plano 5. Vigas edificio de oficinas. Forjado 1
- Plano 6. Vigas del edificio de oficinas. Forjado 2
- Plano 7. Vigas del edificio de oficinas. Forjado 2
- Plano 8. Pilares edificio de oficinas. Planta baja
- Plano 9. Pilares edificio de oficinas. Primera planta
- Plano 10. Pilares edificio de oficinas. Planta baja y primera
- Plano 11. Escaleras Sección A-A y B-B
- Plano 12. Escaleras Sección C-C
- Plano 13. Distribución de la nave
- Plano 14. Zapatas nave
- Plano 15. Zapatas nave
- Plano 16. Viga centradora. Cimentación nave
- Plano 17. Viga centradora 2. Cimentación nave
- Plano 18. Viga centradora menor
- Plano 19. Unión pilar - viga
- Plano 20. Unión pilar – viga y viga-viga
- Plano 21. Unión viga-viga y pilar-cimentación

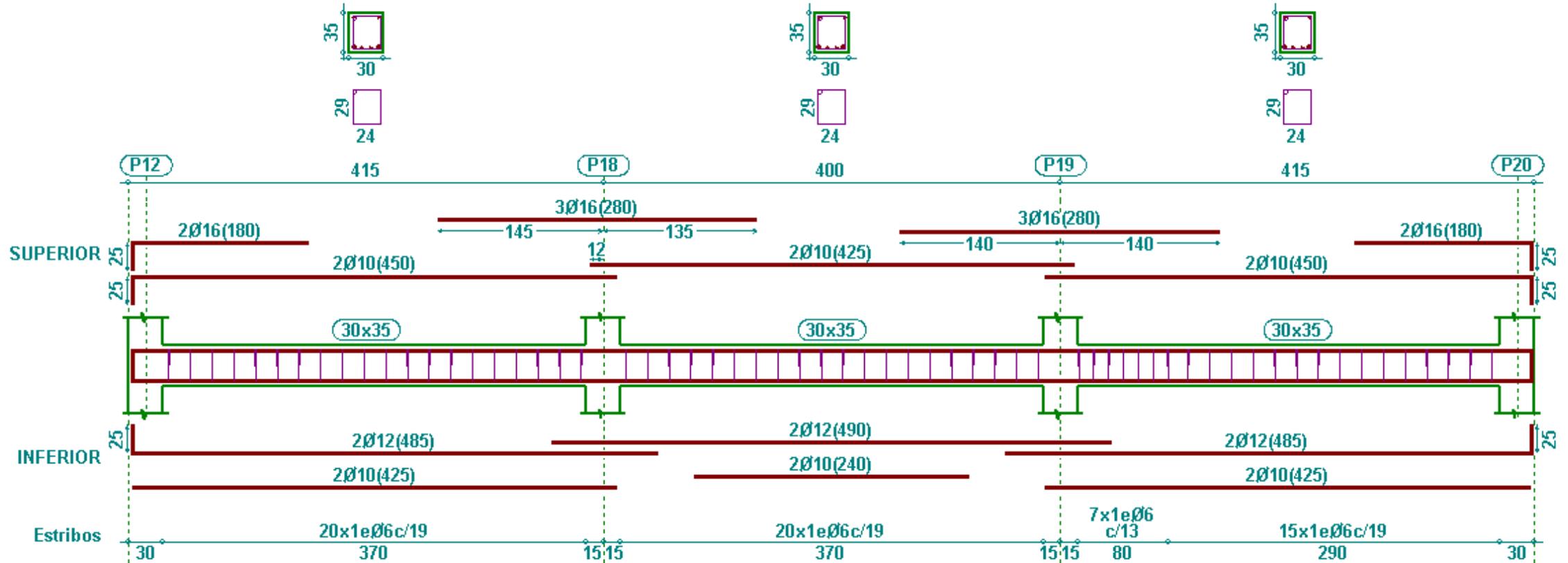


<b>Proyecto:</b> Planta de almacenamiento de hidrocarburos	<b>Nº plano:</b> 1
<b>Localización:</b> Cartagena, Murcia	
<b>Ingeniero:</b> M <sup>a</sup> Teresa Rincón Ortega	<b>Fecha:</b>
<b>Descripción:</b> Layout	18/05/2020



<b>Proyecto:</b> Planta de almacenamiento de hidrocarburos	<b>Nº plano:</b> 2
<b>Localización:</b> Cartagena, Murcia	
<b>Ingeniero:</b> M <sup>a</sup> Teresa Rincón Ortega	<b>Fecha:</b> 18/05/2020
<b>Descripción:</b> Distribución edificio de oficinas	

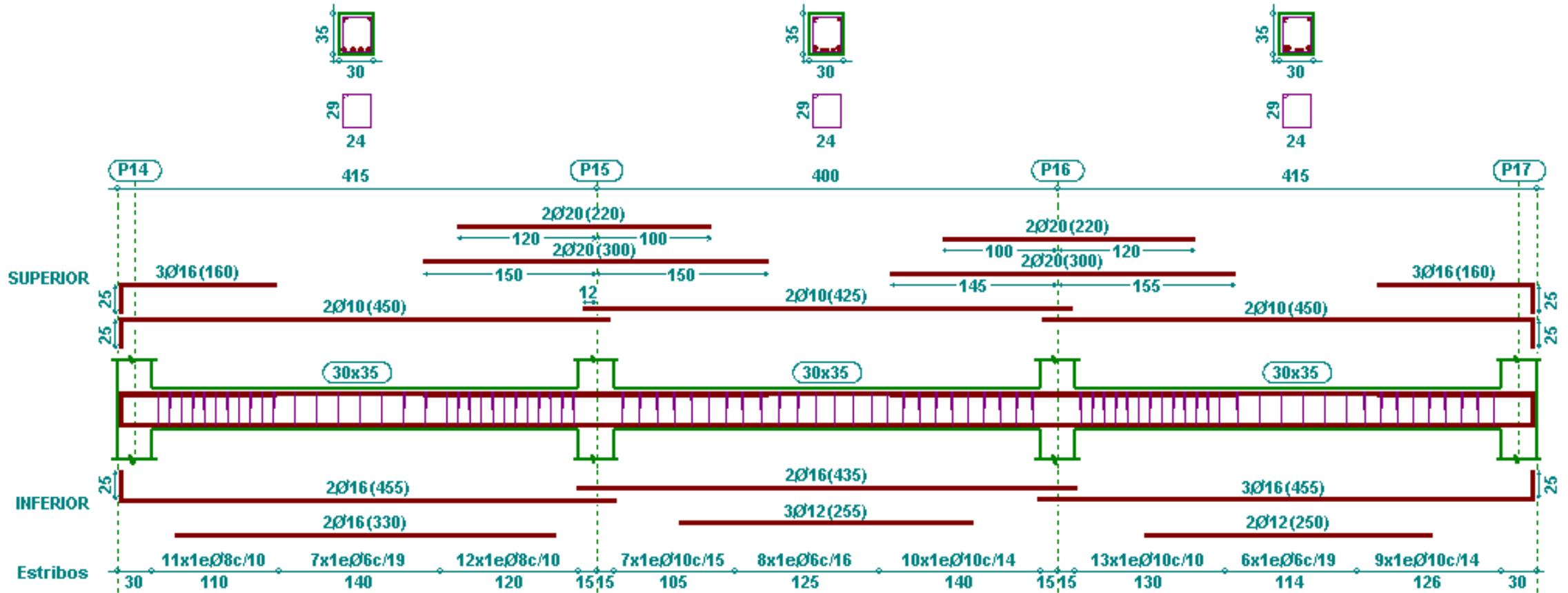
Pórtico 1



**Forjado 1**  
 Despiece de vigas  
 Hormigón: HA-25, Control Estadístico  
 Acero: B 400 S, Control Normal  
 Escala: 1:50

<b>Proyecto:</b> Planta de almacenamiento de hidrocarburos	<b>Nº plano:</b> 3
<b>Localización:</b> Cartagena, Murcia	
<b>Ingeniero:</b> M <sup>a</sup> Teresa Rincón Ortega	<b>Fecha:</b> 18/05/2020
<b>Descripción:</b> Vigas edificio de oficinas Forjado 1	

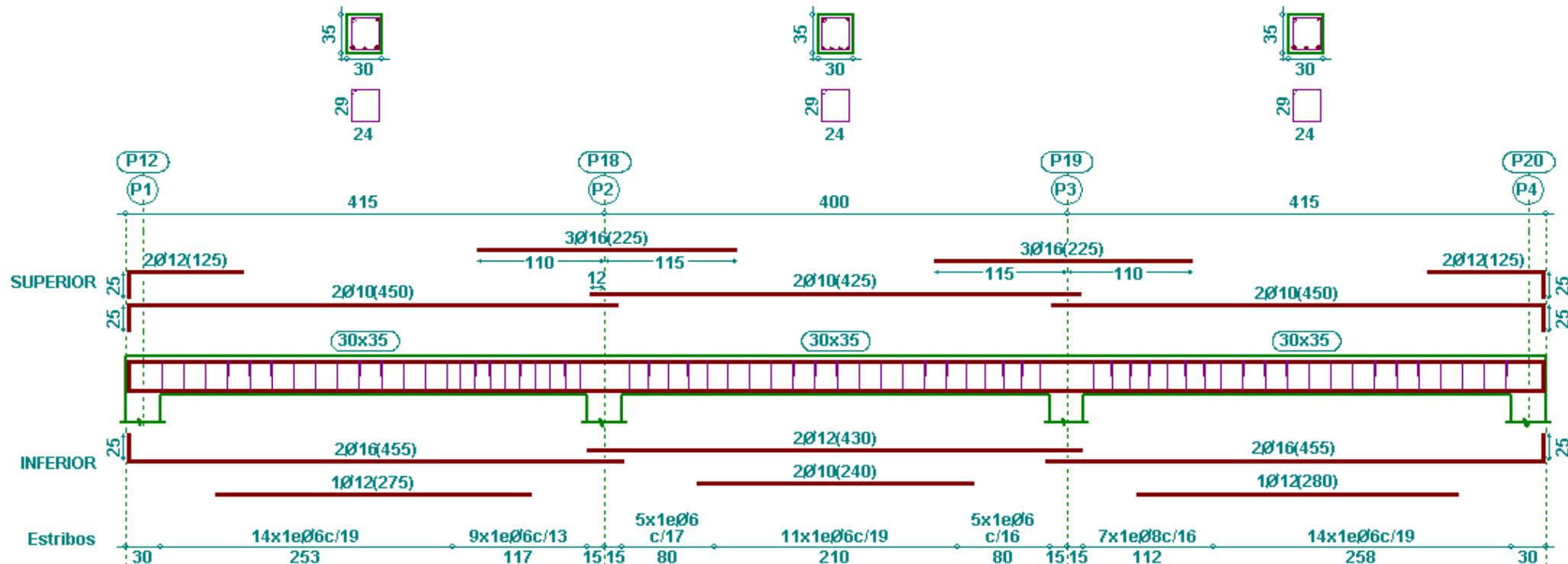
Pórtico 2



<b>Proyecto:</b> Planta de almacenamiento de hidrocarburos	<b>Nº plano:</b> 4
<b>Localización:</b> Cartagena, Murcia	
<b>Ingeniero:</b> M <sup>a</sup> Teresa Rincón Ortega	<b>Fecha:</b> 18/05/2020
<b>Descripción:</b> Vigas edificio de oficinas Forjado 1	



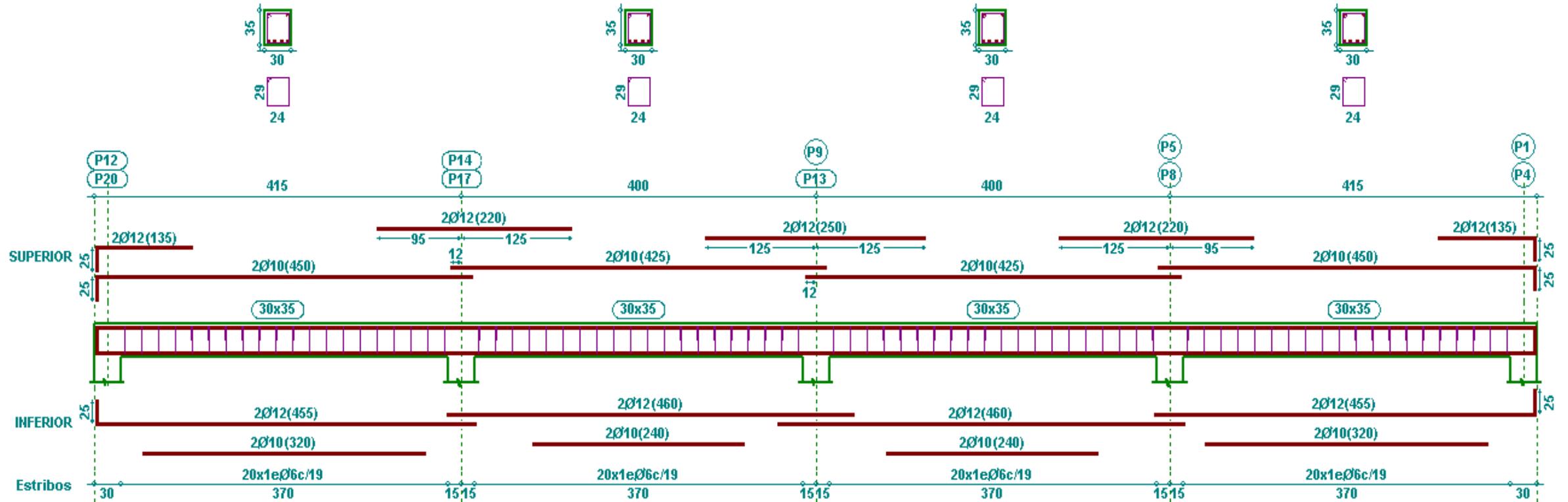
Pórtico 1  
Pórtico 5



Forjado 2  
Despiece de vigas  
Hormigón: HA-25, Control Estadístico  
Acero: B 400 S, Control Normal  
Escala: 1:50

<b>Proyecto:</b> Planta de almacenamiento de hidrocarburos	<b>Nº plano:</b> 6
<b>Localización:</b> Cartagena, Murcia	
<b>Ingeniero:</b> M <sup>a</sup> Teresa Rincón Ortega	<b>Fecha:</b> 18/05/2020
<b>Descripción:</b> Vigas del edificio de oficinas Forjado 2	

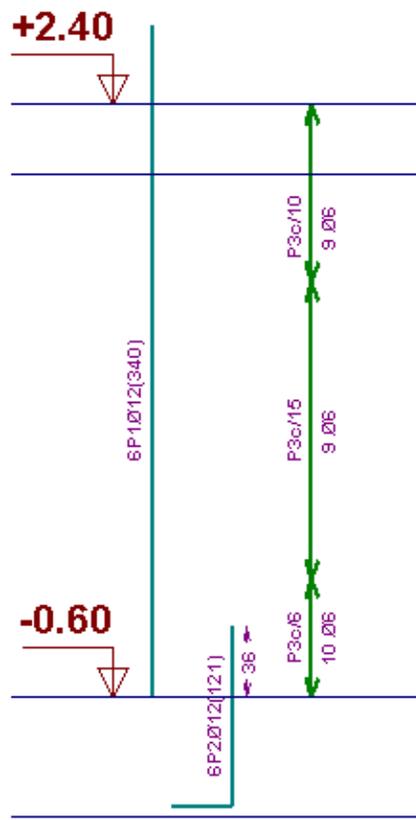
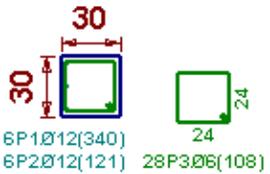
Pórtico 6  
Pórtico 7



<b>Proyecto:</b> Planta de almacenamiento de hidrocarburos	<b>Nº plano:</b> 7
<b>Localización:</b> Cartagena, Murcia	
<b>Ingeniero:</b> M <sup>a</sup> Teresa Rincón Ortega	<b>Fecha:</b> 18/05/2020
<b>Descripción:</b> Vigas del edificio de oficinas Forjado 2	

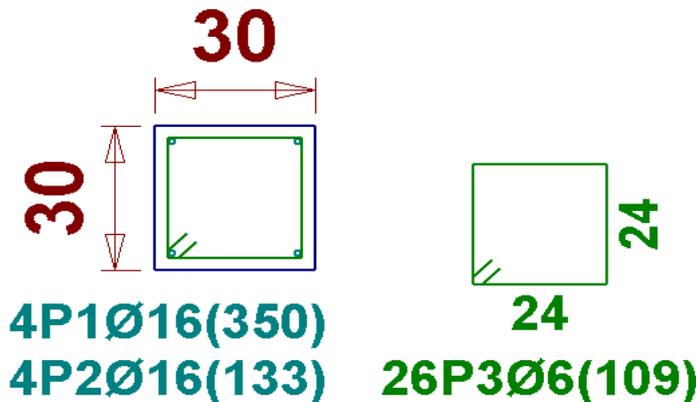
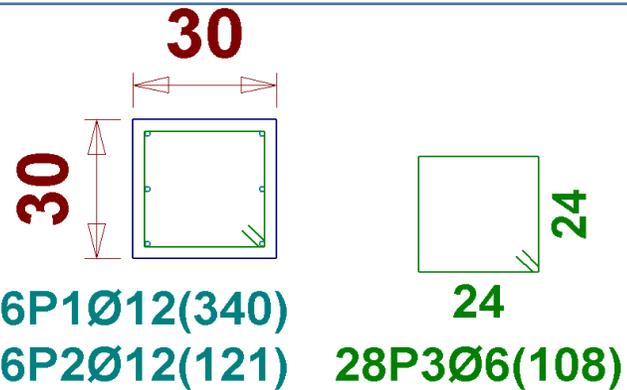
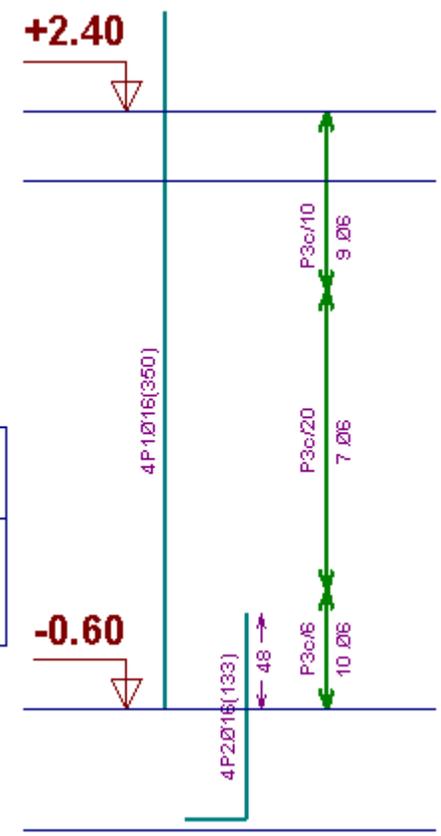
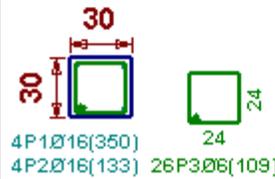
**P1=P4=P12=P20**

Pos.	Diám.	No.	Long. (cm)	Total (cm)	x 4 (cm)
1	Ø12	6	340	2040	8160
2	Ø12	6	121	726	2904
3	Ø6	28	108	3024	12096



**P5=P8=P9=P14=P17**

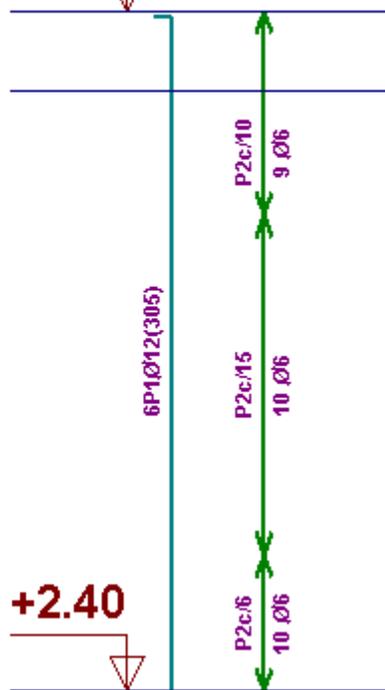
Pos.	Diám.	No.	Long. (cm)	Total (cm)	x 5 (cm)
1	Ø16	4	350	1400	7000
2	Ø16	4	133	532	2660
3	Ø6	26	109	2834	14170



<b>Proyecto:</b> Planta de almacenamiento de hidrocarburos	<b>Nº plano:</b> 8
<b>Localización:</b> Cartagena, Murcia	
<b>Ingeniero:</b> M <sup>a</sup> Teresa Rincón Ortega	<b>Fecha:</b> 18/05/2020
<b>Descripción:</b> Pilares edificio de oficinas Planta baja	

**P1=P4=P12=P20**

**+5.40**

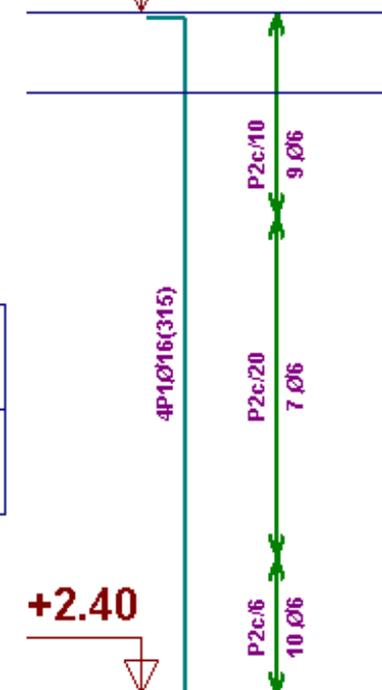


Pos.	Diám.	No.	Long. (cm)	Total (cm)	x 4 (cm)
1	Ø12	6	305	1830	7320
2	Ø6	29	108	3132	12528



**P5=P8=P9=P14=P17**

**+5.40**

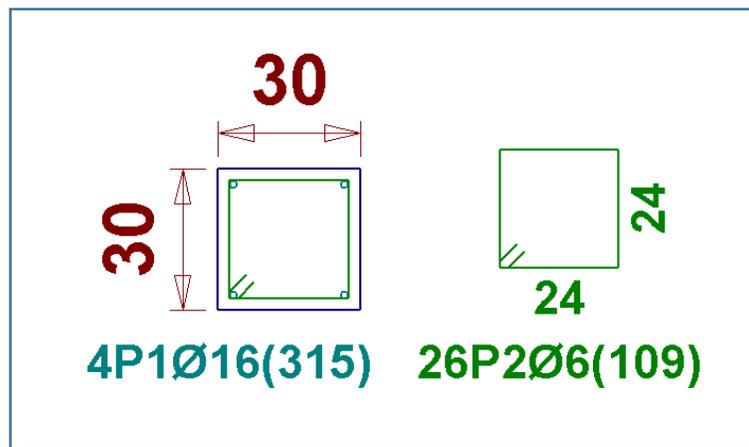
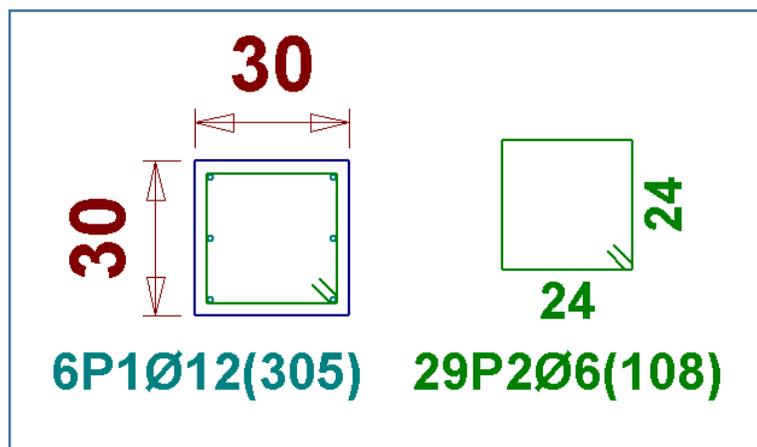


Pos.	Diám.	No.	Long. (cm)	Total (cm)	x 5 (cm)
1	Ø16	4	315	1260	6300
2	Ø6	26	109	2834	14170



**+2.40**

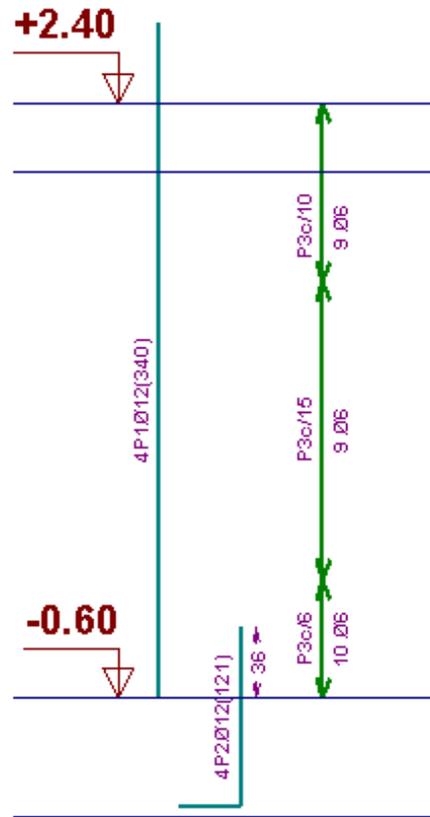
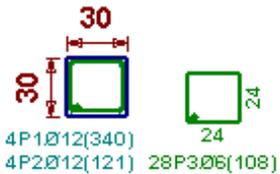
**+2.40**



<b>Proyecto:</b> Planta de almacenamiento de hidrocarburos	<b>Nº plano:</b> 9
<b>Localización:</b> Cartagena, Murcia	
<b>Ingeniero:</b> Mª Teresa Rincón Ortega	<b>Fecha:</b> 18/05/2020
<b>Descripción:</b> Pilares edificio de oficinas Primera planta	

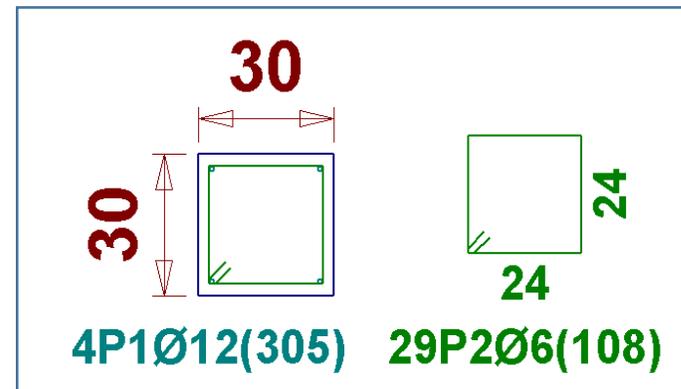
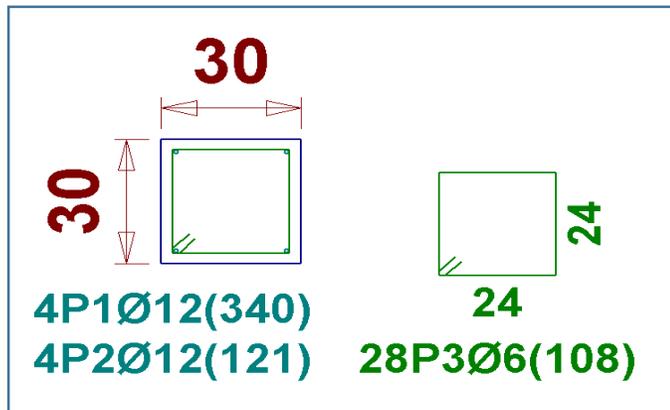
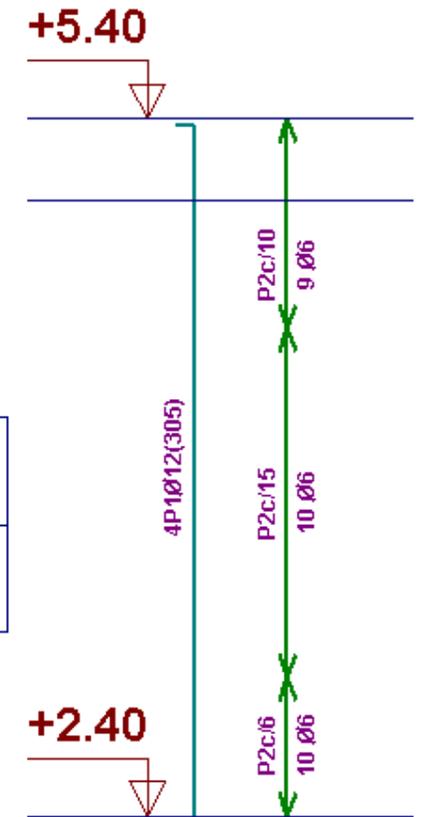
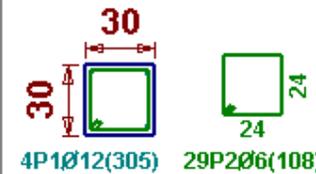
P2=P3=P6=P7=P10  
P11=P15=P16=P18  
P19

Pos.	Diám.	No.	Long. (cm)	Total (cm)	x 10 (cm)
1	Ø12	4	340	1360	13600
2	Ø12	4	121	484	4840
3	Ø6	28	108	3024	30240



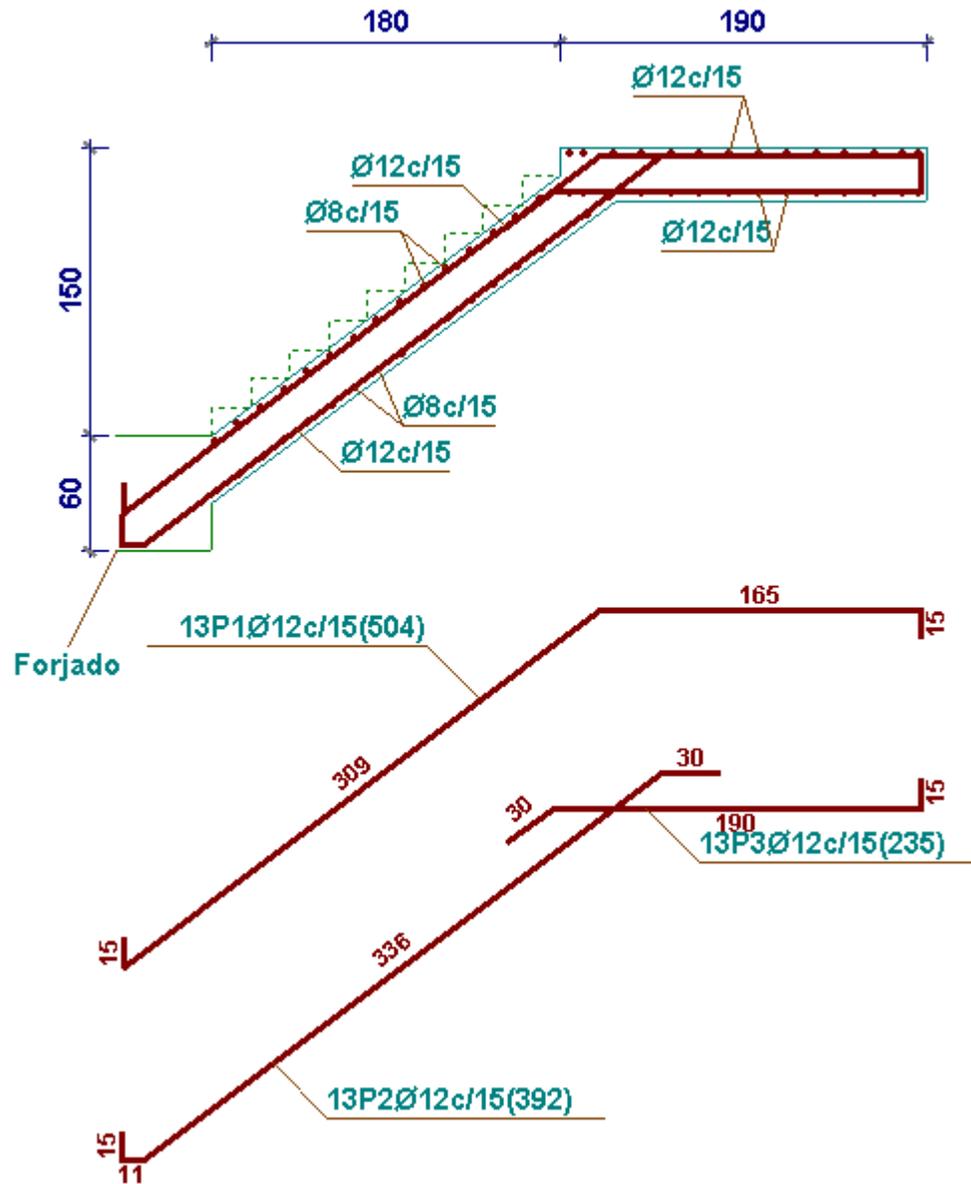
P2=P3=P6=P7=P10  
P11=P15=P16=P18  
P19

Pos.	Diám.	No.	Long. (cm)	Total (cm)	x 10 (cm)
1	Ø12	4	305	1220	12200
2	Ø6	29	108	3132	31320

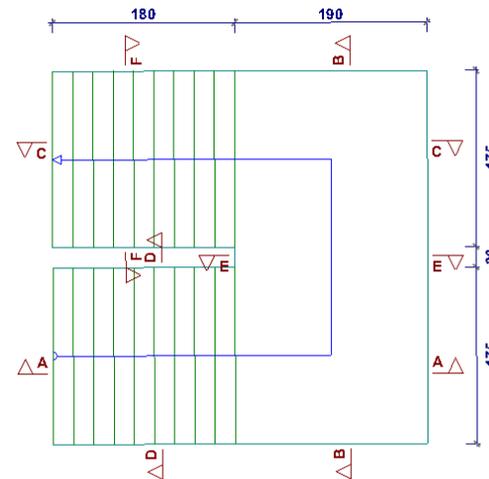
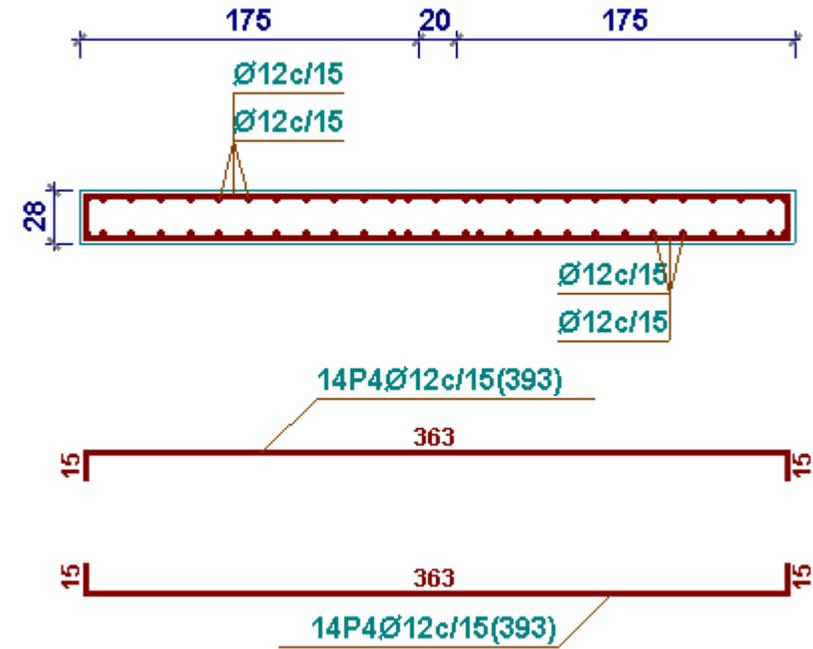


Proyecto: Planta de almacenamiento de hidrocarburos	Nº plano: 10
Localización: Cartagena, Murcia	
Ingeniero: M <sup>a</sup> Teresa Rincón Ortega	Fecha: 18/05/2020
Descripción: Pilares edificio de oficinas Planta baja y primera	

### Sección A-A

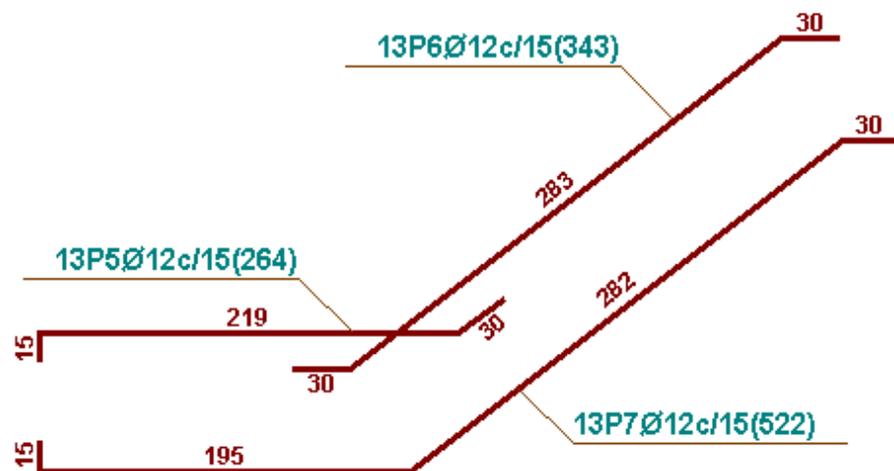
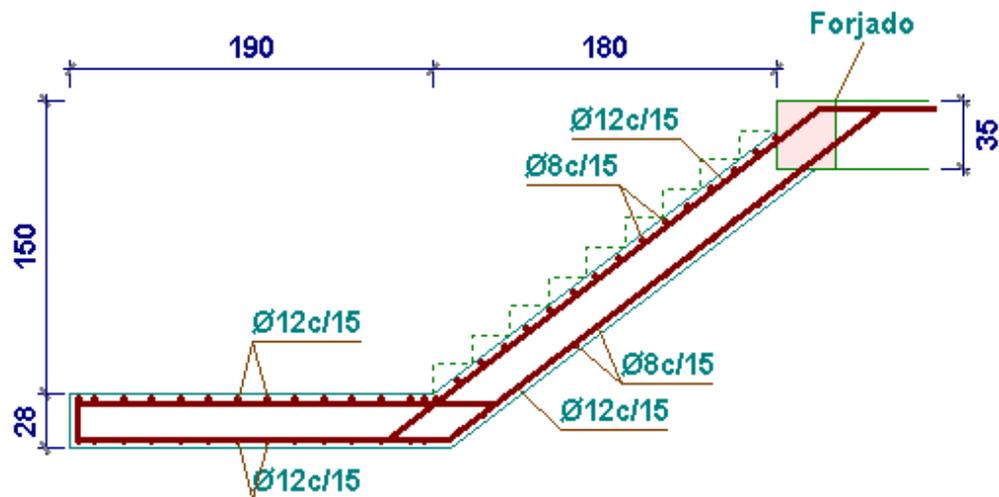


### Sección B-B

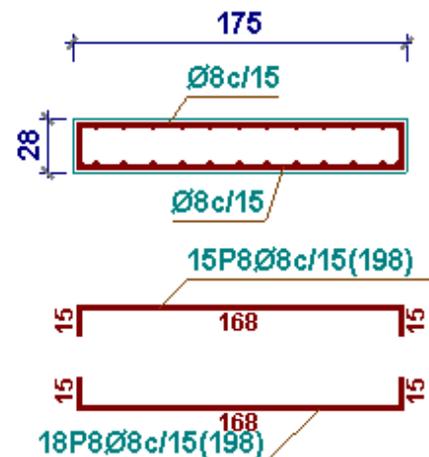


<b>Proyecto:</b> Planta de almacenamiento de hidrocarburos	<b>Nº plano:</b> 11
<b>Localización:</b> Cartagena, Murcia	
<b>Ingeniero:</b> M <sup>a</sup> Teresa Rincón Ortega	<b>Fecha:</b> 18/05/2020
<b>Descripción:</b> Escaleras Sección A-A y B-B	

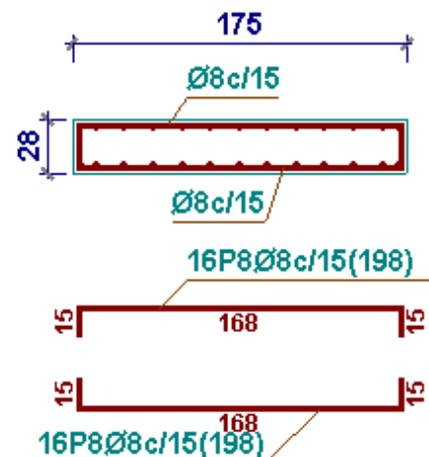
### Sección C-C



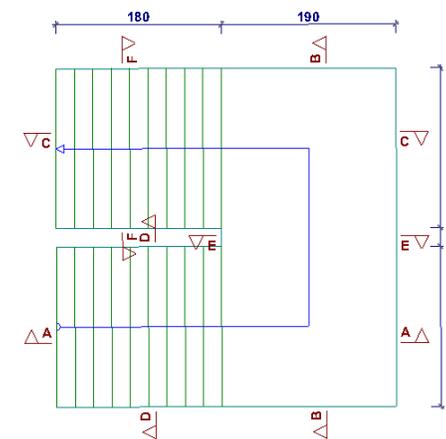
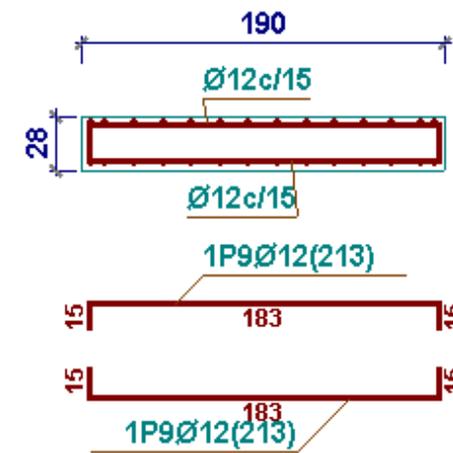
### Sección D-D



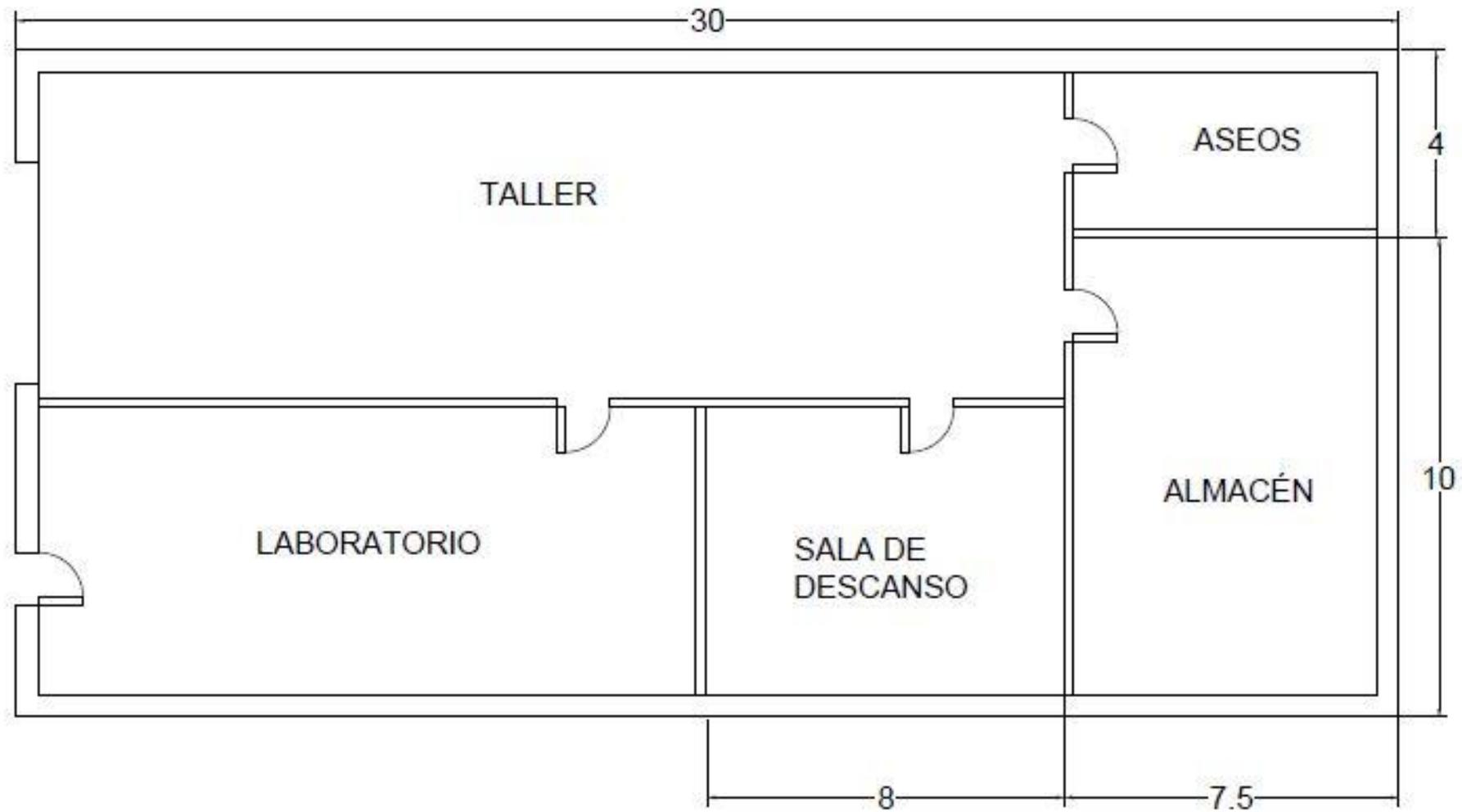
### Sección F-F



### Sección E-E

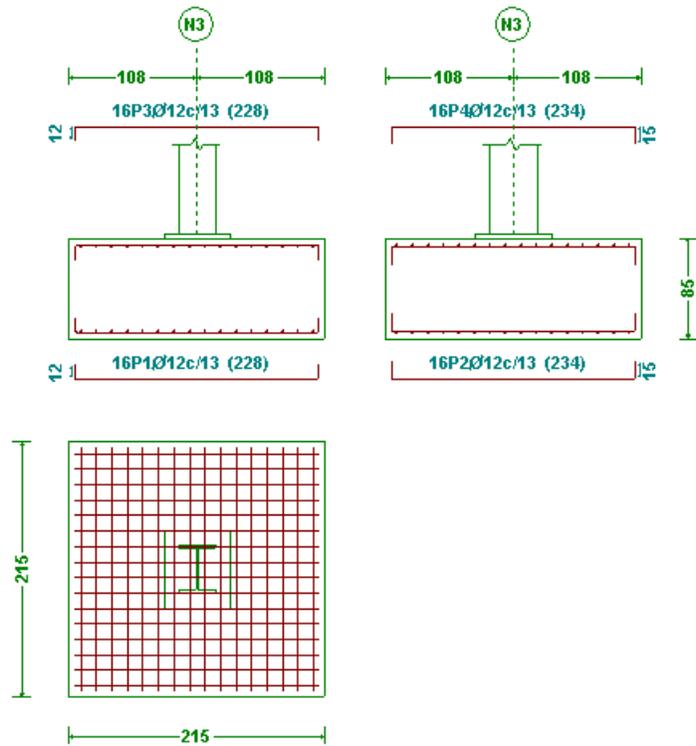


<b>Proyecto:</b> Planta de almacenamiento de hidrocarburos	<b>Nº plano:</b> 12
<b>Localización:</b> Cartagena, Murcia	
<b>Ingeniero:</b> M <sup>a</sup> Teresa Rincón Ortega	<b>Fecha:</b> 18/05/2020
<b>Descripción:</b> Escaleras Sección C-C	

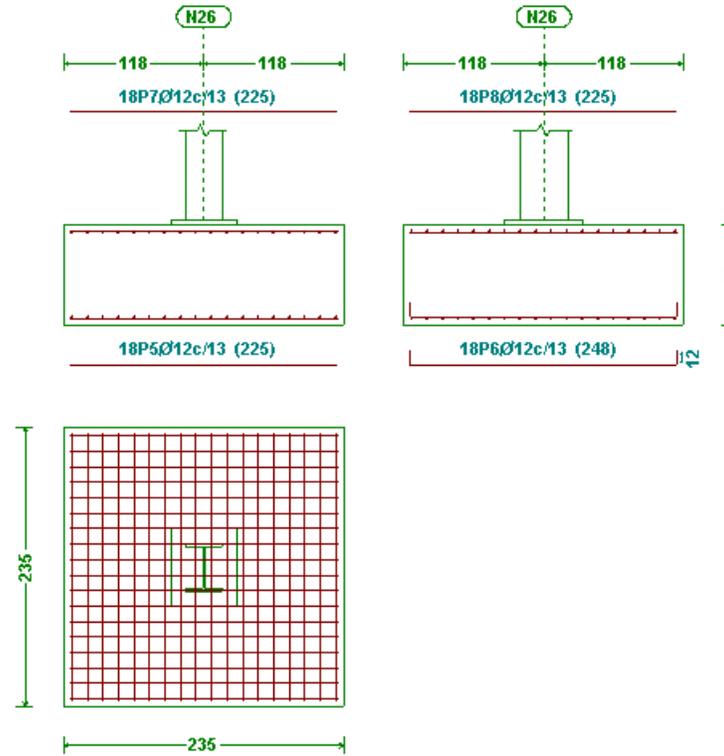


<b>Proyecto:</b> Planta de almacenamiento de hidrocarburos	<b>Nº plano:</b> 13
<b>Localización:</b> Cartagena, Murcia	
<b>Ingeniero:</b> M <sup>a</sup> Teresa Rincón Ortega	<b>Fecha:</b> 18/05/2020
<b>Descripción:</b> Distribución de la nave	

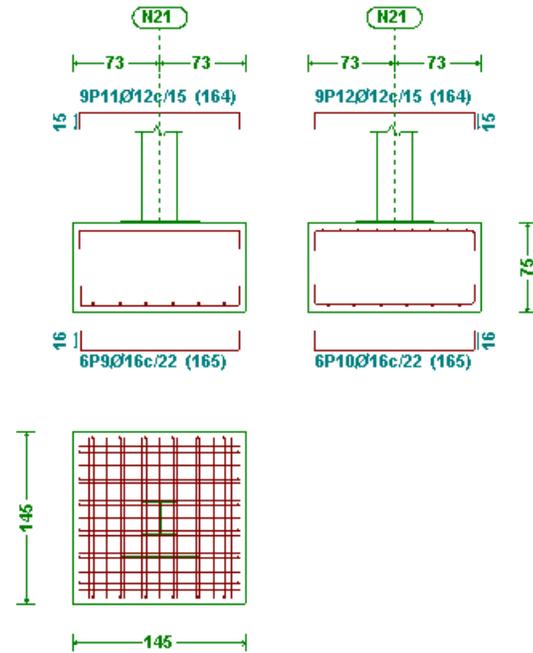
N3 y N1



N26 y N28

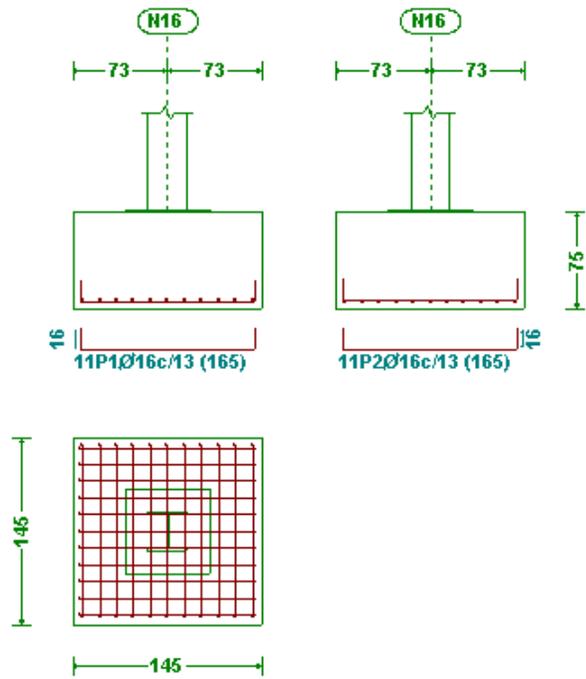


N21 y N23

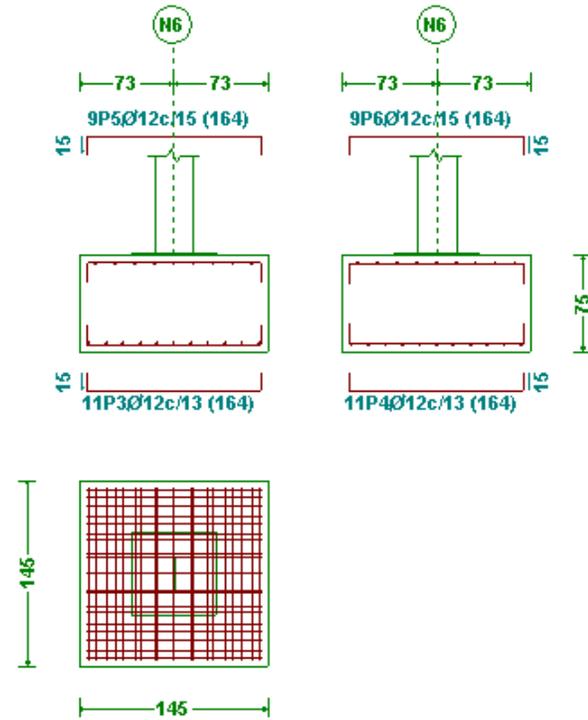


<b>Proyecto:</b> Planta de almacenamiento de hidrocarburos	<b>Nº plano:</b> 14
<b>Localización:</b> Cartagena, Murcia	
<b>Ingeniero:</b> M <sup>a</sup> Teresa Rincón Ortega	<b>Fecha:</b> 18/05/2020
<b>Descripción:</b> Zapatas nave	

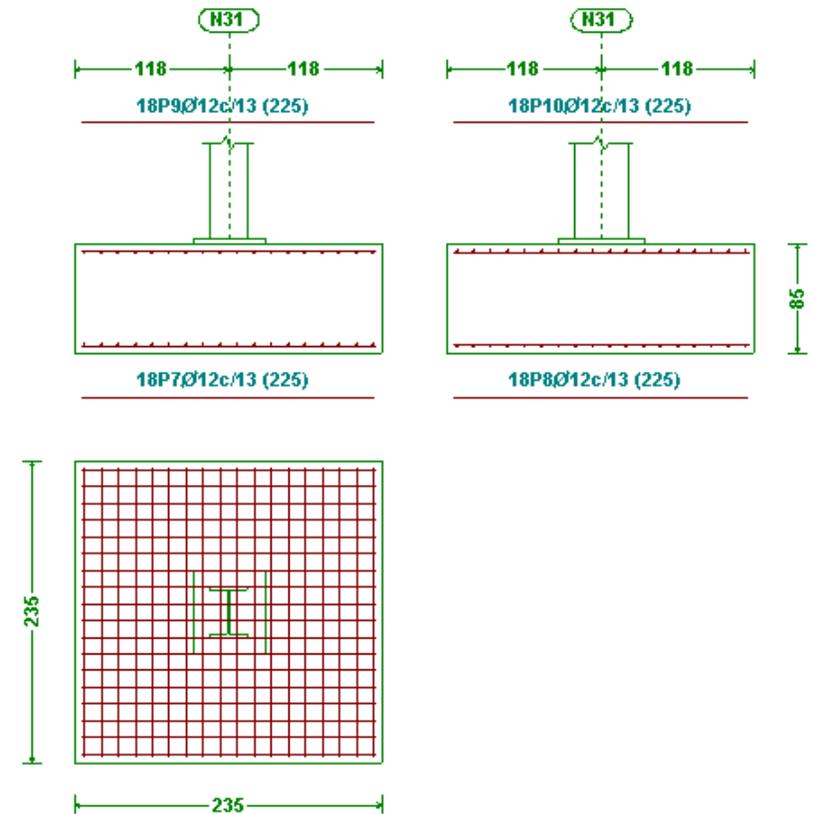
**N16, N11, N13 y N18**



**N6 y N8**

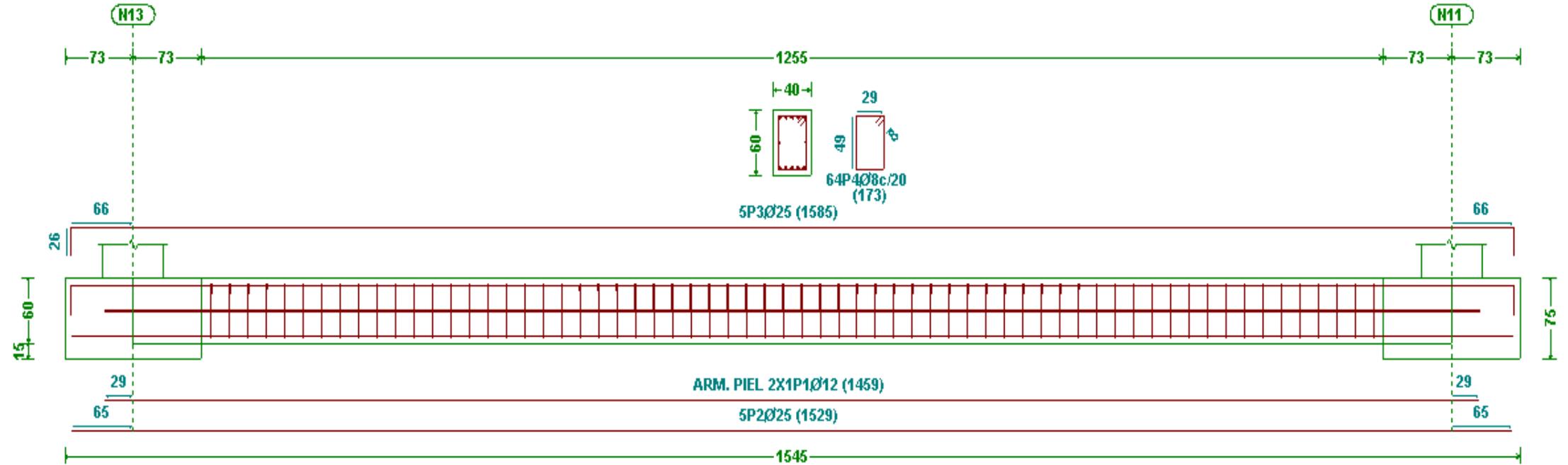


**N31**



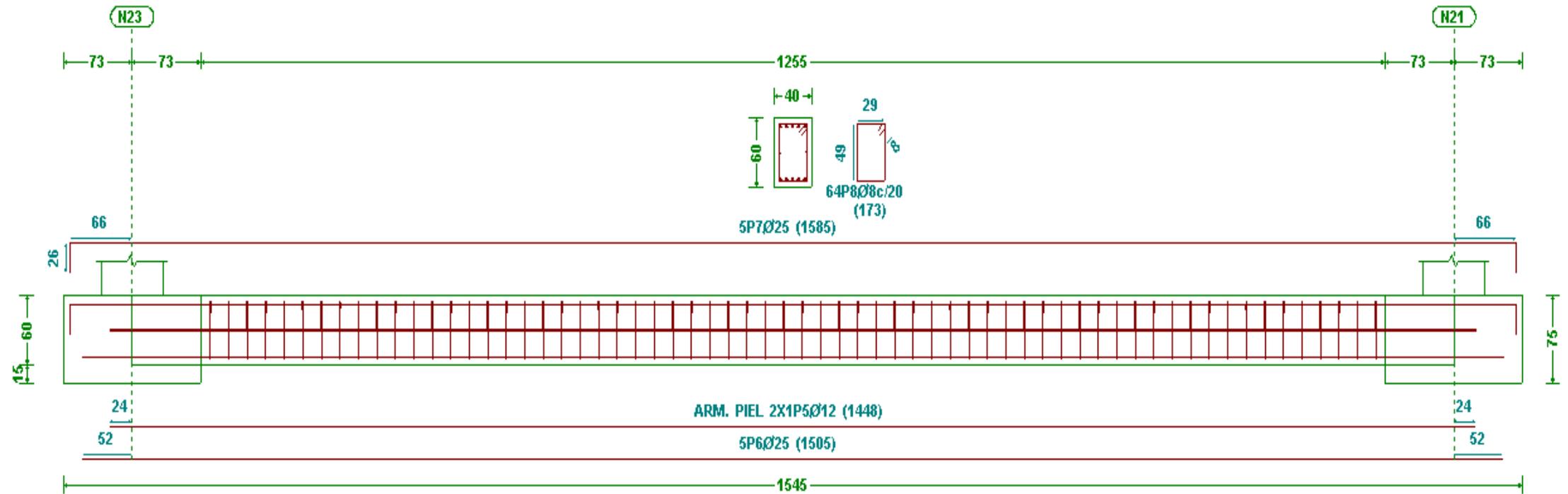
<b>Proyecto:</b> Planta de almacenamiento de hidrocarburos	<b>Nº plano:</b> 15
<b>Localización:</b> Cartagena, Murcia	
<b>Ingeniero:</b> M <sup>a</sup> Teresa Rincón Ortega	<b>Fecha:</b> 18/05/2020
<b>Descripción:</b> Zapatas nave	

VC.S-3.1 [N13-N11] y VC.S-3.1 [N18-N16]



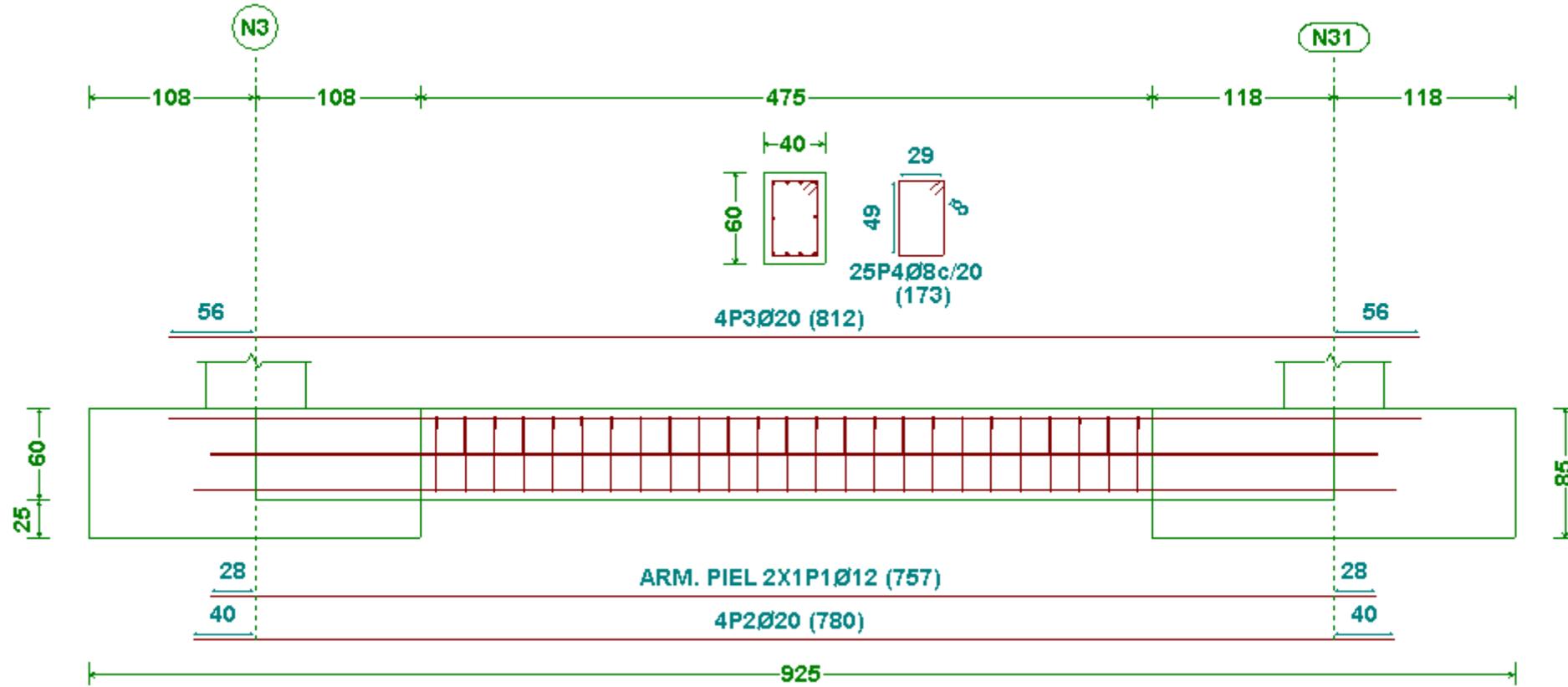
<b>Proyecto:</b> Planta de almacenamiento de hidrocarburos	<b>Nº plano:</b> 16
<b>Localización:</b> Cartagena, Murcia	
<b>Ingeniero:</b> M <sup>a</sup> Teresa Rincón Ortega	<b>Fecha:</b> 18/05/2020
<b>Descripción:</b> Viga centradora. Cimentación nave	

VC.S-3.1 [N23-N21]

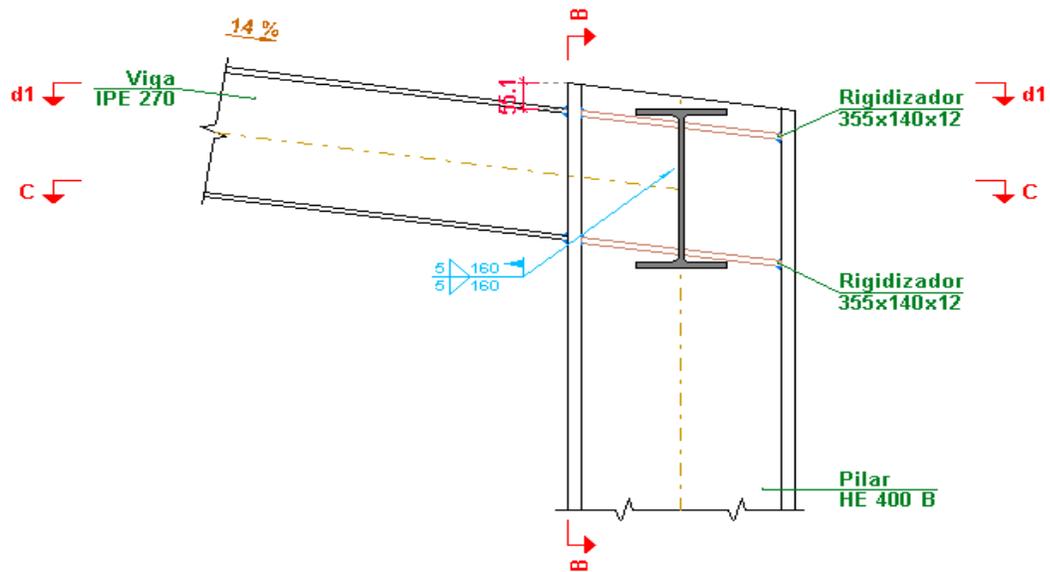


<b>Proyecto:</b> Planta de almacenamiento de hidrocarburos	<b>Nº plano:</b> 17
<b>Localización:</b> Cartagena, Murcia	
<b>Ingeniero:</b> M <sup>a</sup> Teresa Rincón Ortega	<b>Fecha:</b> 18/05/2020
<b>Descripción:</b> Viga centradora 2. Cimentación nave	

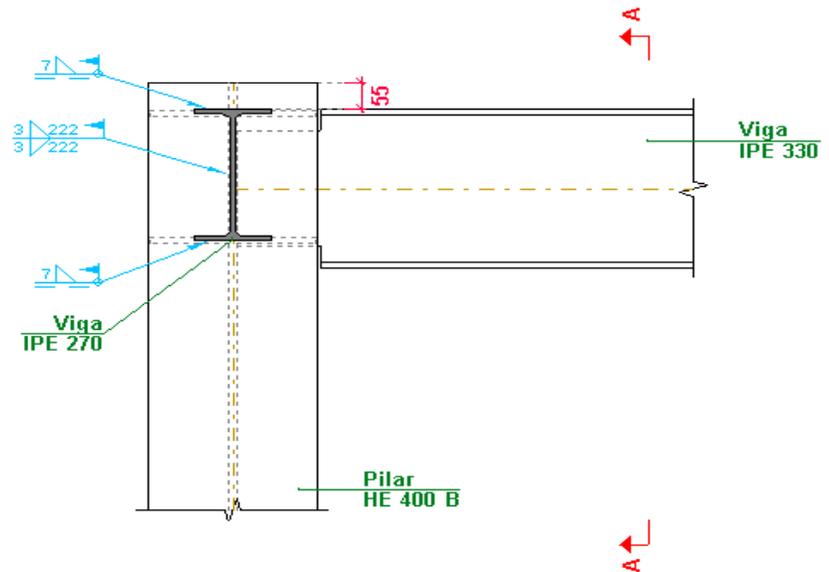
VC.S-2.1 [N3-N31] y VC.S-2.1 [N31-N1]



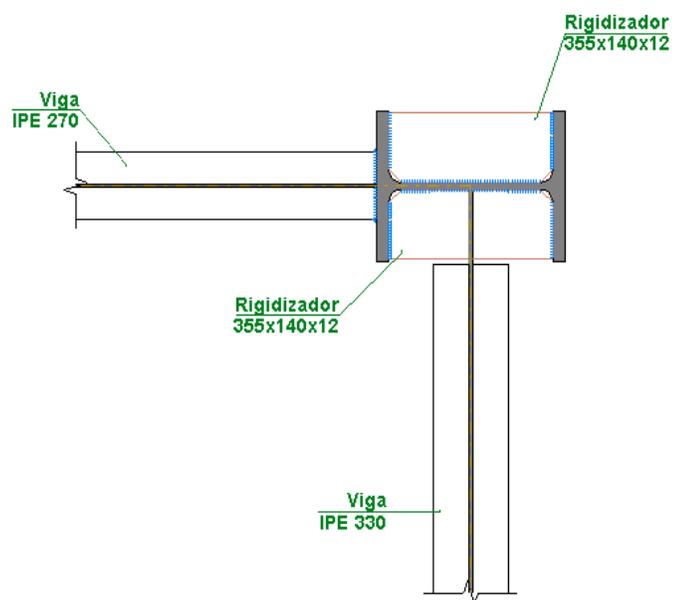
<b>Proyecto:</b> Planta de almacenamiento de hidrocarburos	<b>Nº plano:</b> 18
<b>Localización:</b> Cartagena, Murcia	
<b>Ingeniero:</b> M <sup>a</sup> Teresa Rincón Ortega	<b>Fecha:</b>
<b>Descripción:</b> Viga centradora menor	18/05/2020



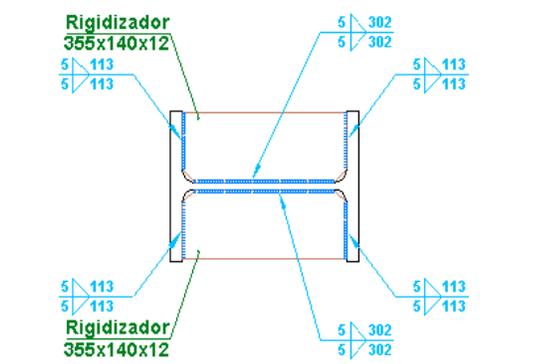
Sección A - A



Sección B - B

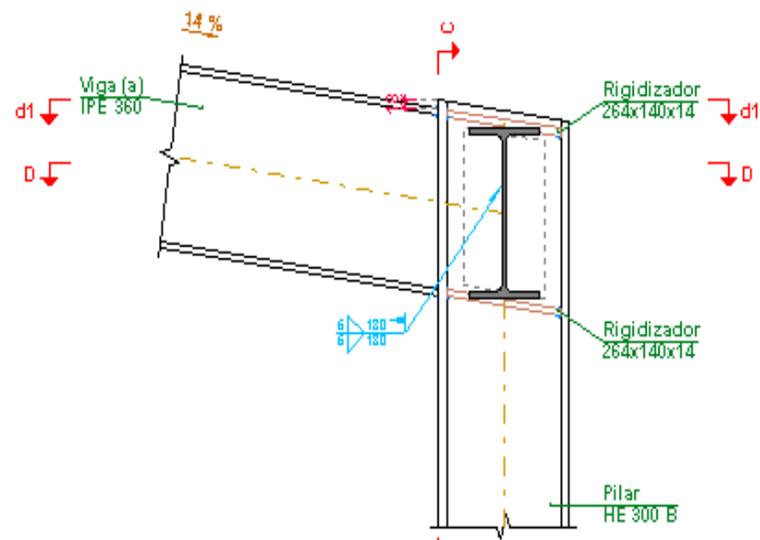


Sección C - C

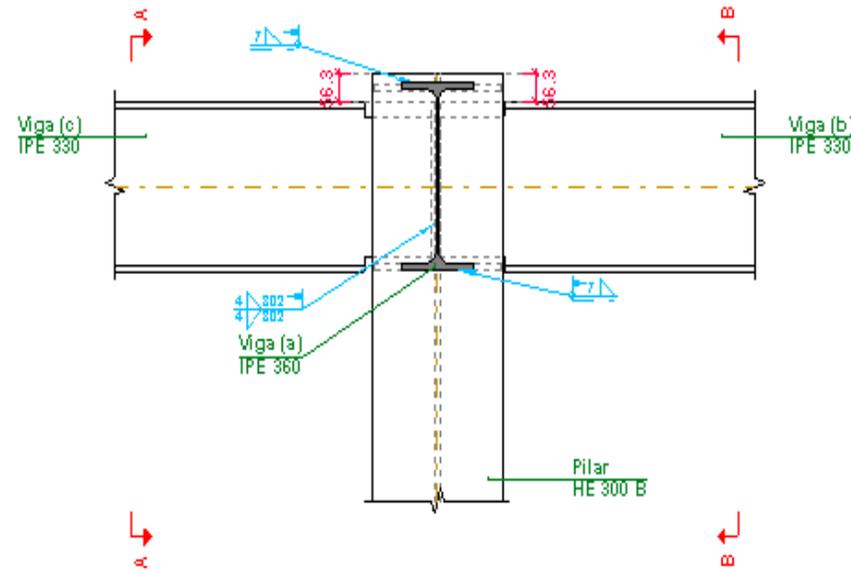


d1. Detalle de soldaduras: rigidizadores a Pilar HE 400 B

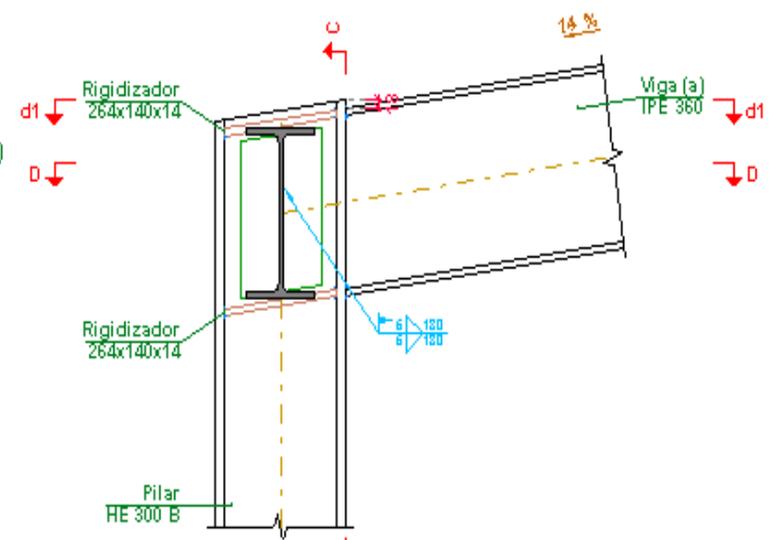
<b>Proyecto:</b> Planta de almacenamiento de hidrocarburos	<b>Nº plano:</b> 19
<b>Localización:</b> Cartagena, Murcia	
<b>Ingeniero:</b> M <sup>a</sup> Teresa Rincón Ortega	<b>Fecha:</b>
<b>Descripción:</b> Unión pilar - viga	18/05/2020



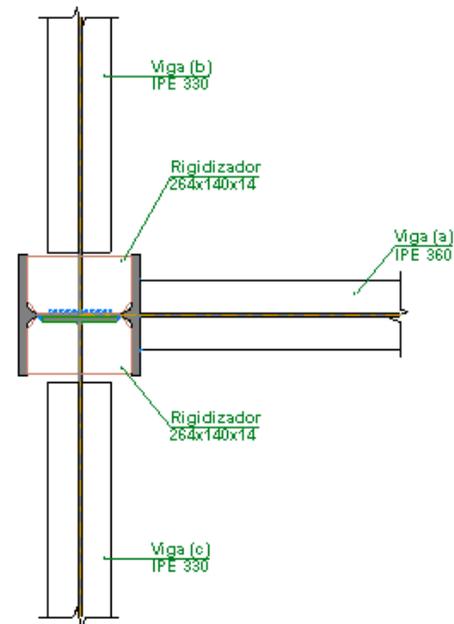
Sección B - B



C - C

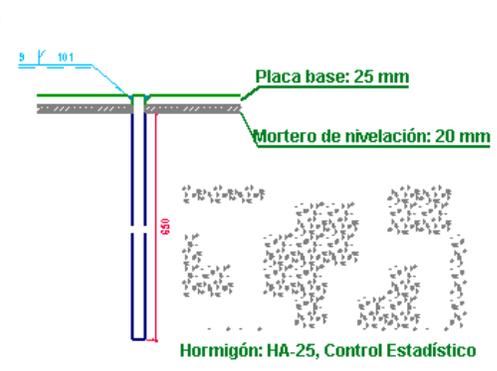
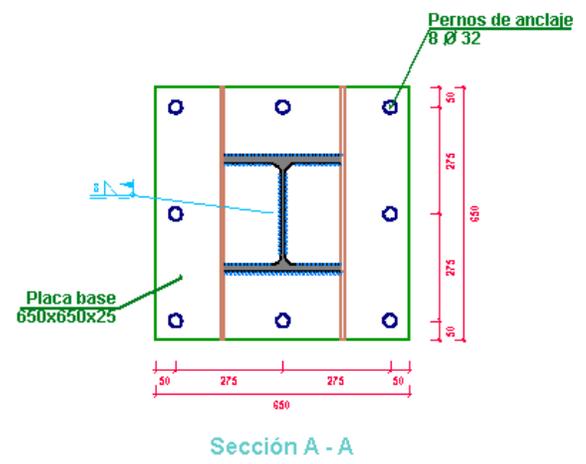
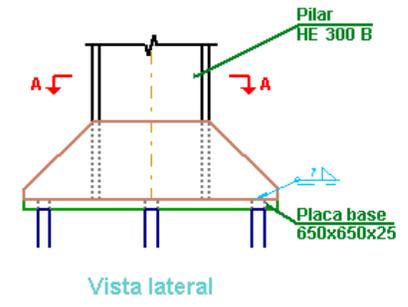
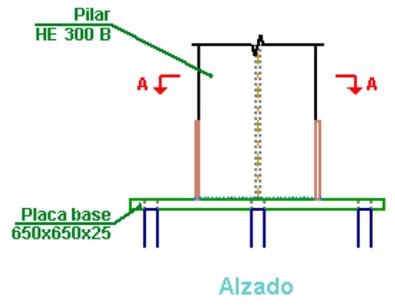
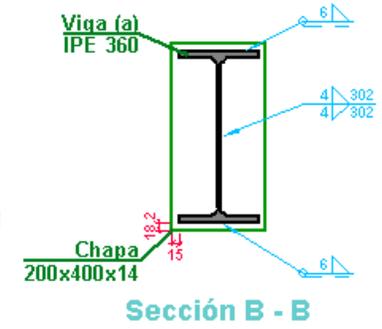
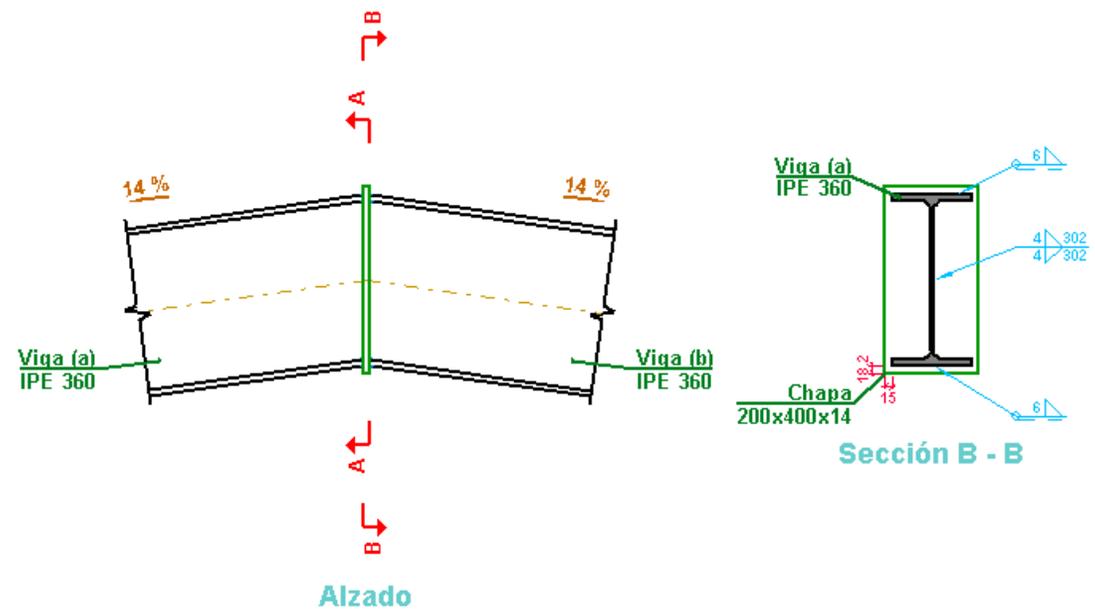
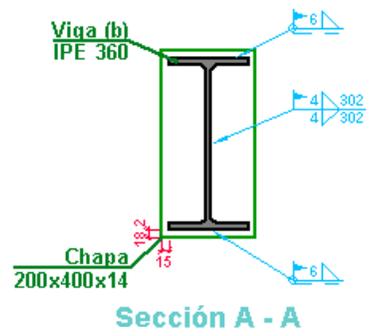


Sección A - A



Sección D - D

<b>Proyecto:</b> Planta de almacenamiento de hidrocarburos	<b>Nº plano:</b> 20
<b>Localización:</b> Cartagena, Murcia	
<b>Ingeniero:</b> M <sup>a</sup> Teresa Rincón Ortega	<b>Fecha:</b> 18/05/2020
<b>Descripción:</b> Unión pilar – viga y viga-viga	



<b>Proyecto:</b> Planta de almacenamiento de hidrocarburos	<b>Nº plano:</b>  21
<b>Localización:</b> Cartagena, Murcia	
<b>Ingeniero:</b> M <sup>a</sup> Teresa Rincón Ortega	<b>Fecha:</b>  18/05/2020
<b>Descripción:</b> Unión viga-viga y pilar-cimentación	

**PROYECTO BÁSICO DE UNA PLANTA DE  
ALMACENAMIENTO DE HIDROCARBUROS**

**ANEXO III**

**PRESUPUESTO**

MOVIMIENTO DE TIERRAS .....	139
EDIFICIO DE OFICINAS.....	140
NAVE .....	146
CARGADERO .....	152
CUBETOS .....	156
TANQUES.....	158
CASETA DE VIGILANCIA PREFABRICADA.....	159
PUESTO DE CONTROL PREFABRICADO.....	159
URBANIZACIÓN DE LA PARCELA .....	160
INSTALACIÓN ELÉCTRICA.....	166
INSTALACIÓN SUMINISTRO DE AGUA .....	170
INSTALACIÓN EVACUACIÓN PLUVIALES E HIDROCARBURADAS .....	174
INSTALACIÓN PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS.....	179
EQUIPOS .....	182
Resumen del presupuesto.....	182

## MOVIMIENTO DE TIERRAS

7.384.578,77 €

### m<sup>2</sup> Desbroce y limpieza del terreno.

Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
<b>Equipo y maquinaria</b>				
h	Pala cargadora sobre neumáticos de 120 kW/1,9 m <sup>3</sup> .	0,021	40,13	0,84
<b>Subtotal equipo y maquinaria:</b>				<b>0,84</b>
<b>Mano de obra</b>				
h	Peón ordinario construcción.	0,008	17,64	0,14
<b>Subtotal mano de obra:</b>				<b>0,14</b>
<b>Costes directos complementarios</b>				
%	Costes directos complementarios	2,000	0,98	0,02
<b>Costes directos (1+2+3):</b>				<b>1,00</b>
TOTAL = 1 €/m <sup>2</sup> x 191882 m <sup>2</sup>				<b>191.882,00 €</b>

### m<sup>3</sup> Relleno para base de pavimento.

Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
<b>Materiales</b>				
m <sup>3</sup>	Tierra de préstamo, para relleno de zanjas, compactable y exenta de áridos mayores de 8 cm, raíces, escombros, materia orgánica, detritus o cualquier otro material desaconsejable.	1,000	4,79	4,79
<b>Subtotal materiales:</b>				<b>4,79</b>
<b>Equipo y maquinaria</b>				
h	Dumper de descarga frontal de 2 t de carga útil.	0,101	9,25	0,93
h	Bandeja vibrante de guiado manual, de 300 kg, anchura de trabajo 70 cm, reversible.	0,151	6,38	0,96
h	Camión cisterna de 8 m <sup>3</sup> de capacidad.	0,010	40,02	0,40
<b>Subtotal equipo y maquinaria:</b>				<b>2,29</b>
<b>Mano de obra</b>				
h	Peón ordinario construcción.	0,062	17,64	1,09
<b>Subtotal mano de obra:</b>				<b>1,09</b>
<b>Costes directos complementarios</b>				
%	Costes directos complementarios	2,000	8,17	0,16
<b>Costes directos (1+2+3+4):</b>				<b>8,33</b>
TOTAL = 8,33 €/m <sup>3</sup> x (191882 m <sup>2</sup> x 4,5 m)				<b>7.192.696,77 €</b>

## EDIFICIO DE OFICINAS

85.771,87 €

### m<sup>3</sup> Pilar rectangular o cuadrado de hormigón armado.

Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
<b>Materiales</b>				
Ud	Separador homologado de plástico para armaduras de pilares de varios diámetros.	12,000	0,07	0,84
kg	Ferralla elaborada en taller industrial con acero en barras corrugadas, UNE-EN 10080 B 500 S, de varios diámetros.	120,000	0,81	97,20
kg	Alambre galvanizado para atar, de 1,30 mm de diámetro.	0,600	1,10	0,66
m <sup>2</sup>	Chapa metálica de 50x50 cm, para encofrado de pilares de hormigón armado de sección rectangular o cuadrada, de hasta 3 m de altura, incluso accesorios de montaje.	0,320	48,00	15,36
Ud	Puntal metálico telescópico, de hasta 3 m de altura.	0,099	13,37	1,32
Ud	Berenjeno de PVC, de varias dimensiones y 2500 mm de longitud.	17,800	0,35	6,23
l	Agente desmoldeante, a base de aceites especiales, emulsionable en agua para encofrados metálicos, fenólicos o de madera.	0,400	1,98	0,79
m <sup>3</sup>	Hormigón HA-25/B/20/IIa, fabricado en central.	1,050	65,35	68,62
<b>Subtotal materiales:</b>				<b>191,02</b>
<b>Mano de obra</b>				
h	Oficial 1ª encofrador.	4,830	19,75	95,39
h	Ayudante encofrador.	5,520	18,98	104,77
h	Oficial 1ª ferrallista.	0,682	19,75	13,47
h	Ayudante ferrallista.	0,682	18,98	12,94
h	Oficial 1ª estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón.	0,365	19,75	7,21
h	Ayudante estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón.	1,471	18,98	27,92
<b>Subtotal mano de obra:</b>				<b>261,70</b>
<b>Costes directos complementarios</b>				
%	Costes directos complementarios	2,000	452,72	9,05
<b>Costes directos (1+2+3):</b>				<b>461,77</b>
TOTAL = 461,77 €/m <sup>3</sup> x 10,8 m <sup>3</sup>				<b>4.987,12 €</b>

### m<sup>3</sup> Viga de hormigón armado.

Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
<b>Materiales</b>				
m <sup>2</sup>	Tablero de madera tratada, de 22 mm de espesor, reforzado con varillas y perfiles.	0,153	37,50	5,74
m <sup>2</sup>	Estructura soporte para encofrado recuperable, compuesta de: sopandas metálicas y accesorios de montaje.	0,026	85,00	2,21

Ud	Puntal metálico telescópico, de hasta 3 m de altura.	0,089	13,37	1,19
m <sup>3</sup>	Madera de pino.	0,010	238,16	2,38
kg	Puntas de acero de 20x100 mm.	0,133	7,00	0,93
l	Agente desmoldeante, a base de aceites especiales, emulsionable en agua para encofrados metálicos, fenólicos o de madera.	0,100	1,98	0,20
Ud	Separador homologado para vigas.	4,000	0,08	0,32
kg	Ferralla elaborada en taller industrial con acero en barras corrugadas, UNE-EN 10080 B 500 S, de varios diámetros.	150,000	0,81	121,50
kg	Alambre galvanizado para atar, de 1,30 mm de diámetro.	1,350	1,10	1,49
m <sup>3</sup>	Hormigón HA-25/B/20/IIa, fabricado en central.	1,050	65,35	68,62
			<b>Subtotal materiales:</b>	<b>204,58</b>
<b>Mano de obra</b>				
h	Oficial 1ª encofrador.	1,691	19,75	33,40
h	Ayudante encofrador.	1,691	18,98	32,10
h	Oficial 1ª ferrallista.	1,218	19,75	24,06
h	Ayudante ferrallista.	1,218	18,98	23,12
h	Oficial 1ª estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón.	0,345	19,75	6,81
h	Ayudante estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón.	1,390	18,98	26,38
			<b>Subtotal mano de obra:</b>	<b>145,87</b>
<b>Costes directos complementarios</b>				
%	Costes directos complementarios	2,000	350,45	7,01
			<b>Costes directos (1+2+3):</b>	<b>357,46</b>
TOTAL = 357,46 €/m <sup>3</sup> x 11,8 m <sup>3</sup>				<b>4.218,03 €</b>

### m<sup>2</sup> Escalera de hormigón visto.

Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
<b>Materiales</b>				
m	Tablón de madera de pino, de 20x7,2 cm.	0,750	4,39	3,29
m <sup>2</sup>	Tablero aglomerado hidrófugo, con una de sus caras plastificada, de 10 mm de espesor.	1,150	5,55	6,38
m <sup>2</sup>	Sistema de encofrado para formación de peldaño en losas inclinadas de escalera de hormigón armado, con puntales y tableros de madera.	0,200	17,40	3,48
Ud	Puntal metálico telescópico, de hasta 3 m de altura.	0,013	13,37	0,17
m <sup>3</sup>	Madera de pino.	0,003	238,16	0,71
kg	Puntas de acero de 20x100 mm.	0,040	7,00	0,28
l	Agente desmoldeante biodegradable en fase acuosa para hormigones con acabado visto.	0,013	8,15	0,11
Ud	Separador homologado para losas de escalera.	3,000	0,08	0,24
kg	Ferralla elaborada en taller industrial con acero en barras corrugadas, UNE-EN 10080 B 500 S, de varios diámetros.	18,000	0,81	14,58
kg	Alambre galvanizado para atar, de 1,30 mm de diámetro.	0,270	1,10	0,30
m <sup>3</sup>	Hormigón HA-25/P/20/IIa, fabricado en central.	0,373	61,95	23,11

l	Agente filmógeno para el curado de hormigones y morteros, con acabado visto.	0,173	4,12	0,71
<b>Subtotal materiales:</b>				<b>53,36</b>
<b>Mano de obra</b>				
h	Oficial 1ª encofrador.	1,091	19,75	21,55
h	Ayudante encofrador.	1,033	18,98	19,61
h	Oficial 1ª ferrallista.	0,274	19,75	5,41
h	Ayudante ferrallista.	0,274	18,98	5,20
h	Oficial 1ª estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón.	0,057	19,75	1,13
h	Ayudante estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón.	0,230	18,98	4,37
<b>Subtotal mano de obra:</b>				<b>57,27</b>
<b>Costes directos complementarios</b>				
%	Costes directos complementarios	2,000	110,63	2,21
<b>Costes directos (1+2+3):</b>				<b>112,84</b>
TOTAL = 112,84 €/m2 x 16 m2				<b>1.805,44 €</b>

### m<sup>3</sup> Losa de cimentación.

Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
<b>Materiales</b>				
Ud	Separador homologado para cimentaciones.	5,000	0,13	0,65
kg	Acero en barras corrugadas, UNE-EN 10080 B 500 S, suministrado en obra en barras sin elaborar, de varios diámetros.	86,700	0,62	53,75
kg	Alambre galvanizado para atar, de 1,30 mm de diámetro.	0,425	1,10	0,47
m <sup>3</sup>	Hormigón HA-25/B/20/IIa, fabricado en central.	1,050	65,35	68,62
<b>Subtotal materiales:</b>				<b>123,49</b>
<b>Equipo y maquinaria</b>				
h	Regla vibrante de 3 m.	0,335	4,66	1,56
h	Camión bomba estacionado en obra, para bombeo de hormigón.	0,042	169,73	7,13
<b>Subtotal equipo y maquinaria:</b>				<b>8,69</b>
<b>Mano de obra</b>				
h	Oficial 1ª ferrallista.	0,551	19,75	10,88
h	Ayudante ferrallista.	0,827	18,98	15,70
h	Oficial 1ª estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón.	0,009	19,75	0,18
h	Ayudante estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón.	0,122	18,98	2,32
<b>Subtotal mano de obra:</b>				<b>29,08</b>
<b>Costes directos complementarios</b>				
%	Costes directos complementarios	2,000	161,26	3,23
<b>Costes directos (1+2+3+4):</b>				<b>164,49</b>
TOTAL = 164,49 €/m3 x 120 m3				<b>19.738,80 €</b>

**m<sup>2</sup> Forjado unidireccional con vigas planas y viguetas prefabricadas.**

Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
<b>Materiales</b>				
m <sup>2</sup>	Tablero de madera tratada, de 22 mm de espesor, reforzado con varillas y perfiles.	0,044	37,50	1,65
m <sup>2</sup>	Estructura soporte para encofrado recuperable, compuesta de: sopandas metálicas y accesorios de montaje.	0,007	85,00	0,60
Ud	Puntal metálico telescópico, de hasta 3 m de altura.	0,027	13,37	0,36
m <sup>3</sup>	Madera de pino.	0,003	238,16	0,71
kg	Puntas de acero de 20x100 mm.	0,040	7,00	0,28
l	Agente desmoldeante, a base de aceites especiales, emulsionable en agua para encofrados metálicos, fenólicos o de madera.	0,030	1,98	0,06
Ud	Bovedilla de hormigón, 60x20x25 cm. Incluso piezas especiales.	5,250	0,60	3,15
m	Semivigueta pretensada, T-12, Lmedia = <4 m, según UNE-EN 15037-1.	0,165	3,19	0,53
m	Semivigueta pretensada, T-12, Lmedia = 4/5 m, según UNE-EN 15037-1.	0,908	3,87	3,51
m	Semivigueta pretensada, T-12, Lmedia = 5/6 m, según UNE-EN 15037-1.	0,495	4,13	2,04
m	Semivigueta pretensada, T-12, Lmedia = >6 m, según UNE-EN 15037-1.	0,083	4,52	0,38
Ud	Separador homologado para vigas.	0,800	0,08	0,06
kg	Ferralla elaborada en taller industrial con acero en barras corrugadas, UNE-EN 10080 B 500 S, de varios diámetros.	11,000	0,81	8,91
kg	Alambre galvanizado para atar, de 1,30 mm de diámetro.	0,110	1,10	0,12
m <sup>2</sup>	Malla electrosoldada ME 20x20 Ø 5-5 B 500 T 6x2,20 UNE-EN 10080.	1,100	1,35	1,49
m <sup>3</sup>	Hormigón HA-25/B/20/IIa, fabricado en central.	0,150	65,35	9,80
l	Agente filmógeno para el curado de hormigones y morteros.	0,150	1,94	0,29
			<b>Subtotal materiales:</b>	<b>33,94</b>
<b>Mano de obra</b>				
h	Oficial 1ª encofrador.	0,577	19,75	11,40
h	Ayudante encofrador.	0,566	18,98	10,74
h	Oficial 1ª ferrallista.	0,112	19,75	2,21
h	Ayudante ferrallista.	0,112	18,98	2,13
h	Oficial 1ª estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón.	0,047	19,75	0,93
h	Ayudante estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón.	0,182	18,98	3,45
			<b>Subtotal mano de obra:</b>	<b>30,86</b>
<b>Costes directos complementarios</b>				
%	Costes directos complementarios	2,000	64,80	1,30
			<b>Costes directos (1+2+3):</b>	<b>66,10</b>
				<b>25.382,4</b>
				<b>€</b>

TOTAL = 66,10 €/m<sup>2</sup> x 384 m<sup>2</sup>

**m<sup>2</sup> Sistema "DBBLOK" de partición interior de ladrillo de hormigón con aislamiento acústico.**

Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio	
			unitario	Importe
<b>Materiales</b>				
Ud	Ladrillo de hormigón hueco acústico, Geroblok Tabique "DBBLOK", para revestir, de 49x6,5x19 cm, con un aislamiento a ruido aéreo de 38,5 dBA.	10,000	0,37	3,70
m <sup>3</sup>	Agua.	0,006	1,50	0,01
t	Mortero industrial para albañilería, de cemento, color gris, categoría M-7,5 (resistencia a compresión 7,5 N/mm <sup>2</sup> ), suministrado en sacos, según UNE-EN 998-2.	0,009	34,81	0,31
m <sup>3</sup>	Pasta de yeso de construcción para proyectar mediante mezcladora-bombeadora B1, según UNE-EN 13279-1.	0,030	94,66	2,84
m	Guardavivos de plástico y metal, estable a la acción de los sulfatos.	0,215	0,35	0,08
m <sup>3</sup>	Pasta de yeso para aplicación en capa fina C6, según UNE-EN 13279-1.	0,003	88,58	0,27
<b>Subtotal materiales:</b>				<b>7,21</b>
<b>Equipo y maquinaria</b>				
h	Mezcladora-bombeadora para morteros y yesos proyectados, de 3 m <sup>3</sup> /h.	0,197	7,95	1,57
<b>Subtotal equipo y maquinaria:</b>				<b>1,57</b>
<b>Mano de obra</b>				
h	Oficial 1ª construcción en trabajos de albañilería.	0,609	18,91	11,52
h	Peón ordinario construcción en trabajos de albañilería.	0,329	17,64	5,80
h	Oficial 1ª yesero.	0,507	18,91	9,59
h	Ayudante yesero.	0,254	18,17	4,62
<b>Subtotal mano de obra:</b>				<b>31,53</b>
<b>Costes directos complementarios</b>				
%	Costes directos complementarios	2,000	40,31	0,81
				<b>Costes directos (1+2+3+4):</b>
				<b>41,12</b>
TOTAL = 41,12 €/m <sup>2</sup> x 100 m <sup>2</sup>				<b>4.112 €</b>

**m<sup>2</sup> Fachada pesada de paneles prefabricados de hormigón armado.**

Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio	
			unitario	Importe
<b>Materiales</b>				
m <sup>2</sup>	Panel prefabricado, liso, de hormigón armado de 12 cm de espesor, 3 m de anchura y 14 m de longitud máxima, con los bordes machihembrados, acabado liso de color blanco a una cara, para formación de cerramiento. Según UNE-EN 14992.	1,000	46,56	46,56
kg	Masilla caucho-asfáltica para sellado en frío de juntas de paneles prefabricados de hormigón.	1,000	1,96	1,96

m	Tablón de madera de pino, de 20x7,2 cm.	0,020	4,39	0,09
Ud	Puntal metálico telescópico, de hasta 3 m de altura.	0,013	13,37	0,17
		<b>Subtotal materiales:</b>		<b>48,78</b>
<b>Equipo y maquinaria</b>				
h	Grúa autopropulsada de brazo telescópico con una capacidad de elevación de 30 t y 27 m de altura máxima de trabajo.	0,145	66,84	9,69
		<b>Subtotal equipo y maquinaria:</b>		<b>9,69</b>
<b>Mano de obra</b>				
h	Oficial 1ª montador de paneles prefabricados de hormigón.	0,213	19,48	4,15
h	Ayudante montador de paneles prefabricados de hormigón.	0,213	18,17	3,87
		<b>Subtotal mano de obra:</b>		<b>8,02</b>
<b>Costes directos complementarios</b>				
%	Costes directos complementarios	2,000	66,49	1,33
		<b>Costes directos (1+2+3+4):</b>		<b>67,82</b>
				<b>22.787,52</b>
				<b>€</b>
TOTAL = 67,82 €/m2 x 336 m2				

### Ud Puerta interior abatible, de madera.

Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
<b>Materiales</b>				
Ud	Preferido de madera de pino, 90x35 mm, para puerta de una hoja, con elementos de fijación.	1,000	17,39	17,39
m	Galce de MDF, con rechapado de madera, pino país, 90x20 mm, barnizado en taller.	5,100	3,71	18,92
Ud	Puerta interior ciega, de tablero aglomerado, chapado con pino país, barnizada en taller, con plafones de forma recta, de 203x82,5x3,5 cm. Según UNE 56803.	1,000	113,97	113,97
m	Tapajuntas de MDF, con rechapado de madera, pino país, 70x10 mm, barnizado en taller.	10,400	1,61	16,74
Ud	Pernio de 100x58 mm, con remate, de latón, acabado brillante, para puerta de paso interior.	3,000	0,74	2,22
Ud	Tornillo de latón 21/35 mm.	18,000	0,06	1,08
Ud	Cerradura de embutir, frente, accesorios y tornillos de atado, para puerta de paso interior, según UNE-EN 12209.	1,000	11,29	11,29
Ud	Juego de manivela y escudo largo de latón, color negro, acabado brillante, serie básica, para puerta interior.	1,000	8,12	8,12
		<b>Subtotal materiales:</b>		<b>189,73</b>
<b>Mano de obra</b>				
h	Oficial 1ª carpintero.	0,911	19,21	17,50
h	Ayudante carpintero.	0,911	18,30	16,67
		<b>Subtotal mano de obra:</b>		<b>34,17</b>
<b>Costes directos complementarios</b>				
%	Costes directos complementarios	2,000	223,90	4,48
		<b>Costes directos (1+2+3):</b>		<b>228,38</b>
				<b>2.740,56</b>
				<b>€</b>
TOTAL = 228,38 €/ud x 12 udes.				

## NAVE

**811.253,08 €**

### kg Acero en pilares.

Acero UNE-EN 10025 S275JR, en pilares formados por piezas simples de perfiles laminados en caliente de las series IPN, IPE, HEB, HEA, HEM o UPN, acabado con imprimación antioxidante, colocado con uniones soldadas en obra, a una altura de hasta 3 m. El precio incluye las soldaduras, los cortes, los despuntes, las piezas especiales, las placas de arranque y de transición de pilar inferior a superior, los casquillos y los elementos auxiliares de montaje.

Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
<b>Materiales</b>				
kg	Acero laminado UNE-EN 10025 S275JR, en perfiles laminados en caliente, piezas simples, para aplicaciones estructurales, de las series IPN, IPE, HEB, HEA, HEM o UPN, acabado con imprimación antioxidante. Trabajado y montado en taller, para colocar con uniones soldadas en obra.	1,000	0,96	0,96
<b>Subtotal materiales:</b>				<b>0,96</b>
<b>Equipo y maquinaria</b>				
h	Equipo y elementos auxiliares para soldadura eléctrica.	0,015	3,19	0,05
<b>Subtotal equipo y maquinaria:</b>				<b>0,05</b>
<b>Mano de obra</b>				
h	Oficial 1ª montador de estructura metálica.	0,015	19,75	0,30
h	Ayudante montador de estructura metálica.	0,015	18,98	0,28
<b>Subtotal mano de obra:</b>				<b>0,58</b>
<b>Costes directos complementarios</b>				
%	Costes directos complementarios	2,000	1,59	0,03
<b>Costes directos (1+2+3+4):</b>				<b>1,62</b>
<b>TOTAL = 1,62 €/kg x 122460 kg</b>				<b>198.385,20 €</b>

### kg Acero en vigas.

Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
<b>Materiales</b>				
kg	Acero laminado UNE-EN 10025 S275JR, en perfiles laminados en caliente, piezas simples, para aplicaciones estructurales, de las series IPN, IPE, HEB, HEA, HEM o UPN, acabado con imprimación antioxidante. Trabajado y montado en taller, para colocar con uniones soldadas en obra.	1,000	0,96	0,96
<b>Subtotal materiales:</b>				<b>0,96</b>
<b>Equipo y maquinaria</b>				

h	Equipo y elementos auxiliares para soldadura eléctrica.	0,018	3,19	0,06
<b>Subtotal equipo y maquinaria:</b>				<b>0,06</b>
<b>Mano de obra</b>				
h	Oficial 1ª montador de estructura metálica.	0,018	19,75	0,36
h	Ayudante montador de estructura metálica.	0,010	18,98	0,19
<b>Subtotal mano de obra:</b>				<b>0,55</b>
<b>Costes directos complementarios</b>				
%	Costes directos complementarios	2,000	1,57	0,03
<b>Costes directos (1+2+3+4):</b>				<b>1,60</b>
TOTAL = 1,6 €/kg x 135648 kg				<b>217.036,80 €</b>

### m<sup>2</sup> Cobertura de paneles sándwich aislantes, de acero.

Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
<b>Materiales</b>				
m <sup>2</sup>	Panel sándwich aislante de acero, para cubiertas, con la superficie exterior grecada y la superficie interior lisa, de 30 mm de espesor y 1150 mm de anchura, formado por doble cara metálica de chapa estándar de acero, acabado prelacado, de espesor exterior 0,5 mm y espesor interior 0,5 mm y alma aislante de lana de roca de densidad media 145 kg/m <sup>3</sup> , y accesorios.	1,130	34,18	38,62
Ud	Kit de accesorios de fijación, para paneles sándwich aislantes, en cubiertas inclinadas.	1,000	1,00	1,00
m	Cinta flexible de butilo, adhesiva por ambas caras, para el sellado de estanqueidad de los solapes entre paneles sándwich.	2,100	4,05	8,51
kg	Pintura antioxidante de secado rápido, a base de resinas, pigmentos de aluminio con resistencia a los rayos UV y partículas de vidrio termoendurecido, con resistencia a la intemperie y al envejecimiento, repelente del agua y la suciedad y con alta resistencia a los agentes químicos; para aplicar con brocha, rodillo o pistola.	0,070	1,00	0,07
<b>Subtotal materiales:</b>				<b>48,20</b>
<b>Mano de obra</b>				
h	Oficial 1ª montador de cerramientos industriales.	0,081	19,48	1,58
h	Ayudante montador de cerramientos industriales.	0,081	18,17	1,47
<b>Subtotal mano de obra:</b>				<b>3,05</b>
<b>Costes directos complementarios</b>				
%	Costes directos complementarios	2,000	51,25	1,03
<b>Costes directos (1+2+3):</b>				<b>52,28</b>
TOTAL = 52,28 €/m <sup>2</sup> x 420 m <sup>2</sup>				<b>21.957,60 €</b>

**m<sup>2</sup> Fachada pesada de paneles alveolares prefabricados de hormigón pretensado.**

Cerramiento de fachada formado por paneles alveolares prefabricados de hormigón pretensado, de 16 cm de espesor, 1,2 m de anchura y 9 m de longitud máxima, acabado liso, de color gris, dispuestos en posición horizontal.

		<b>unitario</b>		
<b>Materiales</b>				
m <sup>2</sup>	Panel alveolar prefabricado de hormigón pretensado, de 16 cm de espesor, 1,2 m de anchura y 9 m de longitud máxima, con los bordes machihembrados, acabado liso, de color gris, para formación de cerramiento. Según UNE-EN 14992.	1,000	17,97	17,97
kg	Masilla caucho-asfáltica para sellado en frío de juntas de paneles prefabricados de hormigón.	0,070	1,96	0,14
<b>Subtotal materiales:</b>				<b>18,11</b>
<b>Equipo y maquinaria</b>				
h	Grúa autopropulsada de brazo telescópico con una capacidad de elevación de 30 t y 27 m de altura máxima de trabajo.	0,032	66,84	2,14
<b>Subtotal equipo y maquinaria:</b>				<b>2,14</b>
<b>Mano de obra</b>				
h	Oficial 1ª montador de paneles prefabricados de hormigón.	0,051	19,48	0,99
h	Ayudante montador de paneles prefabricados de hormigón.	0,051	18,17	0,93
<b>Subtotal mano de obra:</b>				<b>1,92</b>
<b>Costes directos complementarios</b>				
%	Costes directos complementarios	2,000	22,17	0,44
<b>Costes directos (1+2+3+4):</b>				<b>22,61</b>
<b>TOTAL = 22,61 €/m<sup>2</sup> x 1120 m<sup>2</sup></b>				<b>25.323,2 €</b>

**m<sup>2</sup> Lucernario de placas translúcidas.**

<b>Unidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Importe</b>
<b>Materiales</b>				
m <sup>2</sup>	Repercusión por m <sup>2</sup> de lucernario a un agua con una luz máxima menor de 3 m de la estructura autoportante formada por perfiles de aluminio extrusionados, con aleación 6063 y tratamiento térmico T5.	1,000	58,86	58,86
m <sup>2</sup>	Repercusión por m <sup>2</sup> de lucernario a un agua con una luz máxima menor de 3 m de los elementos de remate, tornillería y piezas de anclaje del lucernario.	1,000	17,25	17,25
m <sup>2</sup>	Placa alveolar translúcida, de policarbonato celular, espesor 6 mm, incolora.	1,050	22,16	23,27
m	Perfil universal de aluminio, con gomas de estanqueidad de EPDM, para cierres de juntas entre placas de policarbonato celular en lucernarios.	2,000	12,20	24,40
Ud	Material auxiliar para montaje de placas de policarbonato celular en lucernarios.	1,500	1,35	2,03
<b>Subtotal materiales:</b>				<b>125,81</b>

<b>Mano de obra</b>				
h	Oficial 1ª montador.	2,932	19,48	57,12
h	Ayudante montador.	2,932	18,17	53,27
		<b>Subtotal mano de obra:</b>		<b>110,39</b>
<b>Costes directos complementarios</b>				
%	Costes directos complementarios	2,000	236,20	4,72
		<b>Costes directos (1+2+3):</b>		<b>240,92</b>
TOTAL = 240,92 €/m2 x 80 m2				<b>19.273,60 €</b>

### **m<sup>2</sup> Puerta industrial apilable de apertura rápida, de lona de PVC.**

Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
<b>Materiales</b>				
m <sup>2</sup>	Puerta industrial apilable de apertura rápida, de entre 4,5 y 5 m de altura máxima, formada por lona de PVC, marco y estructura de acero galvanizado, cuadro de maniobra, pulsador, fotocélula de seguridad y mecanismos, según UNE-EN 13241-1.	1,000	203,70	203,70
<b>Subtotal materiales:</b>				<b>203,70</b>
<b>Mano de obra</b>				
h	Oficial 1ª montador.	0,465	19,48	9,06
h	Ayudante montador.	0,465	18,17	8,45
h	Oficial 1ª electricista.	0,303	19,48	5,90
<b>Subtotal mano de obra:</b>				<b>23,41</b>
<b>Costes directos complementarios</b>				
%	Costes directos complementarios	2,000	227,11	4,54
<b>Costes directos (1+2+3):</b>				<b>231,65</b>
TOTAL = 231,65 €/m2 x 40 m2				<b>9.266,00 €</b>

### **Ud Puerta interior abatible, de acero galvanizado.**

Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
<b>Materiales</b>				
Ud	Puerta interior abatible de una hoja de 38 mm de espesor, 700x1945 mm de luz y altura de paso, acabado galvanizado formada por dos chapas de acero galvanizado de 0,5 mm de espesor con rejillas de ventilación troqueladas en la parte superior e inferior, de 200x250 mm cada una, plegadas, ensambladas y montadas, con cámara intermedia rellena de poliuretano, sobre marco de acero galvanizado de 1 mm de espesor con patillas de anclaje a obra, con bisagras soldadas al marco y remachadas a la hoja, cerradura embutida de cierre a un punto, cilindro de latón con llave, escudos y manivelas de nylon color negro.	1,000	80,17	80,17
<b>Subtotal materiales:</b>				<b>80,17</b>

<b>Mano de obra</b>				
h	Oficial 1ª cerrajero.	0,203	19,17	3,89
h	Ayudante cerrajero.	0,203	18,24	3,70
			<b>Subtotal mano de obra:</b>	<b>7,59</b>
<b>Costes directos complementarios</b>				
%	Costes directos complementarios	2,000	87,76	1,76
			<b>Costes directos (1+2+3):</b>	<b>89,52</b>
TOTAL = 89,52 €/ud x 10 uds.				<b>895,20 €</b>

### **m<sup>3</sup> Zapata de cimentación de hormigón armado.**

Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
<b>Materiales</b>				
Ud	Separador homologado para cimentaciones.	8,000	0,13	1,04
kg	Ferralla elaborada en taller industrial con acero en barras corrugadas, UNE-EN 10080 B 500 S, de varios diámetros.	50,000	0,81	40,50
kg	Alambre galvanizado para atar, de 1,30 mm de diámetro.	0,200	1,10	0,22
m <sup>3</sup>	Hormigón HA-25/B/20/IIa, fabricado en central.	1,100	65,35	71,89
			<b>Subtotal materiales:</b>	<b>113,65</b>
<b>Mano de obra</b>				
h	Oficial 1ª ferrallista.	0,081	19,75	1,60
h	Ayudante ferrallista.	0,122	18,98	2,32
h	Oficial 1ª estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón.	0,051	19,75	1,01
h	Ayudante estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón.	0,304	18,98	5,77
			<b>Subtotal mano de obra:</b>	<b>10,70</b>
<b>Costes directos complementarios</b>				
%	Costes directos complementarios	2,000	124,35	2,49
			<b>Costes directos (1+2+3):</b>	<b>126,84</b>
TOTAL = 126,84 €/m <sup>3</sup> x 34 m <sup>3</sup>				<b>4.312,56 €</b>

### **m<sup>3</sup> Viga entre zapatas.**

Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
<b>Materiales</b>				
Ud	Separador homologado para cimentaciones.	10,000	0,13	1,30
kg	Ferralla elaborada en taller industrial con acero en barras corrugadas, UNE-EN 10080 B 500 S, de varios diámetros.	60,000	0,81	48,60
kg	Alambre galvanizado para atar, de 1,30 mm de diámetro.	0,480	1,10	0,53
m <sup>3</sup>	Hormigón HA-25/B/20/IIa, fabricado en central.	1,050	65,35	68,62
			<b>Subtotal materiales:</b>	<b>119,05</b>
<b>Mano de obra</b>				
h	Oficial 1ª ferrallista.	0,195	19,75	3,85
h	Ayudante ferrallista.	0,195	18,98	3,70
h	Oficial 1ª estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón.	0,071	19,75	1,40

h	Ayudante estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón.	0,284	18,98	5,39
			<b>Subtotal mano de obra:</b>	<b>14,34</b>
<b>Costes directos complementarios</b>				
%	Costes directos complementarios	2,000	133,39	2,67
			<b>Costes directos (1+2+3):</b>	<b>136,06</b>
TOTAL = 136,06 €/m3 x 17 m3				<b>2.313,02 €</b>

### kg Acero en correas metálicas.

Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
<b>Materiales</b>				
kg	Acero laminado UNE-EN 10025 S275JR, para correa formada por pieza simple, de perfiles laminados en caliente de las series IPN, IPE, HEB, HEA, HEM y UPN, acabado con imprimación antioxidante, trabajado en taller, para colocar en obra mediante soldadura.	1,000	0,86	0,86
			<b>Subtotal materiales:</b>	<b>0,86</b>
<b>Equipo y maquinaria</b>				
h	Equipo de oxicorte, con acetileno como combustible y oxígeno como comburente.	0,035	7,36	0,26
			<b>Subtotal equipo y maquinaria:</b>	<b>0,26</b>
<b>Mano de obra</b>				
h	Oficial 1ª montador de estructura metálica.	0,035	19,75	0,69
h	Ayudante montador de estructura metálica.	0,020	18,98	0,38
			<b>Subtotal mano de obra:</b>	<b>1,07</b>
<b>Costes directos complementarios</b>				
%	Costes directos complementarios	2,000	2,19	0,04
			<b>Costes directos (1+2+3+4):</b>	<b>2,23</b>
TOTAL = 2,23 €/kg x 140130 kg				<b>312.489,90 €</b>

## CARGADERO

387.064,39 €

### kg Acero en pilares.

Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
<b>Materiales</b>				
kg	Acero laminado UNE-EN 10025 S275JR, en perfiles laminados en caliente, piezas simples, para aplicaciones estructurales, de las series IPN, IPE, HEB, HEA, HEM o UPN, acabado con imprimación antioxidante. Trabajado y montado en taller, para colocar con uniones soldadas en obra.	1,000	0,96	0,96
<b>Subtotal materiales:</b>				<b>0,96</b>
<b>Equipo y maquinaria</b>				
h	Equipo y elementos auxiliares para soldadura eléctrica.	0,015	3,19	0,05
<b>Subtotal equipo y maquinaria:</b>				<b>0,05</b>
<b>Mano de obra</b>				
h	Oficial 1ª montador de estructura metálica.	0,015	19,75	0,30
h	Ayudante montador de estructura metálica.	0,015	18,98	0,28
<b>Subtotal mano de obra:</b>				<b>0,58</b>
<b>Costes directos complementarios</b>				
%	Costes directos complementarios	2,000	1,59	0,03
<b>Costes directos (1+2+3+4):</b>				<b>1,62</b>
TOTAL = 1,62 €/kg x 92316 kg				<b>149.551,92 €</b>

### kg Acero en vigas.

Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
<b>Materiales</b>				
kg	Acero laminado UNE-EN 10025 S275JR, en perfiles laminados en caliente, piezas simples, para aplicaciones estructurales, de las series IPN, IPE, HEB, HEA, HEM o UPN, acabado con imprimación antioxidante.	1,000	0,96	0,96
<b>Subtotal materiales:</b>				<b>0,96</b>
<b>Equipo y maquinaria</b>				
h	Equipo y elementos auxiliares para soldadura eléctrica.	0,018	3,19	0,06
<b>Subtotal equipo y maquinaria:</b>				<b>0,06</b>
<b>Mano de obra</b>				
h	Oficial 1ª montador de estructura metálica.	0,018	19,75	0,36
h	Ayudante montador de estructura metálica.	0,010	18,98	0,19
<b>Subtotal mano de obra:</b>				<b>0,55</b>

<b>Costes directos complementarios</b>				
%	Costes directos complementarios	2,000	1,57	0,03
				<b>Costes directos (1+2+3+4):</b> 1,60
TOTAL = 1,6 €/kg x 80000 kg				<b>128.000,00 €</b>

### kg Acero en correas metálicas.

Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
<b>Materiales</b>				
kg	Acero laminado UNE-EN 10025 S275JR, para correa formada por pieza simple, de perfiles laminados en caliente de las series IPN, IPE, HEB, HEA, HEM y UPN, acabado con imprimación antioxidante, trabajado en taller, para colocar en obra mediante soldadura.	1,000	0,86	0,86
<b>Subtotal materiales:</b>				<b>0,86</b>
<b>Equipo y maquinaria</b>				
h	Equipo de oxicorte, con acetileno como combustible y oxígeno como comburente.	0,035	7,36	0,26
<b>Subtotal equipo y maquinaria:</b>				<b>0,26</b>
<b>Mano de obra</b>				
h	Oficial 1ª montador de estructura metálica.	0,035	19,75	0,69
h	Ayudante montador de estructura metálica.	0,020	18,98	0,38
<b>Subtotal mano de obra:</b>				<b>1,07</b>
<b>Costes directos complementarios</b>				
%	Costes directos complementarios	2,000	2,19	0,04
				<b>Costes directos (1+2+3+4):</b> 2,23
TOTAL = 2,23 €/kg x 47100 kg				<b>105.033,00 €</b>

### m<sup>2</sup> Cobertura de chapa perfilada de acero.

Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
<b>Materiales</b>				
m <sup>2</sup>	Chapa perfilada de acero galvanizado prelacado, de 0,6 mm de espesor, con nervios de entre 40 y 50 mm de altura de cresta, a una separación de entre 250 y 270 mm e inercia entre 13 y 21 cm <sup>4</sup> , según UNE-EN 14782.	1,050	6,15	6,46
Ud	Kit de accesorios de fijación, para chapas perfiladas, en cubiertas inclinadas.	1,000	1,00	1,00
<b>Subtotal materiales:</b>				<b>7,46</b>
<b>Mano de obra</b>				
h	Oficial 1ª montador de cerramientos industriales.	0,253	19,48	4,93
h	Ayudante montador de cerramientos industriales.	0,127	18,17	2,31
<b>Subtotal mano de obra:</b>				<b>7,24</b>
<b>Costes directos complementarios</b>				

%	Costes directos complementarios	2,000	14,70	0,29
			<b>Costes directos (1+2+3):</b>	14,99
TOTAL = 14,99 €/m2 x 150 m2				<b>2.248,50 €</b>

### **m<sup>3</sup> Zapata de cimentación de hormigón armado.**

Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
<b>Materiales</b>				
Ud	Separador homologado para cimentaciones.	8,000	0,13	1,04
kg	Ferralla elaborada en taller industrial con acero en barras corrugadas, UNE-EN 10080 B 500 S, de varios diámetros.	50,000	0,81	40,50
kg	Alambre galvanizado para atar, de 1,30 mm de diámetro.	0,200	1,10	0,22
m <sup>3</sup>	Hormigón HA-25/B/20/IIa, fabricado en central.	1,100	65,35	71,89
			<b>Subtotal materiales:</b>	<b>113,65</b>
<b>Mano de obra</b>				
h	Oficial 1ª ferrallista.	0,081	19,75	1,60
h	Ayudante ferrallista.	0,122	18,98	2,32
h	Oficial 1ª estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón.	0,051	19,75	1,01
h	Ayudante estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón.	0,304	18,98	5,77
			<b>Subtotal mano de obra:</b>	<b>10,70</b>
<b>Costes directos complementarios</b>				
%	Costes directos complementarios	2,000	124,35	2,49
			<b>Costes directos (1+2+3):</b>	126,84
TOTAL = 126,84 €/m3 x 10,08 m3				<b>1.278,55 €</b>

### **m<sup>3</sup> Viga entre zapatas.**

Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
<b>Materiales</b>				
Ud	Separador homologado para cimentaciones.	10,000	0,13	1,30
kg	Ferralla elaborada en taller industrial con acero en barras corrugadas, UNE-EN 10080 B 500 S, de varios diámetros.	60,000	0,81	48,60
kg	Alambre galvanizado para atar, de 1,30 mm de diámetro.	0,480	1,10	0,53
m <sup>3</sup>	Hormigón HA-25/B/20/IIa, fabricado en central.	1,050	65,35	68,62
			<b>Subtotal materiales:</b>	<b>119,05</b>
<b>Mano de obra</b>				
h	Oficial 1ª ferrallista.	0,195	19,75	3,85
h	Ayudante ferrallista.	0,195	18,98	3,70
h	Oficial 1ª estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón.	0,071	19,75	1,40

h	Ayudante estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón.	0,284	18,98	5,39
		<b>Subtotal mano de obra:</b>		<b>14,34</b>
<b>Costes directos complementarios</b>				
%	Costes directos complementarios	2,000	133,39	2,67
		<b>Costes directos (1+2+3):</b>		<b>136,06</b>
<b>TOTAL = 136,06 €/m3 x 7 m3</b>				<b>952,42 €</b>

## CUBETOS

948.338,9 €

### m<sup>3</sup> Muro de hormigón.

Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
<b>Materiales</b>				
m <sup>2</sup>	Paneles metálicos modulares, para encofrar muros de hormigón de hasta 3 m de altura.	0,044	200,00	8,80
Ud	Estructura soporte de sistema de encofrado vertical, para muros de hormigón a dos caras, de hasta 3 m de altura, formada por tornapuntas metálicos para estabilización y aplomado de la superficie encofrante.	0,044	275,00	12,10
l	Agente desmoldeante, a base de aceites especiales, emulsionable en agua para encofrados metálicos, fenólicos o de madera.	0,200	1,98	0,40
Ud	Pasamuros de PVC para paso de los tensores del encofrado, de varios diámetros y longitudes.	2,667	0,93	2,48
Ud	Separador homologado para muros.	8,000	0,06	0,48
kg	Acero en barras corrugadas, UNE-EN 10080 B 500 S, suministrado en obra en barras sin elaborar, de varios diámetros.	51,000	0,62	31,62
kg	Alambre galvanizado para atar, de 1,30 mm de diámetro.	0,650	1,10	0,72
m <sup>3</sup>	Hormigón HA-25/B/20/IIa, fabricado en central.	1,050	65,35	68,62
<b>Subtotal materiales:</b>				<b>125,22</b>
<b>Mano de obra</b>				
h	Oficial 1ª encofrador.	1,674	19,75	33,06
h	Ayudante encofrador.	1,826	18,98	34,66
h	Oficial 1ª ferrallista.	0,446	19,75	8,81
h	Ayudante ferrallista.	0,568	18,98	10,78
h	Oficial 1ª estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón.	0,254	19,75	5,02
h	Ayudante estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón.	1,015	18,98	19,26
<b>Subtotal mano de obra:</b>				<b>111,59</b>
<b>Costes directos complementarios</b>				
%	Costes directos complementarios	2,000	236,81	4,74
<b>Costes directos (1+2+3):</b>				<b>241,55</b>
<b>TOTAL = 241,55 €/m<sup>3</sup> x (370 + 468) m<sup>3</sup></b>				<b>202.418,90 €</b>

**m<sup>2</sup> Impermeabilización de solera en contacto con el terreno, con geocompuesto de bentonita de sodio.**

Impermeabilización de solera en contacto con el terreno, con geocompuesto de bentonita de sodio, de 6 mm de espesor, formado por un geotextil no tejido de polipropileno, de 200 g/m<sup>2</sup>, 5 kg/m<sup>2</sup> de gránulos de bentonita de sodio natural y un geotextil tejido de polipropileno, de 110 g/m<sup>2</sup>, colocado con solapes en la base de la solera, sobre una capa de hormigón de limpieza, fijado con puntas de acero, para evitar su desplazamiento, preparada para recibir directamente el hormigón de la solera. Incluso bentonita granular, para el sellado de juntas en puntos singulares. El precio no incluye la capa de hormigón de limpieza.

Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
<b>Materiales</b>				
kg	Bentonita de sodio granular.	0,130	1,15	0,15
m <sup>2</sup>	Geocompuesto de bentonita de sodio, de 6 mm de espesor, formado por un geotextil no tejido de polipropileno, de 200 g/m <sup>2</sup> , 5 kg/m <sup>2</sup> de gránulos de bentonita de sodio natural y un geotextil tejido de polipropileno, de 110 g/m <sup>2</sup> .	1,150	4,17	4,80
kg	Puntas de acero de 20x100 mm.	0,100	7,00	0,70
<b>Subtotal materiales:</b>				<b>5,65</b>
<b>Mano de obra</b>				
h	Oficial 1ª aplicador de productos impermeabilizantes.	0,141	18,91	2,67
h	Ayudante aplicador de productos impermeabilizantes.	0,141	18,17	2,56
<b>Subtotal mano de obra:</b>				<b>5,23</b>
<b>Costes directos complementarios</b>				
%	Costes directos complementarios	2,000	10,88	0,22
<b>Costes directos (1+2+3):</b>				<b>11,10</b>
TOTAL = 11,10 €/m <sup>2</sup> x 67200 m <sup>2</sup>				<b>745.920,00 €</b>

## TANQUES

5.283.750,47 €

### m<sup>3</sup> Losa de cimentación.

Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
<b>Materiales</b>				
Ud	Separador homologado para cimentaciones.	5,000	0,13	0,65
kg	Acero en barras corrugadas, UNE-EN 10080 B 500 S, suministrado en obra en barras sin elaborar, de varios diámetros.	86,700	0,62	53,75
kg	Alambre galvanizado para atar, de 1,30 mm de diámetro.	0,425	1,10	0,47
m <sup>3</sup>	Hormigón HA-25/B/20/IIa, fabricado en central.	1,050	65,35	68,62
<b>Subtotal materiales:</b>				<b>123,49</b>
<b>Equipo y maquinaria</b>				
h	Regla vibrante de 3 m.	0,335	4,66	1,56
h	Camión bomba estacionado en obra, para bombeo de hormigón.	0,042	169,73	7,13
<b>Subtotal equipo y maquinaria:</b>				<b>8,69</b>
<b>Mano de obra</b>				
h	Oficial 1 <sup>º</sup> ferrallista.	0,551	19,75	10,88
h	Ayudante ferrallista.	0,827	18,98	15,70
h	Oficial 1 <sup>º</sup> estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón.	0,009	19,75	0,18
h	Ayudante estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón.	0,122	18,98	2,32
<b>Subtotal mano de obra:</b>				<b>29,08</b>
<b>Costes directos complementarios</b>				
%	Costes directos complementarios	2,000	161,26	3,23
<b>Costes directos (1+2+3+4):</b>				<b>164,49</b>
<b>TOTAL = 164,49 €/m<sup>3</sup> x 8153 m<sup>3</sup></b>				<b>1.341.086,97 €</b>

### m Pilote barrenado y hormigonado por tubo central de barrena.

Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
<b>Materiales</b>				
Ud	Separador homologado para pilotes.	3,000	0,09	0,27
kg	Ferralla elaborada en taller industrial con acero en barras corrugadas, UNE-EN 10080 B 500 S, de varios diámetros.	8,100	0,81	6,56
kg	Alambre galvanizado para atar, de 1,30 mm de diámetro.	0,049	1,10	0,05
m <sup>3</sup>	Hormigón HA-25/F/12/IIa, fabricado en central.	0,300	70,45	21,14

		<b>Subtotal materiales:</b>		<b>28,02</b>
h	<b>Equipo y maquinaria</b> Equipo completo para perforación de pilote barrenado y hormigonado por tubo central de barrena, CPI-8.	0,100	174,72	17,47
h	Bomba estacionaria, para bombeo de hormigón.	0,060	55,91	3,35
		<b>Subtotal equipo y maquinaria:</b>		<b>20,82</b>
	<b>Mano de obra</b>			
h	Oficial 1ª ferrallista.	0,033	19,75	0,65
h	Ayudante ferrallista.	0,033	18,98	0,63
h	Oficial 1ª estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón.	0,651	19,75	12,86
h	Ayudante estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón.	0,651	18,98	12,36
		<b>Subtotal mano de obra:</b>		<b>26,50</b>
	<b>Costes directos complementarios</b>			
%	Costes directos complementarios	2,000	75,34	1,51
		<b>Costes directos (1+2+3+4):</b>		<b>76,85</b>
TOTAL = 76,85 €/m x 26710 m				<b>2.052.663,50 €</b>

Acero inoxidable	Precio unitario	m <sup>3</sup>	TOTAL
	15 €/m <sup>3</sup>	126.000 m <sup>3</sup>	<b>1.890.000 €</b>

### CASETA DE VIGILANCIA PREFABRICADA

2500 €

### PUESTO DE CONTROL PREFABRICADO

4500 €

## URBANIZACIÓN DE LA PARCELA

8.180.305,1 €

### m<sup>2</sup> Marquesina metálica para cobertura de vehículos, en aparcamiento exterior.

Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
<b>Materiales</b>				
m <sup>3</sup>	Hormigón de limpieza HL-150/B/20, fabricado en central.	0,010	56,10	0,56
m <sup>3</sup>	Hormigón HA-25/B/20/IIa, fabricado en central.	0,100	65,35	6,54
kg	Acero en barras corrugadas, UNE-EN 10080 B 500 S, suministrado en obra en barras sin elaborar, de varios diámetros.	4,140	0,62	2,57
Ud	Separador homologado para cimentaciones.	0,800	0,13	0,10
kg	Pletina de acero laminado UNE-EN 10025 S275JR, para aplicaciones estructurales. Trabajada y montada en taller, para colocar con uniones soldadas en obra.	0,470	1,34	0,63
kg	Acero laminado UNE-EN 10025 S275JR, en perfiles laminados en caliente, piezas simples, para aplicaciones estructurales, acabado con imprimación antioxidante. Trabajado y montado en taller, para colocar con uniones soldadas en obra.	17,500	0,96	16,80
l	Imprimación de secado rápido, formulada con resinas alquídicas modificadas y fosfato de zinc.	0,167	4,80	0,80
m <sup>2</sup>	Chapa perfilada de acero galvanizado prelacado, de 0,6 mm de espesor, con nervios de entre 40 y 50 mm de altura de cresta, a una separación de entre 250 y 270 mm e inercia entre 13 y 21 cm <sup>4</sup> , según UNE-EN 14782.	1,050	6,15	6,46
Ud	Tornillo autorroscante de 6,5x70 mm de acero inoxidable, con arandela.	3,000	0,44	1,32
m	Chapa plegada de acero galvanizado, de 0,8 mm de espesor, 30 cm de desarrollo y 3 pliegues, para borde perimetral.	0,214	4,39	0,94
Ud	Tornillo autorroscante de 6,5x130 mm de acero galvanizado, con arandela.	1,200	0,35	0,42
l	Masilla de base neutra monocomponente, para sellado de juntas; para aplicar con pistola.	0,005	14,13	0,07
m	Junta de estanqueidad para chapas perfiladas de acero.	0,200	2,66	0,53
<b>Subtotal materiales:</b>				<b>37,74</b>
<b>Equipo y maquinaria</b>				
h	Retrocargadora sobre neumáticos, de 70 kW.	0,101	36,43	3,68
h	Equipo de oxicorte, con acetileno como combustible y oxígeno como comburente.	0,010	7,36	0,07
h	Equipo y elementos auxiliares para soldadura eléctrica.	0,606	3,19	1,93
<b>Subtotal equipo y maquinaria:</b>				<b>5,68</b>
<b>Mano de obra</b>				
h	Oficial 1ª estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón.	0,005	19,75	0,10

h	Ayudante estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón.	0,030	18,98	0,57
h	Oficial 1ª ferrallista.	0,065	19,75	1,28
h	Ayudante ferrallista.	0,097	18,98	1,84
h	Oficial 1ª montador de estructura metálica.	0,285	19,75	5,63
h	Ayudante montador de estructura metálica.	0,285	18,98	5,41
h	Oficial 1ª montador de cerramientos industriales.	0,313	19,48	6,10
h	Ayudante montador de cerramientos industriales.	0,156	18,17	2,83
			<b>Subtotal mano de obra:</b>	<b>23,76</b>
<b>Costes directos complementarios</b>				
%	Costes directos complementarios	4,000	67,18	2,69
			<b>Costes directos (1+2+3+4):</b>	<b>69,87</b>
TOTAL = 69,87 €/m2 x 40 m2				<b>2.794,80 €</b>

### Ud Farola para alumbrado de zonas peatonales.

Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
<b>Materiales</b>				
Ud	Arqueta de paso y derivación de 40x40x60 cm, con cerco y tapa de hierro fundido.	1,000	73,90	73,90
Ud	Caja de conexión y protección, con fusibles.	1,000	6,01	6,01
m	Conductor de cobre desnudo, de 35 mm².	2,000	2,81	5,62
Ud	Electrodo para red de toma de tierra cobreado con 300 µm, fabricado en acero, de 14 mm de diámetro y 1,5 m de longitud.	1,000	16,00	16,00
Ud	Farola con distribución de luz radialmente simétrica, con luminaria cilíndrica de 140 mm de diámetro y 1400 mm de altura, columna cilíndrica de plástico de 2600 mm, para 2 lámparas fluorescentes T5 de 54 W, con cuerpo de aluminio inyectado, aluminio y acero inoxidable, cilindro de plástico, de color blanco, portalámparas G 5, balasto electrónico, clase de protección I, grado de protección IP65, cable de 3 m de longitud, con placa de anclaje y pernos.	1,000	1546,42	1546,42
Ud	Tubo fluorescente T5 de 54 W.	2,000	6,21	12,42
			<b>Subtotal materiales:</b>	<b>1660,37</b>
<b>Equipo y maquinaria</b>				
h	Camión con grúa de hasta 12 t.	1,007	58,44	58,85
			<b>Subtotal equipo y maquinaria:</b>	<b>58,85</b>
<b>Mano de obra</b>				
h	Oficial 1ª electricista.	0,504	19,48	9,82
h	Ayudante electricista.	0,504	18,16	9,15
			<b>Subtotal mano de obra:</b>	<b>18,97</b>
<b>Costes directos complementarios</b>				
%	Costes directos complementarios	2,000	1738,19	34,76
			<b>Costes directos (1+2+3+4):</b>	<b>1772,95</b>
TOTAL = 1772,95 €/ud x 10 udes				<b>17.729,50 €</b>

**Ud Farola para alumbrado viario.**

Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
<b>Materiales</b>				
Ud	Arqueta de paso y derivación de 40x40x60 cm, con cerco y tapa de hierro fundido.	1,000	73,90	73,90
Ud	Caja de conexión y protección, con fusibles.	1,000	6,01	6,01
m	Conductor aislado de cobre para 0,6/1 kV de 2x2,5 mm <sup>2</sup> .	4,000	0,42	1,68
m	Conductor de cobre desnudo, de 35 mm <sup>2</sup> .	2,000	2,81	5,62
Ud	Electrodo para red de toma de tierra cobreado con 300 µm, fabricado en acero, de 14 mm de diámetro y 1,5 m de longitud.	1,000	16,00	16,00
Ud	Columna troncocónica de acero galvanizado de 3 mm de espesor, de 3000 mm de altura, acabado pintado. Según UNE-EN 40-5.	1,000	141,99	141,99
Ud	Luminaria decorativa con difusor de plástico y lámpara de vapor de mercurio, VM 80 W, de forma troncopiramidal, para acoplar al soporte.	1,000	99,39	99,39
<b>Subtotal materiales:</b>				<b>344,59</b>
<b>Equipo y maquinaria</b>				
h	Camión con grúa de hasta 12 t.	0,171	58,44	9,99
<b>Subtotal equipo y maquinaria:</b>				<b>9,99</b>
<b>Mano de obra</b>				
h	Oficial 1ª electricista.	0,704	19,48	13,71
h	Ayudante electricista.	0,704	18,16	12,78
<b>Subtotal mano de obra:</b>				<b>26,49</b>
<b>Costes directos complementarios</b>				
%	Costes directos complementarios	2,000	381,07	7,62
<b>Costes directos (1+2+3+4):</b>				<b>388,69</b>
TOTAL = 388,69 €/ud x 130 uds.				<b>50.529,70 €</b>

**m<sup>2</sup> Césped.**

Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
<b>Materiales</b>				
kg	Mezcla de semilla para césped.	0,030	5,00	0,15
m <sup>3</sup>	Tierra vegetal cribada, suministrada a granel.	0,150	23,70	3,56
kg	Mantillo limpio cribado.	6,000	0,03	0,18
kg	Abono para presiembra de césped.	0,100	0,41	0,04
m <sup>3</sup>	Agua.	0,150	1,50	0,23

				<b>Subtotal materiales:</b>	<b>4,16</b>
h	<b>Equipo y maquinaria</b> Rodillo ligero.	0,025	3,49	0,09	
h	Motocultor 60/80 cm.	0,050	2,70	0,14	
				<b>Subtotal equipo y maquinaria:</b>	<b>0,23</b>
h	<b>Mano de obra</b> Oficial 1ª jardinero.	0,101	18,91	1,91	
h	Peón jardinero.	0,202	17,64	3,56	
				<b>Subtotal mano de obra:</b>	<b>5,47</b>
%	<b>Costes directos complementarios</b> Costes directos complementarios	2,000	9,86	0,20	
				<b>Costes directos (1+2+3+4):</b>	<b>10,06</b>
TOTAL = 10,06 €/m2 x 40 m2					<b>402,40 €</b>

### m Muro de hormigón para vallado de parcela.

Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe	
<b>Materiales</b>					
Ud	Separador homologado para muros.	2,400	0,06	0,14	
m <sup>2</sup>	Sistema de encofrado a dos caras, para muros, formado por paneles metálicos modulares, hasta 3 m de altura, incluso elementos para paso de instalaciones.	2,000	21,31	42,62	
m <sup>2</sup>	Malla electrosoldada ME 15x15 Ø 8-8 B 500 T 6x2,20 UNE-EN 10080.	1,100	3,75	4,13	
Ud	Berenjeno de PVC, de varias dimensiones y 2500 mm de longitud.	1,000	0,35	0,35	
m <sup>3</sup>	Hormigón HA-25/B/20/IIa, fabricado en central.	0,158	65,35	10,33	
<b>Subtotal materiales:</b>				<b>57,57</b>	
<b>Mano de obra</b>					
h	Oficial 1ª estructurista.	0,342	19,75	6,75	
h	Ayudante estructurista.	0,342	18,98	6,49	
<b>Subtotal mano de obra:</b>				<b>13,24</b>	
%	<b>Costes directos complementarios</b> Costes directos complementarios	2,000	70,81	1,42	
<b>Costes directos (1+2+3):</b>				<b>72,23</b>	
TOTAL = 72,23 €/m x 108970 m					<b>7.870.903,10 €</b>

**m<sup>2</sup> Firme flexible.**

Firme flexible para tráfico pesado T41 sobre explanada E3, compuesto de capa granular de 20 cm de espesor de zahorra artificial ZA25 y mezcla bituminosa en caliente: capa de 5 cm de AC 22 bin D, según UNE-EN 13108-1; capa de rodadura de 5 cm de AC 16 surf D, según UNE-EN 13108-1.

Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
<b>Materiales</b>				
t	Zahorra artificial ZA25, coeficiente de Los Ángeles <35, adecuada para tráfico T41, según PG-3.	0,440	7,84	3,45
kg	Emulsión bituminosa, tipo ECI, a base de betún asfáltico, según PG-3.	1,000	0,26	0,26
t	Material granular para la fabricación de mezcla bituminosa en caliente AC 22 bin D, según UNE-EN 13108-1, coeficiente de Los Ángeles <=25, adecuado para tráfico T41, según PG-3. Según UNE-EN 13043.	0,104	9,26	0,96
t	Filler calizo, para mezcla bituminosa en caliente.	0,005	41,00	0,21
t	Betún asfáltico B60/70, según PG-3.	0,005	292,74	1,46
kg	Emulsión bituminosa, tipo ECR-1, a base de betún asfáltico, según PG-3.	1,000	0,24	0,24
t	Material granular para la fabricación de mezcla bituminosa en caliente AC 16 surf D, según UNE-EN 13108-1, coeficiente de Los Ángeles <=25, adecuado para tráfico T4, según PG-3. Según UNE-EN 13043.	0,101	9,79	0,99
t	Filler calizo, para mezcla bituminosa en caliente.	0,007	41,00	0,29
t	Betún asfáltico B60/70, según PG-3.	0,006	292,74	1,76
<b>Subtotal materiales:</b>				<b>9,62</b>
<b>Equipo y maquinaria</b>				
t·km	Transporte de áridos.	6,648	0,10	0,66
h	Camión basculante de 14 t de carga, de 184 kW.	0,010	39,06	0,39
h	Motoniveladora de 154 kW.	0,004	74,71	0,30
h	Camión cisterna de 8 m <sup>3</sup> de capacidad.	0,004	40,02	0,16
h	Compactador monocilíndrico vibrante autopropulsado, de 129 kW, de 16,2 t, anchura de trabajo 213,4 cm.	0,004	62,20	0,25
h	Pala cargadora sobre neumáticos de 120 kW/1,9 m <sup>3</sup> .	0,006	40,13	0,24
h	Camión cisterna equipado para riego, de 8 m <sup>3</sup> de capacidad.	0,004	41,93	0,17
h	Barredora remolcada con motor auxiliar.	0,004	12,28	0,05
h	Central asfáltica continua para fabricación de mezcla bituminosa en caliente, de 200 t/h.	0,006	308,51	1,85
t·km	Transporte de aglomerado.	3,445	0,10	0,34
Ud	Desplazamiento de maquinaria de fabricación de mezcla bituminosa en caliente.	1,007	1,03	1,04
h	Extendedora asfáltica de cadenas, de 81 kW.	0,006	80,21	0,48
h	Compactador tandem autopropulsado, de 63 kW, de 9,65 t, anchura de trabajo 168 cm.	0,006	40,93	0,25
h	Compactador de neumáticos autopropulsado, de 12/22 t.	0,006	58,11	0,35
<b>Subtotal equipo y maquinaria:</b>				<b>6,53</b>
<b>Mano de obra</b>				
h	Oficial 1ª construcción de obra civil.	0,007	18,91	0,13

h	Ayudante construcción de obra civil.	0,013	18,17	0,24
			<b>Subtotal mano de obra:</b>	<b>0,37</b>
<b>Costes directos complementarios</b>				
%	Costes directos complementarios	2,000	16,52	0,33
			<b>Costes directos (1+2+3+4):</b>	<b>16,85</b>
TOTAL = 16,85 €/m2 x 14000 m2				<b>235.900,00 €</b>

## m<sup>2</sup> Pavimento de adoquines de hormigón.

Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
<b>Materiales</b>				
t	Zahorra natural caliza.	0,230	8,66	1,99
m <sup>3</sup>	Arena de granulometría comprendida entre 0,5 y 5 mm, no conteniendo más de un 3% de materia orgánica y arcilla. Se tendrá en cuenta lo especificado en UNE 83115 sobre la friabilidad y en UNE-EN 1097-2 sobre la resistencia a la fragmentación de la arena.	0,055	24,00	1,32
Ud	Adoquín bicapa de hormigón, formato rectangular, 200x100x60 mm, acabado superficial liso, color gris, cuyas características técnicas cumplen la UNE-EN 1338 y una serie de propiedades predeterminadas: coeficiente de absorción de agua <= 6%; resistencia de rotura (splitting test) >= 3,6 MPa; carga de rotura >= 250 N/mm de la longitud de rotura; resistencia al desgaste por abrasión <= 23 mm y resistencia al deslizamiento/resbalamiento (índice USRV) > 60.	52,500	0,17	8,93
kg	Arena natural, fina y seca, de 2 mm de tamaño máximo, exenta de sales perjudiciales, presentada en sacos.	1,000	0,35	0,35
			<b>Subtotal materiales:</b>	<b>12,59</b>
<b>Equipo y maquinaria</b>				
h	Motoniveladora de 154 kW.	0,007	74,71	0,52
h	Compactador monocilíndrico vibrante autopropulsado, de 129 kW, de 16,2 t, anchura de trabajo 213,4 cm.	0,012	62,20	0,75
h	Camión cisterna de 8 m <sup>3</sup> de capacidad.	0,005	40,02	0,20
h	Bandeja vibrante de guiado manual, de 170 kg, anchura de trabajo 50 cm, reversible.	0,302	4,24	1,28
			<b>Subtotal equipo y maquinaria:</b>	<b>2,75</b>
<b>Mano de obra</b>				
h	Oficial 1ª construcción de obra civil.	0,252	18,91	4,77
h	Ayudante construcción de obra civil.	0,273	18,17	4,96
			<b>Subtotal mano de obra:</b>	<b>9,73</b>
<b>Costes directos complementarios</b>				
%	Costes directos complementarios	2,000	25,07	0,50
			<b>Costes directos (1+2+3+4):</b>	<b>25,57</b>
TOTAL = 25,57 €/m2 x 80 m2				<b>2.045,60 €</b>

# INSTALACIÓN ELÉCTRICA

18.028,17 €

## m Canalización.

Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
<b>Materiales</b>				
m <sup>3</sup>	Arena de 0 a 5 mm de diámetro.	0,056	12,02	0,67
m	Tubo curvable, suministrado en rollo, de polietileno de doble pared (interior lisa y exterior corrugada), de color naranja, de 40 mm de diámetro nominal, para canalización enterrada, resistencia a la compresión 450 N, resistencia al impacto 15 julios, con grado de protección IP549 según UNE 20324. Según UNE-EN 61386-1, UNE-EN 61386-22 y UNE-EN 50086-2-4.	1,000	0,95	0,95
m	Cinta de señalización de polietileno, de 150 mm de anchura, color amarillo, con la inscripción "¡ATENCIÓN! DEBAJO HAY CABLES ELÉCTRICOS" y triángulo de riesgo eléctrico.	1,000	0,25	0,25
<b>Subtotal materiales:</b>				<b>1,87</b>
<b>Equipo y maquinaria</b>				
h	Dumper de descarga frontal de 2 t de carga útil.	0,006	9,25	0,06
h	Pisón vibrante de guiado manual, de 80 kg, con placa de 30x30 cm, tipo rana.	0,042	3,49	0,15
h	Camión cisterna de 8 m <sup>3</sup> de capacidad.	0,001	40,02	0,04
<b>Subtotal equipo y maquinaria:</b>				<b>0,25</b>
<b>Mano de obra</b>				
h	Oficial 1ª construcción.	0,041	18,91	0,78
h	Peón ordinario construcción.	0,041	17,64	0,72
h	Oficial 1ª electricista.	0,025	19,48	0,49
h	Ayudante electricista.	0,020	18,16	0,36
<b>Subtotal mano de obra:</b>				<b>2,35</b>
<b>Costes directos complementarios</b>				
%	Costes directos complementarios	2,000	4,47	0,09
<b>Costes directos (1+2+3+4):</b>				<b>4,56</b>
<b>TOTAL = 4,56 €/m x 900 m</b>				<b>4.104,00 €</b>

**m Cable eléctrico para baja tensión "PRYSMIAN GROUP".**

Cable eléctrico multiconductor, Afumex Class Expo (AS) "PRYSMIAN", para servicios móviles, tipo H07ZZ-F (AS), tensión nominal 450/750 V, de alta seguridad en caso de incendio (AS), reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductores de cobre recocido, flexible (clase 5), de 3G1,5 mm<sup>2</sup> de sección, aislamiento de elastómero reticulado, cubierta de poliolefina reticulada, de tipo Afumex, de color gris con banda verde.

Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
<b>Materiales</b>				
m	Cable eléctrico multiconductor, Afumex Class Expo (AS) "PRYSMIAN", para servicios móviles, tipo H07ZZ-F (AS), tensión nominal 450/750 V, de alta seguridad en caso de incendio (AS), reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductores de cobre recocido, flexible (clase 5), de 3G1,5 mm <sup>2</sup> de sección, aislamiento de elastómero reticulado, cubierta de poliolefina reticulada, de tipo Afumex, de color gris con banda verde, de alta seguridad, para servicios móviles. Según UNE-EN 50525-3-21.	1,000	2,00	2,00
<b>Subtotal materiales:</b>				<b>2,00</b>
<b>Mano de obra</b>				
h	Oficial 1ª electricista.	0,021	19,48	0,41
h	Ayudante electricista.	0,021	18,16	0,38
<b>Subtotal mano de obra:</b>				<b>0,79</b>
<b>Costes directos complementarios</b>				
%	Costes directos complementarios	2,000	2,79	0,06
<b>Costes directos (1+2+3):</b>				<b>2,85</b>
TOTAL = 2,85 €/m x 3000 m				<b>8.550,00 €</b>

**Ud Centralización de contadores.**

Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
<b>Materiales</b>				
Ud	Módulo de interruptor general de maniobra de 160 A (III+N), homologado por la empresa suministradora. Incluso cableado y accesorios para formar parte de la centralización de contadores.	1,000	135,23	135,23
Ud	Módulo de embarrado general, homologado por la empresa suministradora. Incluso pletinas de cobre, cortacircuitos, cableado y accesorios para formar parte de la centralización de contadores.	1,000	106,02	106,02
Ud	Módulo de fusibles de seguridad, homologado por la empresa suministradora. Incluso fusibles, cableado y accesorios para formar parte de la centralización de contadores.	1,000	70,62	70,62

Ud	Módulo de servicios generales con módulo de fraccionamiento y seccionamiento, homologado por la empresa suministradora. Incluso cableado y accesorios para formar parte de la centralización de contadores.	1,000	107,58	107,58
Ud	Módulo para ubicación de tres contadores monofásicos, homologado por la empresa suministradora. Incluso cableado y accesorios para formar parte de la centralización de contadores.	1,000	61,30	61,30
Ud	Módulo para ubicación de tres contadores trifásicos, homologado por la empresa suministradora. Incluso cableado y accesorios para formar parte de la centralización de contadores.	1,000	75,13	75,13
Ud	Módulo de reloj conmutador para doble tarifa, homologado por la empresa suministradora. Incluso cableado y accesorios para formar parte de la centralización de contadores.	1,000	59,50	59,50
Ud	Módulo de bornes de salida y puesta a tierra, homologado por la empresa suministradora. Incluso carril, bornes, cableado y accesorios para formar parte de la centralización de contadores.	1,000	81,14	81,14
Ud	Material auxiliar para instalaciones eléctricas.	1,000	1,48	1,48
			<b>Subtotal materiales:</b>	<b>698,00</b>
<b>Mano de obra</b>				
h	Oficial 1ª electricista.	3,168	19,48	61,71
h	Ayudante electricista.	3,168	18,16	57,53
			<b>Subtotal mano de obra:</b>	<b>119,24</b>
<b>Costes directos complementarios</b>				
%	Costes directos complementarios	2,000	817,24	16,34
			<b>Costes directos (1+2+3):</b>	<b>833,58 €</b>

## Ud Red de distribución interior para local u oficina.

Cuadro general de mando y protección para local de 100 m².

Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
<b>Materiales</b>				
Ud	Caja empotrable con puerta opaca, para alojamiento del interruptor de control de potencia (ICP) en compartimento independiente y precintable y de los interruptores de protección de la instalación, 1 fila de 4 módulos (ICP) + 1 fila de 18 módulos. Fabricada en ABS autoextinguible, con grado de protección IP40, doble aislamiento (clase II), color blanco RAL 9010. Según UNE-EN 60670-1.	1,000	24,77	24,77
Ud	Interruptor general automático (IGA), de 2 módulos, bipolar (2P), con 6 kA de poder de corte, de 40 A de intensidad nominal, curva C, incluso accesorios de montaje. Según UNE-EN 60898-1.	1,000	42,07	42,07
Ud	Interruptor diferencial instantáneo, 2P/40A/300mA, de 2 módulos, incluso accesorios de montaje. Según UNE-EN 61008-1.	1,000	91,27	91,27

Ud	Interruptor diferencial instantáneo, 2P/40A/30mA, de 2 módulos, incluso accesorios de montaje. Según UNE-EN 61008-1.	2,000	93,73	187,46
Ud	Interruptor automático magnetotérmico, de 2 módulos, bipolar (2P), con 6 kA de poder de corte, de 10 A de intensidad nominal, curva C, incluso accesorios de montaje. Según UNE-EN 60898-1.	2,000	12,43	24,86
Ud	Interruptor automático magnetotérmico, de 2 módulos, bipolar (2P), con 6 kA de poder de corte, de 16 A de intensidad nominal, curva C, incluso accesorios de montaje. Según UNE-EN 60898-1.	2,000	12,66	25,32
Ud	Interruptor automático magnetotérmico, de 2 módulos, bipolar (2P), con 6 kA de poder de corte, de 25 A de intensidad nominal, curva C, incluso accesorios de montaje. Según UNE-EN 60898-1.	1,000	14,08	14,08
Ud	Material auxiliar para instalaciones eléctricas.	3,000	1,48	4,44
			<b>Subtotal materiales:</b>	<b>414,27</b>
<b>Mano de obra</b>				
h	Oficial 1ª electricista.	2,363	19,48	46,03
h	Ayudante electricista.	1,890	18,16	34,32
			<b>Subtotal mano de obra:</b>	<b>80,35</b>
<b>Costes directos complementarios</b>				
%	Costes directos complementarios	2,000	494,62	9,89
			<b>Costes directos (1+2+3):</b>	<b>504,51</b>
TOTAL = 504,51 €/ud x 9 uds.				<b>4.540,59 €</b>

## INSTALACIÓN SUMINISTRO DE AGUA

**39.319,69 €**

### Ud **Acometida de abastecimiento de agua potable.**

Acometida enterrada de abastecimiento de agua potable de 2 m de longitud, formada por tubo de polietileno PE 100, de 40 mm de diámetro exterior, PN=16 atm y 3,7 mm de espesor y llave de corte alojada en arqueta prefabricada de polipropileno.

Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
<b>Materiales</b>				
m <sup>3</sup>	Hormigón HM-20/P/20/I, fabricado en central.	0,231	58,76	13,57
m <sup>3</sup>	Arena de 0 a 5 mm de diámetro.	0,229	12,02	2,75
Ud	Collarín de toma en carga de PP, para tubo de polietileno, de 40 mm de diámetro exterior, según UNE-EN ISO 15874-3.	1,000	2,38	2,38
m	Acometida de polietileno PE 100, de 40 mm de diámetro exterior, PN=16 atm y 3,7 mm de espesor, según UNE-EN 12201-2, incluso p/p de accesorios de conexión y piezas especiales.	2,000	2,58	5,16
Ud	Arqueta de polipropileno, 30x30x30 cm.	1,000	34,19	34,19
Ud	Tapa de PVC, para arquetas de fontanería de 30x30 cm, con cierre hermético al paso de los olores mefíticos.	1,000	20,92	20,92
Ud	Válvula de esfera de latón niquelado para roscar de 1 1/2", con mando de cuadradillo.	1,000	20,68	20,68
<b>Subtotal materiales:</b>				<b>99,65</b>
<b>Equipo y maquinaria</b>				
h	Compresor portátil eléctrico 2 m <sup>3</sup> /min de caudal.	0,423	3,80	1,61
h	Martillo neumático.	0,423	4,07	1,72
h	Pisón vibrante de guiado manual, de 80 kg, con placa de 30x30 cm, tipo rana.	0,398	3,49	1,39
<b>Subtotal equipo y maquinaria:</b>				<b>4,72</b>
<b>Mano de obra</b>				
h	Oficial 1ª construcción.	0,925	18,91	17,49
h	Peón ordinario construcción.	0,789	17,64	13,92
h	Oficial 1ª fontanero.	0,752	19,48	14,65
h	Ayudante fontanero.	0,752	18,16	13,66
<b>Subtotal mano de obra:</b>				<b>59,72</b>
<b>Costes directos complementarios</b>				
%	Costes directos complementarios	4,000	164,09	6,56
<b>Costes directos (1+2+3+4):</b>				<b>170,65 €</b>

**Ud Contador de agua.**

Contador de agua fría de lectura directa, de chorro simple, caudal nominal 1,5 m<sup>3</sup>/h, diámetro 1/2", temperatura máxima 30°C, presión máxima 16 bar, apto para aguas muy duras, con tapa, racores de conexión y precinto.

Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
<b>Materiales</b>				
Ud	Contador de agua fría de lectura directa, de chorro simple, caudal nominal 1,5 m <sup>3</sup> /h, diámetro 1/2", temperatura máxima 30°C, presión máxima 16 bar, apto para aguas muy duras, con tapa, racores de conexión y precinto.	1,000	33,69	33,69
Ud	Material auxiliar para instalaciones de calefacción y A.C.S.	1,000	2,10	2,10
<b>Subtotal materiales:</b>				<b>35,79</b>
<b>Mano de obra</b>				
h	Oficial 1ª calefactor.	0,402	19,48	7,83
<b>Subtotal mano de obra:</b>				<b>7,83</b>
<b>Costes directos complementarios</b>				
%	Costes directos complementarios	2,000	43,62	0,87
<b>Costes directos (1+2+3):</b>				<b>44,49 €</b>

**Ud Grupo de presión para edificios.**

Grupo de presión, con 2 bombas centrífugas electrónicas multietapas verticales, unidad de regulación electrónica potencia nominal total de 2,2 kW.

Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
<b>Materiales</b>				
Ud	Grupo de presión, formado por 2 bombas centrífugas electrónicas de 4 etapas, verticales, con rodetes, difusores y todas las piezas en contacto con el medio de impulsión de acero inoxidable, conexión en aspiración de 2", conexión en impulsión de 2", cierre mecánico independiente del sentido de giro, unidad de regulación electrónica para la regulación y conmutación de todas las bombas instaladas con variador de frecuencia integrado, con pantalla LCD para indicación de los estados de trabajo y de la presión actual y botón monomando para la introducción de la presión nominal y de todos los parámetros, memoria para historiales de trabajo y de fallos e interface para integración en sistemas GTC, motores de rotor seco con una potencia nominal total de 2,2 kW, 3770 r.p.m. nominales, alimentación trifásica (400V/50Hz), con protección térmica integrada y contra marcha en seco, protección IP55, aislamiento clase F, vaso de expansión de membrana de 8 l, válvulas de corte y antirretorno, presostato, manómetro, sensor de presión, bancada, colectores de acero inoxidable.	1,000	9750,00	9750,00

Ud	Manguito antivibración, de goma, con rosca de 2", para una presión máxima de trabajo de 10 bar.	1,000	28,40	28,40
Ud	Material auxiliar para instalaciones de fontanería.	1,000	1,40	1,40
<b>Subtotal materiales:</b>				<b>9779,80</b>
<b>Mano de obra</b>				
h	Oficial 1ª fontanero.	4,035	19,48	78,60
h	Ayudante fontanero.	2,018	18,16	36,65
<b>Subtotal mano de obra:</b>				<b>115,25</b>
<b>Costes directos complementarios</b>				
%	Costes directos complementarios	4,000	9895,05	395,80
<b>Costes directos (1+2+3):</b>				<b>10290,85</b>
TOTAL = 10290,85 €/ud x 3 uds.				<b>30.872,55 €</b>

### m Tubería para instalación interior.

Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
<b>Materiales</b>				
Ud	Material auxiliar para montaje y sujeción a la obra de las tuberías de polietileno reticulado (PE-Xa), serie 5, de 16 mm de diámetro exterior.	1,000	0,07	0,07
m	Tubo de polietileno reticulado (PE-Xa), serie 5, de 16 mm de diámetro exterior, PN=6 atm y 1,8 mm de espesor, suministrado en rollos, según UNE-EN ISO 15875-2, con el precio incrementado el 10% en concepto de accesorios y piezas especiales.	1,000	1,61	1,61
<b>Subtotal materiales:</b>				<b>1,68</b>
<b>Mano de obra</b>				
h	Oficial 1ª fontanero.	0,030	19,48	0,58
h	Ayudante fontanero.	0,030	18,16	0,54
<b>Subtotal mano de obra:</b>				<b>1,12</b>
<b>Costes directos complementarios</b>				
%	Costes directos complementarios	2,000	2,80	0,06
<b>Costes directos (1+2+3):</b>				<b>2,86</b>
TOTAL = 2,86 €/m x 1000 m				<b>2.860,00 €</b>

### m Tubería para alimentación de agua potable.

Tubería para alimentación de agua potable, enterrada, formada por tubo de policloruro de vinilo clorado (PVC-C), de 25 mm de diámetro exterior, PN=16 atm.

Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
<b>Materiales</b>				
m <sup>3</sup>	Arena de 0 a 5 mm de diámetro.	0,090	12,02	1,08
m	Tubo de policloruro de vinilo clorado (PVC-C), de 25 mm de diámetro exterior, PN=16 atm y 1,9 mm de espesor, según UNE-EN ISO 15877-2, con el precio	1,000	9,67	9,67

incrementado el 30% en concepto de accesorios y piezas especiales.

		<b>Subtotal materiales:</b>		<b>10,75</b>
	<b>Mano de obra</b>			
h	Oficial 1ª construcción.	0,015	18,91	0,28
h	Peón ordinario construcción.	0,015	17,64	0,26
h	Oficial 1ª fontanero.	0,050	19,48	0,97
h	Ayudante fontanero.	0,050	18,16	0,91
		<b>Subtotal mano de obra:</b>		<b>2,42</b>
	<b>Costes directos complementarios</b>			
%	Costes directos complementarios	2,000	13,17	0,26
		<b>Costes directos (1+2+3):</b>		<b>13,43</b>
TOTAL = 13,43 €/m x 400 m				<b>5.372,00 €</b>

## INSTALACIÓN EVACUACIÓN PLUVIALES E HIDROCARBURADAS

47.927,94 €

### Ud Sistema de drenaje sifónico de cubierta, Akasison "JIMTEN".

Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
<b>Materiales</b>				
m <sup>2</sup>	Lámina de betún modificado con elastómero SBS, LBM(SBS)-40-FP, de 3,5 mm de espesor, masa nominal 4 kg/m <sup>2</sup> , con armadura de fieltro de poliéster no tejido de 160 g/m <sup>2</sup> , de superficie no protegida. Según UNE-EN 13707.	4,200	6,38	26,80
kg	Emulsión asfáltica aniónica con cargas tipo EB, según UNE 104231.	1,200	1,38	1,66
Ud	Sumidero sifónico de polietileno, con membrana bituminosa, sistema Akasison, modelo XL75 B "JIMTEN", de salida vertical de 75 mm de diámetro y rejilla convexa, según UNE-EN 1253.	4,000	412,15	1648,60
Ud	Manguito conector de polietileno de alta densidad (PEAD/HDPE), de 75 mm de diámetro exterior, para sumidero sifónico, sistema Akasison "JIMTEN".	4,000	10,00	40,00
m	Tubería templada mediante tratamiento térmico adicional, de polietileno de alta densidad (PEAD/HDPE), de 75 mm de diámetro exterior y 3 mm de espesor, sistema Akasison "JIMTEN", en tramos de 5 m de longitud.	3,200	7,00	22,40
Ud	Codo 90° de polietileno de alta densidad (PEAD/HDPE), de 75 mm de diámetro exterior y 3 mm de espesor, sistema Akasison "JIMTEN".	4,000	4,00	16,00
Ud	Varilla roscada.	36,000	0,60	21,60
Ud	Soporte para suspensión de riel de 30x30 mm, de acero galvanizado, sistema Akasison "JIMTEN".	16,000	5,00	80,00
Ud	Riel de 5000x30x30 mm, de acero galvanizado, sistema Akasison "JIMTEN".	8,000	13,00	104,00
Ud	Abrazadera para tubería de 40 mm de diámetro, de acero galvanizado, sistema Akasison "JIMTEN", para sujeción a riel.	50,000	11,00	550,00
m	Tubería templada mediante tratamiento térmico adicional, de polietileno de alta densidad (PEAD/HDPE), de 40 mm de diámetro exterior y 3 mm de espesor, sistema Akasison "JIMTEN", en tramos de 5 m de longitud.	40,000	4,00	160,00
Ud	Manguito electrosoldable de polietileno de alta densidad (PEAD/HDPE), de 40 mm de diámetro interior, sistema Akasison "JIMTEN".	16,000	6,56	104,96
Ud	Codo 45° de polietileno de alta densidad (PEAD/HDPE), de 40 mm de diámetro exterior y 3 mm de espesor, sistema Akasison "JIMTEN".	2,000	2,03	4,06
Ud	Placa de soporte de acero galvanizado, con rosca de 1/2" de diámetro, sistema Akasison "JIMTEN", para la realización de puntos guía.	20,000	6,00	120,00
Ud	Abrazadera para tubería de 50 mm de diámetro, de acero galvanizado, con rosca de 1/2" de diámetro, sistema Akasison "JIMTEN", para la realización de puntos guía.	20,000	5,00	100,00

Ud	Placa de soporte, de acero galvanizado, con rosca de 1/2" de diámetro, sistema Akasison "JIMTEN", para la realización de puntos fijos.	4,000	4,99	19,96
Ud	Abrazadera para tubería de 50 mm de diámetro, de acero galvanizado, con rosca de 1/2" de diámetro, sistema Akasison "JIMTEN", para la realización de puntos fijos.	4,000	5,17	20,68
m	Tubería templada mediante tratamiento térmico adicional, de polietileno de alta densidad (PEAD/HDPE), de 50 mm de diámetro exterior y 3 mm de espesor, sistema Akasison "JIMTEN", en tramos de 5 m de longitud.	20,000	4,00	80,00
Ud	Manguito electrosoldable de polietileno de alta densidad (PEAD/HDPE), de 50 mm de diámetro interior, sistema Akasison "JIMTEN".	2,000	5,17	10,34
Ud	Manguito compensador de dilataciones de polietileno de alta densidad (PEAD/HDPE), de 50 mm de diámetro interior, sistema Akasison "JIMTEN".	4,000	14,00	56,00
Ud	Conjunto de dos abrazaderas de sujeción de acero inoxidable, de 50 mm de diámetro interior, sistema Akasison "JIMTEN".	4,000	5,00	20,00
Ud	Te 90° de registro de polietileno de alta densidad (PEAD/HDPE), de 50 mm de diámetro exterior y 3 mm de espesor, sistema Akasison "JIMTEN", diámetro exterior de la derivación 50 mm.	1,000	25,00	25,00
m <sup>3</sup>	Arena de 0 a 5 mm de diámetro.	1,493	12,02	17,95
Ud	Codo 45° de polietileno de alta densidad (PEAD/HDPE), de 110 mm de diámetro exterior y 4,2 mm de espesor, sistema Akasison "JIMTEN".	2,000	6,75	13,50
m	Tubería templada mediante tratamiento térmico adicional, de polietileno de alta densidad (PEAD/HDPE), de 110 mm de diámetro exterior y 4,3 mm de espesor, sistema Akasison "JIMTEN", en tramos de 5 m de longitud.	5,000	14,00	70,00
Ud	Manguito electrosoldable de polietileno de alta densidad (PEAD/HDPE), de 110 mm de diámetro interior, sistema Akasison "JIMTEN".	2,000	7,39	14,78
<b>Subtotal materiales:</b>				<b>3348,29</b>
<b>Equipo y maquinaria</b>				
h	Dumper de descarga frontal de 2 t de carga útil.	0,121	9,25	1,12
h	Pisón vibrante de guiado manual, de 80 kg, con placa de 30x30 cm, tipo rana.	0,908	3,49	3,17
h	Camión cisterna de 8 m <sup>3</sup> de capacidad.	0,012	40,02	0,48
<b>Subtotal equipo y maquinaria:</b>				<b>4,77</b>
<b>Mano de obra</b>				
h	Oficial 1ª aplicador de láminas impermeabilizantes.	2,730	18,91	51,62
h	Ayudante aplicador de láminas impermeabilizantes.	2,730	18,17	49,60
h	Oficial 1ª construcción.	0,238	18,91	4,50
h	Peón ordinario construcción.	0,725	17,64	12,79
h	Oficial 1ª fontanero.	7,764	19,48	151,24
h	Ayudante fontanero.	3,882	18,16	70,50
<b>Subtotal mano de obra:</b>				<b>340,25</b>
<b>Costes directos complementarios</b>				
%	Costes directos complementarios	2,000	3693,31	73,87
<b>Costes directos (1+2+3+4):</b>				<b>3767,18</b>
TOTAL = 1767,18 €/ud x 4uds.				<b>15.068,72 €</b>

**m Bajante en el exterior del edificio para aguas residuales y pluviales.**

Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio	
			unitario	Importe
<b>Materiales</b>				
Ud	Material auxiliar para montaje y sujeción a la obra de las tuberías de PVC, serie B, de 110 mm de diámetro.	1,000	1,45	1,45
m	Tubo de PVC, serie B, de 110 mm de diámetro y 3,2 mm de espesor, según UNE-EN 1329-1, con el precio incrementado el 20% en concepto de accesorios y piezas especiales.	1,000	11,57	11,57
l	Líquido limpiador para pegado mediante adhesivo de tubos y accesorios de PVC.	0,016	15,74	0,25
l	Adhesivo para tubos y accesorios de PVC.	0,008	21,81	0,17
			<b>Subtotal materiales:</b>	<b>13,44</b>
<b>Mano de obra</b>				
h	Oficial 1ª fontanero.	0,137	19,48	2,67
h	Ayudante fontanero.	0,069	18,16	1,25
			<b>Subtotal mano de obra:</b>	<b>3,92</b>
<b>Costes directos complementarios</b>				
%	Costes directos complementarios	2,000	17,36	0,35
			<b>Costes directos (1+2+3):</b>	<b>17,71</b>
TOTAL = 17,71 €/m x 300 m				

**Ud Arqueta prefabricada.**

Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio	
			unitario	Importe
<b>Materiales</b>				
m³	Hormigón HM-15/B/20/I, fabricado en central.	0,098	56,10	5,50
Ud	Arqueta con fondo, registrable, prefabricada de hormigón fck=25 MPa, de 40x40x50 cm de medidas interiores, para saneamiento.	1,000	36,44	36,44
Ud	Marco y tapa prefabricados de hormigón armado fck=25 MPa, para arquetas de saneamiento de 40x40 cm, espesor de la tapa 4 cm, con cierre hermético al paso de los olores mefíticos.	1,000	12,43	12,43
			<b>Subtotal materiales:</b>	<b>54,37</b>
<b>Mano de obra</b>				
h	Oficial 1ª construcción de obra civil.	0,505	18,91	9,55
h	Ayudante construcción de obra civil.	0,374	18,17	6,80
			<b>Subtotal mano de obra:</b>	<b>16,35</b>
<b>Costes directos complementarios</b>				
%	Costes directos complementarios	2,000	70,72	1,41
			<b>Costes directos (1+2+3):</b>	<b>72,13</b>
TOTAL = 72,13 €/ud x 34 uds.				
				<b>2.452,42 €</b>

**m Canalón visto de piezas preformadas.**

Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
<b>Materiales</b>				
m	Canalón circular de PVC con óxido de titanio, de desarrollo 250 mm, color gris claro, unión pegada con adhesivo, según UNE-EN 607. Incluso soportes, esquinas, tapas, remates finales, piezas de conexión a bajantes y piezas especiales.	1,100	4,95	5,45
<b>Subtotal materiales:</b>				<b>5,45</b>
<b>Mano de obra</b>				
h	Oficial 1ª fontanero.	0,201	19,48	3,92
h	Ayudante fontanero.	0,201	18,16	3,65
<b>Subtotal mano de obra:</b>				<b>7,57</b>
<b>Costes directos complementarios</b>				
%	Costes directos complementarios	2,000	13,02	0,26
<b>Costes directos (1+2+3):</b>				<b>13,28</b>
TOTAL = 13,28 €/m x 200 m				<b>2.656,00 €</b>

**m Colector enterrado.**

Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
<b>Materiales</b>				
m	Tubo de PVC liso, para saneamiento enterrado sin presión, serie SN-4, rigidez anular nominal 4 kN/m <sup>2</sup> , de 160 mm de diámetro exterior y 4 mm de espesor, según UNE-EN 1401-1.	1,050	6,59	6,92
l	Líquido limpiador para pegado mediante adhesivo de tubos y accesorios de PVC.	0,010	15,74	0,16
l	Adhesivo para tubos y accesorios de PVC.	0,005	21,81	0,11
m <sup>3</sup>	Arena de 0 a 5 mm de diámetro.	0,294	12,02	3,53
<b>Subtotal materiales:</b>				<b>10,72</b>
<b>Equipo y maquinaria</b>				
h	Retrocargadora sobre neumáticos, de 70 kW.	0,032	36,43	1,17
h	Pisón vibrante de guiado manual, de 80 kg, con placa de 30x30 cm, tipo rana.	0,221	3,49	0,77
<b>Subtotal equipo y maquinaria:</b>				<b>1,94</b>
<b>Mano de obra</b>				
h	Oficial 1ª construcción de obra civil.	0,155	18,91	2,93
h	Ayudante construcción de obra civil.	0,074	18,17	1,34
<b>Subtotal mano de obra:</b>				<b>4,27</b>
<b>Costes directos complementarios</b>				
%	Costes directos complementarios	2,000	16,93	0,34
<b>Costes directos (1+2+3+4):</b>				<b>17,27</b>
TOTAL = 17,27 €/m x 1000 m				<b>17.270,00 €</b>

**Ud Imbornal.**

<b>Unidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Importe</b>
<b>Materiales</b>				
Ud	Imbornal con fondo y salida frontal, registrable, prefabricada de hormigón fck=25 MPa, de 50x30x60 cm de medidas interiores, para saneamiento.	1,000	28,32	28,32
Ud	Marco y rejilla de fundición dúctil, clase C-250 según UNE-EN 124, abatible y provista de cadena antirrobo, de 300x300 mm, para imbornal, incluso revestimiento de pintura bituminosa y relieves antideslizantes en la parte superior.	1,000	32,64	32,64
m <sup>3</sup>	Hormigón HM-20/P/20/I, fabricado en central.	0,048	58,76	2,82
t	Grava de cantera, de 19 a 25 mm de diámetro.	0,529	7,23	3,82
<b>Subtotal materiales:</b>				<b>67,60</b>
<b>Mano de obra</b>				
h	Oficial 1ª construcción de obra civil.	0,454	18,91	8,59
h	Ayudante construcción de obra civil.	0,454	18,17	8,25
<b>Subtotal mano de obra:</b>				<b>16,84</b>
<b>Costes directos complementarios</b>				
%	Costes directos complementarios	2,000	84,44	1,69
<b>Costes directos (1+2+3):</b>				<b>86,13</b>
TOTAL = 86,13 €/ud x 60 uds.				<b>5.167,80 €</b>

## INSTALACIÓN PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

166.741,1 €

### Ud Hidrante de columna.

Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
<b>Materiales</b>				
Ud	Hidrante de columna seca de 4" DN 100 mm, con toma recta a la red, carrete de 300 mm, una boca de 4" DN 100 mm, dos bocas de 2 1/2" DN 70 mm, racores y tapones. Incluso elementos de fijación. Certificada por AENOR según UNE-EN 14384.	1,000	888,59	888,59
<b>Subtotal materiales:</b>				<b>888,59</b>
<b>Mano de obra</b>				
h	Oficial 1ª fontanero.	0,753	19,48	14,67
h	Ayudante fontanero.	0,753	18,16	13,67
<b>Subtotal mano de obra:</b>				<b>28,34</b>
<b>Costes directos complementarios</b>				
%	Costes directos complementarios	2,000	916,93	18,34
<b>Costes directos (1+2+3):</b>				<b>935,27</b>
TOTAL = 935 €/ud x 12 uds.				<b>11.223,24 €</b>

### Ud Depósito.

Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
<b>Materiales</b>				
Ud	Depósito de poliéster, de 25 m³, 2450 mm de diámetro, colocado en superficie, en posición vertical, para reserva de agua contra incendios.	1,000	3629,00	3629,00
Ud	Válvula de flotador de 1 1/2" de diámetro, para una presión máxima de 8 bar, con cuerpo de latón, boya esférica roscada de latón y obturador de goma.	1,000	172,68	172,68
Ud	Interruptor de nivel de 10 A, con boya, contrapeso y cable.	2,000	13,30	26,60
Ud	Válvula de esfera de latón niquelado para roscar de 1 1/2".	1,000	21,57	21,57
Ud	Válvula de mariposa de hierro fundido, DN 50 mm.	1,000	33,56	33,56
<b>Subtotal materiales:</b>				<b>3883,41</b>
<b>Mano de obra</b>				
h	Oficial 1ª fontanero.	7,026	19,48	136,87
h	Ayudante fontanero.	7,026	18,16	127,59
<b>Subtotal mano de obra:</b>				<b>264,46</b>
<b>Costes directos complementarios</b>				
%	Costes directos complementarios	2,000	4147,87	82,96
<b>Costes directos (1+2+3):</b>				<b>4230,83</b>
TOTAL = 4230,83 €/ud x 10 uds.				<b>42.308,30 €</b>

## m Red de distribución de agua.

Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
<b>Materiales</b>				
Ud	Material auxiliar para montaje y sujeción a la obra de las tuberías de acero galvanizado, de 4" DN 100 mm.	1,000	1,97	1,97
m	Tubo de acero galvanizado, con soldadura longitudinal por resistencia eléctrica, de 4" DN 100 mm de diámetro, según UNE-EN 10255, con el precio incrementado el 15% en concepto de accesorios y piezas especiales.	1,000	58,59	58,59
kg	Wash-primer + catalizador.	0,038	7,35	0,28
kg	Esmalte sintético, color rojo RAL 3000, para aplicar sobre superficies galvanizadas, aspecto brillante.	0,097	8,17	0,79
<b>Subtotal materiales:</b>				<b>61,63</b>
<b>Mano de obra</b>				
h	Oficial 1ª fontanero.	0,562	19,48	10,95
h	Ayudante fontanero.	0,640	18,16	11,62
h	Oficial 1ª pintor.	0,156	18,91	2,95
<b>Subtotal mano de obra:</b>				<b>25,52</b>
<b>Costes directos complementarios</b>				
%	Costes directos complementarios	2,000	87,15	1,74
<b>Costes directos (1+2+3):</b>				<b>88,89</b>
TOTAL = 88,89 €/m x 1000 m				<b>88.890,00 €</b>

## Ud Extintor.

Extintor portátil de polvo químico ABC polivalente antibrasa, con presión incorporada, de eficacia 34A-233B-C, con 9 kg de agente extintor, con manómetro y manguera con boquilla difusora. Incluso soporte y accesorios de montaje.

Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
<b>Materiales</b>				
Ud	Extintor portátil de polvo químico ABC polivalente antibrasa, con presión incorporada, de eficacia 34A-233B-C, con 9 kg de agente extintor, con manómetro y manguera con boquilla difusora, con accesorios de montaje, según UNE-EN 3.	1,000	53,12	53,12
<b>Subtotal materiales:</b>				<b>53,12</b>
<b>Mano de obra</b>				
h	Peón ordinario construcción.	0,100	17,64	1,76
<b>Subtotal mano de obra:</b>				<b>1,76</b>
<b>Costes directos complementarios</b>				
%	Costes directos complementarios	2,000	54,88	1,10
<b>Costes directos (1+2+3):</b>				<b>55,98</b>
TOTAL = 55,98 €/ud x 12 uds.				<b>671,76 €</b>

**Ud Pulsador de alarma, convencional.**

Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio	
			unitario	Importe
<b>Materiales</b>				
Ud	Pulsador de alarma convencional de rearme manual, de ABS color rojo, protección IP41, con led indicador de alarma color rojo y llave de rearme, según UNE-EN 54-11. Incluso elementos de fijación.	1,000	11,64	11,64
			<b>Subtotal materiales:</b>	<b>11,64</b>
<b>Mano de obra</b>				
h	Oficial 1ª instalador de redes y equipos de detección y seguridad.	0,502	19,48	9,78
h	Ayudante instalador de redes y equipos de detección y seguridad.	0,502	18,16	9,12
			<b>Subtotal mano de obra:</b>	<b>18,90</b>
<b>Costes directos complementarios</b>				
%	Costes directos complementarios	2,000	30,54	0,61
			<b>Costes directos (1+2+3):</b>	<b>31,15</b>
TOTAL = 31,15 €/ud x 20 uds.				<b>623,00 €</b>

**Ud Rociador.**

Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio	
			unitario	Importe
<b>Materiales</b>				
Ud	Rociador automático montante, respuesta normal con ampolla fusible de vidrio frágil de 5 mm de diámetro y disolución alcohólica de color rojo, rotura a 68°C, de 1/2" DN 15 mm de diámetro de rosca, coeficiente de descarga K de 80 (métrico), presión de trabajo 12 bar, acabado lacado color bronce, según UNE-EN 12259-1.	1,000	5,58	5,58
Ud	Accesorios y piezas especiales para conexión de rociador a red de distribución de agua.	1,000	2,71	2,71
			<b>Subtotal materiales:</b>	<b>8,29</b>
<b>Mano de obra</b>				
h	Oficial 1ª fontanero.	0,251	19,48	4,89
h	Ayudante fontanero.	0,251	18,16	4,56
			<b>Subtotal mano de obra:</b>	<b>9,45</b>
<b>Costes directos complementarios</b>				
%	Costes directos complementarios	2,000	17,74	0,35
			<b>Costes directos (1+2+3):</b>	<b>18,09</b>
TOTAL = 18,09 €/ud x 720 uds.				<b>13.024,80 €</b>

**Cámaras y vertederas de espuma..... 10.000 €**

## EQUIPOS

220.890 €

EQUIPOS	Precio unitario	Total
<b>Bombas de hidrocarburos</b>	8.205 €/ud	147.690 €
<b>Bombas dosificadoras</b>	200 €/ud	1.200 €
<b>Bombas PCI</b>	16500 €/ud	33.000 €
<b>Separador de hidrocarburos</b>	30.000 €/ud	30.000 €
<b>Transformadores</b>	4500 €/ud	9.000 €
<b>TOTAL</b>		<b>220.890 €</b>

## RESUMEN DEL PRESUPUESTO

Movimiento de tierras	7.384.578,77 €
Edificio de oficinas	85.771,87 €
Nave	811.253,08 €
Cargadero	387.064,39 €
Cubetos	984.338,9 €
Tanques	5.283.750,47 €
Caseta de vigilancia prefabricada	2.500 €
Puesto de control prefabricado	4.500 €
Urbanización de la parcela	8.180.305,1 €
Instalación eléctrica	18.028,17 €
Instalación de suministro de agua	39.319,69 €
Instalación de evacuación pluviales e hidrocarbурadas	47.927,94 €
Instalación de protección contra incendios	166.741,1 €
Equipos	220.890 €
<b>PRESUPUESTO TOTAL</b>	<b>23.616.969,48 €</b>

**PROYECTO BÁSICO DE UNA PLANTA DE  
ALMACENAMIENTO DE HIDROCARBUROS**

**ANEXO IV**

**HOJAS DE DATOS**

## ÍNDICE

---

Catálogo de tuberías. TUBACERO.....	185
Catálogo Separador de hidrocarburos. Techneau.....	186
Boquillas pulverizadoras de chorro plano con ángulo de 120°.....	188
Cámara de espuma.....	189
Vertedera de espuma.....	190
Lanza monitor .....	191

## API 5L X-52 Presión Válida Hasta 204.44° C.

Ø Nominal	Ø Exterior	Sch. 5S	Sch. 10S	Sch. 10	Sch. 20	Sch. 30	STD y 40S	Sch. 40	Sch. 60	XS y 80S	Sch. 80	Sch. 100	Sch. 120	Sch. 140	Sch. 160	XXS
1/8"	10.3	-	1.25	-	-	-	3.89	-	-	12.66	-	-	-	-	-	-
1/4"	13.71	-	2.14	-	-	-	7.86	-	-	15.42	-	-	-	-	-	-
3/8"	17.14	-	1.71	-	-	-	8.54	-	-	13.73	-	-	-	-	-	-
1/2"	21.34	1.38	4.24	-	-	-	8.35	-	-	14.32	-	-	-	-	20.86	37.60
3/4"	26.70	1.10	3.39	-	-	-	7.17	-	-	12.34	-	-	-	-	20.55	31.79
1"	33.40	0.88	5.33	-	-	-	7.76	-	-	12.41	-	-	-	-	19.57	30.47
1 1/4"	42.20	0.70	4.22	-	-	-	6.71	-	-	10.77	-	-	-	-	15.49	26.03
1 1/2"	48.30	0.61	3.69	-	-	-	6.19	-	-	10.04	-	-	-	-	15.71	24.01
2"	60.32	0.49	2.95	-	-	-	5.46	-	-	9.05	-	-	-	-	10.09	21.23
2 1/2"	73.02	1.24	2.95	-	-	-	6.79	-	-	10.15	-	-	-	-	14.72	22.90
3"	88.90	1.02	2.42	-	-	-	6.07	-	-	9.55	-	-	-	-	14.49	20.63
3 1/2"	101.60	0.89	2.12	-	-	-	5.64	-	-	8.69	-	-	-	-	-	-18.23
4"	114.30	0.79	1.88	-	-	-	5.33	-	-	8.22	-	-	11.27	-	14.02	16.56
5"	141.30	1.26	1.85	-	-	-	4.81	-	-	7.61	-	-	10.59	-	13.58	16.19
6"	168.30	1.06	1.55	-	-	-	4.48	-	-	7.53	-	-	10.13	-	13.28	12.60
8"	219.10	0.81	1.41	-	2.98	3.40	4.09	-	5.38	6.83	-	8.28	10.20	11.63	13.08	11.66
10"	273.00	0.96	1.34	-	2.39	3.10	3.81	-	5.48	5.48	6.65	8.18	9.74	11.66	13.21	9.83
12"	323.85	1.04	1.29	-	2.02	2.85	3.32	3.64	5.27	4.62	6.58	8.21	9.83	11.13	13.09	-
14"	355.60	0.94	1.25	1.84	2.42	3.02	3.02	3.62	5.10	4.21	6.58	8.37	9.85	11.26	12.80	-
16"	406.40	0.90	1.09	1.61	2.12	2.64	2.64	3.68	4.97	3.68	6.54	8.09	9.65	11.47	12.77	-
18"	457.20	0.80	0.97	1.43	1.88	2.82	2.35	3.73	5.12	3.27	6.51	8.11	9.73	11.11	12.73	-
20"	508.00	0.88	1.07	1.29	2.11	2.95	2.11	3.57	5.02	2.95	6.47	8.13	9.59	11.25	12.70	-
22"	558.80	-	-	1.17	1.92	2.68	1.92	-	4.94	2.68	6.45	7.96	9.47	10.97	12.49	-
24"	609.60	0.89	1.07	1.07	1.76	2.79	1.76	3.49	5.05	2.45	6.43	8.16	9.71	11.08	12.66	-
26"	660.40	-	-	1.30	2.27	-	1.63	-	-	2.27	-	-	-	-	-	-
28"	711.20	-	-	1.21	2.10	2.69	1.51	-	-	2.10	-	-	-	-	-	-
30"	762.00	-	-	1.13	1.96	2.52	1.41	-	-	1.96	-	-	-	-	-	-
32"	812.80	-	-	1.06	1.84	2.36	1.32	2.62	-	1.84	-	-	-	-	-	-
34"	863.60	-	-	1.00	1.73	2.22	1.24	2.47	-	1.73	-	-	-	-	-	-
36"	914.40	-	-	0.94	1.64	2.10	1.17	2.56	-	1.64	-	-	-	-	-	-
38"	965.20	-	-	-	-	-	1.11	-	-	1.55	-	-	-	-	-	-
40"	1016.00	-	-	-	-	-	1.06	-	-	1.47	-	-	-	-	-	-
42"	1066.80	-	-	-	-	-	1.01	-	-	1.40	-	-	-	-	-	-
44"	1117.60	-	-	-	-	-	0.96	-	-	1.34	-	-	-	-	-	-

- 1) Los valores de las tablas adjuntas corresponden a presiones de diseño para los espesores del mismo ( $t_m$ ).
- 2) Dichos valores son expresados en MPa (multiplíquese por 10.2041 para ser expresados en Kg/cm<sup>2</sup>).
- 3) Para tubería con soldadura multiplíquense los valores de la tabla por el coeficiente según el proceso de fabricación:
  - Soldado con ERW por 0.85.
  - Soldado con EFW con doble cordón. longitudinal o helicoidal, por 0.95



# Separador de hidrocarburos

Normativas | carta calidad | D.O.P. | funcionamiento

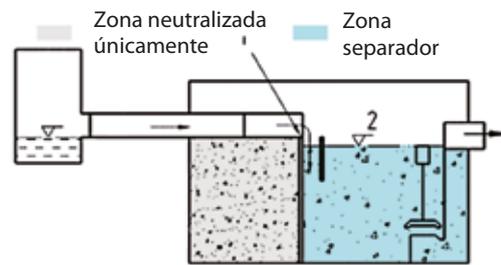
Para validar los resultados de depuración de un separador de hidrocarburos, el fabricante debe testar en una **base de ensayo en conformidad a lo descrito en el párrafo 8.3.3 de la normativa UNE-EN 858-1**.

Debe también **neutralizar el volumen del decantador** y proceder según el esquema adyacente.

La norma hace hincapié en que "el diseño también debe asegurar que el líquido retenido después de la separación no es alterado".

Es por eso que sólo el volumen de la cámara de separación debe ser tomado en cuenta para la clasificación de los productos, a saber, Vertido <100 mg / l ó <5 mg / l

Esquema de principio de un separador (con cámara de separación única):



## 1.3 • El dispositivo de alarma según la normativa

**Obligatorio según la normativa UNE-EN 858-1 § 6.5.4: "Las instalaciones de separación deben estar equipadas de dispositivo de alarma automática..."**

Permiten detectar un nivel de hidrocarburos y/o de lodos en el separador. Una alarma óptica y/o acústica suena cuando se alcanza el nivel deseado.

## 2 | La carta de calidad ISGH

Los aparatos de tratamiento de aguas Techneau están en conformidad con la carta de calidad definida por los miembros del sindicato ISGH.

El sindicato profesional ISGH, creado en 2003, reúne las Fabricantes de Equipos prefabricados para la decontaminación de las aguas pluviales. Está afiliado a su vez a la Unión Nacional de las Industrias del agua y del medio ambiente y de la Federación Nacional de Obras Públicas.

Su objetivo es el de:

- Promover la calidad, la seguridad y el mantenimiento de los equipos prefabricados,
- Contribuir a la elaboración y a la evolución de textos normativos y reglamentarios,
- Defender soluciones y productos fiables, adaptados a los ámbitos de aplicación y a las exigencias de vertidos.

### 2.1 • El dimensionamiento de un separador según la carta:

Para los aparatos llamados a cámara de separación única, el volumen útil total del aparato será como mínimo:

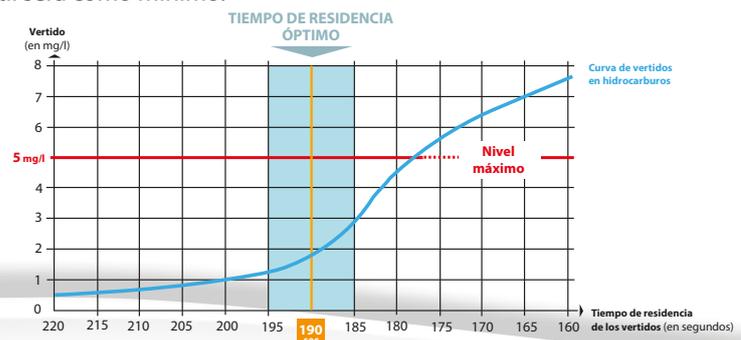
$$\text{Volumen útil del separador} = 90 \text{ sec.} \times \text{TN del aparato}$$



### 2.2 • El dimensionamiento de un aparato que combina decantador y separador según la carta:

Para este tipo de aparatos, el volumen útil será como mínimo:

$$\text{Volumen útil del separador combinado a un decantador} = 190 \text{ sec.} \times \text{TN del aparato}$$





# Separador de hidrocarburos

Normativas | carta calidad | D.O.P. | funcionamiento

## 2 | La Carta de calidad ISGH (suite)

La carta recomienda «un volumen útil mínimo» para un tratamiento y un almacenamiento óptimo de los hidrocarburos. Por ejemplo, con un Tamaño nominal de 100 l/seg., el volumen útil total mínimo del aparato habrá de ser igual a:  $100 \text{ l/s} \times 190 \text{ s} = 19\,000 \text{ litros}$  para un aparato con un decantador.



Por debajo de este valor, la eficacia del separador puede ponerse en duda porque el riesgo de liberación de hidrocarburos es muy elevado.



## 3 | La declaración de Prestaciones (D.O.P.)

El fabricante debe poder suministrar, con previa solicitud, «documentos de control de calidad... desde la llegada de la materias primas hasta la salida del producto terminado».

Disponiendo de un **sistema de calidad interno**, el fabricante es capaz de emitir los certificados de conformidad y marcado CE. Esta certificación, nivel 4, se basa únicamente en una declaración del fabricante y no implica la intervención de un organismo externo.

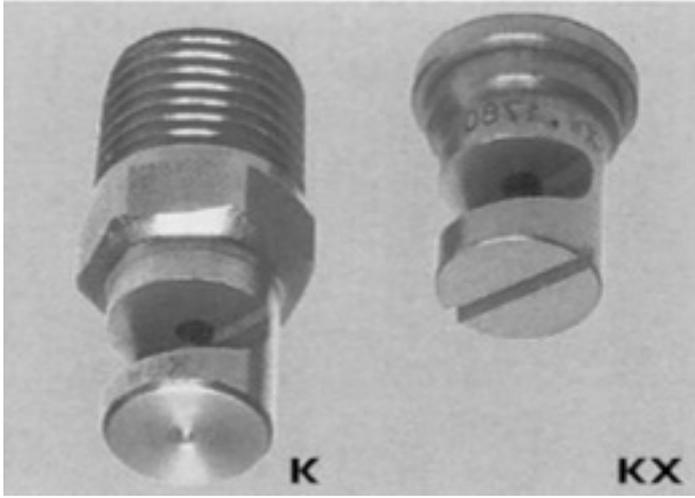
La aplicación del marcado CE es obligatorio desde el 1 de septiembre de 2006. Se rige por el anexo ZA extracto de la normativa UNE-EN 858-1/A1 de febrero de 2005. Desde el 1 de julio de 2013, la D.O.P. es obligatoria. Cada producto debería ir acompañado de su D.O.P. que incluye también el marcado CE. El certificado de conformidad debe especificar los siguientes elementos:

<i>Producto: instalaciones de separación de líquidos ligeros (por ejemplo hidrocarburos) tratados en el campo de aplicación de la presente normativa.</i>			
<i>Uso previsto: separación de líquidos ligeros de aguas cargadas para proteger los sistemas de saneamiento y las aguas de superficie.</i>			
Especificaciones esenciales	Exigencia artículos de esta normativa	Nivel y / o clases	Notas
Reacción al fuego	6.2.8	A.1 a F	-
Reacción a los líquidos	6.3.2	ninguno	Si / No
Eficacia	4, 6.3.1, 6.3.3 a 6.3.8, 6.5	Clase I o II	Si/ No
Capacidad de carga	6.4	De 1a 1d	Si / No
Durabilidad	6.2	ninguno	Si / No

**BOQUILLAS PULVERIZADORAS DE CHORRO PLANO CON ÁNGULO DE 120°**

FLAT JET SPRAY NOZZLES (ANGLE 120°)

Mod. **K, KX**

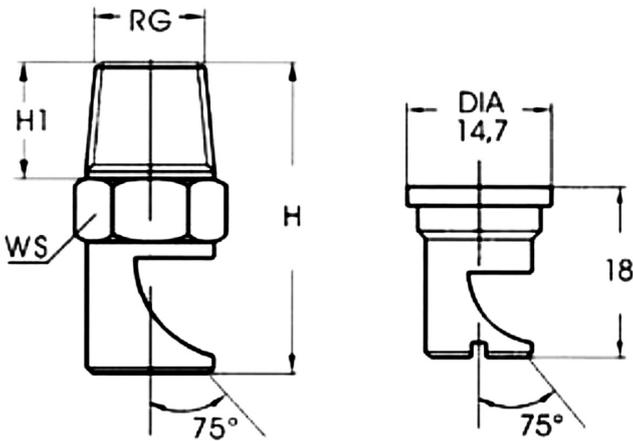


**CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS**

- Las boquillas pulverizadoras de la serie K funcionan según el principio de impacto; son, por tanto, altamente eficientes y se caracterizan por su bajo riesgo de oclusión.
- La serie de ángulo de 120° mostrada en esta página se encuentra disponible con rosca y para un caudal desde 0,390 a 2,310 l.p.m.. Como pulverizador garantiza una amplia cobertura y una distribución uniforme.

**CONSTRUCTION FEATURES**

- K flat jet spray nozzles work on the impact principle, with high efficiency and low plugging risks.
- The 120° angle nozzles shown in this page are available with threaded connection and for a flow rate going from 0.3 to 2.310 l.p.m.. As a nozzle tip, it guarantees a wide and an even distribution.



DIMENSIONES DIMENSIONS				
	RG	H	H1	WS
KG	1/8"	31	10	14
KH	1/4"	34	12,5	14
KI	3/8"	44	13	17
KJ	1/2"	44	17	22
KK	3/4"	65	20	36
KL	1"	92	26	46

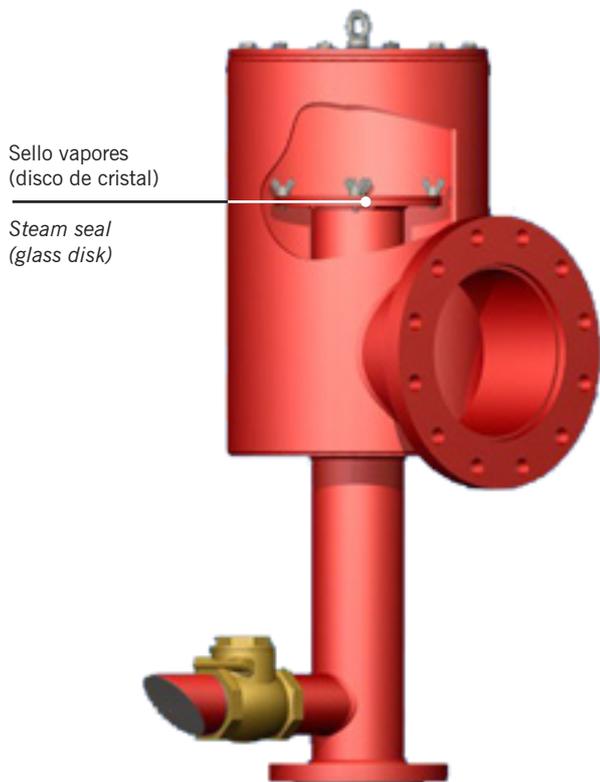
CODIGO CODE	TAMAÑO SIZE
KGW	1/8"
KHW	1/4"
KIW	3/8"
KJW	1/2"
KKW	3/4"
KLW	1"

Nozzle code	D	Nozzle flow values at different pressure values (Lpm) (Bar)					
		0,5	1	1,5	2	3	4
0390 xx	0,6	-	0,23	0,28	0,32	0,39	0,45
0590 xx	0,71	-	0,34	0,41	0,48	0,59	0,68
0780 xx	0,84	-	0,45	0,55	0,64	0,78	0,9
1120 xx	1	0,48	0,68	0,83	0,96	1,2	1,4
1160 xx	1,2	0,64	0,9	1,1	1,3	1,6	1,8
1200 xx	1,3	0,8	1,1	1,4	1,6	2	2,3
1230 xx	1,4	0,96	1,4	1,7	1,9	2,3	2,7
1310 xx	1,7	1,3	1,8	2,2	2,6	3,1	3,6
1390 xx	1,9	1,6	2,3	2,8	3,2	3,9	4,5
1590 xx	2,3	2,4	3,4	4,1	4,8	5,9	6,8
1780 xx	2,6	3,2	4,5	5,5	6,4	7,8	9
1940 xx	2,9	3,8	5,4	6,6	7,7	9,4	10,9
2117 xx	3,3	4,8	6,8	8,3	9,6	11,7	13,6
2141 xx	3,6	5,7	8,1	10	11,5	14,1	16,3
2157 xx	3,7	6,4	9	11,1	12,8	15,7	18,1
2172 xx	4	7	9,9	12,2	14	17,2	19,9
2188 xx	4,1	7,7	10,8	13,3	15,3	18,8	22
2210 xx	4,4	8,6	12,2	14,9	17,2	21	24
2230 xx	4,6	9,6	13,5	16,6	19,2	23	27
2270 xx	5	11,2	15,8	19,3	22	27	32
2310 xx	5,3	12,8	18,1	22	26	31	36
2350 xx	5,6	14,4	20	25	29	35	41

Nozzle code	D	Nozzle flow values at different pressure values (Lpm) (Bar)					
		0,5	1	1,5	2	3	4
2310 xx	5,3	12,8	18,1	22	26	31	36
2390 xx	6	16	23	28	32	39	45
2470 xx	6,5	19,2	27	33	38	47	54
2550 xx	7,1	22	32	39	45	55	63
2630 xx	7,5	26	36	44	51	63	72
2700 xx	8	29	41	50	57	70	81
2780 xx	8,4	32	45	55	64	78	90
2860 xx	8,8	35	50	61	70	86	99
2940 xx	9,3	38	54	66	77	94	109
3110 xx	10,3	44	64	78	88	110	126
3125 xx	11,1	51	74	90	103	125	144
3141 xx	11,5	57	81	100	115	141	163
3164 xx	12,3	67	95	116	134	164	190
3235 xx	14,7	96	135	166	192	235	270
3350 xx	17,9	144	205	250	285	350	405

**CÁMARA DE ESPUMA**  
FOAM CHAMBER

Mod. **SE-CE**



**CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS**

- Cuerpo en acero al carbono.
- Bridas en acero al carbono DIN o ANSI.
- Diafragma de rotura de cristal.
- Orificio calibrado desmontable, acero inox AISI 304.
- Acabado: esmalte poliuretano (RAL 3000)

**OPCIONAL**

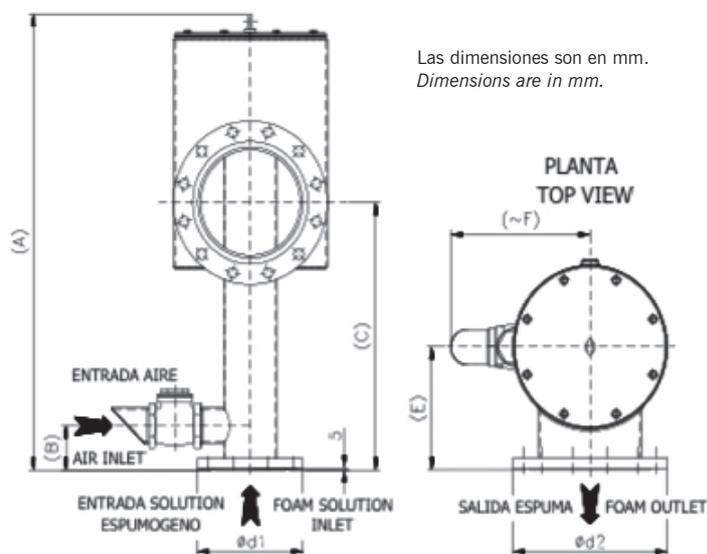
- Cuerpo en acero inox. (AISI 304 / AISI 316)
- Bridas en acero inox. (AISI 304 / AISI 316)
- Galvanizado.

**CONSTRUCTION FEATURES**

- Body in carbon steel.
- Flanges in carbon steel UNI or ANSI.
- Steam seal
- Detachable calibrated orifice material in AISI 304.
- Finish: polyurethane enamel (RAL 3000)

**OPTIONAL**

- Body in stainless steel material (AISI 304 / AISI 316)
- Flanges in stainless steel material (AISI 304 / 316)
- Hot dip galvanized



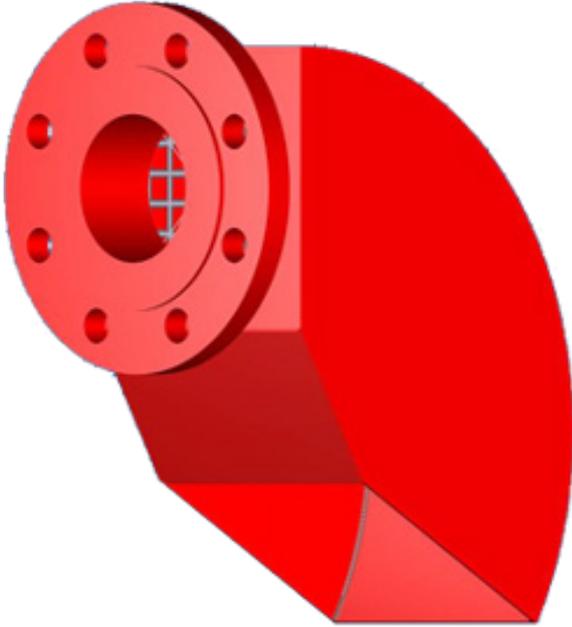
MODELO MODEL	"A" mm.	"B" mm.	"C" mm.	"Ød1" mm.	"Ød2" mm.	"E" mm.	"F" mm.	PRESIÓN DE TRABAJO WORKING PRESSURE Bar	CAUDAL FLOW RATE l/min. @5bar	PRODUCCIÓN ESPUMA FOAM PRODUCTION l/min. -5 bar (2) (3)	PESO WEIGHT Kg
SE-CE-10 (1)	587	60	400	1"1/2	3"	150	151	3 ÷ 7	100	600	15,5
SE-CE-35 (1)	678	70	408	2"1/2	4"	185	174	3 ÷ 7	350	2100	26,5
SE-CE-65	866	85	519	3"	6"	235	212	3 ÷ 7	650	3900	40,5
SE-CE-125	966	100	538	4"	8"	255	348	3 ÷ 7	1250	7500	62,5
SE-CE-210	1136	110	665	5"	10"	305	367	3 ÷ 7	2100	12600	92,7

1. Sin anilla de sujeción
2. La producción de espuma es con aire fresco.
3. Depende del tipo de espumógeno.
4. Posibilidad de calibrar para otros caudales.

1. Without lifting lug
2. The foam production understands with fresh air.
3. Depending on foam concentrate type.
4. Possible alternative flow rates.

**VERTEDERA DE ESPUMA**  
FOAM POURER

Mod. **SE-VF**



**CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS**

- Cuerpo en acero al carbono
- Brida en acero al carbono
- Acabado: esmalte poliuretano (RAL 3000)

**OPCIONAL**

- Cuerpo en acero inoxidable (AISI 304 / AISI 316)
- Red de protección AISI 316
- Cincado en caliente

**NOTA**

- Especificar en el pedido la versión (DIN o ANSI)

**CONSTRUCTION FEATURES**

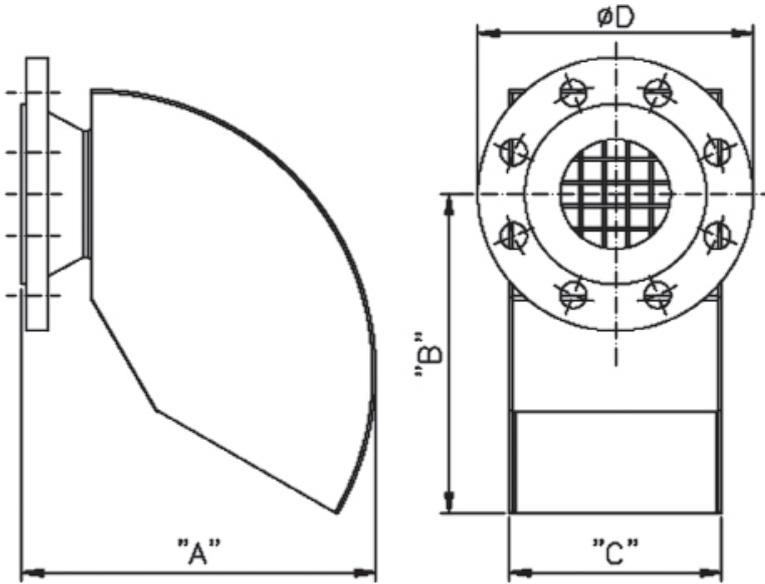
- Body material: carbon steel
- Flanges material: carbon steel
- Finish: polyurethane enamel (RAL 3000)

**OPTIONAL**

- Body material: stainless steel (AISI 304 / AISI 316)
- Strainer material: stainless steel AISI 316
- Hot dip galvanized

**NOTES**

- Specify version (DIN/ANSI) on the order



MODELO MODEL	"A" DNI (ANSI) mm.	"B" mm.	"C" mm.	"ØD" mm.	PESO WEIGHT Kg
SE-VF-3	257 (277)	234	154	3"	7,2 (7,5)
SE-VF-4	259 (283)	234	154	4"	8 (10,5)
SE-VF-6	312 (346)	284	204	6"	12,4 (15,8)
SE-VF-8	369 (409)	334	254	8"	17,8 (24,5)
SE-VF-10	427 (458)	384	306	10"	27,4 (37,2)
SE-VF-12	485 (521)	434	190 356	12"	36,6 (54,7)

**MONITOR POR PALANCA**  
LEVER MONITOR

Mod. **SE-KM-L**



**CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS**

- Cuerpo en acero inoxidable AISI 316
- Rótula de acero inoxidable AISI 316, montada sobre esferas en bronce fosforoso y provista de engrasador
- Brida de la base DIN o ANSI de acero al carbono
- Presión de diseño: 16 bar
- Presión de trabajo máxima (aconsejada): 12 bar
- Rotación: 360° continua
- Acabado: esmalte poliuretano (RAL 3000)

**OPCIONAL**

- Base de la brida en acero inoxidable AISI 316
- Base de la brida de diferentes a los estándar
- Ángulo de elevación: +85°
- Test hidráulico y/o de funcionamiento
- Cono reductor incluyendo brida (DIN ó ANSI) para su instalación con válvula de mariposa.

**NOTA:**

Gráficas de prestaciones en las siguientes páginas.

**CONSTRUCTION FEATURES**

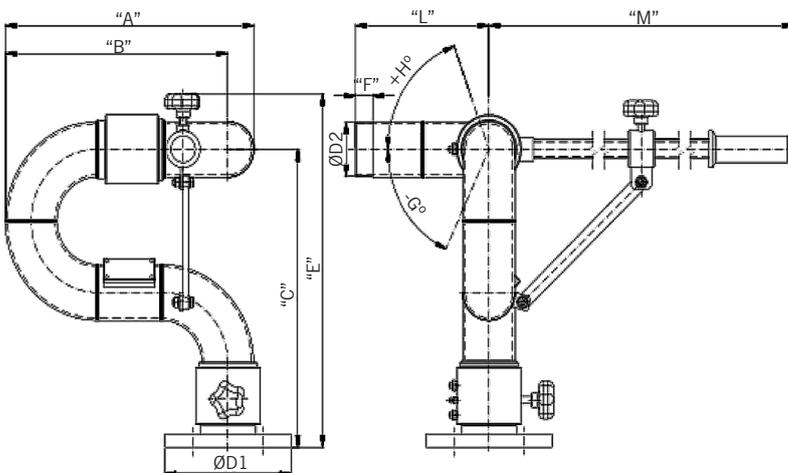
- *Body material: stainless steel AISI 316*
- *Joints material: stainless steel AISI 316, phosphor bronze balls mounted with greasers*
- *DIN or ANSI Inlet flange material: carbon steel*
- *Design pressure: 16 bar*
- *Max. working pressure (advised): 12 bar*
- *Rotation: 360° continuous*
- *Finish: polyurethane enamel (RAL 3000)*

**OPTIONAL**

- *Inlet flange material: stainless steel AISI 316*
- *Different inlet flange sizes*
- *Elevation angle: +85°*
- *Hydraulic and/or functional test witnessed*
- *Reducer coneincludingflange(DIN orANSI) for installation withbutterfly valve.*

**NOTE:**

Performance diagrams are shown in the next pages.



MODELO MODEL	CAUDAL FLOW RATE L/min. max	"A" mm.	"B" mm.	"C" mm.	"ØD1" mm.	"ØD2"	"E" mm	"F" mm.	"G" °	"H" mm	"L" mm	"M" mm	PESO WEIGHT Kg
SE-KM-L-2,5X	2000	328	366	407	2"1/2 -3"	2"1/2	483	25	65	70	198	636	14,9
SE-KM-L-3X	4000	420	376	473	3" - 4"	3"	550	25	70	70	214	702	20,5
SE-KM-L-4X	7000	465	522	589	4" - 6"	4"	670	25	70	70	303	838	24,4