

Proyecto Fin de Carrera
Ingeniería Industrial

SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS DE UNA TERMINAL DE ALMACENAMIENTO DE HIDROCARBUROS

Autor:

Pedro Manuel Fernández Daza

Tutor:

Estanislao Núñez Delgado

Profesor

Departamento de Ingeniería de Construcción y Proyectos

Escuela Técnica Superior de Ingeniería

Universidad de Sevilla

Sevilla, 2015



DOCUMENTO 1: MEMORIA.



DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO



1 OBJETO Y ALCANCE.

1.1 INTRODUCCIÓN.

La industria del petróleo es sin duda una de las más importantes a nivel mundial. Tras la extracción del crudo el proceso de Refino produce multitud de productos, desde gases licuados como el propano o el butano hasta productos para producir plásticos o asfaltos pasando obviamente por combustibles como gasolinas, gasóleos o kerosenos. Derivados indispensables en el modelo de vida actual y en la economía mundial.

La demanda actual de petróleo asciende a 89,52 millones de barriles al día. Situando el precio medio del barril en 110,03 dolares se alcanza una cifra de negocio cercana a los 9800 millones de dolares al dia. Por lo tanto, suponiendo que un incendio provoca una parada minima de un dia en una refineria de tipo medio, (180.000 bdp) las perdidas económicas ascenderian a 19,8 millones de dolares.

Dentro de la industria del petróleo, las instalaciones para la recepción, almacenamiento, trasiego, carga y distribución de productos petrolíferos juegan un papel muy importante en el sector.

Las instalaciones de almacenamiento de hidrocarburos enlazan las refinerías donde se producen los combustibles y carburantes, así como las instalaciones portuarias en las que se reciben los productos de importación, para suministrarlos a los distintas compañías petrolíferas que operan, quienes los distribuyen a los consumidores finales.

Estas infraestructuras almacenan combustibles, especialmente gasolinas, gasóleos, querosenos y fueloleos. Algunas de estas instalaciones tambien estan preparadas para almacenar y distribuir gasolinas y gasóleos con distintos contenidos de biodiésel y bioetanol.

Las instalaciones de almacenamiento están situadas estratégicamente para poder satisfacer la demanda de combustibles y permanecen operativas las 24 h del dia los 365 dias del año.

Por ejemplo, en España, una de las funciones de estas plantas es almacenar las reservas de seguridad y estratégicas del país, tanto por cuenta del organismo regulador, la Corporación de Reservas Estratégicas de Productos Petrolíferos (CORES), como por cuenta de los operadores del sector.

Las instalaciones de almacenamiento están dotadas de unos elementos básicos comunes: una zona de recepción del producto o conexión con el oleoducto, sistemas de filtrado y bombeo, tanques de almacenamiento, tanques de aditivos, un cargadero de camiones cisterna y un laboratorio, además de todos los sistemas de seguridad y control necesarios para su actividad, que son supervisados desde una sala de control desde donde se pueden manejar todos los sistemas de la planta,



Como se ha comentado anteriormente, un día de no producción en este tipo de plantas, generaría unas perdidas económicas de importante magnitud. Por tanto, hay que garantizar el funcionamiento diario de la planta por lo que la seguridad en las instalaciones de esta índole es una materia importante desde el punto de vista económico. La presencia supone desde un 2 – 5 % del total de la inversión en instalaciones industriales normales hasta cerca del 30 – 40 % en instalaciones nucleares, químicas y de proceso.

Estas instalaciones disponen:

- Sistemas de prevención: Distancias de seguridad entre tanques, recintos estancos de separación, pantallas o techos flotantes en los tanques y sistemas antirebosamiento de tanques.
- Protección contra incendios y sistemas de extinción adaptados a las características de los combustibles.
- Sistema continuo de vigilancia automatizado.

1.2 OBJETO.

El objeto de este documento es describir, calcular, diseñar y presupuestar la instalación del sistema de protección contra incendios de una terminal de almacenamiento de hidrocarburos que se encuentra en un área de 51438 m² de acuerdo principalmente a la ITC-MI-IP-02, pero también a toda la normativa nacional e internacional como la normativa de la NFPA americana y la norma UNE.

Para ello, se hará un estudio de la normativa vigente nacional e internacional referente a protección de parques de almacenamiento de hidrocarburos. Se propondrá una implantación general para la planta que se adapte de la forma más óptima posible al área disponible del terreno de acuerdo a las normativas de protección contra incendios correspondientes.

El sistema de protección contra incendios se diseña para actuar en las diferentes zonas de la planta: cubeto de tanques de almacenamiento, cargadero de camiones y edificio de oficinas. La protección será mediante la aplicación de espuma física y agua para refrigeración de los tanques como medios extintores.

1.3 ALCANCE.

El alcance del proyecto comprende varios puntos:

1. Se va a llevar a cabo un análisis de toda la normativa existente en España referente a la protección contra incendios, particularizando para la terminal objeto de este proyecto.
2. Se va a establecer una implantación para todas las instalaciones de la terminal de acuerdo a la normativa de protección contra incendios en parque de



almacenamiento de hidrocarburos, implantación de los tanques en la parcela, viales y cubetos.

3. Estudio y diseño del sistema de protección contra incendios.
 - a. Se dimensionaran, seleccionaran de catalogos técnicos de proveedores y se presupuestaran los elementos y equipos que componen el sistema.
 - b. Se calcularan las demandas de agua para refrigeración y de espuma.
 - c. Se diseñaran las tuberías de la red de circulación de fluidos.
 - d. Dimensionamiento de las bombas de impulsión de agua.
 - e. Diseño de los elementos auxiliares que componen los sistemas (hidrantes, mangueras y lanzas-monitores de espuma).
 - f. Cálculo de la red hidráulica del sistema de protección contra incendio.
4. Se hará una descripción de todas las instalaciones que forman la terminal de almacenamiento de hidrocarburos, así como de las instalaciones que forman el propio sistema de protección contra incendios de la terminal.
5. Elaboración de los planos de protección de las diferentes zonas y equipos de la planta.
6. Medición y Presupuesto del proyecto.
7. El estudio de los conductos que comunican la zona del cargadero de camiones con los tanques queda fuera del alcance de este proyecto.



2 ANTECEDENTES

Este proyecto es de carácter académico y es un proyecto que trata de presentar y describir los sistemas de protección contra incendios en terminales de almacenamiento de hidrocarburos.

La reservas de petróleo cada dia son mas escasas. Es por ello que las instalaciones de almacenamiento de hidrocarburos se encuentran a la orden del dia. Estas instalaciones, como se ha comentado anteriormente, presentan una gran importancia a nivel del sector con grandes implicaciones económicas. Por tanto, el interés por conocer estos sistemas y hacer un repaso a la normativa que lo rige es fundamental a la hora de garantizar la operación en estos sistemas.

Este proyecto da una descripción del sistema y del cálculo del sistema de protección contra incendios.



3 AUTOR DEL PROYECTO

La realización del proyecto es llevada a cabo por Pedro Manuel Fernández Daza, alumno matriculado en Ingeniería Industrial en la Escuela de Ingenieros de la Universidad de Sevilla.

El motivo de este estudio es la presentación del mismo como proyecto fin de carrera.



4 REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA.

- REGLAMENTO DE INSTALACIONES PETROLIFERAS Y REGLAMENTO DE REDES. Luis Alberto Sanchez Diez.
- <http://blog.prefire.es/>
- (marzo de 2011). Logística de combustibles y el papel de CLH. Madrid: Basilio Navarro. Director General de Recursos de CLH.
- ITC MI-IP02 "Parques de Almacenamiento de Líquidos petrolíferos". RD 1562/1998, de 17 de julio por el que se modifica la Instrucción Técnica Complementaria MI-IP02 "Parques de Almacenamiento de Líquidos petrolíferos". Madrid, España: Ministerio de Industria y Energía.
- UNE 23500 "Sistemas de abastecimiento de agua contra incendios". AENOR (AsociaciónEspañola de Normalización y Certificación).
- UNE 23503 "Sistemas fijos de agua pulverizada". AENOR (AsociaciónEspañola de Normalización y Certificación).
- NFPA 15 "Standar for Water Spray Fixed Systems for Fire Protection". National FireProtection Association (NFPA).
- Apuntes de la asignatura Construcciones Industriales de 2012 de la Escuela Superior de Ingenieros Industriales de Sevilla.
- Fichas técnicas empresa SABO ESPAÑOLA.
- Model code of safe practice. Part 19. Fire precautions at petroleum refineries and bulk storage installations.
- Manual de usuario de EPANET. Grupo multidisciplinar de modelación de fluidos. Universidad de Valencia.
- NTP 420: Instalaciones de abastecimiento de agua contra incendios: Ministerio de trabajo y asuntos sociales de España.
- Truck and rail loading and unloading systems. Chemguard



5 NORMATIVA APLICADA

- REAL DECRETO 1562/1998, de 17 de Julio, por el que se modifica la instrucción técnica complementaria MI-IP02 “Parques de Almacenamiento de Líquidos Petrolíferos”. (en adelante, ITC-IP-02)
- REAL DECRETO 1523/1999, de 1 de Octubre, por el que se modifica el Reglamento de instalaciones petrolíferas, aprobado por el Real Decreto, de 20 de Octubre, y las instrucciones técnicas complementarias MI-IP03, aprobada por el Real Decreto 1427/1997, de 15 de Septiembre, y MI-IP04, aprobada por el Real Decreto 2201/1995, de 28 de Diciembre.
- REAL DECRETO 2267/2004, de 3 de Diciembre por el que se aprueba del Reglamento de Seguridad contra incendios en los establecimientos industriales.
- REAL DECRETO 1942/1993, de 5 de Noviembre, por el que se aprueba el RIPCI “Reglamento de Instalaciones de Protección contra Incendios”
- CTE DB-SI “Código Técnico Edificación: Seguridad en Caso de Incendio”
- UNE-EN2:1994 “Clase de Fuego”
- UNE-EN-13.565-1 “Sistemas fijo lucha contra incendios. Sistema espumante. Parte 1: -Requisitos y métodos de ensayo de los componentes”.
- UNE-EN-13.565-2 “Sistemas fijo lucha contra incendios. Sistema espumante. Parte 2: diseño, construcción y mantenimiento”.
- UNE-EN-14384 ”Hidrantes en columna”
- UNE-EN-1568-3 “Agentes extintores. Concentrados de espuma”.
- UNE 23-033-81 'Protección y lucha contra incendios. Señalización'.
- UNE 23 500:2012 “ Sistemas de abastecimiento de agua contra incendios”
- UNE 23-523-84 “Sistemas de extinción por espuma física de baja expansión. Sistemas fijos para protección de riesgos exteriores. Tanques de almacenamiento de combustibles líquidos”
- UNE 23-503-89 “Sistemas fijos de agua pulverizada. Diseño e instalaciones.”
- UNE 23-603-83 “Seguridad contra incendios. Espuma física extintora.”
- UNE 23-521-90 “Sistemas de extinción por espuma física de baja expansión. Generalidades”
- UNE 23-522-83. “Sistemas de extinción por espuma física de baja expansión. Sistemas fijos para protección de riesgos interiores”



- UNE 23-523-84. "Sistemas de extinción por espuma física de baja expansión. Sistemas fijos para protección de riesgos exteriores"
- UNE 23-007-14:2009
- NFPA 11: Standard for low-, medium-, high-expansion foam. 2016 edition.
- NFPA 16: Standard for the Installation of Deluge foam-water sprinkler systems. 2015 edition.
- NFPA 20: Standard for the Installation of Stationary Pumps for Fire Protection, 2015 edition.



6 DESCRIPCIÓN DEL PARQUE DE ALMACENAMIENTO.

6.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA TERMINAL.

La terminal de almacenamiento tendrá una capacidad nominal de 160.000 m³ almacenados en 4 tanques de 40.000 m³. El producto que contienen los tanques es Fuel Oil de clase C.

El nivel de producto almacenado en los tanques se controla por sensores de nivel situados en cada tanque que se comunicaran con el puesto de control de la planta que se encuentra en las oficinas.

Cada tanque posee una bomba de proceso para el vaciado de los mismos. La bomba de proceso es una bomba vertical colocada en la base del tanque encargada de enviar el producto desde el cubeto (zona 1) a la zona de carga/descarga de camiones (zona 2).

Debido a que los tanques no se encuentran completamente llenos, se generan gases que han de ser recogidos para ser tratados en el sistema de tratamiento de olores.

Existirá un cargadero de camiones en el que se hará la entrada y salida del producto.

Cuando un camión descarga el producto en la zona de carga/descarga de camiones (zona 2). El producto puede ir a cualquiera de los tanques de forma independiente ya que existen tuberías de proceso que comunican cada uno de los tanques con el cargadero de camiones.

El cargadero de camiones tiene 4 conexiones mediante tuberías con cada uno de los tanques (4) de almacenamiento. Las conexiones estarán controladas por válvulas automáticas que serán controladas por el puesto de control de la planta. (Zona 3)

La descarga se realizará con la ayuda de una bomba que se encuentra en la zona del cargadero.

El estudio de las tuberías que comunican la zona del cargadero de camiones con los tanques queda fuera del alcance de este proyecto.

6.2 ÁREAS DEL PARQUE.

En primer lugar, para tener una idea de las partes en la que se compone una terminal de almacenamiento de hidrocarburos, vamos a señalar cuales son cada una de las partes.

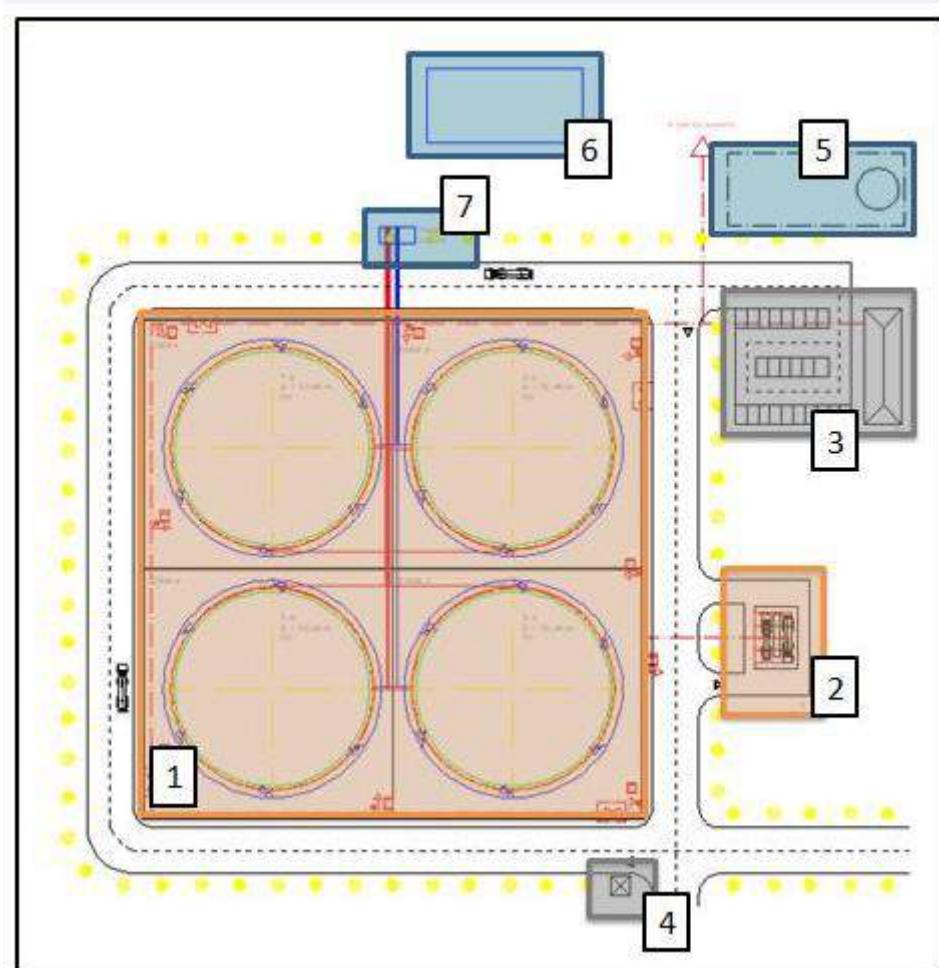


Las áreas que componen el parque son

- Zona para el almacenamiento de combustibles
- Zona de bombeo que incluye las bombas de proceso para el bombeo de combustible.
- Lineas de combustible. Conectan el cargadero de camiones con cada uno de los tanques.
- Sistema de protección contra incendios a base de agua y espuma, con estación de bombeo.
- Depósito de almacenamiento de agua DCI con autonomía para 5 horas a caudal maximo.
- Sistema de tratamiento de aguas hidrocarburadas con balsa API para recogida y depuración de aguas susceptibles de estar contaminadas por hidrocarburos o agua hidrocarburadas.
- Red de agua pluviales con evacuación de cuneta perimetral de la carretera próxima.
- Sistema de purgas para tanques.
- Edificio administrativo. (Zonas de oficinas, servicios, aparcamiento y zona de control.)
- Estación transformadora, cuadros eléctricos y grupo electrogeno.
- Vallado perimetral.
- Cargadero de camiones.
- Sistema de recuperación de vapores.

Por motivos de simplicidad en el dibujo, en el plano que se muestra a continuación y en los planos siguientes, solo se muestra el sistema de protección contra incendios del parque y aquellas partes del mismo que conciernen de alguna manera al sistema de protección contra incendios. En el plano que se muestra a continuación, se puede comprobar la disposición del parque.

Ilustración 1 Lay-out general de la terminal de almacenamiento de hidrocarburos y el sistema de protección contra incendios.



Las partes que se señalan de rojo son las partes de proceso, azul las de la instalación de protección contra incendios. La parte verde es relacionadas con la urbanización del parque. Las partes que se muestran en el plano son las siguientes.

1. CUBETO Y TANQUES DE ALMACENAMIENTO.
2. CARGADERO DE CAMIONES.
3. OFICINAS Y PARKING.
4. PUERTAS DE ACCESO Y CONTROL DE SEGURIDAD.
5. DEPÓSITO Y SISTEMA DE BOMBEO.
6. DOSIFICADOR DE ESPUMA.
7. PUESTO DE CONTROL.



6.2.1 FILOSOFIA DE OPERACIÓN DE LA PLANTA.

La planta que se propone se corresponde a una instalación de almacenamiento de hidrocarburos sin conexiones externas con otro tipo de plantas. Está proyectada para la recepción, almacenamiento y salida de productos petrolíferos. No existe en la planta ningún tipo de proceso de transformación.

Los principales procesos físicos que se desarrollan en la planta.

- Recepción de productos petrolíferos a través del cargadero de camiones.
- Almacenamiento de los productos en tanques verticales de techo fijo.
- Envío de productos petrolíferos a través del cargadero de camiones.

6.3 PRODUCTO ALMACENADO

El producto almacenado en los tanques es Fuel Oil. El Fuel Oil es una mezcla de hidrocarburos parafínicos, ciclopárafinicos, aromáticos y oleofínicos, donde predominan el número de átomos de carbono en el intervalo C₂₀₊. Es un combustible elaborado a partir de productos residuales de los procesos de refinación del petróleo de crudo. Producto de elevada viscosidad que se debe precalentar para fluidizarlo.

El fuel oil se considera como un hidrocarburo de clase C. Como podemos ver en las propiedades físicas y químicas del compuesto, el punto de inflamación es de 75 °C mínimo.

Ver ficha técnica del elemento en el anexo E de fichas técnicas.

6.4 PARCELA Y URBANIZACIÓN

La parcela donde se situará el parque de almacenamiento es una parcela cuadrada de 51438 m² y 226,8 m de lado.

Todas las instalaciones del parque se encuentran en el interior de la parcela del mismo, es decir, la oficina, el cargadero de camiones, sistema de bombeo, tuberías de agua, tanques, etc., se encuentran en el interior de la parcela.

6.4.1 VALLADO

El parque dispone de un cerramiento compuesto por una valla metálica de 2,5 metros de altura rodeando el conjunto de las áreas principales del parque estudiado.

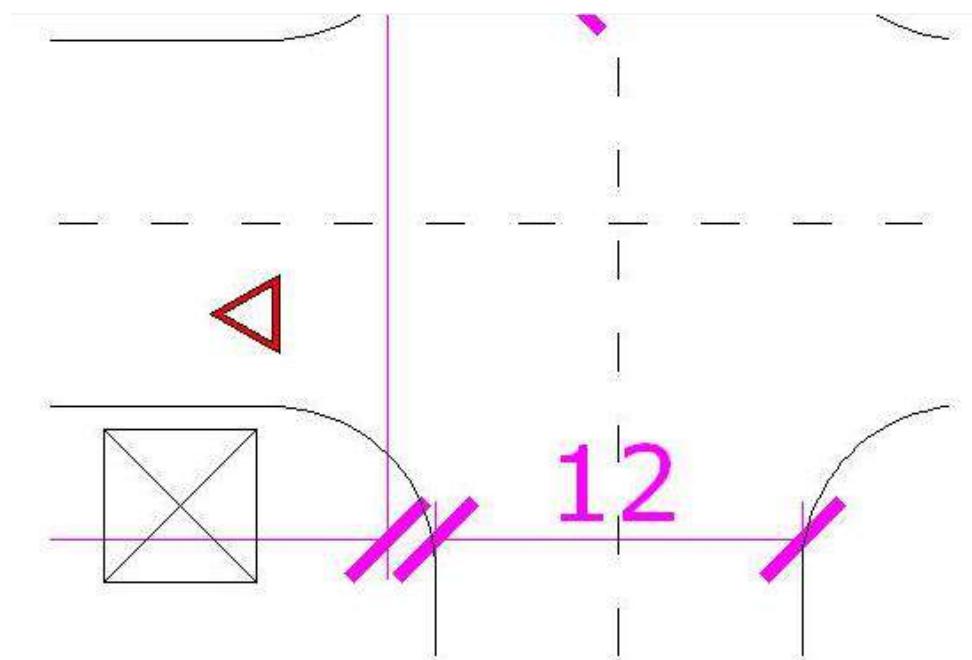


El cerramiento es de malla de alambre de simple torsión de 2 metros de altura fabricada con alambre galvanizado con resistencia a la tracción de 40 – 55 kg/ mm y con recubrimiento de zinc.

La malla que forma al cerramiento se sujet a mediante un poste de acero que se coloca cada 3 metros de 45 mm de diámetro. Ademá s se disponen de postes de arranque o extremo para reforzar la estructura y tambié n de puestos de refuerzo cada 25 metros. La cimentación de estos postes es de hormigón en masa HM-20 de 0,5 m de altura.

6.4.2 PUERTAS DE ACCESO

Ilustración 2 Esquema de entrada al parque y puesto de control. Medidas en m.



Las puertas de acceso al parque disponen de una anchura de 9 metros para garantizar la entrada y salida de vehículos en condiciones adecuadas de seguridad y estarán debidamente señalizadas a fin de facilitar la intervención o evacuación en caso de necesidad.

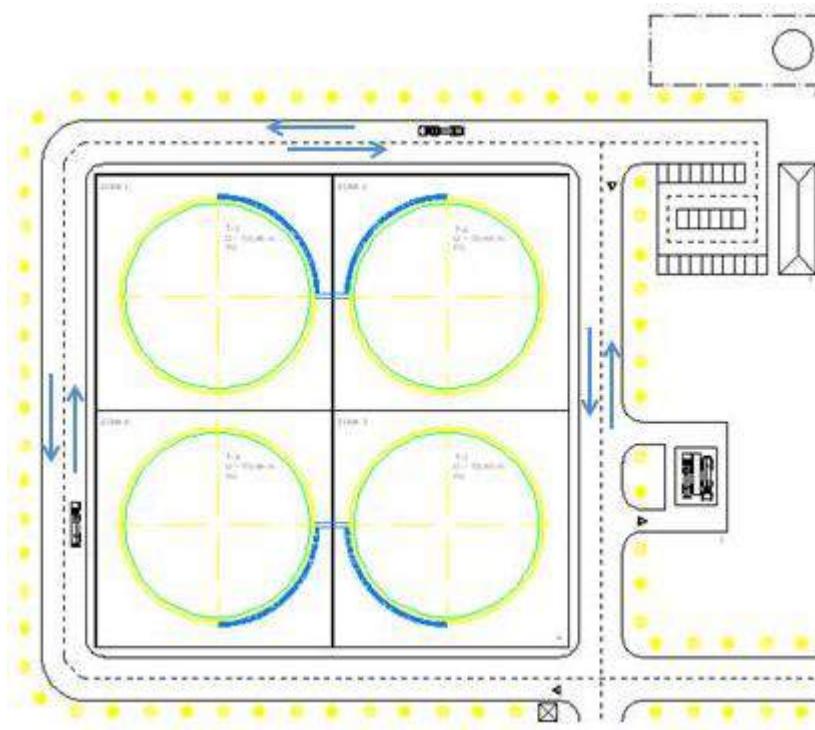
6.4.3 VIALES DE CIRCULACIÓN.

Los caminos interiores del parque cumplirán con lo establecido en el artículo 13 de la ITC-MI-IP-02. Éstos pueden ser caminos de libre circulación o caminos de circulación restringida.

El vial es perimetral al cubeto para tener acceso a todas las partes del mismo con la circulación lo más fluida posible, como se puede comprobar a continuación en la ilustración 3.



Ilustración 3 Disposición de los viales.



El ancho de dichas calles es de 6 m debido a que los camiones que operaran en dichas calles no serán mayores de 2,6 m. Con 6 m de vial conseguimos facilitar el tránsito de camiones, vehículos del personal de la planta y vehículos de mantenimiento. En los tramos curvos, el carril de rodadura debe quedar delimitado por la traza de una corona circular cuyas radios mínimos deben ser 5,3 y 12,5 m, con una anchura libre para la circulación de 7.20 m.

Se exige una capacidad portante del vial. 20KN/m^2 para poder aguantar el paso de camiones.

Las tuberías enterradas que cruzan los caminos, lo harán mediante galerías o conductos, a una profundidad adecuada, y de acuerdo con las reglamentaciones y especificaciones que le afectan.

6.5 CARGADERO.

El cargadero de camiones es el lugar donde se produce el intercambio del combustible. Se producen tanto entradas de producto como salidas de producto. El cargadero de combustibles líquidos inflamables es la parte de más riesgo en un parque de almacenamiento a tener en cuenta.



6.5.1 FILOSOFIA DE OPERACIÓN

Proceso de carga

Todo el proceso de carga esta automatizado y cuenta con estrictas medidas de seguridad. En el control de entrada se identifica al conductor y al camión mediante un dispositivo electrónico y se comprueba si la carga y el camión están autorizados.

A continuación, el camión accede al cargadero donde se vuelve a identificar al camión y al conductor, se verifica la orden de pedido, se consulta con los sistemas centrales la existencia de saldo del operador y se suministra el combustible solicitado.

Antes de la carga, se comprueba que todos los equipos necesarios, toma de tierra, brazos de carga, recuperación de gases y sistemas anti-rebose, están correctamente conectados y durante la misma se efectúan controles para garantizar que no se superen ni el grado máximo de llenado de los compartimentos ni el peso máximo autorizado para el vehículo que la toma de tierra permanece conectada y que la proporción de aditivación es correcta.

Ilustración 4 Ejemplo de cargadero de camiones.

La foto no es del mismo número de camiones empleado en el proyecto.



6.5.2 DIMENSIONES Y DESCRIPCIÓN.

El cargadero de camiones es rectangular de dimensiones 27 x 17 metros para permitir la entrada, salida, operatividad y maniobrabilidad de los camiones de carga.



Se distinguen dos áreas diferentes en el cargadero de camiones. El área total del cargadero y el área efectiva. El área efectiva es el área donde se produce la carga y descarga de los camiones, es decir, es el área de los camiones o tráileres aparcados en el cargadero. El área total del cargadero es mayor que el área a proteger.

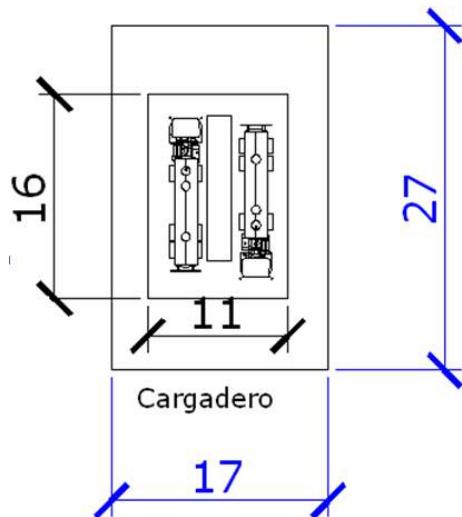
- Proyección horizontal del cargadero de camiones: 391 m^2
- Proyección horizontal de la isleta y zona operacional de camiones: $11\text{ m} \times 16\text{ m} = 176\text{ m}^2$

Se podrán cargar o descargar **hasta un máximo de dos camiones simultáneamente**. Existe, además, una isleta que permite la separación de dos camiones que podrán realizar la carga y/o descarga simultáneamente.

Existe una estructura metálica que permita la accesibilidad de los operarios para operaciones de carga, mantenimiento, etc., del camión y que a su vez se compone de una cubierta metálica que protege a los camiones de agentes meteorológicos.

El cargadero cuenta con un cubeto con una pendiente de un 5% hacia la parte exterior del área de carga/descarga, de tal forma que si existiera alguna fuga, el derrame quedaría contenido en el cubeto y lejos de los camiones.

Ilustración 5 Esquema y dimensiones de cargadero de camiones.



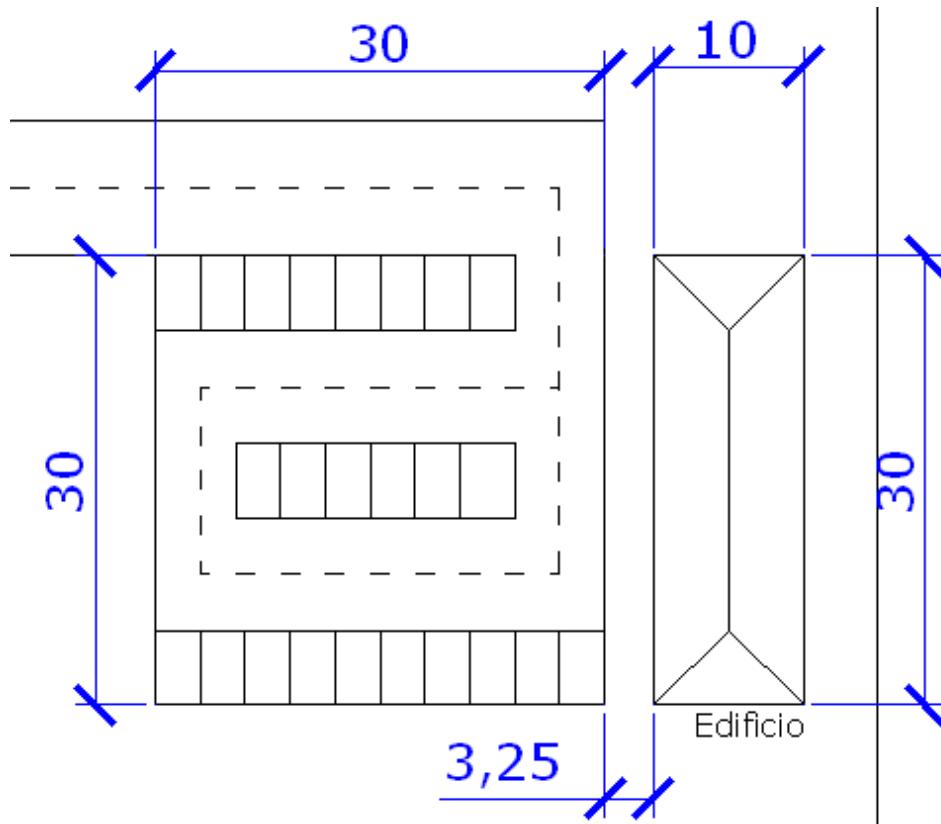
La protección contra incendios del cargadero de camiones es un sistema de rociadores de agua. Es una de las protecciones más comunes para el cargadero de camiones y se contempla como la opción más económica. Dado que tenemos que instalar un sistema de agua para los tanques de almacenamiento, podemos aprovechar la existencia de ese sistema para la protección del cargadero de camiones.

A parte de sistema de protección de agua, garantizaremos la extinción de un posible incendio con la distribución de hidrantes agua-espuma que se planean repartir en toda la planta.



6.6 EDIFICIO ADMINISTRATIVO

Ilustración 6 Esquema edificio administrativo y aparcamientos.



El parque posee un edificio administrativo destinado al personal de administración de la terminal, control de los procesos, mantenimiento, ingeniería, etc.

Se compone de diferentes áreas:

- Oficinas.
 - Puesto de control.
 - Administración.
 - Ingeniería.
 - Aseos.

- Aparcamientos.

Las oficinas es un edificio de dimensiones 10 x 30 m (300 m² de área) La altura del edificio total se compone de 3,5 metros.

La estructura del edificio es de hormigón armado. Se encuentra dividido en tres departamentos. Puesto de control, administración e ingeniería.



Junto a la oficina se sitúan unos aparcamientos que ocupan unos 900 m² de área. Son un total de 25 plazas de aparcamiento destinadas a los vehículos del personal de la planta.

En lo referente a la protección contra incendios de la oficina, de acuerdo al RSCIEI, se tiene que cuando en un mismo edificio coexisten con la actividad industrial otros usos con distinta titularidad, para los que sea de aplicación la Norma básica de la edificación: condiciones de protección contra incendios, NBE/CPI96, o una normativa equivalente, los requisitos que deben satisfacer los espacios de uso no industrial serán los exigidos por dicha normativa.

Cuando en un establecimiento industrial coexisten con la actividad industrial otros usos con la misma titularidad, para los que sea de aplicación la Norma básica de la edificación: condiciones de protección contra incendios, o una normativa equivalente, los requisitos que deben satisfacer los espacios de uso no industrial serán los exigidos por dicha normativa cuando superen los límites indicados a continuación:

- a) Zona comercial: superficie construida superior a 250 m².
- b) Zona administrativa: superficie construida superior a 250 m².
- c) Salas de reuniones, conferencias, proyecciones: capacidad superior a 100 personas sentadas.
- d) Archivos: superficie construida superior a 250 m² o volumen superior a 750 m³.
- e) Bar, cafetería, comedor de personal y cocina: superficie construida superior a 150 m² o capacidad para servir a más de 100 comensales simultáneamente.
- f) Biblioteca: superficie construida superior a 250 m².
- g) Zonas de alojamiento de personal: capacidad superior a 15 camas.

Dado que tenemos un edificio administrativo de más de 250 m², será de aplicación el Código técnico de la edificación.

6.7 TANQUES.

6.7.1 INTRODUCCION.

Los tanques de almacenamiento se usan como depósitos para contener una reserva suficiente de algún producto, en nuestro caso Fuel Oil, para su uso posterior y /o comercialización.

El almacenamiento constituye un elemento de sumo valor en la explotación de servicios de hidrocarburos.

- Actúa como un pulmón entre la producción y transporte para absorber las variaciones del consumo.



- Permite la sedimentación de agua y barros del crudo antes de despacharlo a destilación-
- Brindan flexibilidad operativa a las refinerías,
- Actúan como punto de referencia en la medición de producto.

Los tanques de almacenamiento se clasifican en:

1. Cilíndricos horizontales.
2. Cilíndricos verticales de fondo plano.

Los tanques cilíndricos horizontales, generalmente son de volúmenes relativamente bajos, debido a que presentan problemas por fallas de corte y flexión. Por lo general, se usan para almacenar volúmenes pequeños. Los tanques cilíndricos verticales de fondo plano nos permiten almacenar cantidades volumétricas con un costo bajo. Con la limitante que solo se pueden usar a presión atmosférica o presiones internas relativamente pequeñas.

Estos tipos de tanques se clasifican en:

- De techo fijo. El servicio recomendado para estos tanques es para contener productos no volátiles o de bajo contenido de ligeros (no inflamables) como son: agua, diésel, asfalto, petróleo crudo, etc. Debido a que al disminuir la columna de fluido, se va generando una cámara de aire que facilita la evaporación del fluido, lo que es altamente peligroso.
- De techo flotante. Se emplea para almacenar productos con alto contenido de volátiles como son: alcohol, gasolinas y combustibles en general.
- Sin techo.

Para el caso que nos ocupa, dado que nos interesa almacenar el mayor líquido posible al menor costo, el líquido será almacenado en tanques verticales cilíndricos de fondo plano y de techo fijo dado que el líquido almacenado es de bajo contenido en ligeros.

A continuación vemos un ejemplo de una imagen con un conjunto de tanques de almacenamiento en diferentes cubetos.



Ilustración 7 Ejemplo de una instalación de tanques de almacenamiento



6.7.2 DESCRIPCIÓN DE LOS TANQUES.

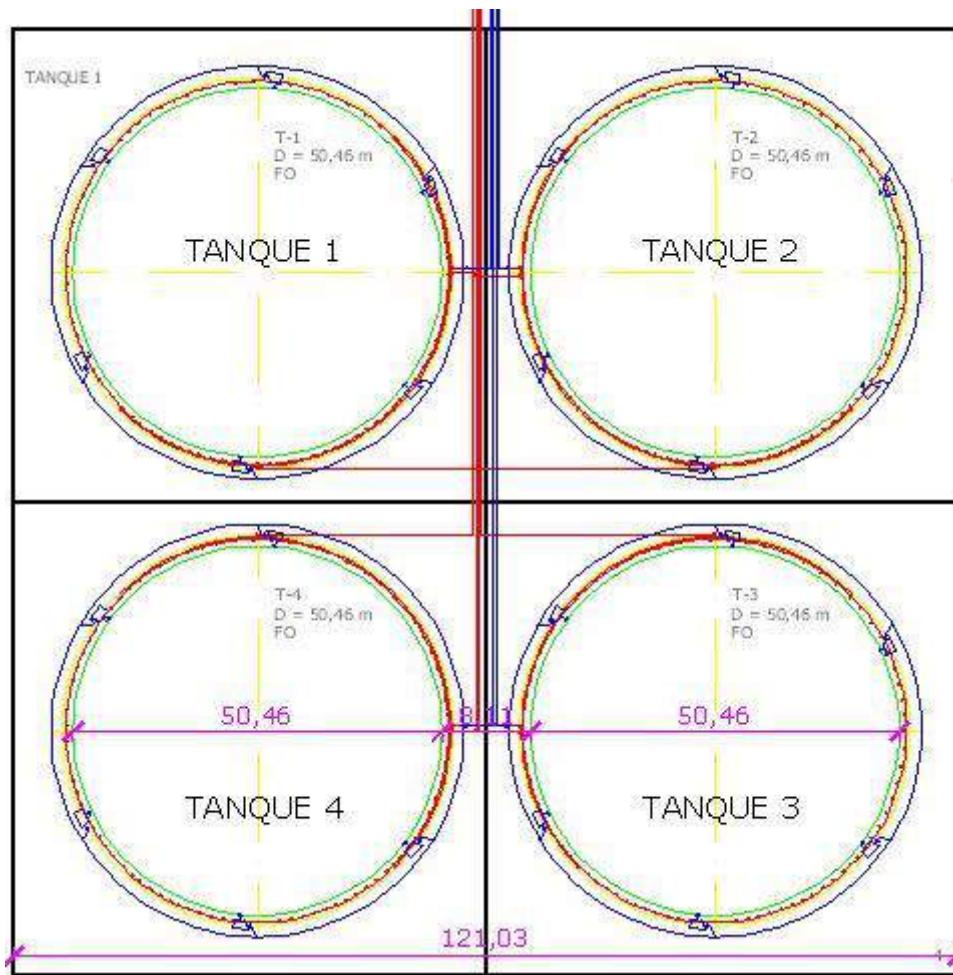
La instalación se compone de 4 tanques de almacenamiento de hidrocarburos de TECHO FIJO de 50,46 m de diámetro y 20 metros de altura.

Cada tanque tendrá una capacidad volumétrica nominal de 40.000 m³ situados en el interior de un cubeto dividido por 4 subcubetos.

Los tanques se encuentran a presión atmosférica.



Ilustración 8 Implantación de los tanques y cubetos.



6.8 CUBETO DE RETENCIÓN

El cubeto de retención es un elemento completamente estanco cuya función es recoger los posibles derrames, vertidos durante el almacenamiento durante rotura del continente o el mal funcionamiento debido al trasiego de productos petrolíferos.

Los cubetos de retención se diseñan para contener una categoría de hidrocarburos determinada, en nuestro caso Fuel Oil de clase C, y solo podrán contener hidrocarburos de dicha categoría o de otra de menor riesgo.

La función del cubeto de retención es el mantenimiento del contenido en un espacio localizado en caso de fallo de la estructura continente y también evitar la contaminación de acuíferos. Es una medida de seguridad requerida en la ITC-MI-IP-02.

El número y capacidad de los cubetos necesarios para albergar los tanques está directamente relacionado con los tanques empleados y los productos almacenados. La limitación marcada por la ITC MI-IP-02 (artículo 19) señala que no se debe sobrepasar



los 200.000 m³, cuando éste contiene dos o más tanques. Si el cubeto contiene varios tanques, este debe estar compartimentado con diques de tierra o muretes de 0,7 m de altura, de manera que cada compartimento no contenga más de un tanque de una capacidad igual o superior a 20.000 m³, o un cierto número de tanques de capacidad global o inferior o igual a 20.000 m³.

Tabla 1 Características del cubeto.

| CUBETO | ZONAS | TANQUE | PRODUCTO | CAPACIDAD DE TANQUES (m ³) |
|--------|-------|--------|----------|--|
| C1 | 1 | T-01 | Fuel Oil | 40000 |
| | 2 | T-02 | Fuel Oil | 40000 |
| | 3 | T-03 | Fuel Oil | 40000 |
| | 4 | T-04 | Fuel Oil | 40000 |

Se va a diseñar un cubeto que contiene a todos los tanques. Se va a proponer un cubeto de lados iguales como podemos comprobar en la *Ilustración 8*,

6.9 PUESTO DE CONTROL

El puesto de control es la zona formada por el conjunto de válvulas que controla el paso de la descarga de los sistemas de protección contra incendios.

La terminal de almacenamiento tiene un sistema fijo de protección contra incendios formado por un sistema de refrigeración y otro de extinción de espuma. Estos sistemas están operados manualmente desde los puestos de control.



Ilustración 9 Esquema de puesto de control.



La terminal de almacenamiento tiene un sistema fijo de protección contra incendios formado por un sistema de refrigeración y otro de extinción de espuma operados manualmente desde los puestos de control de incendios.

El puesto de control se situará fuera de los cubetos (mínimo a 25 metros de los tanques) y protegidos por un muro de hormigón de 2,5 metros de altura de acuerdo a la ITC-IP-02.

Los puestos de control de refrigeración constan de los siguientes elementos por cada línea:

- Un filtro con cesta en acero inoxidable.
- Una válvula de mariposa de corte manual.
- Drenaje.
- Un presostato para generar una señal de alarma cuando las válvulas sean abiertas
- Un manómetro indicativo de presión.



DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN



7 SISTEMA DE AGUA

La protección contra incendios está compuesta por dos tipos de estrategias de protección: pasiva y activa. La primera consiste en las formas de impedir que aparezca el riesgo y se inicie el incendio (medidas de prevención) y la segunda busca limitar los efectos del incendio mediante sistemas de protección constructivos. (Medidas de protección).

La protección pasiva no implica ninguna acción directa sobre el fuego, pero puede evitar su propagación mediante la utilización de muros contra incendios, con lo cual impiden que el calor del fuego llegue a las estructuras de los materiales, estructuras y equipos, y los debilite produciendo su derrumbe o caída; además de que permite facilitar tanto la extinción del incendio como la evacuación.

La protección activa engloba todas las actuaciones que implican una acción directa sobre el fuego: esto es, el conjunto de medios, equipos y sistemas instalados para detectar el incendio, alertar sobre él, señalizarlo, extinguirlo, etc. como por ejemplo la protección activa mediante agua, mediante gases o polvo.

Se utiliza agua como elemento extintor principal de protección activa. La protección con agua es el método más común, más económico y eficaz por su gran poder de enfriamiento y sofocación. El agua tiene un alto calor latente de vaporización (540 calorías/gramo) y un calor específico de 1 caloría/gramo x °C, que le confiere una importante capacidad de absorción de calorías. Además, cuando se evapora aumenta su volumen entre 1 500 y 1 700 veces, por lo que consigue desplazar el aire que rodea al fuego.

Los diferentes tipos de aplicación del agua contra incendios son:

- Mediante rociadores.
- Mediante sistemas de agua nebulizada.
- Mediante mangueras, monitores e hidrantes.
- Mediante boquillas de agua pulverizada.

Los sistemas de agua pulverizada se utilizan en la extinción de incendios de líquidos y gases, combustibles ordinarios, explosivos, en equipos eléctricos.

Las características y restricciones en el diseño de los diferentes sistemas a base de agua se recogen en las normativas correspondientes.

La protección activa se divide en las siguientes fases: Protección a la exposición, Control de la llama y Extinción de la llama.



PROTECCIÓN A LA EXPOSICIÓN

Con la protección a la exposición, se busca proteger todos los equipos combustibles de un aumento de temperatura y por tanto, de una ignición de los componentes combustibles que no se involucran en el incendio inicialmente.

El objetivo más común del sistema de agua es la protección a la exposición de equipos y estructuras que se someten al calor conductivo, convectivo y radiante.

El propósito de estos sistemas es absorber este calor y reducir la temperatura mediante la aportación de una película de agua por la boquilla que mantendrá la temperatura de la superficie a proteger a la temperatura de evaporación del agua 100°C.

Los sistemas diseñados para la protección a la exposición no están diseñados para extinción del fuego o la protección directa de la llama.

El caudal necesario de agua depende del flujo de calor transferido, la máxima temperatura permitida y la eficiencia del calor absorbido por el agua.

CONTROL DE LA LLAMA

Los sistemas de protección también se pueden usar para el control del índice de combustión (burning rate). Esto se puede conseguir aplicando agua directa a la llama o a la superficie de combustión para absorber el calor en las proximidades de la fuente, reducir la generación de vapor, intensidad de la llama y limitar la cantidad de calor emitido a la exposición del ambiente de alrededor mientras el fuel es consumido.

La intensidad de la llama puede ser controlada de forma efectiva con la aplicación del agua en el área de la llama. La aplicación de agua reduce la cantidad de calor convectivo y radiactivo que se transmite a los alrededores. Al evaporarse el agua, se produce vapor que cubre el fuego, dificultando el aporte de oxígeno a la combustión.

EXTINCIÓN DE LA LLAMA

En algunos casos, la extinción puede ser lograda por enfriamiento de la superficie, emulsión, dilución (todos reducen la emisión de vapor) o por sofocación (smothering).

Para ello, se utiliza como medio de extinción la espuma es el medio más común para grandes incendios petrolíferos. Puede ser aplicada sobre superficies horizontales o casi horizontales que se someten a condiciones de radiación térmica durante un incendio. Una capa de espuma protegerá la superficie de la radiación térmica, reduciendo el riesgo de ignición y extinguriendo el incendio.

El sistema de protección contra incendios diseñado, consiste en la protección superficial, con espuma física de baja expansión (La generación de espuma se realiza



a partir de una mezcla al 3% v/v de espumogeno con un 97% v/v de agua).del interior de los tanques de combustible, del cubeto, del cargadero de camiones y en la refrigeración de la envolvente de los tanques incendiados y contiguos, mediante la aplicación de agua pulverizada. Además, se dispone de una red de 9 hidrantes extintores de columna humeda distribuidos alrededor de la zona de riesgo, con una cobertura de 40 m de radio desde el emplazamiento del equipo y de un sistema de rociadores para el cargadero de camiones.

Las densidades de descarga, tiempos de aplicación de agua y espuma, y bases para el diseño de los diferentes sistemas, vienen recogidos en las normas, y calculados en apartados posteriores.

El sistema de protección contra incendios protege cada área de la instalación de manera siguiente.

Tabla 2 Resumen instalaciones de dotación contra incendios.

| ZONA | SISTEMA |
|-------------------|--|
| Cubeto y tanques. | Boquillas agua en tanques |
| | Vertederas Espuma en tanques. |
| | Hidrantes con lanza agua- espuma para derrames en el cubeto |
| | Extintores manuales |
| Cargadero | Rociadores de agua-espuma |
| | Hidrantes con lanza agua- espuma para derrames en el cargadero |
| | Extintores manuales. |
| Oficinas | Extintores manuales |
| | Hidrantes con lanza agua- espuma para derrames en el cargadero |

A continuación, se describe cada sistema de manera independiente.

7.1 SISTEMAS DE PROTECCIÓN EN TANQUES DE ALMACENAMIENTO

El sistema PCI de agua en los tanques tiene dos objetivos: Control de la llama y Control de la exposición.



Para el control de la llama se utiliza un anillo principal de boquillas en el tanque incendiado que se instalará en la corona del mismo. Cada tanque tendrá su propio anillo que se alimentará de una red independiente de tuberías procedente del puesto de control.

Para la protección a la exposición se utilizarán cuartos de anillo que descargaran el caudal necesario para su refrigeración. El cuarto de anillo para el tanque afectado estará conectado a la red del anillo principal del tanque incendiado, de tal forma que al incendiarse este, se active la refrigeración del mismo y la de sus tanques vecinos afectados. La existencia de estos cuartos de anillo en tanques de almacenamiento de combustible, ayuda a anular la propagación del incendio en un tanque contiguo, evitando que la radiación emitida por el incendio aumente la temperatura de los tanques y se tengan nuevos incendios.

El objetivo del cuarto de anillo es cubrir una cuarta parte de la superficie lateral del tanque. Con esto conseguimos enfriar la superficie de un segundo tanque que se encuentra expuesto a la radiación del tanque incendiado.

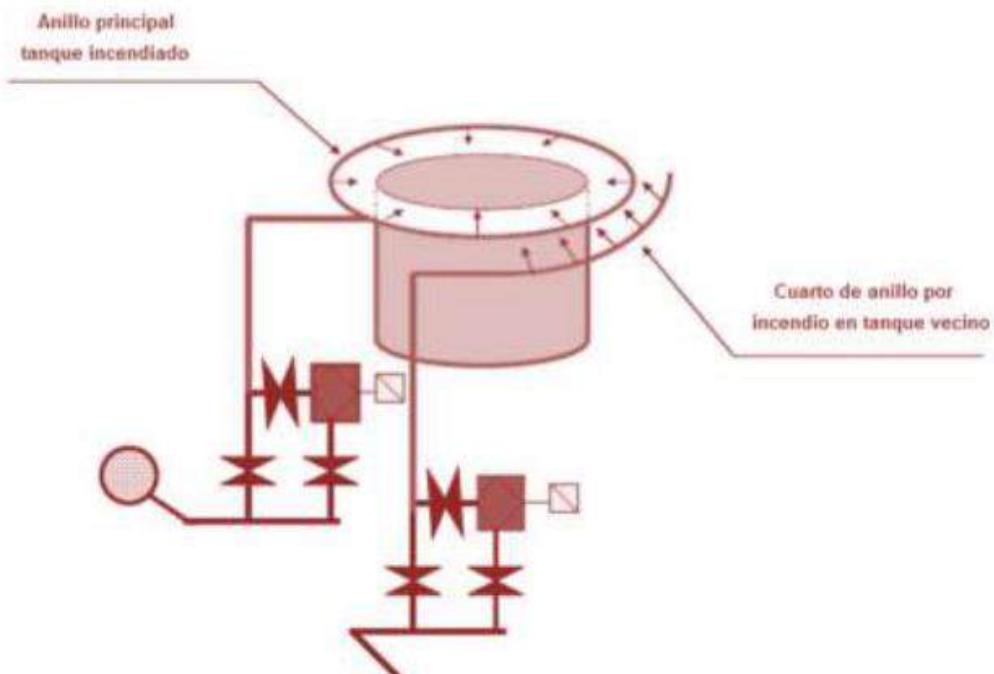
El agua se descarga sobre la superficie de los tanques incendiados. Descargan el agua a través de boquillas de pulverización.

Cada anillo o arco de tubería lleva una instalación de boquillas abiertas pulverizadoras. Dichas boquillas refrigeran toda la superficie lateral del tanque y han sido diseñadas con un solape parcial.

En los apartados siguientes hablaremos de los caudales utilizados para la protección de los tanques.



Ilustración 10 Esquema de protección de los tanques de almacenamiento



7.1.1 CAUDALES EN TANQUES INCENDIADOS.

Según la norma ITC-MI-IP-02, la tasa de aplicación de agua para la refrigeración de tanques es de 15 l/min por metro lineal de circunferencia que forma el perímetro del tanque.

7.1.2 CAUDALES EN TANQUES INCENDIADOS. CAUDALES EN TANQUES AFECTADOS POR LA RADIACIÓN

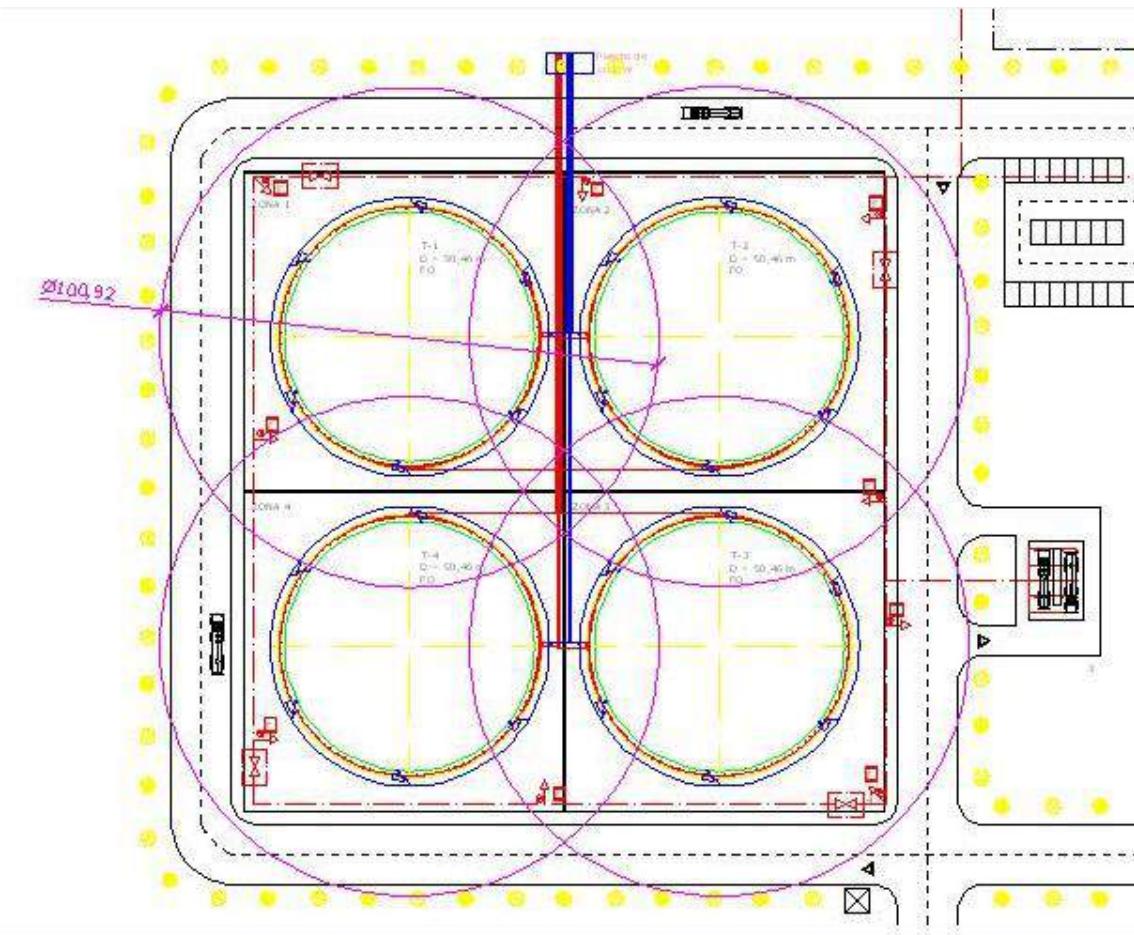
La tasa de aplicación para tanques afectados por la exposición es de 3 litros/m²/min sobre ¼ de superficie lateral del tanque para tanques de techo fijo que almacenen líquidos con punto de inflamación de 21°C, a mantener durante un mínimo de 5 horas.

Se consideran como tanques afectados los que están total o parcialmente situados dentro de una distancia de 1,5 veces el radio del tanque que está incendiado, medidos desde su pared, o un mínimo de 15 metros de separación.

Como el tanque tiene un diámetro de 50,46 metros, si tomamos 1,5R desde la pared del tanque (o 2R medidos desde el centro del tanque). Podemos comprobar en la siguiente Figura de color magenta el radio de influencia descrito en este apartado.



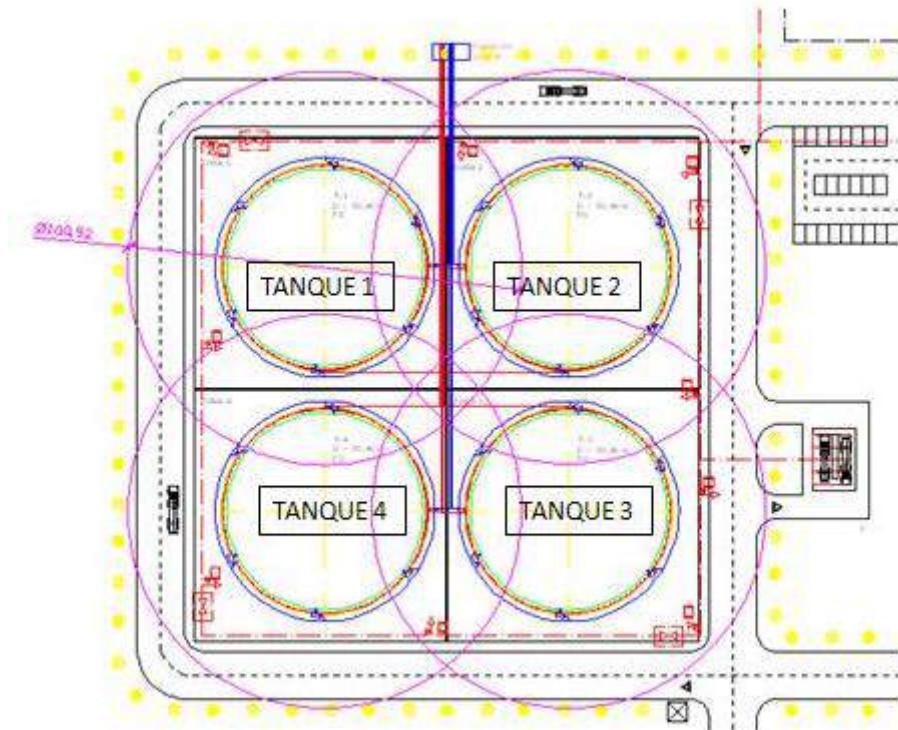
Ilustración 11 Tanques afectados por la radiación



Como podemos comprobar para el caso del radio de influencia del tanque 1, vemos como parte del tanque 2 y el tanque 4 se encuentra dentro de la circunferencia.



Ilustración 12 Tanques afectados por la radiación



Cada tanque tiene posibilidad de encontrarse expuesto a la radiación de dos tanques. Por ello, cada tanque tiene 2 arcos de un cuarto de circunferencia para proteger la superficie que se encuentra expuesta al tanque adyacente.

Tabla 3 Tanques influenciados.

| TANQUES | 1 | 2 | 3 | 4 |
|-----------------------|-----|-----|-----|-----|
| TANQUES INFLUENCIADOS | 2,4 | 1,3 | 2,4 | 1,3 |

Con todo lo expuesto anteriormente, los caudales de agua que se aplicaran a los tanques serán de 2615.7 l/min para tanque incendiado y de 5231.3 l/min para 2 tanques adyacentes. (Véase Anexo de Cálculo de Caudales de Agua)

7.2 HIDRANTES

Son tomas de agua diseñadas para proporcionar un caudal considerable en caso de incendio.. Las características y normas establecidas para el diseño de los sistemas de hidrantes exteriores vendrán dictadas por el RSCIEI, las normas UNE 23523, UNE 14384.



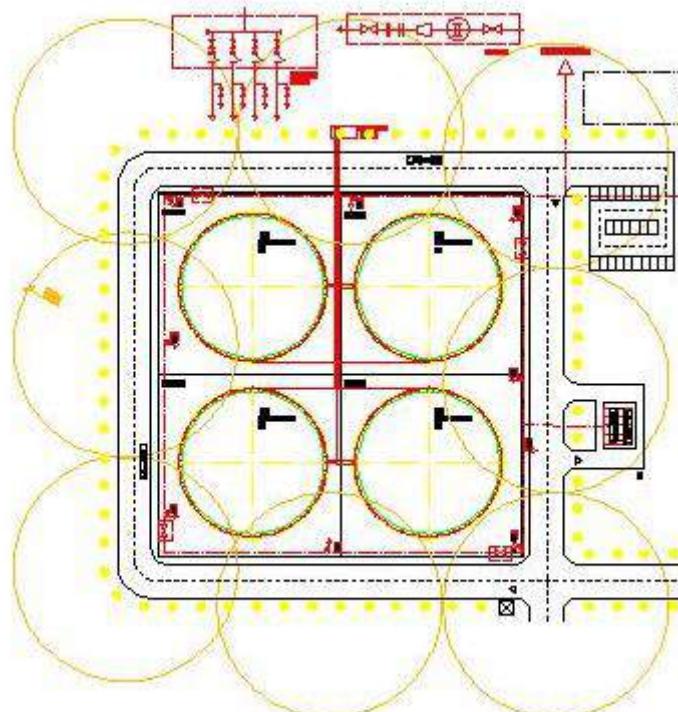
Esta normativa establece la necesidad de contar con equipos auxiliares, tales como mangueras manuales, lanzas, formadores o monitores de espuma, para la protección de pequeños fuegos, provocados por los posibles derrames de producto.

Su objetivo no es la protección de grandes fuegos de derrames, sino que, principalmente, se utilizan para la protección inicial en la extinción o aislamiento de pequeños fuegos de derrames en áreas cuya superficie expresada en m^2 sea igual a 0,15 veces al caudal de la boquilla en l/min. Dado que nuestro cubeto cuenta con una superficie de 14648 m^2 , el caudal a aplicar será de 2200 l/min al menos. La norma indica un caudal de solución de espuma para cada uno de los equipos auxiliares de 200 l/min.

Se van a implantar 9 hidrantes de columna humeda incluyendo conexión de monitor y lanza. Además se emplazarán bidones de espumógeno FFFP 3% (Se darán más detalles del espumógeno en apartados de Espumógeno) para la formación de espuma.

De acuerdo a la normativa, se tiene que la distancia de un punto cualquiera de la planta al hidrante más próximo debe ser menor que 40 metros. Es por ello, que se van a colocar los hidrantes se encuentran distribuidos por toda la planta.

Ilustración 13 Distancia de cualquier punto de la planta a un hidrante



En la figura podemos observar circunferencias azules de radio 40 m con centro en cada hidrante. Todo punto que se encuentre dentro de la circunferencia, se encuentra a menos de 40 m del hidrante más próximo.

El número de hidrantes que actuarán simultáneamente sobre un tanque se hará de acuerdo a esta tabla.



Tabla 4 Número mínimo de hidrantes según UNE 23523

| Diámetro del tanque m | Número mínimo de hidrantes |
|-----------------------|----------------------------|
| Hasta 20 | 1 |
| Igual o superior a 20 | 2 |

De acuerdo a la IP-02 y a la norma UNE 23523, el número de hidrantes que actúan simultáneamente en cada tanque es de 2. El caudal y el tiempo se obtienen de la norma UNE 13565_2, RSCIEI y catálogo del proveedor.

Se tendrá que:

- Número de hidrantes total: 9
- Hidrantes que funcionarán simultáneamente en caso de incendio de un tanque: 2
- Caudal por cada hidrante 2000 l/min.
- Tiempo de autonomía: 60 min

Tabla 5 Calculo de caudal de espuma para hidrantes

CÁLCULO DE CAUDAL DE ESPUMA PARA HIDRANTES

| | |
|---|------------|
| Número de hidrantes funcionando simultáneamente | 2 |
| Caudal teórico por cada hidrante | 2000 l/min |
| Caudal teórico total | 4000 l/min |
| Tiempo mínimo de actuación | 60 min |

Las características técnicas de los hidrantes que vamos a utilizar:

- Columna húmeda 6" acero al carbono ASTM.
- Una (1) toma rosca redonda tipo bombero de 100 mm con válvula de mariposa de 4" para conexión con un camión de bomberos, incluyendo tapa.
- Dos (2) tomas de mangueras de 70 mm con racores tipo Barcelona con tapa y válvula de angulo 2 1/2 "
- Una (1) conexión a monitor de 4" bridada ASTM.

El aporte de agua viene provisto por la red general de agua contraincendios de la terminal. Cada hidrante se conectará a la red mediante una conducción independiente, siendo el diámetro de la misma y el del tramo de red al que se conecte iguales, como mínimo, al del hidrante que en este caso son 100 mm (4").

Dado que será necesario la aportación del espumógeno para la formación de espuma, se van a proveer 9 bidones de espumógeno FFFP al 3% cercano a los hidrantes. Los



depósitos serán de un volumen mayor a 3.6 m³ para ser capaces de formar mezcla de espuma durante 60 min.

Según la regla técnica RT2-CHE de CEPREVEN, en zonas industriales se establece el uso de casetas con dotación auxiliar complementaria (estándar), a menos de 40 m de recorrido real de cada hidrante. Con estas condiciones se calcula la instalación de 4 casetas con dotación auxiliar; una caseta por cada dos hidrantes. Los elementos auxiliares contenidos en la caseta para una salida de 70 mm, son:

- 1 tramo de 15 m manguera racorada (UNE) de 70 mm de (2 ½")
- 2 tramos de 15 m manguera racorada (UNE) de 45 mm (1 ½").
- 2 lanzas de triple efecto estándar de 45 mm (1 ½") con racores (UNE)
- 1 lanza de triple efecto estándar de 70 mm (2 ½") con racor (UNE)
- 1 bifurcación de entrada 70 mm (2 ½") hacia dos salidas de 45 mm (1 ½") con racores y tapones (UNE).
- 1 reducción de 70 mm (2 ½") a 45 mm (1 ½") con racores (UNE).
- 1 llave para la válvula del hidrante, para su puesta en servicio.

La caseta con dotación auxiliar, es del modelo C-1 “Anber Globe”, “con dotación mangueras con recubrimiento”. En ella se dispondrán de tantos equipos auxiliares complementarios como salidas de 70 mm que se puedan utilizar simultáneamente (en este caso 2).

Las casetas se han previsto de tamaño adecuado y apropiadamente pintadas para prevenir las condiciones ambientales. Deberán estar claramente señalizadas.

Todos los equipos se han seleccionado del fabricante Anber Globe S.A (Ver ANEXO E).

7.2.1 MONITORES

Los monitores agua-espuma son elementos de protección contra incendios que se usan para descargar la espuma en el cubeto protección adicional para evitar la proliferación de pequeños fuegos, provocados por los posibles derrames de producto en el cubeto de retención.



Ilustración 14 Esquema 3D de monitor espuma



Se instalaran 9 monitores, uno por cada hidrante. (Ver anexo de calculo) que descargaran un caudal de 2000 l/min.

En la parte final del monitor, el dispositivo contiene una lanza que permite la regulación del caudal.

MONITORES DE ESPUMA.

- Toma de entrada de 4" bridada ASTM y salida de 3" roscada para conexión con lanza.
- Caudal medio 2000 l/min a 7.5 bar de presión.
- Cuerpo construido en bronce.
- Movimiento vertical y horizontal.
- Lanza de triple efecto (chorro lleno, niebla y semeniebla) con un alcance de chorro de 50 metros a 7,5 bar.
- La lanza es de tipo autoaspirante, permitiendo la formación de espuma. Dicha lanza se suministra con tubo de aspiración para succión directa de espumógeno.
- Bidon de 3.6 m³ de espumogeno al 3% por cada hidrante monitor

7.2.2 DEPÓSITOS DE ESPUMOGENOS PARA LOS HIDRANTES.

Se colocaran depósitos o bidones de espumógeno para permitir la formación de la espuma con el caudal de agua procedente de la red general. Los depósitos tendrán una capacidad de 3,6 m³.



7.2.3 CARACTERISTICAS TÉCNICAS DE LOS HIDRANTES Y MONITORES.

Se van a detallar las características técnicas más importantes, para más detalles consultar el Anexo de Fichas Técnicas.

7.2.4 CASETAS EXTERIORES CARACTERISTICAS TÉCNICAS DE LOS HIDRANTES Y MONITORES.

Se han instalado una caseta de dotación por cada dos hidrantes con equipamiento para uso por el personal de planta o bomberos. Cada caseta será accesible en caso de incendio y deberán proteger las mangueras y equipamiento auxiliar de las condiciones ambientales. Dichas cassetas y su equipamiento deberán cumplir con las normas UNE/CEPREVEN.

Cada caseta está equipada con los siguientes materiales.

- Una (1) manguera de 15 metros de longitud y 70 metros de diámetro, sintética con recubrimiento de PVC, revestimiento de goma y racores tipo Barcelona.
- Dos (2) mangueras de 15 metros y 45 mm de diámetro, sintéticas con recubrimiento de PVC. Revestimiento de goma y racores tipo Barcelona.
- Una (1) lanza ajustable chorro lleno spray y equipada con válvula de cierre de tamaño de manguera de 70 mm y acoplamiento Barcelona.
- Una (1) llave para acoplamientos de cada tipo de mangueras suministradas y racores tipo Barcelona.
- Un (1) accesorio reductor de 70 x 45 mm.

7.2.5 FILOSOFIA DE OPERACIÓN.

Todos los hidrantes, monitores y cassetas de dotación son de uso manual.

7.3 BOQUILLAS

Es el elemento encargado de verter el agua en la pared del tanque.



Ilustración 15 Ejemplo de boquillas de descarga de agua en pared de tanque de 120°



Las boquillas se encuentran implantadas en los anillos de tuberías de agua que protegen a los tanques y en los cuartos de anillo que protegen a los propios tanques de un incendio en el tanque adyacente.

El ángulo de descarga de las boquillas es de 120º y se disponen a una distancia apropiada para que se cubra toda la pared del tanque que se planea ocupar. Por ello se decide colocar a 1 m de distancia de la pared del tanque.

Se utilizaran para cada tanque **93 boquillas separadas a una distancia de 1,72 m.** (VER ANEXO D DE CÁLCULO Y DISTRIBUCIÓN DE BOQUILLAS EN LOS TANQUES).

En lo referente a las tuberías de cuarto de anillo que se utilizan para la protección contra un incendio generado en los tanques adyacentes, se tienen **23 boquillas separadas a una distancia de 1,72 m.**

Se van a seleccionar un total de **556 boquillas en la terminal. Por un lado, para las boquillas de los anillos completos de los tanques se van a utilizar un total de 372 boquillas del modelo 2210xx** para los tanques del fabricante SABO.

Por otro lado, para los cuartos de anillo se utilizaran 46 boquillas para cada tanque (2 cuartos de anillo por tanque formado por 23 boquillas cada cuarto de anillo) siendo un total de 184 boquillas modelo 2780xx.

Por otro lado, para los cuartos de anillo de tanque se usaran 93 boquillas para cada anillo más 23 boquillas por cada cuarto de anillo, habiendo 2 anillos por tanque.

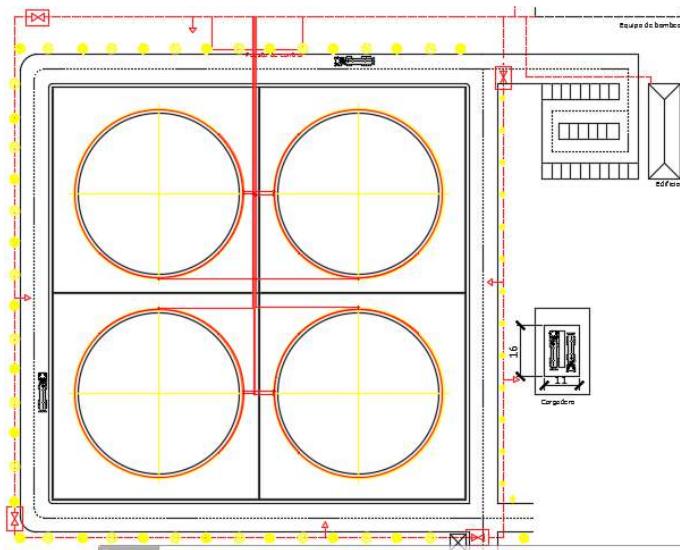
Podemos encontrar más información de las boquillas en el apartado de FICHAS TÉCNICAS.

7.4 TUBERÍAS DE AGUA



El sistema de tuberías de agua es un conjunto de tuberías fijas procedentes del sistema de bombeo y del abastecimiento de agua para protección contra incendios. En el siguiente esquema podemos ver la implantación del sistema de tuberías.

Ilustración 10 *Implantación de tuberías de agua.*



Como se puede comprobar en la Ilustración, la red de tuberías de agua tiene una distribución perimetral al cubo de manera que se pueda permitir el corte de cada uno de los conductos principales para labores de mantenimiento sin perjudicar el funcionamiento normal de la instalación.

Para realizar dicho corte, se dispone de cuatro (4) válvulas de corte de 12" para interrumpir el suministro en cualquier punto deseado de la red. Las válvulas permitirán que en caso de que en cualquier sección sea afectada por una rotura se pueda mantener el resto de la red a la presión de trabajo.

En lo referente a la implantación de las tuberías, cabe destacar que existirá una separación entre las mismas en función de su diámetro, como se ve en la tabla siguiente.

Tabla 6 Separación entre soportes según su diámetro

| Tubería (diámetro en mm) | Separación mínima entre soportes (m) tuberías horizontales. |
|--------------------------|--|
| 10 | 1.20 |
| De 10 a 20 | 1.80 |



| | |
|-------------|------|
| De 25 a 40 | 2.40 |
| De 50 a 100 | 3.00 |

La red se compone de tuberías de agua enterradas y de tuberías de agua aéreas. También podemos hacer una división de acuerdo a si son tuberías húmedas o secas.

De acuerdo ITC-MI-IP-02, todas las secciones de la RED GENERAL de agua contra incendios, se calcularán de modo que garanticen los caudales requeridos en cada punto a la presión mínima de 7,5 kilogramos/centímetro cuadrado.

El dimensionado de los diámetros de tuberías se realizará siempre mediante cálculos hidráulicos suponiendo una velocidad de fluido recomendada de 2 m/s, siendo este un parámetro ampliamente usado en la práctica habitual dado que evita el ruido, cavitación y posible erosión interna en la tubería.

7.4.1 DESCRIPCIÓN DE LAS TUBERÍAS.

7.4.1.1 RED GENERAL DE TUBERÍA.

La red general de tuberías son las tuberías principales que alimentan a todo el sistema. La tubería de la red de agua principal sigue el trazado de las calles está enterrada a una profundidad de 60 cm de su generatriz, de acuerdo al punto 15.3 apartado c) de la IP-02.

El material de la red general de tuberías es de HDPE fabricado con resina de polietileno de alta densidad virgen pigmentada con negro de humo para la resistencia a la radiación UV de 18" de diámetro.

La red general perimetral al cubeto irá enterrada y serán húmedas. Se construirán de HDPE de diámetro 18".

7.4.1.2 REDES AUXILIARES Y ANILLOS EN LOS TANQUES

La red de tuberías auxiliares son las que van desde el puesto de control hasta las boquillas y está formada también por un anillo perimetral que protege a cada tanque de almacenamiento y por los cuartos de anillo que ejercen como protección cuando el tanque adyacente se incendia.

El material de estas tuberías es de acero galvanizado dado que es una instalación seca y necesitaremos un material resistente a la corrosión. El uso de otros materiales como el acero negro no está recomendado para este tipo de instalaciones dado que al



estar en contacto con el aire se produce una capa de color pardo debido a la corrosión.

Las tuberías se proyectaran para absorber los esfuerzos ascendentes y el impacto debido a la rotura del techo del tanque. Dado que las tuberías de subida a los tanques son tubos verticales de diámetro exterior igual o superior a 114,3 mm pueden unirse al tanque mediante soportes de chapa soldados perpendicularmente al mismo y centrados respecto al tubo. Se soldara una chapa en cada virola del tanque.



8 SISTEMA DE ESPUMA

Según la NFPA 11 y la ITC MI-IP-02, todos los tanques atmosféricos verticales que almacenen productos inflamables o combustibles deben protegerse con sistemas fijos y/o semifijos de suministro de espuma física para extinción de incendios, de aplicación superficial y/o sub-superficial dependiendo del producto contenido.

La espuma destinada a la extinción de incendios, es un agregado estable de pequeñas burbujas de menor densidad que los combustibles líquidos sobre los que se aplica. Esto le permite flotar sobre la superficie del combustible, impidiendo el acceso de oxígeno y evitando su mezcla con los vapores inflamables producidos en la cámara superior del tanque. La espuma contra incendios está formada básicamente por tres componentes: espumógeno, agua y aire. Se pueden clasificar las espumas en función de la base con la que se fabrica el espumógeno utilizado.

La generación de la espuma se produce en una primera etapa de inducción, en la que se consigue la mezcla entre el agua y el líquido espumógeno a través de un proporcionador, produciendo el agente espumante; en una segunda etapa de generación, se le agrega aire a la mezcla anterior, a la salida del dispositivo de descarga, y se produce la espuma.

Los sistemas a base de espuma utilizan los mecanismos sofocación, separación o aislamiento, enfriamiento e inhibición.

En la sofocación la espuma cubre con una capa la superficie del combustible sofocando el fuego e impidiendo el contacto entre el aire y el combustible. Con el aislamiento se cubren las llamas y se evita que el aire entre en contacto con la zona de combustión y la salida de los vapores inflamables. Eso implica una eliminación de la fuente de calor (el combustible caliente).

En el enfriamiento se produce la ruptura de la espuma, que drena el agua contenida y absorbe el calor del combustible, enfriando las superficies metálicas adyacentes. Con la inhibición se consigue la eliminación de la reacción en cadena entre el combustible y el aire.

El diseño del sistema de espuma se realiza también en base a las normas UNE-23521/22/23/24/25/26.

8.1 ESPUMÓGENO.

Los espumógenos son concentrados líquidos que mezclados en la proporción adecuada con agua, son capaces de producir una espuma mediante la incorporación de aire con las propiedades extintoras para la protección contra incendios.



Se producen dos efectos al usar este tipo de espuma. La espuma actúa como una manta que se forma que impide la liberación de vapores combustibles. Segundo, el agua contenida en la espuma proporciona un efecto enfriador.

Podemos encontrar diferentes tipos de espuma. La espuma física se obtiene mezclando aire con espumógeno en un equipo apropiado. La espuma química se produce por reacción de productos químicos adecuados en el seno del agua. Este tipo de espuma se considera obsoleto y su uso ha sido sustituido por la espuma de aire.

Los tipos de espumógenos existentes para la generación de espuma física son espumógenos proteínicos, espumógenos fluoroproteínicos y espumógenos sintéticos.

El espumógeno proteínico es a base de proteínas hidrolizadas a las que se añaden estabilizadores e inhibidores para resistir la descomposición bacteriana y los espumógenos fluoroproteínicos a los que se añade un aditivo fluorado.

El espumógeno fluoroproteíncio que se obtiene, además de formar una capa de espuma que aisla del aire, produce una película sobre la superficie del líquido combustible que facilita el desplazamiento de la espuma. Estos espumógenos se diluyen en agua, generalmente, en proporciones del 3 al 6%, según el fabricante.

Por último, espumógenos sintéticos que son formadores de película acuosa (AFFF), la base son productos fluorados tensio activos a los que se añaden estabilizadores. Se diluyen en agua para formar soluciones generalmente, del 3 al 6 %.

Las espumas se clasifican por su relación de expansión o relación del volumen final de espuma con respecto a su volumen original antes de añadir aire a la mezcla. Hasta una relación de expansión de 1:20, se denominan espumas de baja expansión. Con una relación de expansión de entre 1:20 y 1:200, son de media expansión, y finalmente están las de alta expansión con una relación entre 1:200 y 1:1000.

Por las indicaciones de la norma UNE 1568-3 y de la NFPA 11, y debido a que es un fuego de clase B (fuegos que se producen en líquidos combustibles), se aplicará una espuma física de baja expansión en inyección superficial en el tanque siniestrado.

Utilizaremos como espumógeno concentrado un fluoroproteíncio (no AR) dado que es clase I en nivel de rendimiento en la extinción, forma película acuosa y tiene un nivel de resistencia al reencendido B o medio.

Por todo esto, utilizaremos como espumógeno concentrado FFFP 3%, mínimo de clase 1C de acuerdo a la norma UNE 13565.

8.2 RED DE ESPUMA

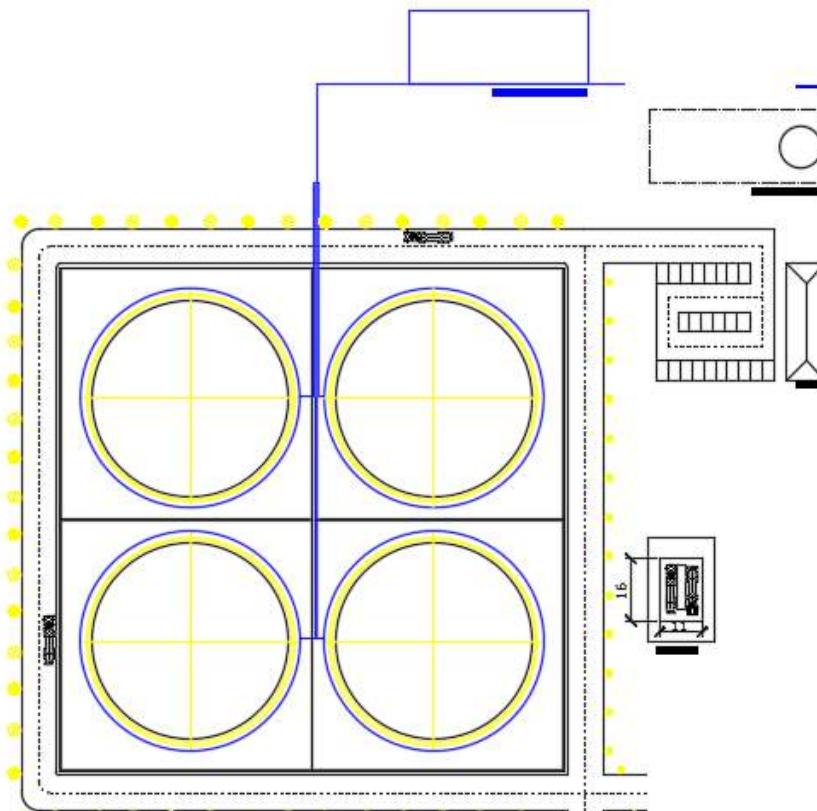
La red de espuma se inicia con la línea de agua que parte del colector de impulsión de las bombas hacia los proporcionadores de espumógeno, donde se produce la mezcla al 3% en v/v de espumógeno con agua para producir espumante. La red continúa por un lado hacia el puesto de control de espumante con válvulas de activación manual, de retención y corte; y por otro lado, al cargadero de camiones donde finaliza con unos rociadores.

Desde el puesto de control parten 4 líneas de espuma hacia las cámaras de formación de espuma.

El sistema de espuma está compuesto por los siguientes elementos.

- Sistema de dosificación
 - Depósito de almacenamiento de espumógeno.
 - Equipo de dosificación de espumógeno.
- Sistema de distribución de espuma.
 - Tuberías espuma.
- Cámaras de espuma.
- Rociadores agua-espuma.

Ilustración 16 Esquema del sistema de espuma





En el sistema de dosificación, se creará la espuma al mezclar el agua procedente de la red de agua con el espumógeno almacenado en el depósito de espumógeno. El equipo dosificador de espuma succiona el espumógeno del depósito de espumógeno y lo mezcla con el agua procedente de la red para crear así la solución de espuma.

El sistema de distribución de espuma se encargará de repartir la solución de espuma por cada uno de los tanques. Está formado por 4 redes independientes (una para cada tanque) que alimentan al sistema de protección contra incendios de cada tanque, es decir, a los anillos que se encuentran en la corona del mismo. Estos sistemas se accionaran desde el mismo puesto de control por unas válvulas operadas manualmente (una por cada linea de espuma hasta los anillos de los tanques). que se encuentra fuera del cubeto (ver apartado Puesto de control)

Finalmente, las cámaras de espuma se encargarán de que la aplicación de espuma se haga por encima de la superficie libre del producto en los tanques, mientras que los rociadores se encargarán del vertido de la espuma en el cargadero de camiones.

Los materiales de las tuberías y accesorios son de acero tipo galvanizado dado que se considerará la instalación de espuma como una instalación en seco. Los diámetros de tuberías de espuma son de 16" para toda la red de espuma de los tanques. Para las tuberías que se dirigen al cargadero de camiones tienen un diámetro de 6".

8.3 SISTEMAS DE PROTECCIÓN EN TANQUES DE ALMACENAMIENTO

8.3.1 CAUDAL EN TANQUE INCENDIADO.

De acuerdo a la norma ITC-MI-IP-02, se debe suministrar un caudal mínimo de 4 litros/min de solución acuosa por cada metro cuadrado de superficie a cubrir durante un periodo de 60 min.

Para calcular el caudal necesario y siguiendo la normativa UNE 13565, el caudal de espuma viene dado de la siguiente expresión,

$$q = q_{th} \cdot f_c \cdot f_o \cdot f_h$$

q son los flujos de aplicación mínimos para la solución de espuma, en litros por minuto por metro cuadrado.

q_{th} son los flujos de aplicación nominales para la solución de espuma, en litros por minuto por metro cuadrado, con $q_{th}=4,0 \text{ l/min/m}^2$

f_c es el factor de corrección para la clase del espumógeno de acuerdo con la norma EN 1568 (veáñse las tablas 2a)



fo es el factor de corrección para el tipo de objeto.

fh es el factor de corrección para la distancia a la boquilla en los sistemas de inundación exteriores. Este factor es igual a 1 para boquillas a menos de 5 m de la superficie protegida, 1.25 para boquillas a mas de 5 m de la superficie protegida.

Dado que vamos a usar un espumógeno FFFF al 3% de clase 1C como mínimo, obtenemos los valores de los coeficientes en la siguiente tabla.

*Tabla 7 Factor de corrección fc para espuma de baja expansión inmiscible en agua.
Norma UNE 13565_2*

| CLASE DE COMPORTAMIENTO DE EXTINCIÓN DE INCENDIOS | DE FACTOR CORRECCIÓN DE DERRAME FC | DE FACTOR CORRECCIÓN DE PROFUNDIDAD FC | TIPO DE ESPUMA TÍPICO EN COMBUSTIBLE |
|---|------------------------------------|--|--------------------------------------|
| 1C | 1.1 | 1.25 | AFFF, FFFF |

En este caso,

Fc= 1,1 (espumógeno clase C) (Ver tabla de corrección)

Fo= 1,25 para diámetro de tanque mayor que 45 y menor que 60. Aplicación durante 60 min.

Fh= 1 (boquillas a menos de 5 m de la superficie protegida)

Finalmente, q= 5,5 l/min x m²

Con todo lo expuesto anteriormente, los caudales de espuma que se aplicaran a los tanques serán de 11000l/min: 10670 l/min de agua para tanque incendiado más los 330 l/min serán de espumógeno (ver Anexo de Cálculo de Caudales de Agua)

8.3.2 CAUDAL EN TANQUE AFECTADO POR LA RADIACIÓN.

No se requiere sistema de espuma para tanques afectados de acuerdo a la ITC-MI-IP-02.21º

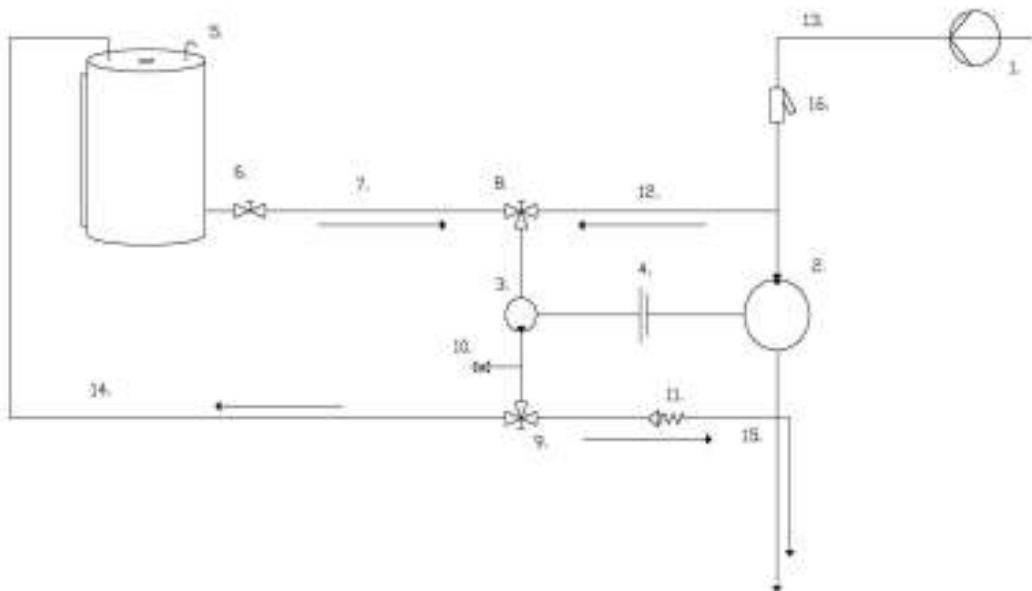
8.4 SISTEMA DE DOSIFICACIÓN DE ESPUMA y ALMACENAMIENTO DE ESPUMOGENO.



El sistema de dosificación de espumógeno por bomba será el sistema encargado de generar la espuma necesaria para la protección

8.4.1 ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO FIREDOS.

Ilustración 17 Esquema de funcionamiento del sistema de dosificación de espuma II



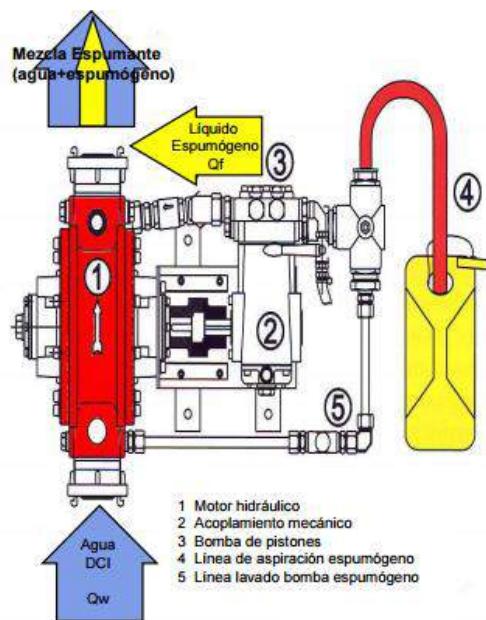
En la ilustración 14 podemos encontrar los componentes que forman el sistema.

1. Agua DCI
2. Motor hidráulico.
3. Bomba de espumógeno.
4. Acoplamiento mecánico.
5. Depósito de espumógeno.
6. Válvula de pie.
7. Línea de aspiración de espumógeno.
8. Válvula de tres vías (aspiración/lavado).
9. Válvula de tres vías (Inyección/ retorno).
10. Válvula de aireación.
11. Válvula de retención.
12. Línea de lavado.
13. Línea principal de agua.
14. Línea de retorno de espumógeno a tanque.
15. Línea de inyección de espumógeno.
16. Filtro privado.



8.4.2 FILOSOFÍA DE OPERACIÓN.

Ilustración 18 Esquema de funcionamiento de Firedos.



El sistema efectúa la mezcla del espumógeno con el agua, mediante una dosificación volumétrica.

Está compuesto por un motor hidráulico volumétrico movido por el flujo de agua, el cual a su vez acciona una bomba de inyección también volumétrica.

La bomba inyecta el espumante en el flujo de agua, a través de la válvula de tres vías.

La velocidad de rotación del motor hidráulico es proporcional al caudal de agua,

El caudal de espumante inyectado, Q_f es por lo tanto, proporcional a la velocidad de rotación, y por lo tanto, al caudal de agua.

Accionando la válvula de paso triple, es posible inyectar efectivamente el espumógeno en el agua (funcionamiento real) o hacerlo recircular en el tanque de espumógeno (funcionamiento simulado).

El sistema presenta las ventajas de que no se necesita fuente de energía externa. Es fiable en cuanto al porcentaje de la mezcla que queremos introducir. La perdida de carga del sistema es reducida. La dosificación es exacta a caudal variable. Podemos cargar el espumógeno en el depósito sin necesidad de paro.

Se va a utilizar un sistema FIREDOS FD 15000 l/min del proveedor que bastarán para suministrar el caudal de 11.000 l/min que necesitamos para el caso de un tanque



incendiado. Es uno de los mayores dispositivos de espuma que nos puede ofrecer el mercado. Ver anexo de fichas técnicas para más información.

Se colocará un filtro común aguas arriba del equipo proporcionador de espuma y se contará con la presencia de manómetros.

Se incluyen en el anexo de fichas técnicas más información en los datos técnicos.

8.4.3 DEPÓSITO DE ESPUMÓGENO.

Para cumplir con las necesidades de espumógeno del sistema diseñado, se ha seleccionado del fabricante SABO España.

Para el almacenamiento del espumógeno utilizamos un conjunto de depósito de membrana vertical con espumógeno en el interior de la membrana (dos depósitos 11 m³ de capacidad cada uno para ser capaces de cubrir la demanda total del sistema que es de 21.8 m³ de capacidad para almacenamiento de espumógeno).

Se eligen dos depósitos conjuntos para ser capaces de realizar labores de mantenimiento en uno de ellos sin interrumpir el servicio.

8.5 CÁMARAS DE ESPUMA.

Las cámaras de espuma son los elementos que se colocan en los tanques y que se encargan de la aplicación de espuma en la superficie del líquido afectado por el incendio. Es donde se produce la mezcla de aire con el líquido agua-espuma.



Ilustración 19 Planos alzado y planta de cámaras de espuma

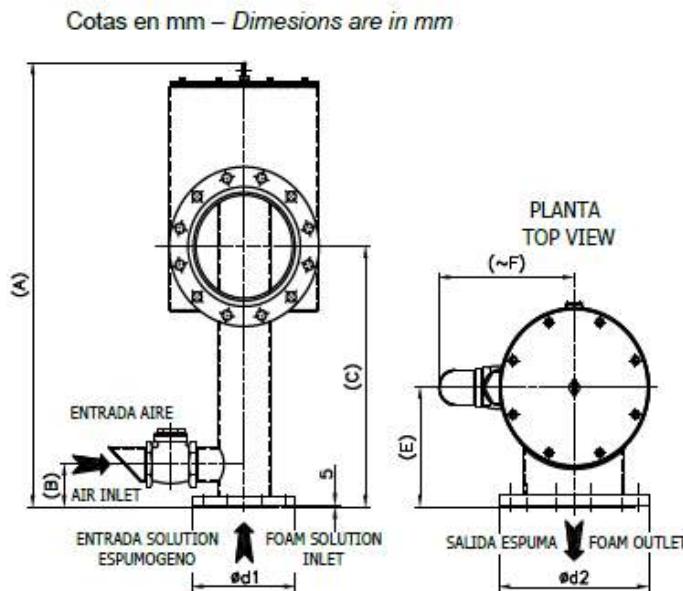
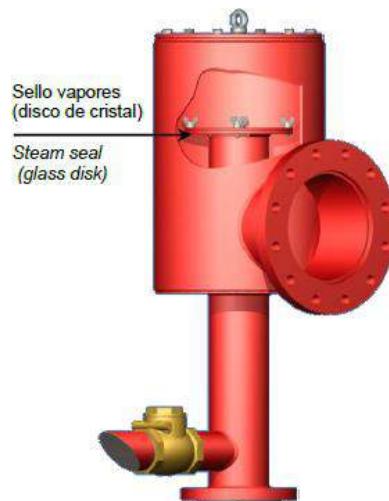


Ilustración 20 Planos en 3D de las cámaras de espuma



Las cámaras de espuma están formadas por placa de orificio, sello de vapor y deflector.

Los tanques dispondrán como mínimo de las bocas que se indican a continuación (UNE 23523)

Tabla 8 Número mínimo de bocas por tanque en relación con el diámetro

| Diámetro del tanque | Número mínimo de bocas. |
|---------------------|-------------------------|
|---------------------|-------------------------|



| | |
|---------|---|
| 50 a 55 | 5 |
| 55 a 60 | 6 |

En este caso **se necesitaran como mínimo 5 bocas con 5 salidas ya que tenemos tanques de 50,46 m.**

El número exacto de cámaras de espuma que aplicaremos a cada tanque lo obtenemos del catalogo del proveedor. Para poder suministrar los 11000 l/min se van a utilizar 6 cámaras SFS 1660, el proveedor SABO que aplicarán un total de 1835 l/min cada una. A continuación podemos ver la relación caudal/presión suministrado por la cámara de espuma. El caudal depende del diámetro de los orificios que se abran en las camaras.

Tabla 9 Relación caudal/presión de la cámara de espuma seleccionada. Valores obtenidos del catálogo del proveedor.

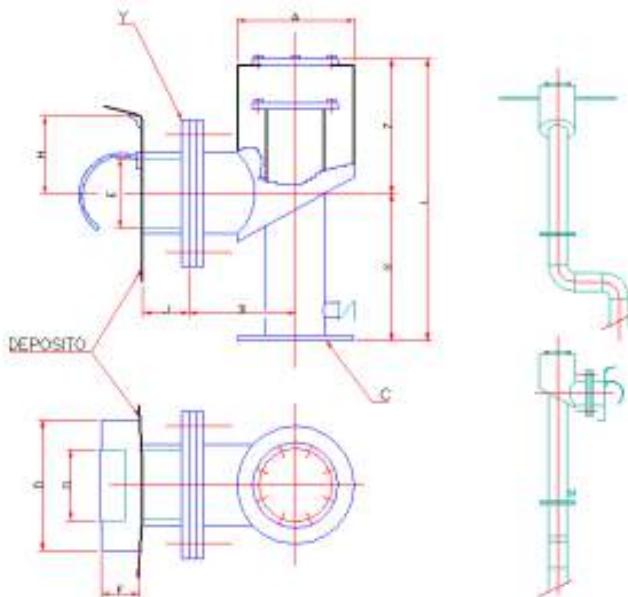
| SFS 1660 (C=0.650) | unidades | |
|---------------------------|----------|-----|
| | l/min | bar |
| ORIFICIO MAX 2.625 | 5053 | 7 |
| | 4519 | 6 |
| | 3914 | 4 |
| | 3195 | 3 |
| ORIFICIO MIN 1.75 | 2245 | 7 |
| | 2010 | 6 |
| | 1737 | 4 |
| | 1419 | 3 |

Dado que se aplicaran unos 1835 l/min en cada cámara y como después se detallará en el cálculo hidráulico la presión en los anillos de los tanques va a ser de unos 5 bar, con esto podemos decir que se abrirán orificios de 1,75 cm

8.5.1 INSTALACIÓN DE LA CÁMARA EN EL TANQUE.



Ilustración 21 Esquema de conexión de la cámara en el tanque.

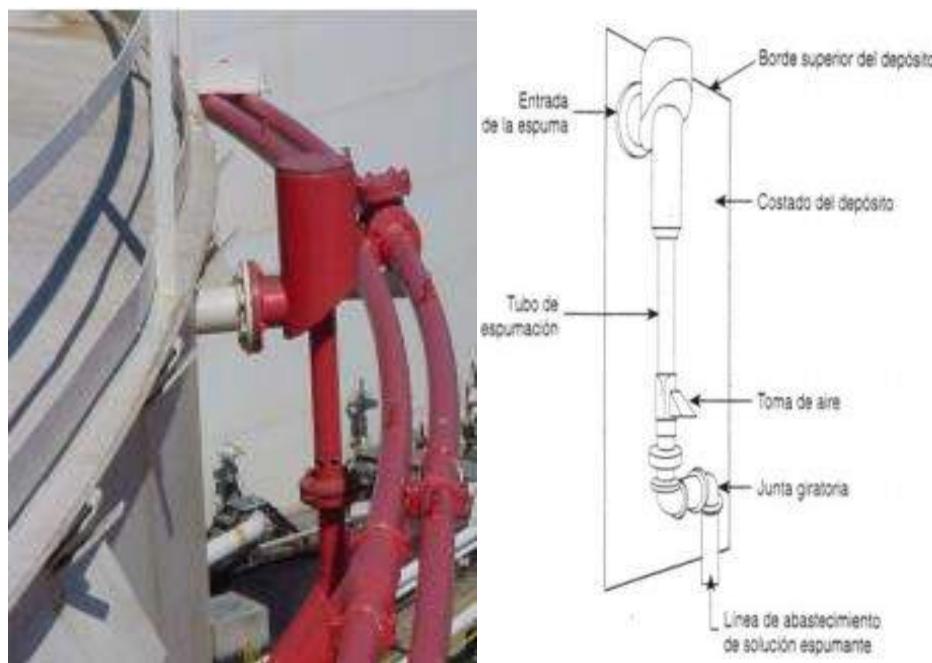


Las bocas se fijarán al tanque y se equiespaciaran alrededor de la periferia del tanque y su tamaño será tal que proporcionen el mismo caudal, aproximadamente. Las bocas se fijarán en la parte alta de la virola y se situaran o conectaran de forma que se evite la posibilidad de que el contenido del tanque penetre en las lineas de espumante.

Las bocas se fijaran de forma que, en lo posible, no resulten dañadas por los desplazamientos del techo en caso de incendio o explosión.

Deben proporcionarse sellos de vapor para evitar un contra-flujo de gases o vapores desde los tanques de techo fijo al ambiente. Estos dispositivos deben ser resistentes a los vapores de los productos almacenados. Deben ser destruidos o abiertos facilmente en el caso de la descarga del sistema espumante. Los sellos de vapor deben estar de acuerdo con la norma 13565-1

Ilustración 22 Foto y esquema de conexión de cámara de espuma al tanque

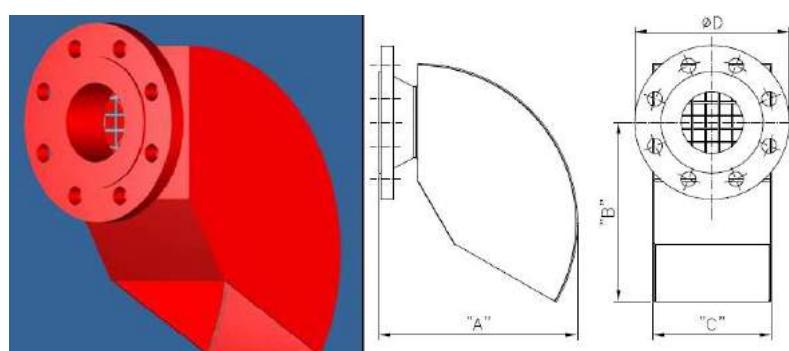


8.5.2 VERTEDERA DE ESPUMA

Utilizaremos bocas o vertederas para descargar en la superficie del líquido y que estan diseñadas para reducir la inmersión de la espuma en el líquido y la agitación de su superficie.

Las salidas de descarga de espuma deben instalarse bajo la junta debil (union del lado vertical y el techo) de los tanques de techo fijo. Se fijaran de forma que, en lo posible, no resulten dañadas por los desplazamientos del techo en caso de incendio o explosión.

Ilustración 23 Planos y dibujo 3D de vertedera de espuma.





Tendremos 6 vertedares de 10 " por cada tanque como se puede ver en el anexo.

| MODEL | A DIN mm | B mm | C mm | Diam | PESO |
|----------|----------|------|------|------|---------|
| SE-VF-10 | 427 | 384 | 306 | 10" | 27.4 kg |

8.6 ROCIADORES

La protección contra incendios en el cargadero de camiones se va a realizar de acuerdo a la normativa NFPA 16. De acuerdo a esta normativa, se recomienda la utilización de sistemas de rociadores espuma – agua para la aplicación de espuma tipo FFFP como la que vamos a utilizar (Véase el apartado A-1-2 de la NFPA 16)

El cargadero se compone de las siguientes partes,

Proyección horizontal del cargadero de camiones: 391 m²

Proyección horizontal de la isleta y zona operacional de camiones: 11 m x 16 m = 176 m²

El área total del cargadero de camiones es de 391 m². Sin embargo, el área a proteger del cargadero es la isleta y zona de operacional de camiones de 176 m².

CAUDAL DE APLICACIÓN Y AUTONOMIA.

Siguiendo las recomendaciones de la norma NFPA 16. Se recomienda no aplicar un caudal menor que 6,5 l/min/m². La solución de espuma debe de estar diseñada para descargar con una autonomía de 10 min.

A continuación, se expone una tabla resumen con las consideraciones descritas anteriormente, el cálculo del caudal total aplicar, así como un resumen de las principales características de los rociadores utilizados y el espaciamiento entre ellos. Los detalles se especifican en el Anexo E de cálculo y caracterización de rociadores en el cubeto.



CALCULO DE CAUDAL DE AGUA PARA ROCIADORES

| | |
|--|----------------------|
| ÁREA DEL CARGADERO | 391 m ² |
| ÁREA A PROTEGER | 176 m ² |
| CAUDAL TOTAL | 1144 l/min |
| TIEMPO DE DESCARGA | 10 min |
| RESERVA TEORICA | 11.44 m ³ |
| NUMERO DE ROCIADORES | 20 |
| CAUDAL MINIMO POR ROCIADOR | 57.2 l/min |
| K DE ROCIADOR | 80.81 |
| PRESIÓN MÍNIMA DE CADA ROCIADOR | 0.511 bar |

Tabla 10: Protección contra incendio en cargadero de camiones



9 ABASTECIMIENTO DE AGUA.

El abastecimiento de agua se calcula y diseña de acuerdo a la norma UNE-23500-2012.

Se encargará de suministrar agua y dar servicio, en las condiciones de caudal, presión y reserva calculados, a uno o varios sistemas contra incendios tales como:

- Red de hidrantes exteriores.
- Rociadores.
- Agua pulverizada.
- Espuma.

9.1 CAUDAL Y RESERVA TOTAL DE AGUA/ESPUMA

El caudal mínimo y la reserva de espuma se ha calculado considerando el peor escenario posible.

Hay diferentes escenarios de incendios en la terminal de almacenamiento de hidrocarburos. A saber,

- Incendio en la oficina.
- Incendio en los tanques.
- Incendio en el cargadero de camiones.

A continuación se presenta una tabla con los requerimientos de agua teóricos en cada uno de los sistemas de protección, calculados según los requerimientos para cada instalación que se han detallado en los apartados anteriores. (Véase también anexo de cálculo de caudales)

| | UNID L/MIN |
|---|------------|
| Caudal de agua teórica en tanque incendiado | 2378 |
| Caudal de agua teórica en tanque adyacente | 4756 |
| Caudal de agua teórica en rociadores | 1144 |
| Caudal de agua teórica en hidrantes | 4000 |
| Caudal de agua para formar espuma para tanques (97%) | 10669 |

Tabla 11 Demanda teórica de caudal para cada uno de los sistemas

De los tres escenarios posibles de incendios, el escenario que presenta más necesidades de caudal sería un posible incendio en uno de los tanques, dado que



pondría en funcionamiento los sistemas de protección contra incendios de los tanques e hidrantes cuya suma de caudales harían la demanda más alta de agua.

Para la determinación del caudal y la reserva total de agua en un hipotético caso de incendio, estudiamos un caso de incendio en los tanques.

Al tener cuatro tanques de almacenamiento de hidrocarburos, tendremos 4 tipos de subcasos de incendio.

- Incendio en tanque 1.
- Incendio en tanque 2.
- Incendio en tanque 3.
- Incendio en tanque 4.

Se van a analizar los casos de incendio de cada uno de ellos en lo que se refiere a demanda de caudal y requerimientos de presión.

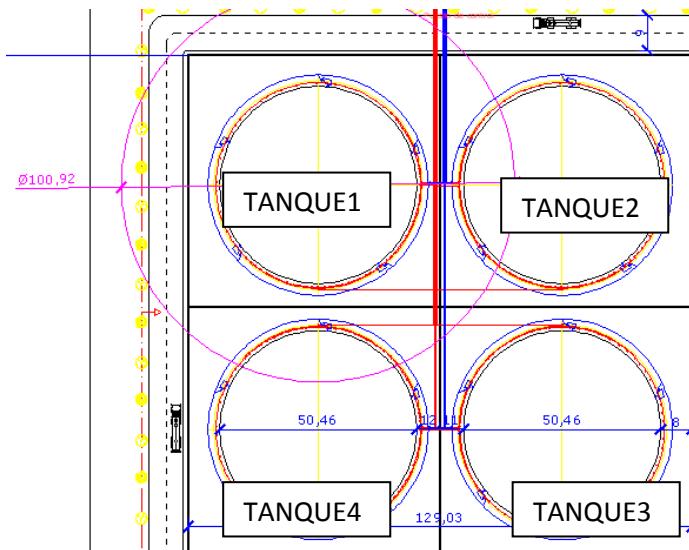
Desde el punto de vista de la demanda de agua, al ser tanques de almacenamiento de hidrocarburos de las mismas dimensiones y al contener un combustible exactamente igual, la demanda teórica de agua sería exactamente igual en cada uno de los tanques. En condiciones prácticas, se producirá una mayor demanda de caudal en los tanques que se encuentren más cerca del equipo de bombeo debido a que el agua llegará con una mayor presión y por tanto, suministrarán mayor caudal. **Por ello, para determinar la necesidad de volumen se supondrá un incendio en el tanque 2.** Dado que la longitud de tubería es igual para cada uno de los tanques y por tanto, la presión disponible en las boquillas de cada uno, la diferencia entre el tanque 1 y 2 sería los hidrantes que entran en actuación. Los hidrantes que actúan en un incendio en el tanque 2 se encuentran a una menor distancia que los hidrantes que actúan en el tanque 1,

En lo que a necesidad del grupo de presión se refiere, tenemos que un incendio en los tanques 3 y 4 supondría un incendio en el punto más alejado del sistema. El grupo de bombeo se diseña para que la presión en el punto más hidráulicamente favorable del sistema sea la necesitada. Aplicando un razonamiento similar al caso anterior, se toma el tanque 4 dado que los hidrantes que actúan para sofocar un incendio en este tanque se encuentran en el punto más alejado del sistema

En el modelo de cálculo (VER ANEJO DE CALCULO), se hacen dos tipos de modelos con los casos comentados anteriormente.



Ilustración 24 Esquema del cubeto



Los caudales y tiempo de autonomía totales que debe asegurar un abastecimiento de agua contra incendio se determina en función de los sistemas específicos de protección a los que haya que alimentar dado que es este caso se alimentan varios sistemas como rociadores, boquillas, hidrantes, sistemas de lanza de espuma lo cual lo convierte en sistemas combinado.

Podemos ver en la siguiente tabla un resumen de los caudales para el caso de incendio de los tanques 1 y 2.

Tabla 12 Caudales de agua para caso de incendio del tanque 2 o 4 .

| | | |
|--|--------------|--------------|
| Caudal de agua teórica en tanque incendiado | 2615 | l/min |
| Caudal de agua teórica en tanque adyacente | 5231 | l/min |
| Caudal de agua teórica en hidrantes | 4000 | l/min |
| Caudal de agua para formar espuma para tanques (97%) | 11735 | l/min |
| CAUDAL DE AGUA TOTAL | 23581 | l/min |

Teniendo en cuenta el tiempo de duración de cada sistema, se tiene finalmente que la reserva de agua es:

Tabla 13 Tiempo de actuación en caso de incendio de tanque 2 o 4

| | tiempo (min) |
|--|--------------|
| Tiempo de actuación en tanque incendiado | 300 |
| Tiempo de actuación en tanque adyacente | 300 |
| Tiempo de actuación para hidrantes | 60 |
| Tiempo de actuación para espuma tanques | 60 |



Tabla 14 Reserva teórica de agua en los casos de incendios de los tanques 2 y 4

| | Unidades (m ³) |
|--|----------------------------|
| Reserva de agua teórica en tanque incendiado | 784 |
| Reserva de agua teórica en tanque adyacente | 1569 |
| Reserva de agua teórica en hidrantes | 264 |
| Reserva de agua para formar espuma para tanques (97%) | 704 |
| RESERVA DE AGUA TOTAL | 3321 |

Finalmente se tiene que el caudal total de agua necesario es de 23581 l/min y la reserva mínima de agua es de 3321 m³.

9.2 DEPÓSITO.

Se diseña un depósito de almacenamiento de agua que es capaz de almacenar el agua necesaria para abastecer el sistema de contraincendios en el tiempo estipulado por cada uno de los sistemas. En los siguientes apartados se detalla el tipo de depósito utilizado y la configuración del mismo de acuerdo a la normativa UNE 23500.

9.2.1 CATEGORIZACION DEL ABASTECIMIENTO DE AGUA

La categorización del abastecimiento es asignar un tipo de configuración al depósito de acuerdo a las instalaciones o sistemas que sean alimentados por el mismo.

Según la norma UNE 23 500, el sistema de abastecimiento de agua necesario para satisfacer las necesidades de los sistemas de extinción de incendios utilizados debe ser de CATEGORÍA I. La categoría del sistema depende de los diferentes tipos de sistemas que estén incluidos en la instalación. En este caso es CATEGORÍA I, dado que las instalaciones alimentadas son sistema de espuma, de agua pulverizada, red de hidrantes exteriores y finalmente, rociadores de agua – espuma. La combinación de todos estos sistemas, corresponde al sistema más exigente.

Cuando el sistema de abastecimiento sea I, la instalación requiere un abastecimiento doble si se dan cualquiera de las siguientes condiciones.

- La longitud medida en línea recta desde el punto de abastecimiento y el sistema más alejado del mismo supera los 2000 m.
- La superficie total protegida con rociadores supera 250.000 m²
- Se contempla en la reglamentación en vigor.

Dado que no se dan ninguna de las condiciones expuestas, se considera que el abastecimiento no es doble.

9.2.2 CLASE Y TIPO DE ABASTECIMIENTO



Según la norma UNE 23500, a cada instalación se le exige una clase de abastecimiento mínimo aceptable. Esto quiere decir, que de acuerdo al tipo de categoría de instalación que tengamos, que puede ser Categoría I, II y III; le asignamos un tipo de abastecimiento que puede ser Sencillo, Superior o Doble.

De acuerdo a la tabla 3 del apartado 4.3 de la norma UNE 23500 el sistema de abastecimiento de categoría mínima a elegir que suministre agua a una instalación de Categoría I puede ser o SUPERIOR O DOBLE.

En el caso de este proyecto, un abastecimiento de tipo SUPERIOR es un mínimo aceptable para instalaciones de categoría I como la que tenemos. En las opciones de abastecimiento superior nos decantamos **por un depósito de tipo A o B con dos o más equipos de bombeo**.

Tabla 15 Clase de abastecimiento según su categoría.

| Clase | Fuentes de agua | Categoría I | Categoría II | Categoría III |
|-------------------------|--|-------------|--------------|---------------|
| Abastecimiento SUPERIOR | Depósito tipo A o B con dos o más equipos de bombeo. | MIN | OPC | OPC |

MIN: Son los mínimos aceptables para cada categoría. OPC: Son opciones posibles para las categorías inferiores (II y III), donde se pueden elegir abastecimiento de clase superior o doble.

Se concluye que el abastecimiento será de clase SUPERIOR para instalaciones de Categoría I.

9.2.3 FUENTE DE AGUA

Las fuentes de agua pueden ser de tipo A, son sistemas que se abastecen por redes de uso público, B son sistemas inagotables y C son abastecidos por depósitos. Seleccionaremos una fuente tipo C (depósito) dado a la inaccesibilidad a fuentes inagotables o no depender de las condiciones de la red general de distribución. El depósito será de tipo alimentación de bombas y aljibes.

Se tienen que tener en cuenta las siguientes consideraciones a la hora de elegir el depósito.

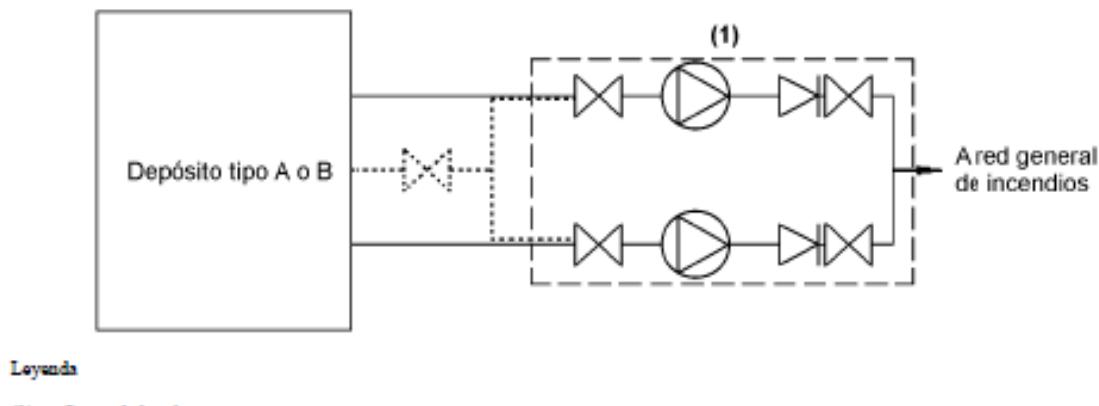
- La capacidad efectiva se debe calcular teniendo en cuenta el nivel más bajo de agua como mínimo requerido para la salida del agua.



- Serán exclusivos de la instalación de incendios, y, en caso contrario, las tomas de salida para otros usos deben situarse por encima del nivel máximo correspondiente a la capacidad de reserva calculada como exclusiva para la instalación contra incendios.

Con todo lo señalado en los apartados anteriores, se tiene que el tipo de abastecimiento superior seleccionado, que también coincide con los requerimientos de la ITC-MI-IP02, consiste en un depósito de tipo A o B que alimenta dos o más equipos de bombeo. (Ver figura).

Ilustración 25 Esquema de depósito y grupo de bombeo



9.2.4 VOLUMEN MINIMO DE AGUA

Para cada sistema de protección se especifica un volumen mínimo de agua a suministrar de acuerdo a uno de los siguientes puntos:

- Depósito de capacidad total, con una capacidad efectiva igual o superior al volumen mínimo especificado.
- Depósito de capacidad reducida, donde el volumen requerido de agua se obtiene conjuntamente entre la capacidad efectiva del depósito y llenado automático.

El depósito utilizado en el sistema será un depósito de capacidad total. Dado que el depósito de capacidad total debe aportar la cantidad de agua total del sistema para el tiempo estipulado, el depósito tiene una capacidad efectiva de 3321 m^3 .

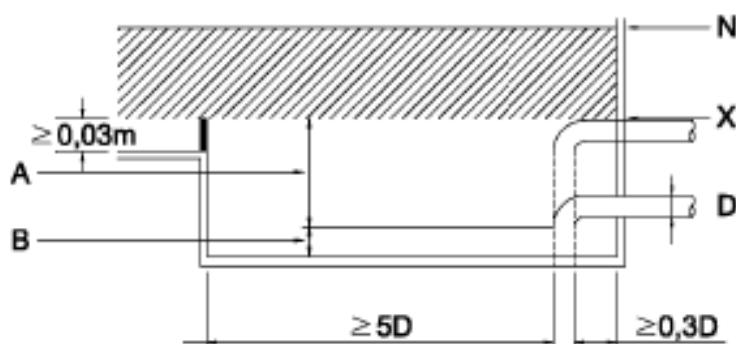
9.2.5 CAPACIDAD EFECTIVA DE DEPÓSITOS Y DIMENSIONES DE FOSOS DE ASPIRACION



Uno de los factores que determina la capacidad efectiva del depósito son las dimensiones de foso de aspiración

Se elige como disposición del depósito una disposición con foso de aspiración con codo en la tubería de aspiración. Esto se elige de esta manera para reducir el volumen de agua contenida en el foso dadas las dimensiones que tenemos en el depósito son elevadas debido a que es un depósito de capacidad total. En la siguiente ilustración podemos observar la disposición del depósito y foso de aspiración.

Ilustración 26 Esquema de depósito



a Disposición con foso de aspiración, con codo en la tubería de aspiración



N: Nivel normal de agua; X: Nivel más bajo de agua; D: Diámetro de la tubería de aspiración.

Para determinar los parámetros seleccionados anteriormente, solo es preciso conocer el diámetro de la tubería de salida del depósito. Como se ha detallado en el apartado de “Red de tuberías de agua”, la tubería de salida del depósito es una tubería de 500 mm de diámetro. Con este dato, podemos deducir fácilmente el resto de parámetros que se detallan en la tabla siguiente:

Tabla 16 Distancias mínimas entre tuberías de aspiración a la salida del depósito según la norma UNE 23500

| Diámetronominal de la tubería de aspiracion (mm). | Distancia minima A: entre la tubería y nivel de aspiración (m). | Distancia minima B: Entre la tubería de aspiración y el fondo del foso (m). | Dimension mnima inhibidor de vortice (m). |
|---|---|---|---|
| 500 | 1.2 | 0.2 | 1.2 |



Considerando la diferencia entre el nivel normal de agua y el nivel más bajo efectivo. Si el depósito no está protegido contra heladas, el nivel normal de agua se debe aumentar en 1 m y debe disponer de una ventilación adecuada. En el caso de depósitos en interiores debe disponer de fácil acceso.

La altura considerada para el depósito para albergar el volumen efectivo es elegida de 10 m.

El depósito tiene unas dimensiones de 10 m de altura y 20,5 m de diámetro que albergan un total de 3321 m³. El depósito ostenta un foso en la parte inferior del mismo de dimensiones 1,4 m de altura y un diámetro de 5 veces el diámetro de la tubería de aspiración que hacen un total de 2,5 m. La capacidad del foso es de 6,86 m³.

Tabla 17 Dimensiones del depósito y foso.

| | |
|------------------------------|---------------------|
| ALTURA DEL DEPÓSITO | 10 m |
| DIÁMETRO DEL DEPÓSITO | 20,5 m |
| VOLUMEN DEL DEPÓSITO | 3321 m ³ |
| ALTURA DEL FOSO | 1,4 m |
| DIÁMETRO DEL FOSO | 2,5 m |
| VOLUMEN DEL FOSO | 6.86 m ³ |

El depósito escogido es un depósito tipo A. Las características de este tipo de depósitos son las siguientes:

- Debe tener una capacidad efectiva mínima del 100 por 100 del volumen de agua especificado o calculado para el sistema en cuestión, así como una reposición automática, capaz de llenar el depósito en un periodo no superior a 36 h. Si no es posible la reposición automática, la capacidad del depósito se debe aumentar en un 30 por 100. En nuestro caso, el depósito tiene una capacidad del 100 % del volumen de agua especificado.
- El depósito debe ser de material metálico rígido y resistente a la corrosión en su totalidad, de manera que se garantice su uso ininterrumpido durante un periodo mínimo de 15 años sin necesidad de vaciarlo o limpiarlo.
- Se debe emplear obligatoriamente agua dulce no contaminada o tratada adecuadamente. Se deben incorporar filtros en la conexión de llenado cuando las características del agua lo hagan necesario.
- El agua debe estar protegida de la acción de la luz y de cualquier materia contaminante.



- La entrada en cualquier tubería de aportación de agua al depósito debe estar situada a una distancia, medida de la horizontal, de la toma de aspiración de la bomba no menor que 2 m.

El depósito es alimentado con agua procedente de la red general de uso público. El depósito se conecta a la red de agua pública general por medio de un conducto enterrado por donde se produce el llenado.

9.3 SISTEMA DE IMPULSIÓN

9.3.1 GENERALIDADES.

A cada fuente de agua le corresponde un sistema de impulsión que permite mantener las condiciones de caudal y presión requeridas. En este caso utilizaremos un sistema de bombeo compuesto por varios grupos de bombeo principales, una bomba mantenedora de presión (bomba jockey) y material diverso como valvulería, instrumentación, controles, etc. La tipología, número y esquema de conexión de las bombas contra incendios se seleccionan de acuerdo a la norma UNE 23.500 y a la ITC-MI-IP02.

Cabe destacar que el grupo de bombeo tiene como única finalidad el sistema de protección contra incendios y responde a la demanda de caudal y presión que se detallará en los apartados siguientes.

El equipo de bombeo está formado por tres grupos de bombeo, cada uno capaz de dar el 50% del caudal nominal especificado para el sistema (Q_n) al 100% de la presión nominal. No más de un equipo de bombeo debe tener un motor eléctrico. (Ver siguiente tabla).

Tabla 18 Soluciones sistema de bombeo según UNE 23500

| Número equipos bombeo requeridos | Número de grupos bombeo admitidos | Accionamiento por motores | | |
|----------------------------------|-----------------------------------|---------------------------|------------|------------|
| | | | Solución A | Solución B |
| 2 | 2 (del 100% de Q_n cada uno) | 1 diésel + 1 eléctrico | | 2 diésel |
| 2 | 3 (del 50% de Q_n cada uno) | 2 diésel + 1 eléctrico | | 3 diésel |

Esto también coincide con la ITC-IP-02 que postula que el equipo de bombeo dispondrá de dos o más grupos de bombeo de agua de la red contra incendios



accionados por fuentes de energía distintas, de tal manera que, inutilizada una cualquiera de las referidas fuentes, o uno de los grupos, se puedan asegurar el caudal y presión requeridos.

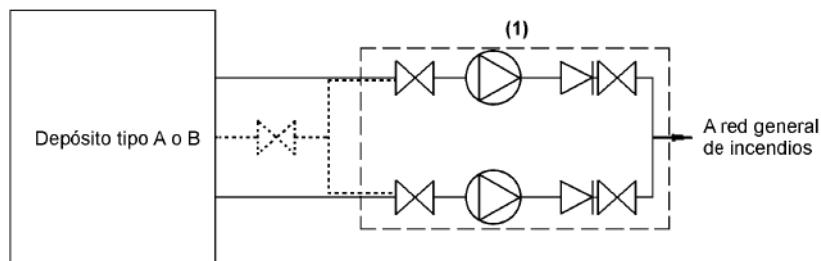
9.3.2 CAUDALES, PRESIONES Y TIEMPO DE AUTONOMÍA.

Los caudales y tiempos de autonomía que debe asegurar un abastecimiento de agua contra incendios se determinan en función de los sistemas específicos de protección a los que haya que alimentar.

La presión de la bomba debe ser tal que garantice una presión mínima de 7,5 kg/cm² en todos los puntos de la red de protección contra incendios, de acuerdo a la norma ITC-MI-IP-02.

Los grupos de bombeo funcionan con fuentes de energía distintas, de manera que inutilizada una de ellas, se puedan asegurar el caudal y presión requeridos. La red contra incendio dispone de un suministro de agua formado por un sistema de bombeo similar al esquema que vemos a continuación.

Ilustración 27 Esquema de conexión del sistema de bombeo. (3 bombas en paralelo en nuestro caso)



Las bombas seguirán un esquema de conexión en paralelo, Con lo cual, tendremos 3 bombas conectadas en paralelo (una de ellas de reserva).

Las bombas que utilizaremos serán:

Una (1) bomba eléctrica horizontal.

Una (1) bomba diésel horizontal para uso de agua.

Una (1) bomba diésel horizontal para reserva.

Una (1) bomba jockey para mantenimiento de presión.

Cada una de las bombas estarán dimensionadas para dar una presión del 100% y un caudal del 50 % de la demanda total. Cada bomba deberá ser capaz de suministrar un caudal de al menos 11508.5 l/min (que sería el 50% del caudal total 23017 l/min dado



que actúan dos bombas en paralelo) y una presión de 108.30 m.c.a. Poseen una válvula antirretorno a su salida y una válvula de corte manual a la entrada con un filtro que elimine la posible suciedad que contenga el agua y que perturbe el buen funcionamiento de la bomba..

Tabla 19 Resumen de caudal y presión de las bombas principales.

| | |
|---------------------------------|--|
| CAUDAL DE AGUA DE DISEÑO | 21802 l/min |
| CAUDAL DE AGUA REAL | 23017.14 l/min |
| 50% total | 23017 l/min * 0,5 = 11508 l/min = 690.51 m ³ /h |
| PRESIÓN DE LA BOMBA | 108.31 m.c.a |

9.3.3 OTRA ESPECIFICACIONES.

PRESOSTATOS

Se deben instalar dos presostatos para el arranque de cada grupo de bombeo principal, conectados en serie y con contactos normalmente cerrados por encima de la presión de arranque, de tal manera que la apertura del contacto de cualquiera de los dos presostatos arranque la bomba.

DEPÓSITO DE COMBUSTIBLE

Depósito de acero soldado que garantice un volumen para albergar combustible para el funcionamiento de la bomba durante 6 horas y se encuentra en la parte superior de la bomba para suministrar el combustible a la bomba de combustible para que esta se encuentre siempre en carga.

9.3.4 BOMBA JOCKEY.

La bomba Jockey es una bomba auxiliar de pequeño caudal diseñada para mantener la presión en la red contra incendios y evitar la puesta en marcha de las bombas principales en caso de pequeñas demandas generadas en la red. A diferencia de las bombas principales de contra incendios, la bomba jockey tiene parada de funcionamiento automático una vez se haya obtenido la presión de trabajo máxima tarada mediante los presostatos de arranque/paro. De ahí, la importancia de esta bomba, ya que absorbe las pequeñas perdidas de carga de forma automática.

Se recomienda que la bomba jockey sea capaz de suministrar del 2% al 10% del caudal de la bomba principal. Se ha considerado un caudal para la bomba jockey igual al 3% del caudal suministrado por la bomba principal, unos 25 m³/h.



La presión que debe suministrar la bomba jockey es de 13 bar. Esta se considerará como la presión a caudal 0. En adelante, P0 Esta presión no debe superar los valores de resistencia mecánicos de las tuberías instaladas.

9.3.5 FILOSOFÍA DE OPERACIÓN.

De acuerdo a la norma UNE 23500, la bomba jockey debe tener un valor de arranque automático a 0.9 del valor de presión a caudal 0, es decir, 11,7 bar y parará automáticamente a una presión comprendida entre 0,8 y 1,5 bar por encima del arranque, en nuestro caso, la bomba parará a un valor de 1,3 bar por encima del arranque. La parada de la bomba jockey debe estar retardada entre 10 s y 20 s.

Cuando la presión decrezca por debajo de un valor 0.8 P0, es decir, 10,4 bar, el equipo principal de bombeo (bomba eléctrica y bomba diésel) arrancaran automáticamente con un retraso de 3 segundos desde la activación de la alarma de baja presión en el controlador, con el objetivo de suministrar la demanda de agua en la red de contra incendios. Se enviará una confirmación de alarma a la central de incendios para alertar a los operarios de que la bomba está funcionando.

En caso de que una de las dos bombas principales falle, o si la presión continúa disminuyendo por debajo de un valor 0.6 P0, 7.8 bar, la tercera bomba de reserva, bomba diésel, arrancará; siguiendo la misma operación de las anteriores.

El paro de las bombas se realizará de forma manual con el objetivo de permitir que los operarios confirmen la extinción del incendio.

9.3.6 DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LAS BOMBAS.

Como se ha comentado anteriormente, se van a instalar 3 bombas para protección contra incendios de los tanques mediante boquillas, dos de ellas de fuente de energía diésel y la otra de fuente de alimentación eléctrica. Pasamos a describir a continuación las bombas.

Una (1) bomba eléctrica contra incendios principal al 50% con las siguientes características.

- Tipo de bomba: Horizontal
- Bancada común para bomba, motor y equipamiento auxiliar.
- Caudal nominal: 700 m³/h
- Fluido a bombear: Agua dulce.
- Presión de descarga: 12 bar
- Partes internas/Eje: Acero inoxidable especial y Ni-Al-Br para partes internas
- Tipo de accionamiento de la bomba: Motor eléctrico
- Tensión nominal: 400 V
- Potencia: 500 HP/ 373 KW
- Fases: 3
- Frecuencia: 50 Hz



- Controlador de señales de acuerdo a la norma NFPA-20 incluyendo un transmisor de presión.
- Bomba autocebante.

Dos (2) bombas diésel contra incendios (principal y reserva) con las siguientes características.

- Tipo de bomba: Horizontal
- Bancada común para bomba, motor y equipamiento auxiliar.
- Caudal nominal: 700 m³/h.
- Fluido a bombeo: Agua dulce.
- Presión de descarga: 12 bar
- Partes internas/ eje: Acero inoxidable especial y Ni-Al-Br para partes internas
- Tipo de accionamiento de la bomba: Motor diésel.
- Tanque de fuel de doble pared de acuerdo a las normas NFPA 20.
- Circuito interno completo de refrigeración.
- Silenciador y antivibratorios de escape.
- Controlador de señales de acuerdo a la norma NFPA-20 incluyendo un transmisor de presión.
- Manómetros, válvulas y filtros (aire, lubricante y fuel)

Cada bomba principal dispone de un reductor concentrado, manómetros, válvula de antirretorno y válvula de mariposa.

El sistema de bombeo consta también de un colector de tubería para pruebas contando con un caudalímetro común.

Bomba eléctrica tipo Jockey.

- Motor eléctrico, 3/50/400 V, cerramiento TEFC (totally enclosed, fan cooled), arranque directo.
- Caudal nominal: 25 m³/h
- Presión nominal. 13 bar de presión nominal
- Controlador automático de acuerdo a la norma UNE 23500
- Válvula de alivio
- Mirilla de cristal.



10 OTROS SISTEMAS

10.1 EXTINTORES.

Son puestos en servicio por personas. Es un aparato que contiene un agente extintor que puede ser proyectado y dirigido sobre un fuego por la acción de una presión interna. Esta presión puede obtenerse por una compresión previa permanente, por una reacción química o por la liberación de un gas auxiliar. Son adecuados para emplearlos cuando un incendio se encuentra en la fase inicial.

El extintor manual cuenta con un recipiente, botella, que contiene al agente extintor y un gas presurizado que mantiene el aparato bajo presión o bien lo presuriza en el momento de su uso. El agente extintor debe ser el adecuado para el tipo de fuego a extinguir y como gas suele usarse el nitrógeno, CO₂ o aire comprimido. El recipiente debe cumplir la normativa correspondiente del Reglamento de Recipientes a presión.

La carga de un extintor es la masa o el volumen del agente extintor contenido en el exterior. Desde el punto de vista cuantitativo, la carga de los aparatos a base de agua se expresa en volumen (litros) y la de los restantes aparatos en masa (kg)

De acuerdo a la ITC-IP-02 y al CTE, los extintores se situaran en el cargadero de camiones y en la oficina. En el cargadero de camiones se situaran extintores sobre ruedas de 100 kg de polvo seco, concretamente se utiliza un extintor por cada equipo de repostaje en las inmediaciones de la isleta del cargadero de camiones. Por otro lado, en la oficina se situaran extintores de manera que no se encuentren a más de 15 m desde cualquier punto de la planta de eficacia 21A-113B. Sabiendo esto se colocaran **3 extintores** en las oficinas. (Ver anexo I aplicación de CTE) y 2 extintores de 100 kg de polvo seco en el cargadero de camiones (1 por cada repostaje).

En las bombas, válvulas de uso frecuente, conexiones de mangueras o análogos situados en el exterior de los cubetos y en sus accesos se dispone de extintores del tipo adecuado al riesgo y con eficacia mínima 89B para productos de clase C.

Se colocaran 4 extintores en el cubeto, 1 extintor por cada bomba de proceso y se emplazarán en las proximidades de la misma.

10.2 VÁLVULAS

A continuación se detallan los diferentes tipos de válvulas que utilizamos



10.2.1 VÁLVULAS DE CORTE

En el mallado de la red general principal podemos encontrar 4 válvulas de mariposa de 18" de corte para poder realizar labores de mantenimiento y reparaciones en la sección cortada.

Hemos utilizado 4 válvulas que permitan cortar una sección sin perjudicar el funcionamiento de la red completa.

Se utilizarán una válvula de corte por cada una de las líneas en el puesto de control.

10.2.2 VÁLVULAS ANTIRRETORNO

Debe instalarse una válvula antirretorno de 16 " aguas arriba del sistema espumante para evitar la circulación hacia atrás del agua.

Se instalarán válvulas antirretorno de 20" a la salida de la bomba para evitar que el líquido vuelva hacia atrás y perjudique el perfecto funcionamiento de la bomba.

10.3 SISTEMAS DE ALARMA.

La instalación de protección contra incendios constará de alarmas para avisar al servicio de seguridad en caso de incendio.

Los sistemas manuales de alarma están constituidos por un conjunto de pulsadores que permiten transmitir voluntariamente por los ocupantes del sector, una señal a una central de control (oficinas) y señalización permanente vigilada, de tal forma que sea fácilmente identificable la zona en que ha sido activado el pulsador.

Es necesaria su instalación en todos los establecimientos que contengan líquidos petrolíferos. Se situará, en todo caso, un pulsador junto a cada salida de evacuación del sector de incendio y la distancia máxima a recorrer desde cualquier punto que contenga líquidos petrolíferos exceptuando las tuberías, hasta alcanzar un pulsador no debe superar los 25 m.

De acuerdo a la norma ITC-MI-IP-02 se han instalado diferentes puestos de alarma. Se han situado 19 puestos de alarma en toda la terminal de forma que no haya que recorrerse más de 25 metros al pulsador desde cualquier punto de la terminal.

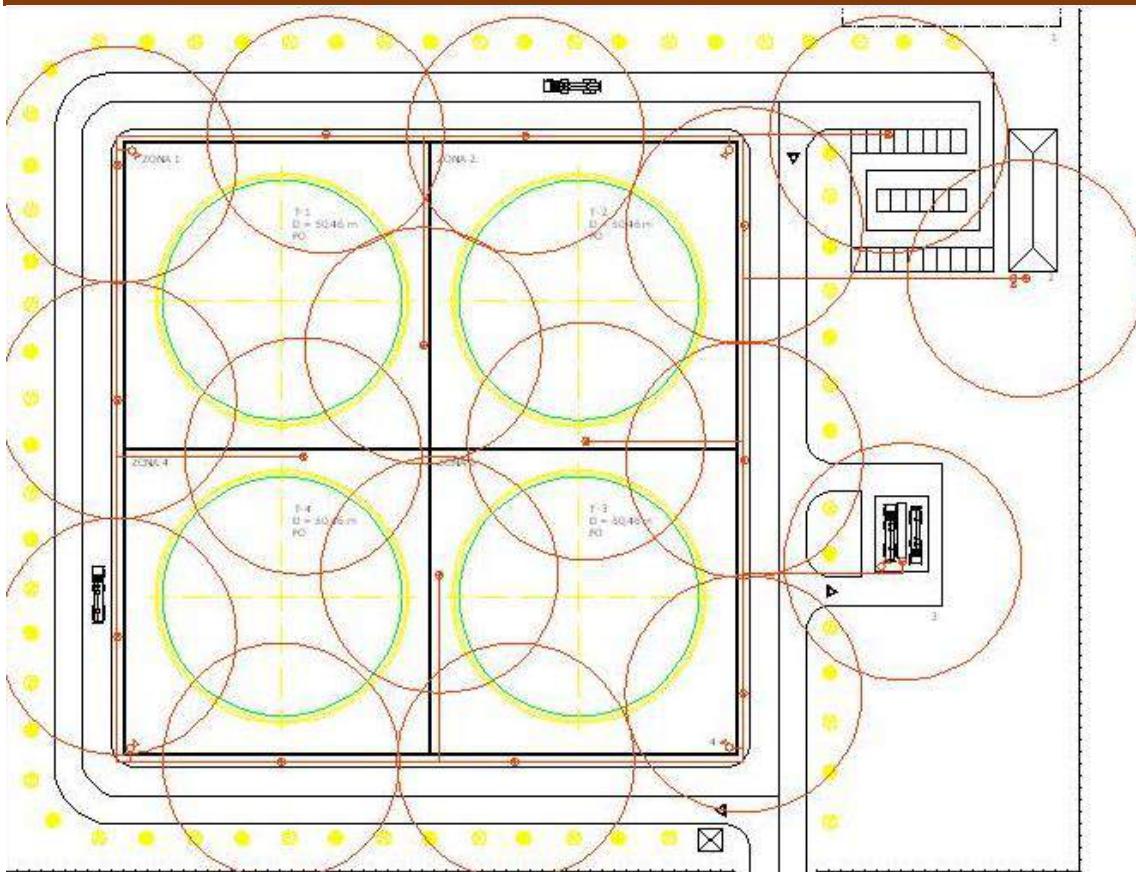


Ilustración 28 Distancias desde cualquier punto de la planta al pulsador más cercano

Una parte muy importante de los sistemas de detección y alarma de incendios es la parte de comunicación de alarma mediante señalización acústica en el edificio protegido de acuerdo a la UNE 23.007.

Se establece alarma acústica, perfectamente audible en toda la zona. La norma UNE 23007 nos indica que el número mínimo de sirenas en toda la instalación será de 2, debiéndose instalar al menos una sirena por cada sector de incendios.

Se instalarán un total de 6 sirenas repartidas en la terminal de modo que al menos haya una sirena en un sector de incendio.

El nivel sonoro mínimo en todos los puntos de la instalación debe ser de 65 dB, o bien 5 dB por encima de cualquier otro ruido que pueda durar más de 30 seg. En caso de tener que despertar a personas, el nivel será de 75 dB en la cabecera del lecho.

El nivel sonoro a más de 1 metro de la fuente nunca deberá superar los 120 dB.

Para poder calcular correctamente el nivel sonoro en cualquier parte del edificio debemos tener en cuenta la atenuación del nivel de presión sonora respecto al punto emisor de la fuente de sonido, que será inversamente proporcional al cuadrado de la distancia, o en otras palabras, cada vez que se duplica la distancia el nivel de presión sonora es atenuado en 6dB.





ANEXO A: APLICACIÓN DEL CTE



Como se comenta en el apartado de descripción de las oficinas, de acuerdo al RSCIEI, al ser la oficina mayor de 250 m², se podrá aplicar otro tipo de normativa equivalente. En este caso, el código técnico de la edificación es una norma más específica para este tipo de edificios.



1 PROPAGACION INTERIOR

El código técnico de la edificación, seguridad contra incendios, se divide básicamente en dos apartados: propagación de incendio interior y propagación de incendio exterior. A continuación se sigue la normativa aplicándola a nuestro caso concreto de una oficina de 300 m².

De acuerdo al CTE, todo establecimiento debe constituir un sector de incendio diferenciado del resto de edificio, excepto, en edificios cuyo uso principal sea Residencial Vivienda, los establecimientos cuya superficie construida no exceda de 500 m² y cuyo uso sea Docente, Administrativo o Residencial público. Por tanto, queda patente que la oficina constituirá un sector de incendios independiente.

1.1 RESISTENCIA AL FUEGO DE LOS MATERIALES.

De acuerdo a la tabla 1.2 del CTE Resistencia al fuego de las paredes, techos y puertas que delimitan sectores de incendio, para edificios de carácter administrativo con plantas sobre rasante del edificio con una altura de evacuación h menor que 15 m la resistencia de las paredes, techos y puertas que delimitan sectores de incendio son de EI 60.

1.2 ESPACIOS OCULTOS. PASO DE INSTALACIONES A TRAVES DE ELEMENTOS DE COMPARTIMENTACION DE INCENDIOS.

La compartimentación contra incendios de los espacios ocupables debe tener continuidad en los espacios ocultos, salvo cuando estos estén compartimentados respecto de los primeros.

La resistencia al fuego requerida a los elementos de compartimentación de incendios se debe mantener en los puntos en los que dichos elementos son atravesados por elementos de las instalaciones tales como cables tuberías conducciones conductos de ventilación, etc.

1.3 ESPACIOS OCULTOS. PASO DE INSTALACIONES A TRAVES DE ELEMENTOS DE COMPARTIMENTACION DE INCENDIOS.

Reacción al fuego de los elementos constructivos, decorativos y de mobiliario.

Los elementos constructivos deben cumplir las condiciones siguientes:



-
- Zonas ocupables: De techos y paredes. C-s2, d0 De suelos. Efl.
 - Espacios ocultos no estancos: De techos y paredes B-s3, d0.



2 PROPAGACION EXTERIOR

La clase de reacción al fuego de los materiales que ocupen más del 10% de la superficie de acabado exterior de las fachadas o de las superficies interiores de las cámaras ventiladas que dichas fachadas puedan tener, será B-s3, d2 hasta una altura de 3,5 m como mínimo, en aquellas fachadas cuyo arranque inferior sea accesible al público desde la rasante exterior o desde una cubierta.

Con el fin de limitar el riesgo de propagación exterior del incendio por la cubierta en un mismo edificio como el que tenemos, esta tendrá una resistencia al fuego REI60, como mínimo, en una franja de 0,5 m de anchura medida desde el edificio colindante, así como en una franja de 1 m de anchura situada sobre el encuentro de una cubierta.

2.1 EVACUACIÓN DE OCUPANTES.

La ocupación en edificios administrativos será de $10 \text{ m}^2 / \text{persona}$. Dado que tenemos un edificio de 300 m^2 , la ocupación será de 30 personas.

El edificio dispone de una única salida de la planta o salida del recinto respectivamente, debido a que:

- La ocupación no excede de 100 personas.
- La longitud de los recorridos de evacuación hasta una salida de la planta no excede de 25 m.
- La altura de evacuación descendente de una planta no excede de 28 m.

DIMENSIONAMIENTO DE LOS ELEMENTOS DE EVACUACIÓN.

Para diseñar la dimensión de las puertas y pasos, se debe cumplir la siguiente relación:

$A (\text{anchura del elemento}) > P (\text{número de personas que está previsto que pasen por la puerta})/200 > 0.80$.

Van a pasar un total de 30 personas. Con lo que la anchura debe ser como mínimo de 0,8 m.

SEÑALIZACION DE LOS MEDIOS DE EVACUACION.

Las salidas de recinto, planta o edificio tendrán una señal de salida.

2.2 INSTALACIONES CONTRA INCENDIO.

La dotación de las instalaciones contra incendio debe contener:

- EXTINTORES PORTATILES.



Uno de eficacia 21A-113B a 15 m de recorrido como máximo, desde todo origen de evacuación.

- HIDRANTES EXTERIORES.

Se colocara al menos un hidrante hasta 10.000 m² de superficie.

Resto de protecciones no se aplican.

En lo que concierne a la señalización de los equipos, los medios manuales se deben señalizar mediante señales de 210x210 y que la distancia de observación no exceda de 10 m.

2.3 INTERVENCION DE BOMBEROS.

APROXIMACION A LOS EDIFICIOS.

- Anchura mínima libre de 3.5m
- Altura mínima libre o de galibo 4.5 m
- Capacidad portante del vial. 20KN/m²
- En los tramos curvos, el carril de rodadura debe quedar delimitado por la traza de una corona circular cuyas radios mínimos deben ser 5,3 y 12,5 m, con una anchura libre para la circulación de 7.20 m.

2.4 RESISTENCIA AL FUEGO DE LA ESTRUCTURA.

La resistencia al fuego de la estructura para un edificio administrativo de planta sobre rasante y con altura de evacuación menor que 15 m debe ser R60.

ELEMENTOS ESTRUCTURALES SECUNDARIOS.

Los elementos estructurales cuyo colapso ante la acción directa del incendio no pueda ocasionar daños a los ocupantes ni comprometer la estabilidad de la estructura, no precisan cumplir de ninguna exigencia al fuego.



ANEXO B: APLICACIÓN IP 02 Y CÁLCULO DE LAS DIMENSIONES DEL CUBETO.



En este anexo, se va a aplicar la normativa referente a REAL DECRETO 1562/1998, de 17 de Julio, por el que se modifica la instrucción técnica complementaria MI-IP02 “Parques de Almacenamiento de Líquidos Petrolíferos”. (en adelante, ITC-IP-02).



1 DISTANCIAS DE SEGURIDAD

1.1 DISTANCIAS ENTRE RECIPIENTES.

Se debe asegurar unas distancias mínimas exigidas entre los diversos tanques de almacenamiento, y de estos a otras instalaciones fijas de superficie del parque. Estas distancias mínimas exigibles se calculan según los cuadros I, II y III del artículo 7 de la norma.

El cálculo de la separación entre recipientes situados dentro de un mismo cubo, se hace en base a los cuadros IV y VI del artículo 9 de la ITC-MI-IP-02. Para ello se toma siempre en consideración el diámetro del tanque mayor o del que exija la mayor separación, eligiéndose al final el caso más restrictivo (mayor distancia). Para los hidrocarburos de clase B y C, los tanques no deben estar dispuestos en más de dos filas, y será necesario que cada tanque tenga adyacente una calle o vía de acceso que permita la libre intervención de los medios móviles contra incendios; el cual se ha diseñado con un ancho de la vía de 4 metros.

El cálculo dependerá de si el tanque es de eje vertical u horizontal, de si cuentan con techo fijo o techo flotante, de su diámetro y del tipo de hidrocarburo que almacene.

Las distancias mínimas de seguridad entre las paredes de los recipientes se obtienen según la siguiente tabla:

Tabla 20 Cuadro IV de la ITC-MI-IP-02 Distancias entre paredes de tanques de superficie de eje vertical.

| TIPO DE TANQUE | CLASE PRODUCTO | DIÁMETRO | | OBSERVACIONES |
|----------------|----------------|----------|--------|---------------|
| | | D < 40 | D > 40 | |
| Techo fijo | B | 0.80 D | 40 m | Mínimo 2.5 m |
| | C | 0.3 D | | Máximo 17 m |
| | D | 0.25 D | | Mínimo 2 m |

Como los cuatro tanques son de dimensiones iguales y líquido contenido de clase C mismas propiedades se tiene



Tabla 21 Aplicación del Cuadro IV de la ITC-MI-IP-02 a la terminal de almacenamiento.

| | | | | |
|-----------------------|---------|------------|-------------|-----------------------------|
| T-1 / T-2 / T-3 / T-4 | Clase C | Techo fijo | D = 50.46 m | 0,3 x 50,46 = 15,138 metros |
|-----------------------|---------|------------|-------------|-----------------------------|

Según la norma de aplicación, las distancias mínimas calculadas, pueden reducirse mediante la adopción de medidas y sistemas adicionales de protección contra incendios. El coeficiente de reducción de distancias se obtiene en función del número de medidas adicionales que se tenga de un nivel de protección determinado.

1.1.1 COEFICIENTES DE REDUCCION POR MEDIDAS ADICIONALES DE PROTECCION.

La ITC MI-IP-02 clasifica las medidas de protección adicionales en tres niveles: el nivel 0, de obligado cumplimiento; el nivel 1, referido a los sistemas fijos de extinción de incendio de accionamiento manual y brigada de lucha contra incendios propia; y el nivel 2, que incluye sistemas fijos de accionamiento automático o brigada de lucha contra incendios propia, y dedicada exclusivamente a esta función.

Las medidas adicionales a las obligatorias del nivel 0 del sistema estudiado son:

- Sistemas fijos de agua pulverizada aplicada sobre los recipientes mediante boquillas conectadas permanentemente a la red de incendio, con accionamiento desde el exterior del cubeto, y diseñados conforme a las normas UNE 23501 a UNE 23507, ambas inclusive.
- Red de hidrantes exterior, en número suficiente para que cada punto de la zona de riesgo esté cubierto por dos hidrantes que, además están ubicados convenientemente para actuar de forma alternativa en caso de siniestro que pueda afectar a uno de ellos.

La adopción de más de una medida o sistema de nivel 1 de distinta índole equivale a la adopción de una medida de nivel 2.

En la siguiente tabla podemos ver los coeficientes de reducción posibles de acuerdo a las medidas de protección.

Tabla 22 Reducción de las distancias entre recipientes por protección adicional a las obligaciones del capítulo VIII contra incendios

| MEDIDAS DE PROTECCION ADOTADAS | | COEFICIENTES DE REDUCCION |
|--------------------------------|----------|---------------------------|
| Nivel | Cantidad | |
| | | |



| | | |
|---|---------|-----|
| 0 | - | 1 |
| 1 | 1 | 0.9 |
| 1 | 2 o mas | 0.8 |
| 2 | 1 | 0.8 |
| 2 | 2 o mas | 0.7 |

En nuestro caso, el coeficiente de reducción aplicable es de 0,8.

Tabla 23 Aplicación de la reducción de las distancias entre recipientes por protección adicional a las obligaciones del capítulo VIII contra incendios.

| | | | | |
|-----------------|---------|------------|-------------|-------------------------|
| T-1/T-2/T-3/T-4 | Clase C | Techo fijo | D = 50.46 m | 15,138 * 0.8 12.11 m |
|-----------------|---------|------------|-------------|-------------------------|

La distancia mínima entre tanques contenidos en el mismo cubeto, es de 12,11 m

1.2 DISTANCIAS ENTRE INSTALACIONES FIJAS DE SUPERFICIE.

El cálculo de las distancias mínimas de seguridad entre instalaciones exteriores del parque, se hace en base a los cuadros I, II y III del artículo 7 de la ITC-MI-IP-02.

A continuación, vemos una tabla resumen con todos los valores obtenidos



Tabla 24 Resumen distancias de separación entre áreas

| DISTANCIAS DE SEPARACIÓN | Tanques de clase C | Cargaderos Clase C |
|--|--|--------------------|
| Tanques de clase C | $0,3 \times 50,46 = 15,138$ metros. 2 medidas de PCI nivel 1 Coef: 0,8 = 12,11 metros. | 20 m |
| Cargaderos clase C | 20 m | X |
| Distancias de separación entre edificios administrativos y sociales, laboratorios y talleres. | 20 m | 15 m |
| Estaciones de bombeo contra incendios. | 30 m | 25 m |
| Vallado del parque de almacenamiento | 15 m | 15 m |

1.2.1 COEFICIENTES DE REDUCCION POR CAPACIDAD.

En la tabla siguiente se muestran los coeficientes de reducción, recogidos en la ITC-MI-IP-02.

Tabla 25 Coeficiente de reducción por capacidad.

| Capacidad total del almacenamiento de la instalación en m ² | Coeficiente para reducción de distancias. |
|--|---|
| Q>50.000 | 1.00 |



1.2.2 COEFICIENTES DE REDUCCION DE LAS DISTANCIAS ENTRE INSTALACIONES FIJAS POR MEDIDAS ADICIONALES DE SEGURIDAD.

Como en el caso anterior, se clasifican las medidas adicionales de seguridad en varios niveles.

Las medidas adicionales a las obligatorias del nivel 0 del sistema estudiado son:

- Sistemas fijos de agua pulverizada aplicada sobre los recipientes mediante boquillas conectadas permanentemente a la red de incendio, con accionamiento desde el exterior del cubeto, y diseñados conforme a las normas UNE 23501 a UNE 23507, ambas inclusive.
- Red de hidrantes exterior, en número suficiente para que cada punto de la zona de riesgo este cubierto por dos hidrantes que, además están ubicados convenientemente para actuar de forma alternativa en caso de siniestro que pueda afectar a uno de ellos.

Tabla 26 Reducción de las distancias entre instalaciones fijas de superficie por protecciones adicionales a las obligatorias señaladas en el apartado de protección contra incendios.

| MEDIDAS DE PROTECCION ADOTADAS | | COEFICIENTES DE REDUCCION |
|--------------------------------|----------|---------------------------|
| Nivel | Cantidad | |
| 0 | - | 1 |
| 1 | 1 | 0.75 |
| 1 | 2 o mas | 0.5 |
| 2 | 1 o mas | 0.5 |

Como se aplican 2 instalaciones de nivel 1 en la instalación y por tanto un sería de aplicación un coeficiente de 0.5, se tiene que:



| DISTANCIAS DE SEPARACIÓN | Tanques de clase C | Cargaderos Clase C |
|--|----------------------|--------------------|
| Tanques de clase C | 12,11 metros. | 10 m |
| Cargaderos clase C | 10 m | X |
| Distancias de separación entre edificios administrativos y sociales, laboratorios y talleres. | 10 m | 7.5 m |
| Estaciones de bombeo contra incendios. | 15 m | 12.5 m |
| Vallado del parque de almacenamiento | 7.5 m | 7.5 m |

1.3 VIAS DE CIRCULACION.

Los caminos interiores del parque de almacenamiento cumplirán con lo establecido en el artículo 13 de la ITC-MI-IP-02. Estos pueden ser caminos de libre circulación o camiones de circulación restringida.

Se han considerado como caminos de libre circulación a los accesos a la planta. El ancho de dichas calles de 6 m, siendo 6 m el mínimo establecido por la norma para este tipo de vías.

El resto de caminos de la planta se consideran de circulación restringida o reglamentaria. Estos tendrán 6 m de ancho, siendo 4 m el mínimo establecido por la norma para este tipo de vías.

Las curvas de unión de todos los caminos interiores estarán adaptadas para su uso por vehículos contra incendios y demás servicios. Todos los caminos estarán adecuadamente señalizados y tendrán una pequeña inclinación que permita discurrir las aguas normalmente hacia los sumideros o sistema de drenaje previstos.

Se ha evitado la mayor cantidad posible de cruces de tuberías aéreas sobre las calles, aquellos cruces que no se han podido evitar se señalan indicando el galib.



Las tuberías enterradas que cruzan los caminos lo harán mediante galerías o conductos a una profundidad adecuada, y de acuerdo con las reglamentaciones y especificaciones que le afectan.

1.4 VALLADO.

Se ha dispuesto un cerramiento de 2,5 metros de altura rodeando al conjunto de las áreas principales del parque estudiado.

Para facilitar la aireación del recinto vallado se ha dispuesto de un cerramiento con malla de alambre electro soldada de 100 x 50 mm de paso de malla y 4 mm de diámetro, con acabado galvanizado y bastidor de perfil huevo de acero galvanizado y sección 20 x20x1.5 mm. La malla se une, cada 3 metros, a montantes de postes de perfil huevo, de acero galvanizado y sección cuadrada que se empotrarán en dados de hormigón en masa HM-20.

1.5 RESUMEN.

Tabla 27 Resumen de la normativa (ITC-MI-IP-02)

| | | |
|------|--|---|
| Agua | Suministros. | <ul style="list-style-type: none">• Redes públicas• Depósitos naturales• Depósitos artificiales. |
| | Tomas de agua. | Con acoplos normalizados |
| | | Estratégicamente distribuidas |
| | Presión mínima de diseño (en todos los puntos del sistema específico de extinción) | 7,5 kg/cm ² |
| | Caudal mínimo de refrigeración. | Tanque de techo fijo 15 l/min /m circunferencia. |
| | | Tanque adyacente afectado Situado a menos de 1,5 m de radio de la pared del tanque incendiado |
| | | 3l /min /m ² sobre ¼ de la pared del tanque incendiado para tanques de techo fijo con punto de inflamación mayor a 21º |
| | Autonomía | 5 horas |
| | Red de agua. Distribución de red. | En malla con válvulas de bloqueo diferentes para el aislamiento de secciones. |
| | Tuberías Aéreas | Material: acero. |



Tuberías independientes de la red de agua para uso industrial.

Garantizar los caudales requeridos en cada punto a la presión mínima de 7,5 kg / cm²

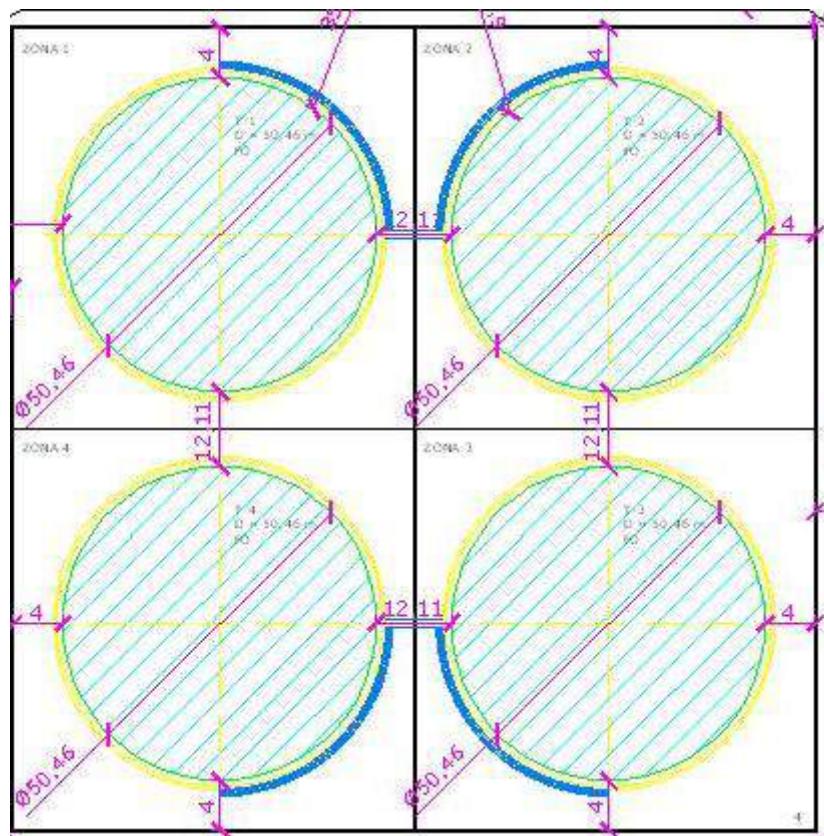
| | | | |
|-------------------------|--|-------------------------|---|
| Enterradas | Justificar un material de uso diferente del acero y asegurar la resistencia mecánica | | |
| | Profundidad mínima de 30 cm. | | |
| | Proteger debidamente en lugares con temperatura inferiores a 0º previstas. | | |
| | El resto de características es igual que para las tuberías aéreas. | | |
| Trazado de tuberías | Siguiendo en lo posible el trazado de las calles. | | |
| Protección de tuberías. | Contra la corrosión. | | |
| Espuma | Caudal Mínimo | Espumante | 4 l / min x m ² de superficie a cubrir. |
| | | Reserva espumógeno. | Cantidad mínima para proteger tanque que requiera más espumógeno. |
| | Autonomía espumante | 55 minutos. | |
| | Autonomía agua para espuma | 5 horas. | |
| Grupo de bombeo | Número mínimo | 2 | |
| | Fuente de energía para el grupo | Diferente para cada uno | |
| | Arranque | Automático | |
| | Parada | Manual | |
| | Medios para mantenimiento de presión de la red | Automático. | |



2 CALCULO DE LAS DIMENSIONES DEL CUBETO

Con los valores obtenidos en el apartado anterior, pasamos a diseñar el cubeto y a calcular sus dimensiones

Ilustración 29 *Implantación del cubeto.*



Como se comprueba en esta imagen, el lado del cubeto es equivalente a dos tanques más distancias de separación entre tanques más dos veces la separación entre tanques y el muro del cubeto. Esto queda reflejado en la siguiente formula:

$$\text{Lado cubeto} = 2 \cdot D_{\text{tanque}} + 2 \cdot A + B$$

A es la distancia horizontal entre las paredes de los tanques y el arranque interior del muro del cubeto. La distancia es de 4 m que es la distancia mínima de separación que marca la normativa.

Dtanque es el diámetro de los tanques que es de 50,46 m.

B es la distancia de separación entre los tanques que se ha determinado de acuerdo al apartado 1 artículo 9 de la normativa ITC-IP-02. (Ver apartado Aplicación de la normativa IP-02)



De acuerdo a la normativa, la distancia mínima de separación entre paredes de tanques de superficie de eje vertical para productos de clase C es de 0,3 por el diámetro del tanque.

$$B' = 0,3 D = 0,3 * 50,46 \text{ m} = 15,138 \text{ m}$$

La distancia podría verse reducida ya que la planta va a contar con dos instalaciones de protección contra incendios catalogadas como nivel 1 en la normativa ITC-IP-02. Por tanto, llegamos a la conclusión de que la distancia puede ser reducida multiplicando esta distancia por un factor 0,8.

$$B = 0,8 \cdot B' = 0,8 \cdot 0,3 \cdot D = 0,8 \cdot 0,3 \cdot 50,46 \text{ m} = 12,11 \text{ m}$$

Esta distancia es la distancia mínima de separación de los tanques si aplicamos dos medidas de protección contra incendio de categoría 1 en la terminal.

Finalmente,

$$\text{Lado cubeto} = 2 \cdot 50,46 \text{ m} + 2 \cdot 4\text{m} + 12,11\text{m} = 121,03 \text{ m}$$

El cubeto es un cubeto cuadrado de dimensiones 121,03 m. El área total del cubeto es de 14648 m²

DIMENSIONAMIENTO DE LAS PAREDES DEL CUBETO.

Para el estudio de las paredes del cubeto, vamos a comenzar por la altura requerida de las paredes del mismo. En la normativa ITC-IP-02, se exige que los cubetos sean capaces de almacenar el combustible almacenado en caso de rotura o fallo del tanque que contiene. Cuando un cubeto contiene dos o más tanques, de acuerdo a la normativa; la capacidad del cubeto se establece:

- Opción 1: Referido al tanque mayor. Considerando que no existe éste, pero si los demás, es decir, descontando el volumen total del cubeto vacío, el volumen de la parte de cada tanque quedaría sumergida bajo el nivel del líquido, excepto el del mayor.
- Opción 2: Referido a la capacidad global de los tanques: el volumen total del cubeto, considerando que no existe ningún recipiente en su interior.
- Opción 3: Hidrocarburos de clases B o C. Cuando varios tanques se agrupan en un mismo cubeto, la capacidad de éste será, al menos, igual al mayor de los dos valores siguientes:
 - Opción 3.1: 100 por 100 de la capacidad del tanque mayor.
 - Opción 3.2: 30 por 100 de la capacidad global de los tanques en él contenidos.

En la siguiente tabla podemos comprobar las diferentes opciones que tenemos para dotar al cubeto de una capacidad de almacenaje:



Tabla 28 Capacidad nominal mínima del cubeto de retención de acuerdo a ITC-IP-02.

| | Texto de normativa ITC- IP-02 | Capacidad (m ³) |
|------------|--|-----------------------------|
| Opción 3.1 | 100% capacidad del tanque mayor. | 40.000 m ³ |
| Opción 3.2 | 30% capacidad global de los tanques contenidos en el cubeto. | 48.000 m ³ |

La capacidad del cubeto será al menos igual al valor mayor de las opciones anteriores. Es decir, en este caso la capacidad de volumen almacenado por el cubeto será de 48.000 m³ de acuerdo a la opción 3.2.

Para ello, como el cubeto cuenta con una superficie de 14648 m², debemos dar una altura al cubeto de 3.27, m en su cara interior, para poder ser capaces de almacenar todo ese volumen.

La cara exterior del muro será de 3 m dado que según la normativa, la altura de los muretes, referida al nivel exterior de las vías de acceso al cubeto, no deberá sobrepasar los tres metros en la mitad de la periferia del cubeto o en la totalidad de la parte del cubeto adyacente a vías de comunicación.

Por tanto, tendremos dos niveles de terreno. Por un lado, el nivel del terreno interior al cubeto y el nivel exterior al cubeto. Considerando como nivel de cota 0 la parte exterior del cubeto, la parte interior del cubeto se encuentra a -0.27 m dado

Ilustración 30 Esquema del muro exterior del cubeto



Las paredes de los cubetos de retención estarán construidas en hormigón, material no combustible de 20 cm de ancho y armado de tal forma que sea capaz de resistir la presión ejercida por el producto almacenado, en caso de que se produzca derrame.



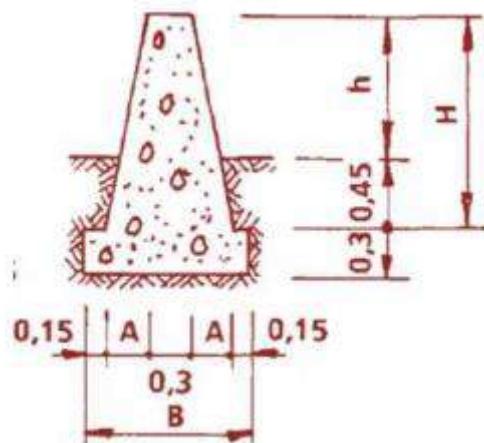
Así mismo, el cubeto tendrá las esquinas reforzadas y las paredes laterales impermeabilizadas mediante revestimiento elástico a base de polímeros y pigmentos aplicado en tres manos, sobre una imprimación a base de resinas acrílicas.

Tabla 29 Dimensiones del cubeto de retención.

| CUBETO | FORMA | LADO (m) | ÁREA (m ²) | ALTURA (m) | MATERIAL DEL MURO |
|--------|----------------------------------|----------|------------------------|------------|-------------------|
| C1 | 100% Capacidad del tanque mayor. | 121,03 | 14648 | 3,27 | Hormigón armado. |

El cubeto, a su vez se encuentra subdividido en 4 subcubetos de 65,3 m de lado de manera que cada tanque quede compartimentado en cada subcubeto.

Ilustración 31 Esquema de murete interior.

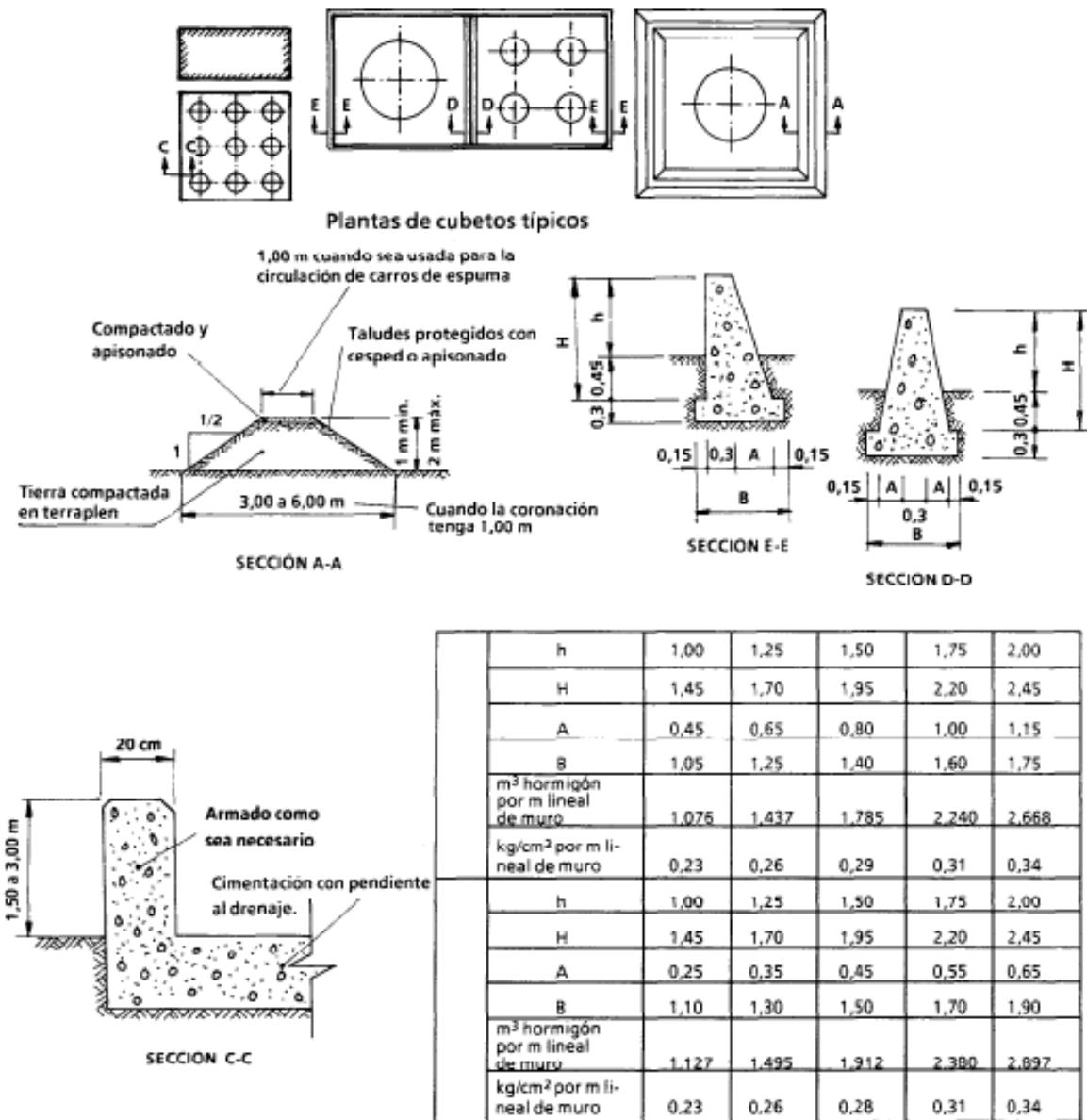


La dimensión h es de 0.7 m de altura haciendo un total de 1,45 m de altura para el murete con 0.75 m enterrados. El valor de anchura del murete es de 0.9 con $A=0.3$.

De acuerdo a la Norma UNE 23.503–1989, el cubeto tiene una pendiente de un 1% para facilitar el drenaje de agua de lluvia o alguna posible fuga hacia una arqueta de recogida y evacuación de vertidos.



Ilustración 32 Planta de cubetos típicos





ANEXO C: CÁLCULO DE CAUDALES DE AGUA Y ESPUMA





1 CAUDALES DE AGUA

Tabla 30 Cálculo del caudal de agua en tanques incendiado y afectados

INSTALACIONES PCI

DATOS DEL TANQUE

| | | |
|-----------------------|-------|---|
| Diámetro del tanque | 50,46 | m |
| Altura del tanque (H) | 20 | m |

CÁLCULO CAUDAL DE AGUA EN TANQUE INCENDIADO

| | | |
|--------------------------------|--------|----------------|
| Densidad de agua a suministrar | 15 | l/m circun/min |
| Longitud perimetral del tanque | 158,52 | m |
| Caudal de agua teórica (Qw) | 2378 | l/min |
| Tiempo mínimo de actuación | 300 | min |

CÁLCULO DE CAUDAL DE AGUA EN TANQUE ADYACENTE

| | | |
|---|-------------|------------------------|
| Densidad de agua a suministrar | 3 | l/m ² / min |
| Tanques influenciados | 2 | |
| Longitud perimetral del tanque | 158,52 | m |
| Fracción perimetral afectada | 0,25 | |
| Altura del tanque | 20 | m |
| Superficie afectada del tanque | 793 | m ² |
| Caudal de agua teórica (Qw) | 4756 | l/min |
| Tiempo mínimo de actuación | 300 | min |
| Reserva teórica de agua para tanque adyacente (Vw) | 142672 3 | litros |
| Reserva teórica de agua para tanque adyacente (Vw) | 1427 | m ³ |
| Reserva teórica de agua para tanque incendiado (Vw) | 713361 | litros |
| Reserva teórica de agua para tanque incendiado (Vw) | 713 | m ³ |



2 CAUDALES DE ESPUMA

Tabla 31 Calculo de espuma para tanque incendiado

CALCULO DE ESPUMA EN TANQUE INCENDIADO.

| | | |
|---|--------|-----------------------|
| Densidad de espuma a suministrar (qth) | 4 | l/m ² /min |
| Superficie tanque | 2000 | m ² |
| F _c | 1,1 | |
| F _o | 1,25 | |
| F _h | 1 | |
| q | 5,5 | |
| Caudal de espuma para tanques (Qf) | 10999 | l/min |
| Caudal de agua para formar espuma para tanques (97%) | 10669 | l/min |
| Caudal de espumógeno para formar espuma para tanques 3% | 330 | l/min |
| Tiempo mínimo de actuación | 60 | min |
| Reserva de agua para espuma para tanques | 640,13 | m ³ |
| Reserva de espumógeno para espuma para tanques | 19,80 | m ³ |



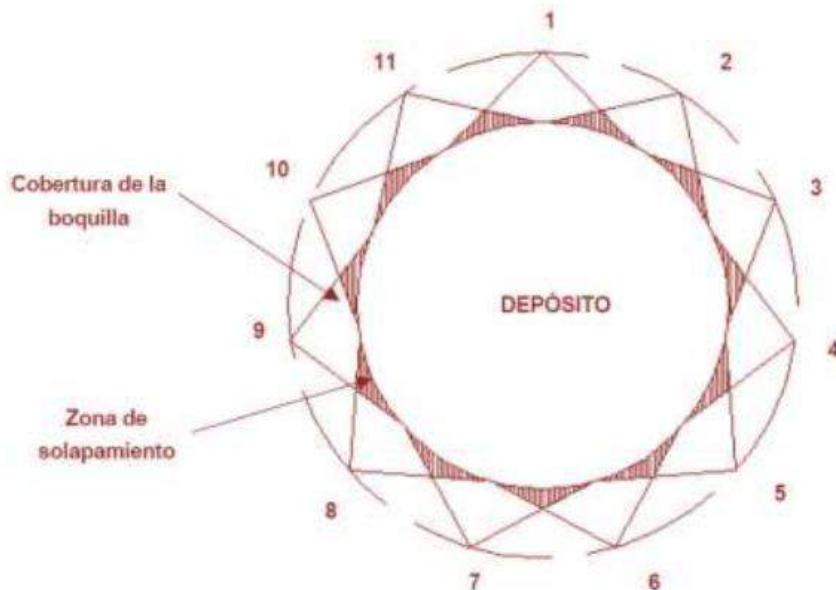
ANEXO D: CÁLCULO Y DISTRIBUCIÓN DE BOQUILLAS EN LOS TANQUES.



El objetivo es conseguir una cobertura adecuada con el menor número de boquillas posible y sin perdida de agua pulverizada, se ha considerado el uso de un anillo de refrigeración.

Para cubrir toda la superficie del tanque, se colocaran las boquillas separadas equidistantes entre si en un aro que rodeará la corona del tanque.

Ilustración 33 Distribución y solapamiento de las boquillas



Se utilizaran **boquillas pulverizadoras que trabajan con chorro plano en un angulo de 120º**.

Las boquillas se colocaran a medio (0,5) metro de distancia de la pared del tanque. Esto quiere decir que el aro que albergara todas las boquillas tendrá un diámetro mayor que el tanque y será de 51,46 m.

Una boquilla a un metro de distancia cubre una superficie aproximada de $1,71 \text{ m} \times 2$ ($\tan 60 = \text{superficie cubierta} / 2 / \text{Distancia a la pared}$). Distancia a la pared es igual a 0,5 m. Con lo que la superficie cubierta es igual a $\tan 60 \times 2 = 1,73 \times 2 \times 0,5 = 1,73$.

Consideramos que la linea recta teórica que cubriria el rociador es igual que el arco que forma la pared del tanque.

Finalmente, dividimos la longitud de la superficie de la pared del tanque para conocer el número de boquillas que vamos a necesitar para cubrir la pared.

$$\text{Longitud de la superficie del tanque} = \pi * D = 3,14 * 50,46 = 158,44 \text{ m}$$

$$\text{Número de boquillas} = \text{Longitud total} / \text{Longitud cubierta por un rociador} =$$



$$158,44 / 1,73 = 91,58 \text{ boquillas} \approx 92 \text{ boquillas.}$$

Se aproxima a 92 boquillas para garantizar que los boquillas no estan separados más de 1,73 m.

Nueva distancia de separación = $158,44 / 92 = 1,72 \text{ m.}$

Se utilizaran para cada tanque **92 boquillas separados a una distancia de 1,72 m.**

En lo referente a las tuberias de cuarto de anillo que se utilizan para la proteccion contra un incendio generado en los tanques adyacentes, se tiene que,

Longitud de un cuarto de la superficie del tanque = $0.25 * \pi * D = 0.25 * 3,14 * 50,46 = 39.61 \text{ m}$

Numero de boquillas = Longitud total/ Longitud cubierta por un rociador.=

$$39.61 / 1,73 = 22.89 \text{ boquillas} \approx 23 \text{ boquillas.}$$

Se aproxima a 23 boquillas para garantizar que los boquillas no estan separados más de 1,73 m.

Nueva distancia de separación = $39.61 / 23 = 1,72 \text{ m.}$

Para los cuartos de anillos, utilizaremos **23 boquillas separados a una distancia de 1,72 m.**

Esto cumple con la norma UNE 23503 que recomienda separar las boquillas como maximo 3,5 m.



ANEXO E: CÁLCULO Y CARACTERIZACIÓN DE ROCIADORES EN EL CARGADERO.



La protección contra incendios en el cargadero de camiones se va a realizar de acuerdo a la normativa NFPA 16.

CAUDAL DE APLICACIÓN Y AUTONOMIA.

Se recomienda no aplicar un caudal menor que $6,5 \text{ l/min/m}^2$. La solución de espuma debe de estar diseñada para descargar con una autonomía de 10 min.

DISTANCIA ENTRE ROCIADORES.

El espacio de las boquillas de espuma no debe exceder de 3,7 m entre ellas. El área máxima que debe proteger una boquilla es de $9,3 \text{ m}^2$.

Para comenzar el diseño del sistema de protección contra incendios del cargadero de camiones, se debe saber primero cual es el área de diseño. Como se ha comentado en el apartado de descripción del cargadero de camiones, el área de diseño es el área que ocupan los camiones, es decir, 176m^2 . Es un área rectangular de 16 m de largo por 11 m de ancho.

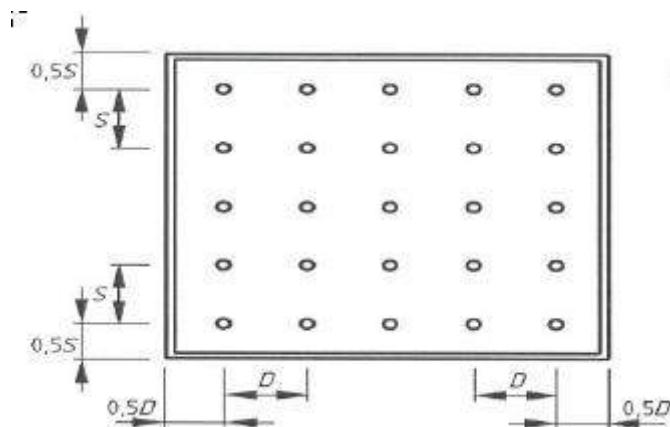
Sabiendo esto y aplicando la normativa correspondiente, el caudal y reserva teórico para la instalación de rociadores en esta zona tienen los siguientes valores.

$$Qt = d \cdot A = 6,5 \text{ mm/min} \cdot 176 \text{ m}^2 = 1144 \text{ l/min}$$

$$Rt = Qt \cdot t = 1444 \frac{l}{min} \cdot 10 \text{ min} = 14440 \text{ l}$$

Por criterios económicos se va a buscar el menor número de ramales y la máxima separación entre rociadores. Para ello, se van a diseñar los ramales paralelos al lado menor del cargadero. También cabe destacar que la configuración de los rociadores, dado que no se especifica nada, será normal. Ver imagen adjunta.

Ilustración 34 Configuración de los rociadores en el cargadero.



S: Separación de los ramales.

D: Distancia de separación entre rociadores.



El número de ramales N_s está determinado por el lado mayor. Se divide por 3,7 metros que es la longitud máxima de separación que debe existir de acuerdo a la normativa.

$$N_s = \frac{16m}{3,7m} = 4,32 \sim 5$$

Se aproxima al número inmediatamente superior para mantener los 3,7 m de separación máxima. Se van a colocar $N_s=5$ ramales con lo que la separación real, S , va a ser:

$$S = \frac{16m}{5} = 3,2 \text{ m}$$

La separación de los ramales $S/2$ con los límites del área operacional se puede calcular como:

$$\frac{S}{2} = (16m - 4 \cdot 3,2m)/2 = 1,6m$$

Por otro lado, para determinar la separación máxima D , que es la distancia de separación entre rociadores, hacemos uso del área total a cubrir por cada rociador de acuerdo a la norma. Como ya conocemos la distancia de separación entre ramales, se deduce fácilmente la separación D de los rociadores.

$$A_{roc} = S \cdot D = 9,3 \text{ m}^2 \rightarrow D = 2,91 \text{ m}$$

Usando el máximo D permitido, el número de rociadores necesarios para determinar los 12 metros de anchura del cargadero son:

$$N_d = \frac{11m}{2,91m} = 3,78 \approx 4 \text{ rociadores}$$

Se redondea al número inmediatamente superior para garantizar que el área máxima permitida sigue siendo menor que 12.

Como se van a colocar 4 rociadores por cada ramal, se tiene que la distancia final entre ellos es de

$$D = \frac{11m}{4} = 2,75 \text{ m}$$

Se deduce de la expresión anterior la distancia $D/2$ fácilmente.

$$\frac{D}{2} = (11m - 3 \cdot 2,5m)/2 = 1,25m$$

Finalmente, se tiene que el área definitiva total cubierta por un rociador es de

$$A_{roc} = S \cdot D = 2,75 \cdot 3,2 = 8,8 \text{ m}^2 \leq 9,3 \text{ m}^2$$

El número total de rociadores es de



$$N = Nd \cdot Ns = 5 \cdot 4 = 20 \text{ rociadores}$$

En este caso, todos los rociadores entran en operación al mismo tiempo.

$$\text{Rociadores operación} = \frac{A_{ope}}{A_{roc}} = \frac{176m^2}{8,8m^2} = 20 \text{ rociadores}$$

El caudal mínimo por rociador.

$$Q_{mr} = \frac{Qt}{\text{RociadoresOperación}} = \frac{1144l/min}{20 \text{ rociadores}} = 57,2l/min$$

$$K = \frac{Q}{\sqrt{P}} = \frac{57,2l/min}{\sqrt{0,5}} = \frac{57,2l/min}{0,7071} = 80,81$$

Tomamos el valor nominal de K normalizado K=80

$$P_{min} = \left(\frac{Q}{K} \right)^2 = \left(\frac{57,2l/min}{80} \right)^2 = 0,511 \text{ bar}$$

Tabla 32: Protección contra incendio en cargadero de camiones

CALCULO DE CAUDAL DE AGUA PARA ROCIADORES

ÁREA DEL CARGADERO 391 m²

ÁREA A PROTEGER 176 m²

CAUDAL TOTAL 1144 l/min

TIEMPO DE DESCARGA 10 min

RESERVA TEORICA 11.44 m³

NUMERO DE ROCIADORES 20

CAUDAL MINIMO POR ROCIADOR 57.2 l/min

K DE ROCIADOR 80.81

PRESIÓN MÍNIMA DE CADA ROCIADOR 0.511 bar



ANEXO F: FICHAS TÉCNICAS





DOCUMENTO 2: ANEJO DE CÁLCULO





1 INTRODUCCIÓN

Este documento es un anexo de cálculo en el que se va a desarrollar la modelización del sistema para después ser calculado.

El software utilizado para el cálculo ha sido EPANET. Este software es un programa que calcula redes hidráulicas creado y diseñado por la Universidad de Valencia.

El objetivo principal del cálculo hidráulico es el dimensionamiento del sistema de abastecimiento de agua. Además de dimensionar sistema de abastecimiento, el modelo nos dará una estimación aproximada de como se comportará el sistema cuando se encuentre en funcionamiento.

Es necesario hacer un estudio de la casuística de los escenarios en los que el sistema va a entrar en funcionamiento. De todos los escenarios posibles, se seleccionaran dos escenarios: un escenario que determine la presión más alta que el sistema de abastecimiento va a tener que proveer y también otro escenario que determine el caudal más alto que el mismo sistema va a tener que suministrar.

Como escenario catastrófico, se va a suponer el incendio de uno de los tanques por las razones comentadas en el apartado de “Abastecimiento de agua”.

En el caso de este proyecto, tenemos 4 tanques de dimensiones exactamente iguales, que poseen el mismo tipo y volumen de líquido contenido. La diferencia más destacable es la posición que ostenta cada tanque con respecto al sistema de abastecimiento y por tanto, las perdidas de carga en el sistema de tuberías.

Para la determinación de la presión del grupo de bombeo, se va a suponer como caso de incendio un hipotético caso de incendio en el tanque 4 (en adelante MODELO 1). Por el contrario, para la determinación del caudal que ha de suministrar el grupo de bombeo, se supondrá como caso de incendio un hipotético caso en el tanque 2 (MODELO 2)

El cálculo hidráulico ha consistido en las siguientes fases.

- Estudio de la normativa IP-02 para conocer el criterio de los caudales a aplicar. (Ver apartado de Sistema de Agua y Sistema de Espuma para más detalles.)
- Selección de la velocidad de diseño para el caudal de agua de 2 m/s.
- Dimensionamiento de tuberías acorde al criterio de velocidad.
- Selección del material de la tubería de acuerdo a la IP-02 para obtener valores de rugosidad y diámetro interno.
- Modelización de los sistemas utilizados; hidrantes, boquillas y dosificador de espuma.



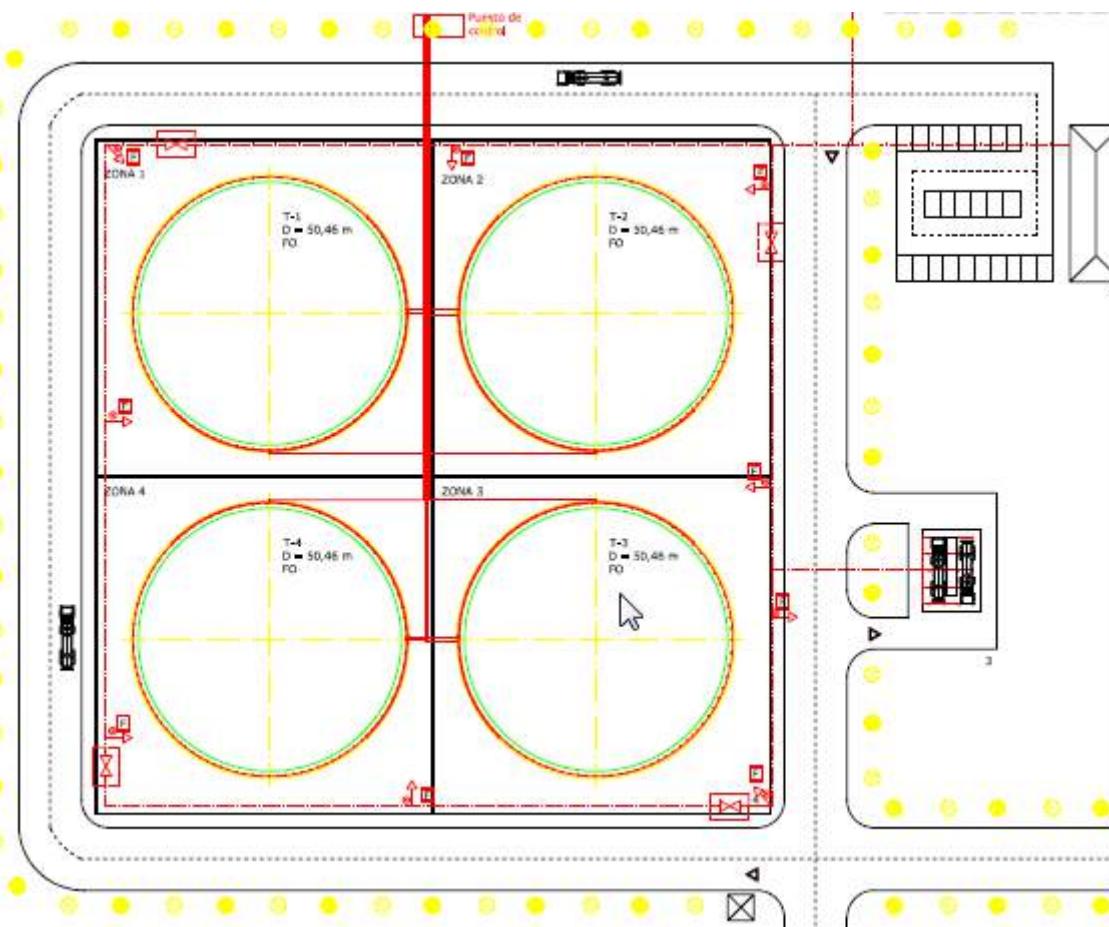
1.1 HIPOTESIS Y CRITERIOS

Para simplificar el modelo de calculo, se han seguido una serie de hipótesis y criterios que han dado más facilidad a la creación del modelo

- La espuma, compuesto formado por un 97 % de agua y un 3 % de espumógeno, de propiedades iguales a las del agua.
- Dado que en la práctica habitual, este tipo de sistemas están dimensionados para que el fluido circule a una velocidad entre 1 m/s y 3 m/s, suponemos que la velocidad de circulación del fluido por este sistema no va a superar los 2 m/s para evitar problemas de corrosión y ruido.

1.2 PLANO DE TUBERIAS.

Ilustración 35 Plano de tuberías



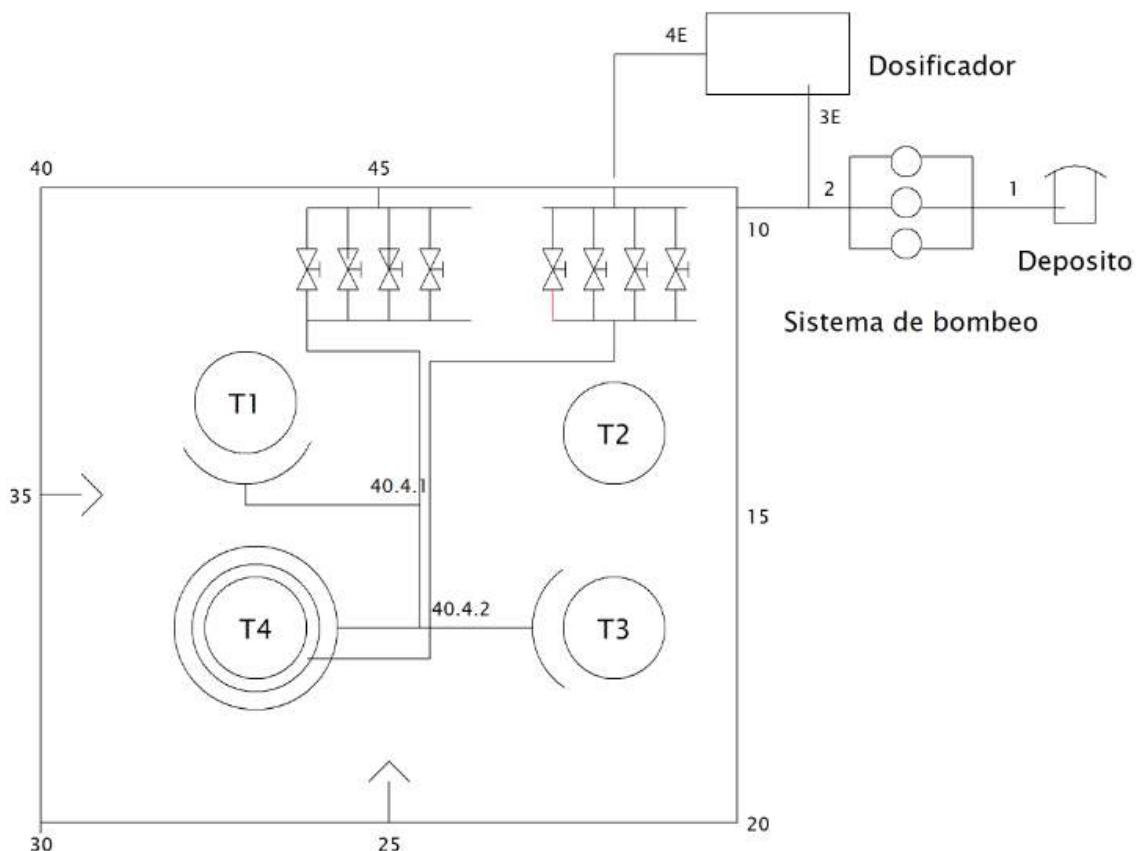


1.3 MODELO DEL SISTEMA

Se presenta un grafico para representar el MODELO 1 y que se ha utilizado para el cálculo del sistema.

En el modelo se puede comprobar la nomenclatura de puntos

Ilustración 36 Esquema del modelo hidráulico utilizado para el dimensionamiento del sistema



Para hacer el modelo lo mas desfavorable posible de acuerdo a las necesidades de presión, se ha considerado que el ramal 40 de la red general está inactivo por labores de mantenimiento.

1.4 NOMENCLATURA DE PUNTOS

A continuación, se detalla la nomenclatura asignada a los puntos para el modelo de

Descripción de la regla utilizada para nomenclatura de puntos y conexiones.



RED GENERAL.

Nodos: 10, 20, 30 ,40

- Tubería que une nodos 10 -20, tubería 10.
- Tubería que une nodos 20-30: tubería 20.
- Tubería que une nodos 30-40; tubería 30.
- Tubería que une nodos 40-10; tubería 40.

HIDRANTES.

Tenemos un total de 9 Hidrantes. Se nombran de acuerdo a la posición en la tubería. Si acaba en 5 se encuentra en la mitad de la tubería que pertenece a la red general. Los números utilizados para los hidrantes van del 10, 15, 17, 20, 25, 30, 35, 40 y 45.

Tubería 10: Hidrante 10, Hidrante 15, Hidrante 17, Hidrante 20.

Tubería 20: Hidrante 20, Hidrante 25, Hidrante 30.

Tubería 30: Hidrante 30, Hidrante 35, Hidrante 40.

Tubería 40: Hidrante 30, Hidrante 45, Hidrante 10.

A continuación se detallan todas las líneas modeladas con sus respectivos puntos de llegada y origen.

Tabla 33 Nomenclatura de tuberías y nodos para red de agua.

| SISTEMA DE AGUA | PUNTO SALIDA | PUNTO LLEGADA |
|---|--------------|---------------|
| SALIDA DE BOMBAS - VÁLVULA | 1 | 2 |
| CIRCUITO ESPUMOGENO | | |
| VÁLVULA CIRCUITO ESPUMA - CODO 10 | 2 | 10 |
| ANILLO PPAL | | |
| CODO 10 ANILLO PPAL - CODO 20 ANILLO PPAL. | 10 | 20 |
| CODO 20 ANILLO PPAL - HIDRANTE 25 | 20 | 25 |
| HIDRANTE 25 - CODO 30 ANILLO PPAL | 25 | 30 |
| CODO 30 ANILLO PPAL - HIDRANTE 35 | 30 | 35 |
| HIDRANTE 35 - CODO 40 | 35 | 40 |
| CODO 40 - PC | 40 | PC |
| VÁLVULA 4 - 4.1 | PC | 40,4,1 |
| 4.1 - 40,4,2 | 40,4,1 | 40,4,2 |
| 40,4,1 - TANQUE 1 | 40,4,1 | TANQUE 1 |
| 40,4,2 - TANQUE INCENIDADO 4 | 40,4,2 | TANQUE 3 |



40,4,2 - TANQUE 3

40,4,2

TANQUE 4

SISTEMA DE ESPUMA

| | | |
|---------------------------------------|--------------------|------------------------|
| SALIDA DE DOSIFICADOR - ANILLO | 4 | ANILLO TANQUE 4 |
| TANQUE | | |
| CAUDAL EN EL ANILLO DE TANQUE | ANILLO TANQUE 4 | ANILLO TANQUE 4 |
| CAUDAL DE CADA CAMARA ESPUMA | ANILLO TANQUE 4 | CAMARA DE ESPUMA |

1.5 CAUDAL Y DIMENSIONAMIENTO DE TUBERÍAS

El dimensionamiento de tuberías es realizado por la aplicación de la ecuación de continuidad. Se presenta un sumario de la demanda de caudal del sistema para el caso de incendio de un tanque. La justificación del cálculo de los caudales se encuentra detallada en el Anexo para el calculo de caudales del sistema de agua.

Los sistemas que entran en funcionamiento en los casos definidos anteriormente son: hidrantes, sistema en tanque incendiado y sistema en tanque adyacente. No se tienen en cuenta los caudales correspondientes al resto de sistemas.

Tabla 34 Sumario de caudales de agua para el caso de incendio de un tanque de almacenamiento

HIPOTESIS DE CALCULO: CASO DE TANQUE INCENDIADO

| | unid l/min |
|---|------------|
| Caudal de agua teórica en tanque incendiado | 2378 |
| Caudal de agua teórica en tanque adyacente | 4756 |
| Caudal de agua teórica en hidrantes (2 HIDRANTES) | 4000 |
| Caudal de agua para formar espuma para tanques (97%) | 10669 |
| CAUDAL DE AGUA TOTAL | 21802 |

Dado que el caudal de espuma necesario es de se utilizará un caudal de espumógeno de 330 l/min que formaran 11.000 l/min de espuma.

Tabla 35 Sumario de caudales de espumógeno para el caso de incendio de un tanque de almacenamiento

| | |
|--|-----|
| Caudal de espumógeno para formar espuma para tanques 3% | 330 |
| CAUDAL DE ESPUMÓGENO TOTAL | 330 |



También habría un aporte de espumógeno en los hidrantes. Pero dado que este aporte se realiza desde el bidón de espumógeno que se encuentra en cada hidrante y no es necesaria la utilización de las redes, no se considera en el modelo de cálculo.

Dado el esquema del modelo del sistema y la demanda de caudales de cada sistema, podemos hacer una estimación de los caudales que pasarán cada tubería aplicando la ecuación de conservación de caudal. (ver tabla a continuación)

Tabla 36 Caudales que circulan por cada tubería

| | CAUDAL (l/min) |
|---|----------------|
| SALIDA DE BOMBAS - VÁLVULA CIRCUITO ESPUMOGENO | 21802,49 |
| VÁLVULA CIRCUITO ESPUMA - CODO 10 ANILLO PPAL | 11133,61 |
| CODO 10 ANILLO PPAL - CODO 20 ANILLO PPAL. | 11133,61 |
| CODO 20 ANILLO PPAL - HIDRANTE 25 | 11133,61 |
| HIDRANTE 25 - CODO 30 ANILLO PPAL | 9133,61 |
| CODO 30 ANILLO PPAL - HIDRANTE 35 | 9133,61 |
| HIDRANTE 35 - CODO 40 | 7133,61 |
| CODO 40 - PC | 7133,61 |
| VÁLVULA 4 - 4.1 | 7133,61 |
| 4.1 - 4,2 | 4755,74 |
| 4,1 - TANQUE 1 | 2377,87 |
| 4,2 - TANQUE INCENIDADO 4 | 2377,87 |
| 4,2 - TANQUE 3 | 2377,87 |
| CIRCUITO ESPUMA | |
| VÁLVULA CIRCUITO ESPUMA - ENTRADA DOSIFICADOR | 10668,9 |
| SALIDA DE DOSIFICADOR - ANILLO TANQUE | 10998,8 |
| CAUDAL EN EL ANILLO DE TANQUE | 10998,8 |
| CAUDAL DE CADA CAMARA ESPUMA | 1833 |

Suponiendo que la velocidad va a ser menor o igual a 2 m/s y dados los caudales de circulación por cada sistema, podemos hacer una estimación de los caudales que pasarán cada tubería (ver tabla a continuación).

CIRCUITO DE AGUA.

Tabla 37 Diámetros seleccionados para tuberías circuito de agua.

| | Unidades (Pulgadas) |
|---|------------------------|
| SALIDA DE BOMBAS - VÁLVULA CIRCUITO ESPUMOGENO | 20 |
| VÁLVULA CIRCUITO ESPUMA - CODO 10 ANILLO PPAL | 18 |
| CODO 10 ANILLO PPAL - CODO 20 ANILLO PPAL. | 18 |
| CODO 20 ANILLO PPAL - HIDRANTE 25 | 18 |
| HIDRANTE 25 - CODO 30 ANILLO PPAL | 18 |
| CODO 30 ANILLO PPAL - HIDRANTE 35 | 18 |



| | |
|----------------------------------|-----------|
| HIDRANTE 35 - CODO 40 | 18 |
| CODO 40 - PC | 18 |
| VÁLVULA 4 - 4.1 | 12 |
| 4.1 - 4.2 | 10 |
| 4.1 - TANQUE 1 | 8 |
| 4.2 - TANQUE INCENIDADO 4 | 8 |
| 4.2 - TANQUE 3 | 8 |

Cabe destacar que en el sistema de agua se ha considerado el mismo diámetro para los 4 ramales de la red general contra incendios.

CIRCUITO DE ESPUMA.

Tabla 38 Diámetros seleccionados para tuberías circuito de espuma.

| | Unidades (pulgadas) |
|--|---------------------|
| VÁLVULA CIRCUITO ESPUMA - ENTRADA DOSIFICADOR | 14 |
| SALIDA DE DOSIFICADOR - ANILLO TANQUE | 16 |
| CAUDAL EN EL ANILLO DE TANQUE | 16 |
| CAUDAL DE CADA CAMARA ESPUMA | 6 |

1.6 MATERIAL DE LAS TUBERÍAS

Todas las tuberías se diseñaran con acero galvanizado con excepción de las tuberías de la red general en las que utilizaremos tuberías de polietileno.

A continuación se presentan unas tablas con valores estandarizados de los diámetros y espesores para tuberías de acero y polietileno.

TUBERIAS DE ACERO GALVANIZADO. (cedula 40)

Tabla 39 Diámetros estándar de tuberías de acero galvanizado utilizados

| Diámetro nominal (Plg) | Diámetro exterior (Plg) |
|---------------------------|----------------------------|
| 6 | 6 5/8 |
| 8 | 8 5/8 |
| 10 | 10 3/4 |
| 12 | 12 3/4 |



| | |
|-----------|----|
| 14 | 14 |
| 16 | 16 |
| 18 | 18 |
| 20 | 20 |
| 24 | 24 |

TUBERIAS DE HDPE PARA FLUIDOS A PRESIÓN.

Tabla 40 Diámetros estándar de tuberías de acero galvanizado utilizados

| Diámetro nominal (pulg) | SDR 11(11.03 bar) | |
|-------------------------|-------------------|--------------------|
| | e pared (mm) | Diam interior (mm) |
| 20 | 46.18 | 411.94 |
| 18 | 41.55 | 370.74 |
| 16 | 36.95 | 329.57 |
| 14 | 32.33 | 288.37 |
| 12 | 29.44 | 262.61 |
| 10 | 24.82 | 221.41 |

1.7 EPANET

EPANET es un software que realiza simulaciones en periodo extendido del comportamiento hidráulico y de la calidad del agua en redes de distribución a presión.

A continuación se va a detallar como se han modelado cada uno de los sistemas en EPANET.

1.8 MODELIZACIÓN DE BOQUILLAS



Se utilizaran **boquillas pulverizadoras que trabajan con chorro plano en un angulo de 120º**.

Se utilizaran para cada tanque **93 boquillas separados a una distancia de 1,72 m.**

Para los cuartos de anillos, utilizaremos **23 boquillas separados a una distancia de 1,72 m.**

Se van a utilizar las boquillas de la serie 2210xx del catálogo del proveedor SABO. Se tiene que la curva Q-P de las boquillas proporcionada por el proveedor es:

Tabla 41 Tabla Q-P boquillas anillo

| Q (L/min) | P (Bar) |
|-----------|---------|
| 8,6 | 0,5 |
| 12,2 | 1 |
| 14,9 | 1,5 |
| 17,2 | 2 |
| 21 | 3 |
| 24 | 4 |

Para la modelización de la curva caudal presión, modelamos las boquillas como un nodo al que le asignamos una K coeficiente de descarga obtenida de los parametros de caudal y presion aportados por el proveedor.

Dado que tenemos 93 boquillas y el caudal de aplicación al tanque es de 2378 l/min, se seleccionan boquillas para aplicar un caudal de 25.56 l/min cada una.

Tabla 42 Tabla sumario boquillas en anillo

| BOQUILLAS PARA ANILLO COMPLETO | |
|--|-------------|
| NUMERO DE BOQUILLAS QUE UTILIZAREMOS | 93 |
| CAUDAL TOTAL DEL TANQUE | 2378 |
| CAUDAL POR CADA boquilla | 25,56851053 |
| distancia de separación de cada boquilla | 1,704567369 |

Sabiendo que $K = Q/\sqrt{P}$, obtenemos los valores siguientes. Al final insertamos en el programa un valor promedio de las K obtenidas.

Tabla 43 Calculo K boquillas anillo

| Q (L/min) | P (Bar) | P (MCA) | K(l/min/sqrt(mca)) |
|-----------|---------|---------|--------------------|
| 8,6 | 0,5 | 5,1 | 3,808 |



| | | | |
|---------------|-----|------|-------|
| 12,2 | 1 | 10,2 | 3,820 |
| 14,9 | 1,5 | 15,3 | 3,809 |
| 17,2 | 2 | 20,4 | 3,808 |
| 21 | 3 | 30,6 | 3,796 |
| 24 | 4 | 40,8 | 3,757 |
| Media = 3,800 | | | |

Para las boquillas que se encuentren en los cuartos de anillo de los tanques se aplicará un método similar que para las boquillas que compongan el anillo del tanque. En este caso, se seleccionan boquillas de la serie 2780xx. Son boquillas de aplicación de caudal mayores que las boquillas utilizadas en los anillos de los tanques.

Tabla 44 Sumario boquillas cuarto de anillo

PARA UN CUARTO DE ANILLO

| | |
|---|-------------|
| NÚMERO DE BOQUILLAS QUE UTILIZAREMOS | 23 |
| CAUDAL TOTAL DEL TANQUE | 2378 |
| CAUDAL POR CADA boquilla | 103,3857165 |
| distancia de separación de cada boquilla | 1,704567369 |

Se asignará una K de 14,11 para las boquillas que componen tanques de un cuarto

Tabla 45 Calculo K boquillas de cuarto de anillo

| Q (L/min) | P (Bar) | P (MCA) | K (l/min/sqrt(mca)) |
|------------------|----------------|----------------|----------------------------|
| 32 | 0,5 | 5,1 | 14,170 |
| 45 | 1 | 10,2 | 14,090 |
| 55 | 1,5 | 15,3 | 14,061 |
| 64 | 2 | 20,4 | 14,170 |
| 78 | 3 | 30,6 | 14,100 |
| 90 | 4 | 40,8 | 14,090 |
| Media =14,114 | | | |

1.9 MODELIZACIÓN DE CAMARAS DE ESPUMA

Se van a seleccionar 6 camaras de espuma del proveedor Soldberg de la serie SFS 1660. Se tiene que los valores representados por la curva Q-P.

Tabla 46 Sumario cámaras espuma

| | |
|---|---|
| NUMERO DE CAMARAS QUE UTILIZAREMOS | 6 |
|---|---|



| | |
|---|-------------|
| CAUDAL TOTAL DEL TANQUE (l/min) | 11000 |
| CAUDAL POR CADA CAMARA (l/min) | 1833,333333 |
| distancia de separación de cada boquilla (m) | 26,42079422 |

Tabla 47 Calculo K cámaras de espuma

| Q (L/min) | P (bar) | P (MCA) | K (l/min/sqrt(mca)) | orificio |
|-----------|---------|---------|---------------------|----------|
| 2245 | 7 | 71,4 | 266 | 1,75 |
| 2010 | 6 | 61,2 | 257 | 1,75 |
| 1873,5 | 5 | 51 | 262 | 1,75 |
| 1737 | 4 | 40,8 | 272 | 1,75 |
| 1680,078 | 3,821 | 38,97 | 269 | 1,75 |
| 1419 | 3 | 30,6 | 257 | 1,75 |

El coeficiente de descarga utilizado es de 262 (l/min/sqrt(mca))

1.10 MODELIZACIÓN DE HIDRANTES

Suponiendo que dispondremos de una presión en la red de 7,5 bar y que el caudal que suministrara el hidrante será de 2000 l/min, podemos calcular facilmente el coeficiente de descarga del hidrante.

Tabla 48 Calculo K hidrante

| P (bar) | P (mca) | Q (lpm) | K (lpm/sqrt(mca)) |
|---------|---------|---------|-------------------|
| 7,5 | 76,5 | 2000 | 228,66 |

1.11 MODELIZACIÓN DEL SISTEMA DE DOSIFICACIÓN.

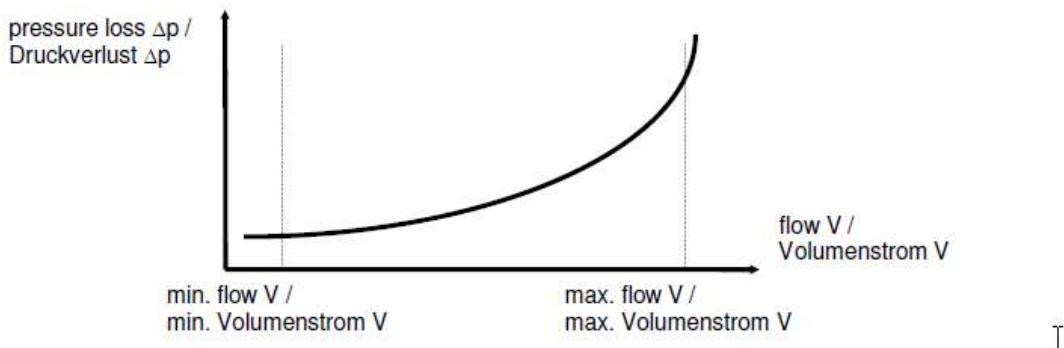
El sistema de dosificación se modela como una válvula con perdida de carga proporcional al caudal. Del catalogo del proveedor se obtiene la curva Q-P de como se comporta el dosificador.

Tabla 49 Relación de caudal de espuma y perdida de presión.

| Caudal | Perdida de presión |
|-------------|--------------------|
| 1200 l/min | 0.5 bar |
| 2000 l/min | 0.6 bar |
| 7500 l/min | 0.9 bar |
| 15000 l/min | 1.9 bar |



Ilustración 37 Gráfica relación Caudal/Presión cámaras de espuma



1.12 CALCULO.

1.13 CALCULO DE PERDIDAS DE CARGA EN TUBERÍAS.

Las tuberías son líneas que llevan el agua de un punto de la red a otro. EPANET asume que todas las tuberías se encuentran completamente llenas en todo momento.

Los parámetros hidráulicos más importantes para las tuberías son:

- Nudos de entrada y salida.
- Diámetro.
- Longitud.
- Coeficiente de rugosidad.
- Estado. (abierta, cerrada o con una válvula)

Las perdidas de cálculo en la conducción debido a la rugosidad de las paredes de la tubería se miden utilizando el método de Hazen-Williams. Este método es el más utilizado en el ámbito anglosajón. No se puede usar con otro líquido que no sea agua y fue desarrollado originalmente únicamente para régimen turbulento.

Cada método utiliza la siguiente fórmula para calcular las perdidas entre el nudo inicial y el nudo final de la tubería.

$$h_L = A \cdot q^B$$

Donde h_L representa las perdidas (unidades de longitud), q es caudal (volumen / tiempo), A = coeficiente de resistencia y B el exponente de caudal.



El coeficiente de resistencia A y el exponente de caudal B para el caso de Hazen Willians sigue la formula que se muestra a continuación.

$$A = 4.727 \cdot C^{-1.852} \cdot d^{-4.871} \cdot L$$

$$B = 1.852$$

Donde

- C es el coeficiente de Hazen-Williams.
- D es el diámetro de la tubería (ft)
- L es la longitud de la tubería (ft)

Los valores del coeficiente C se determinan de acuerdo al material utilizado. En nuestro caso utilizamos los valores de la norma UNE 23500.

| Tipo de tubo. | Valor de C. |
|-------------------|-------------|
| Acero galvanizado | 120 |
| Polietileno | 150 |

Los diámetros de tuberías utilizados son los calculados anteriormente para que la velocidad no pase de 2 m/s.

La longitud utilizada en la modelización de los ramales ha sido la siguiente.

Tabla 50 Parámetros utilizados modelado tubería

| | DIAM (mm) | C | L(m) |
|---|-----------|-----|------------|
| SALIDA DE BOMBAS - VALVULA CIRCUITO ESPUMOGENO | 508 | 150 | 10 |
| VALVULA CIRCUITO ESPUMA - CODO 10 ANILLO PPAL | 377,7 | 150 | 5 |
| CODO 10 ANILLO PPAL - HIDRANTE 15 | 377,7 | 150 | 163,0 3 |
| CODO 10 - HIDRANTE 45 | 377,7 | 150 | 76,5 |
| HIDRANTE 45-PC | 377,7 | 150 | 76,5 |
| VALVULA 4 - 40.2.1 | 304,8 | 120 | 55 |
| 40.2.1 - 40,2,2 | 254 | 120 | 2 |
| 40.2.1 - TANQUE 1 | 203,2 | 120 | 5 |
| 40,4,2 - TANQUE INCENIDADO 2 | 203,2 | 120 | 5 |
| 40,4,2 - TANQUE 3 | 203,2 | 120 | 70 |
| CIRCUITO ESPUMA | | 120 | |
| VALVULA CIRCUITO ESPUMA - ENTRADA DOSIFICADOR | 355,6 | 120 | 5 |



| | | | |
|---------------------------------------|-------|-----|------|
| SALIDA DE DOSIFICADOR - ANILLO TANQUE | 406,4 | 120 | 80 |
| CAUDAL EN EL ANILLO DE TANQUE | 406,4 | 120 | 26,4 |
| CAUDAL DE CADA CAMARA ESPUMA | 152,4 | 120 | 1,5 |

1.14 RESULTADOS DE EPANET.

1.15 RESULTADOS MODELO 1. DETERMINACIÓN DE PRESIÓN BOMBA.

Tabla de Red -
Nudos

| | Cota | Demanda Base | Demanda | Altura | Presión |
|---------------------|------|---------------|---------------|--------|---------|
| Depósito | 0 | No Disponible | - 23017.14 | 10.00 | 10.00 |
| Conexión 10A | 0 | 0 | 0.00 | 102.82 | 102.82 |
| Conexión 2 | 0 | 0 | 0.00 | 118.30 | 118.30 |
| Conexión 20A | 0 | 0 | 0.00 | 98.07 | 98.07 |
| Conexión 25A | 0 | 0 | 2218.35 | 93.84 | 93.84 |
| Conexión 3 | 0 | 0 | 0.00 | 118.23 | 118.23 |
| Conexión 30A | 0 | 0 | 0.00 | 93.53 | 93.53 |
| Conexión 35A | 0 | 0 | 2181.18 | 90.72 | 90.72 |
| Conexión 40A | 0 | 0 | 0.00 | 90.53 | 90.53 |
| Conexión 40.4.1 | 0 | 0 | 0.00 | 85.54 | 85.54 |
| Conexión 40.4.2 | 0 | 0 | 0.00 | 77.53 | 77.53 |
| Conexión PC | 0 | 0 | 0.00 | 87.34 | 87.34 |
| Conexión T1A3.1 | 0 | 0 | 0.00 | 79.86 | 79.86 |
| Conexión T3A2.1 | 0 | 0 | 0.00 | 74.19 | 74.19 |
| Conexión T4A1.1 | 0 | 0 | 0.00 | 73.63 | 73.63 |
| Conexión 1E | 0 | -330 | -330.00 | 110.26 | 110.26 |
| Conexión 2E | 0 | 0 | 0.00 | 95.96 | 95.96 |
| Conexión 3E | 20 | 0 | 0.00 | 80.18 | 60.18 |
| Conexión 4E | 20 | 0 | 0.00 | 78.49 | 58.49 |
| Conexión 5E | 20 | 0 | 0.00 | 77.88 | 57.88 |
| Conexión 6E | 20 | 0 | 0.00 | 77.81 | 57.81 |
| Conexión 7E | 20 | 0 | 0.00 | 77.87 | 57.87 |
| Conexión 8E | 20 | 0 | 0.00 | 78.48 | 58.48 |
| Conexión CAMARA1 | 20 | 0 | 1940.53 | 74.86 | 54.86 |
| Conexión CAMARA2 | 20 | 0 | 1913.06 | 73.32 | 53.32 |
| Conexión | 20 | 0 | 1903.06 | 72.76 | 52.76 |

**CAMARA3**

| | | | | | |
|---------------------|----|---|---------|-------|-------|
| Conexión | 20 | 0 | 1901.94 | 72.70 | 52.70 |
| CAMARA4 | | | | | |
| Conexión | 20 | 0 | 1903.04 | 72.76 | 52.76 |
| CAMARA5 | | | | | |
| Conexión | 20 | 0 | 1913.01 | 73.31 | 53.31 |
| CAMARA6 | | | | | |
| Conexión 100 | 20 | 0 | 27.76 | 73.35 | 53.35 |
| Conexión 101 | 20 | 0 | 27.76 | 73.35 | 53.35 |
| Conexión 102 | 20 | 0 | 27.76 | 73.35 | 53.35 |
| Conexión 103 | 20 | 0 | 27.76 | 73.35 | 53.35 |
| Conexión 104 | 20 | 0 | 27.76 | 73.35 | 53.35 |
| Conexión 105 | 20 | 0 | 27.76 | 73.35 | 53.35 |
| Conexión 106 | 20 | 0 | 27.76 | 73.35 | 53.35 |
| Conexión 107 | 20 | 0 | 27.76 | 73.36 | 53.36 |
| Conexión 108 | 20 | 0 | 27.76 | 73.36 | 53.36 |
| Conexión 109 | 20 | 0 | 27.76 | 73.36 | 53.36 |
| Conexión 110 | 20 | 0 | 27.76 | 73.36 | 53.36 |
| Conexión 111 | 20 | 0 | 27.76 | 73.36 | 53.36 |
| Conexión 112 | 20 | 0 | 27.76 | 73.36 | 53.36 |
| Conexión 113 | 20 | 0 | 27.76 | 73.36 | 53.36 |
| Conexión 114 | 20 | 0 | 27.76 | 73.37 | 53.37 |
| Conexión 115 | 20 | 0 | 27.76 | 73.37 | 53.37 |
| Conexión 116 | 20 | 0 | 27.76 | 73.37 | 53.37 |
| Conexión 117 | 20 | 0 | 27.76 | 73.37 | 53.37 |
| Conexión 118 | 20 | 0 | 27.76 | 73.38 | 53.38 |
| Conexión 119 | 20 | 0 | 27.76 | 73.38 | 53.38 |
| Conexión 120 | 20 | 0 | 27.76 | 73.38 | 53.38 |
| Conexión 121 | 20 | 0 | 27.76 | 73.38 | 53.38 |
| Conexión 122 | 20 | 0 | 27.77 | 73.39 | 53.39 |
| Conexión 123 | 20 | 0 | 27.77 | 73.39 | 53.39 |
| Conexión 124 | 20 | 0 | 27.77 | 73.39 | 53.39 |
| Conexión 125 | 20 | 0 | 27.77 | 73.40 | 53.40 |
| Conexión 126 | 20 | 0 | 27.77 | 73.40 | 53.40 |
| Conexión 127 | 20 | 0 | 27.77 | 73.40 | 53.40 |
| Conexión 128 | 20 | 0 | 27.77 | 73.41 | 53.41 |
| Conexión 129 | 20 | 0 | 27.77 | 73.41 | 53.41 |
| Conexión 130 | 20 | 0 | 27.77 | 73.42 | 53.42 |
| Conexión 131 | 20 | 0 | 27.77 | 73.42 | 53.42 |
| Conexión 132 | 20 | 0 | 27.77 | 73.42 | 53.42 |
| Conexión 133 | 20 | 0 | 27.77 | 73.41 | 53.41 |
| Conexión 134 | 20 | 0 | 27.77 | 73.41 | 53.41 |
| Conexión 135 | 20 | 0 | 27.77 | 73.40 | 53.40 |
| Conexión 136 | 20 | 0 | 27.77 | 73.40 | 53.40 |
| Conexión 137 | 20 | 0 | 27.77 | 73.40 | 53.40 |



| | | | | | |
|---------------------|----|---|--------|-------|-------|
| Conexión 138 | 20 | 0 | 27.77 | 73.39 | 53.39 |
| Conexión 139 | 20 | 0 | 27.77 | 73.39 | 53.39 |
| Conexión 140 | 20 | 0 | 27.76 | 73.39 | 53.39 |
| Conexión 141 | 20 | 0 | 27.76 | 73.38 | 53.38 |
| Conexión 142 | 20 | 0 | 27.76 | 73.38 | 53.38 |
| Conexión 143 | 20 | 0 | 27.76 | 73.38 | 53.38 |
| Conexión 144 | 20 | 0 | 27.76 | 73.38 | 53.38 |
| Conexión 145 | 20 | 0 | 27.76 | 73.37 | 53.37 |
| Conexión 146 | 20 | 0 | 27.76 | 73.37 | 53.37 |
| Conexión 147 | 20 | 0 | 27.76 | 73.37 | 53.37 |
| Conexión 148 | 20 | 0 | 27.76 | 73.37 | 53.37 |
| Conexión 149 | 20 | 0 | 27.76 | 73.37 | 53.37 |
| Conexión 150 | 20 | 0 | 27.76 | 73.36 | 53.36 |
| Conexión 151 | 20 | 0 | 27.76 | 73.36 | 53.36 |
| Conexión 152 | 20 | 0 | 27.76 | 73.36 | 53.36 |
| Conexión 153 | 20 | 0 | 27.76 | 73.36 | 53.36 |
| Conexión 154 | 20 | 0 | 27.76 | 73.36 | 53.36 |
| Conexión 157 | 20 | 0 | 103.68 | 73.99 | 53.99 |
| Conexión 158 | 20 | 0 | 103.68 | 73.99 | 53.99 |
| Conexión 159 | 20 | 0 | 103.68 | 73.99 | 53.99 |
| Conexión 160 | 20 | 0 | 103.68 | 74.00 | 54.00 |
| Conexión 161 | 20 | 0 | 103.68 | 74.00 | 54.00 |
| Conexión 162 | 20 | 0 | 103.68 | 74.00 | 54.00 |
| Conexión 163 | 20 | 0 | 103.68 | 74.00 | 54.00 |
| Conexión 164 | 20 | 0 | 103.69 | 74.00 | 54.00 |
| Conexión 165 | 20 | 0 | 103.69 | 74.00 | 54.00 |
| Conexión 166 | 20 | 0 | 103.69 | 74.00 | 54.00 |
| Conexión 167 | 20 | 0 | 103.69 | 74.01 | 54.01 |
| Conexión 168 | 20 | 0 | 103.70 | 74.01 | 54.01 |
| Conexión 169 | 20 | 0 | 103.69 | 74.01 | 54.01 |
| Conexión 170 | 20 | 0 | 103.69 | 74.00 | 54.00 |
| Conexión 171 | 20 | 0 | 103.69 | 74.00 | 54.00 |
| Conexión 172 | 20 | 0 | 103.69 | 74.00 | 54.00 |
| Conexión 173 | 20 | 0 | 103.68 | 74.00 | 54.00 |
| Conexión 174 | 20 | 0 | 103.68 | 74.00 | 54.00 |
| Conexión 175 | 20 | 0 | 103.68 | 74.00 | 54.00 |
| Conexión 176 | 20 | 0 | 103.68 | 74.00 | 54.00 |
| Conexión 177 | 20 | 0 | 103.68 | 73.99 | 53.99 |
| Conexión 178 | 20 | 0 | 103.68 | 73.99 | 53.99 |
| Conexión 179 | 20 | 0 | 103.68 | 73.99 | 53.99 |
| Conexión 181 | 20 | 0 | 108.98 | 79.65 | 59.65 |
| Conexión 182 | 20 | 0 | 108.98 | 79.65 | 59.65 |
| Conexión 183 | 20 | 0 | 108.98 | 79.65 | 59.65 |
| Conexión 184 | 20 | 0 | 108.98 | 79.65 | 59.65 |



| | | | | | |
|---------------------|----|---|--------|-------|-------|
| Conexión 185 | 20 | 0 | 108.98 | 79.65 | 59.65 |
| Conexión 186 | 20 | 0 | 108.98 | 79.66 | 59.66 |
| Conexión 187 | 20 | 0 | 108.99 | 79.66 | 59.66 |
| Conexión 188 | 20 | 0 | 108.99 | 79.66 | 59.66 |
| Conexión 189 | 20 | 0 | 108.99 | 79.67 | 59.67 |
| Conexión 190 | 20 | 0 | 108.99 | 79.66 | 59.66 |
| Conexión 191 | 20 | 0 | 108.98 | 79.65 | 59.65 |
| Conexión 192 | 20 | 0 | 108.98 | 79.65 | 59.65 |
| Conexión 193 | 20 | 0 | 108.98 | 79.65 | 59.65 |
| Conexión 194 | 20 | 0 | 108.99 | 79.66 | 59.66 |
| Conexión 195 | 20 | 0 | 108.98 | 79.66 | 59.66 |
| Conexión 196 | 20 | 0 | 108.98 | 79.65 | 59.65 |
| Conexión 197 | 20 | 0 | 108.98 | 79.65 | 59.65 |
| Conexión 198 | 20 | 0 | 108.98 | 79.65 | 59.65 |
| Conexión 199 | 20 | 0 | 108.98 | 79.65 | 59.65 |
| Conexión 200 | 20 | 0 | 108.98 | 79.65 | 59.65 |
| Conexión 201 | 20 | 0 | 108.98 | 79.65 | 59.65 |
| Conexión 202 | 20 | 0 | 108.98 | 79.65 | 59.65 |
| Conexión 203 | 20 | 0 | 108.98 | 79.65 | 59.65 |
| Conexión 62 | 20 | 0 | 27.76 | 73.36 | 53.36 |
| Conexión 63 | 20 | 0 | 27.76 | 73.36 | 53.36 |
| Conexión 64 | 20 | 0 | 27.76 | 73.35 | 53.35 |
| Conexión 65 | 20 | 0 | 27.76 | 73.35 | 53.35 |
| Conexión 66 | 20 | 0 | 27.76 | 73.35 | 53.35 |
| Conexión 67 | 20 | 0 | 27.76 | 73.35 | 53.35 |
| Conexión 68 | 20 | 0 | 27.76 | 73.35 | 53.35 |
| Conexión 69 | 20 | 0 | 27.76 | 73.35 | 53.35 |
| Conexión 70 | 20 | 0 | 27.76 | 73.35 | 53.35 |
| Conexión 71 | 20 | 0 | 27.76 | 73.35 | 53.35 |
| Conexión 72 | 20 | 0 | 27.76 | 73.35 | 53.35 |
| Conexión 73 | 20 | 0 | 27.76 | 73.35 | 53.35 |
| Conexión 74 | 20 | 0 | 27.76 | 73.35 | 53.35 |
| Conexión 75 | 20 | 0 | 27.76 | 73.35 | 53.35 |
| Conexión 76 | 20 | 0 | 27.75 | 73.35 | 53.35 |
| Conexión 77 | 20 | 0 | 27.75 | 73.35 | 53.35 |
| Conexión 78 | 20 | 0 | 27.75 | 73.35 | 53.35 |
| Conexión 79 | 20 | 0 | 27.75 | 73.35 | 53.35 |
| Conexión 80 | 20 | 0 | 27.75 | 73.35 | 53.35 |
| Conexión 81 | 20 | 0 | 27.75 | 73.35 | 53.35 |
| Conexión 82 | 20 | 0 | 27.75 | 73.35 | 53.35 |
| Conexión 83 | 20 | 0 | 27.75 | 73.35 | 53.35 |
| Conexión 84 | 20 | 0 | 27.75 | 73.35 | 53.35 |
| Conexión 85 | 20 | 0 | 27.75 | 73.35 | 53.35 |
| Conexión 86 | 20 | 0 | 27.75 | 73.35 | 53.35 |



| | | | | | |
|------------------------|----|--------|-------|-------|-------|
| Conexión 87 | 20 | 0 | 27.75 | 73.35 | 53.35 |
| Conexión 88 | 20 | 0 | 27.75 | 73.35 | 53.35 |
| Conexión 89 | 20 | 0 | 27.75 | 73.35 | 53.35 |
| Conexión 90 | 20 | 0 | 27.75 | 73.35 | 53.35 |
| Conexión 91 | 20 | 0 | 27.75 | 73.35 | 53.35 |
| Conexión 92 | 20 | 0 | 27.75 | 73.35 | 53.35 |
| Conexión 93 | 20 | 0 | 27.75 | 73.35 | 53.35 |
| Conexión 94 | 20 | 0 | 27.76 | 73.35 | 53.35 |
| Conexión 95 | 20 | 0 | 27.76 | 73.35 | 53.35 |
| Conexión 96 | 20 | 0 | 27.76 | 73.35 | 53.35 |
| Conexión 97 | 20 | 0 | 27.76 | 73.35 | 53.35 |
| Conexión 98 | 20 | 0 | 27.76 | 73.35 | 53.35 |
| Conexión 99 | 20 | 0 | 27.76 | 73.35 | 53.35 |
| Conexión T1A3.2 | 20 | 0 0.00 | 79.68 | 59.68 | |
| Conexión T3A2.2 | 20 | 0 0.00 | 74.02 | 54.02 | |
| Conexión T4A1.2 | 20 | 0 0.00 | 73.44 | 53.44 | |



1.16 RESULTADOS MODELO 2. DETERMINACIÓN DE CAUDAL BOMBA.

Tabla de Red -
Nudos

| | Cota | Demanda Base | Demanda | Altura | Presión |
|--------------------------|------|---------------|------------|--------|---------|
| Depósito DEPÓSITO | 0 | No Disponible | - 23814.67 | 10.00 | 10.00 |
| Conexión 10A | 0 | 0 | 0.00 | 97.58 | 97.58 |
| Conexión 15A | 0 | 0 | 2261.84 | 97.56 | 97.56 |
| Conexión 2 | 0 | 0 | 0.00 | 115.59 | 115.59 |
| Conexión 3 | 0 | 0 | 0.00 | 115.52 | 115.52 |
| Conexión 40.2.1 | 0 | 0 | 0.00 | 93.57 | 93.57 |
| Conexión 40.2.2 | 0 | 0 | 0.00 | 93.55 | 93.55 |
| Conexión 40.3.3 | 0 | 0 | 0.00 | 91.26 | 91.26 |
| Conexión PC | 0 | 0 | 2222.92 | 94.23 | 94.23 |
| Conexión T1A2.1 | 0 | 0 | 0.00 | 87.20 | 87.20 |
| Conexión T2A1.1 | 0 | 0 | 0.00 | 93.46 | 93.46 |
| Conexión T3A2.1 | 0 | 0 | 0.00 | 86.87 | 86.87 |
| Conexión 1E | 0 | -330 | -330.00 | 107.76 | 107.76 |
| Conexión 2E | 0 | 0 | 0.00 | 93.64 | 93.64 |
| Conexión T1A2.2 | 20 | 0 | 0.00 | 87.00 | 67.00 |
| Conexión T2A1.2 | 20 | 0 | 0.00 | 93.20 | 73.20 |
| Conexión T3A2.2 | 20 | 0 | 0.00 | 86.67 | 66.67 |
| Conexión 3E | 20 | 0 | 0.00 | 78.70 | 58.70 |
| Conexión 4E | 20 | 0 | 0.00 | 77.05 | 57.05 |
| Conexión 5E | 20 | 0 | 0.00 | 76.45 | 56.45 |
| Conexión 6E | 20 | 0 | 0.00 | 76.39 | 56.39 |
| Conexión 7E | 20 | 0 | 0.00 | 76.45 | 56.45 |
| Conexión 8E | 20 | 0 | 0.00 | 77.05 | 57.05 |
| Conexión CAMARA1 | 20 | 0 | 1916.56 | 73.51 | 53.51 |
| Conexión CAMARA2 | 20 | 0 | 1889.43 | 72.01 | 52.01 |
| Conexión CAMARA3 | 20 | 0 | 1879.55 | 71.46 | 51.46 |
| Conexión CAMARA4 | 20 | 0 | 1878.44 | 71.40 | 51.40 |
| Conexión CAMARA5 | 20 | 0 | 1879.54 | 71.46 | 51.46 |
| Conexión CAMARA6 | 20 | 0 | 1889.38 | 72.00 | 52.00 |
| Conexión 110 | 20 | 0 | 32.49 | 93.11 | 73.11 |
| Conexión 111 | 20 | 0 | 32.49 | 93.11 | 73.11 |
| Conexión 112 | 20 | 0 | 32.49 | 93.11 | 73.11 |
| Conexión 113 | 20 | 0 | 32.49 | 93.11 | 73.11 |
| Conexión 114 | 20 | 0 | 32.49 | 93.12 | 73.12 |



| | | | | | |
|---------------------|----|---|--------|-------|-------|
| Conexión 115 | 20 | 0 | 32.49 | 93.12 | 73.12 |
| Conexión 116 | 20 | 0 | 32.49 | 93.12 | 73.12 |
| Conexión 117 | 20 | 0 | 32.50 | 93.13 | 73.13 |
| Conexión 118 | 20 | 0 | 32.50 | 93.13 | 73.13 |
| Conexión 119 | 20 | 0 | 32.50 | 93.13 | 73.13 |
| Conexión 120 | 20 | 0 | 32.50 | 93.14 | 73.14 |
| Conexión 121 | 20 | 0 | 32.50 | 93.14 | 73.14 |
| Conexión 122 | 20 | 0 | 32.50 | 93.14 | 73.14 |
| Conexión 123 | 20 | 0 | 32.50 | 93.15 | 73.15 |
| Conexión 124 | 20 | 0 | 32.50 | 93.15 | 73.15 |
| Conexión 125 | 20 | 0 | 32.50 | 93.16 | 73.16 |
| Conexión 126 | 20 | 0 | 32.50 | 93.16 | 73.16 |
| Conexión 127 | 20 | 0 | 32.50 | 93.17 | 73.17 |
| Conexión 128 | 20 | 0 | 32.51 | 93.17 | 73.17 |
| Conexión 129 | 20 | 0 | 32.51 | 93.18 | 73.18 |
| Conexión 130 | 20 | 0 | 32.51 | 93.18 | 73.18 |
| Conexión 131 | 20 | 0 | 32.51 | 93.19 | 73.19 |
| Conexión 132 | 20 | 0 | 32.51 | 93.18 | 73.18 |
| Conexión 133 | 20 | 0 | 32.51 | 93.18 | 73.18 |
| Conexión 134 | 20 | 0 | 32.51 | 93.17 | 73.17 |
| Conexión 135 | 20 | 0 | 32.50 | 93.17 | 73.17 |
| Conexión 136 | 20 | 0 | 32.50 | 93.16 | 73.16 |
| Conexión 137 | 20 | 0 | 32.50 | 93.16 | 73.16 |
| Conexión 138 | 20 | 0 | 32.50 | 93.15 | 73.15 |
| Conexión 139 | 20 | 0 | 32.50 | 93.15 | 73.15 |
| Conexión 140 | 20 | 0 | 32.50 | 93.14 | 73.14 |
| Conexión 141 | 20 | 0 | 32.50 | 93.14 | 73.14 |
| Conexión 142 | 20 | 0 | 32.50 | 93.13 | 73.13 |
| Conexión 143 | 20 | 0 | 32.50 | 93.13 | 73.13 |
| Conexión 144 | 20 | 0 | 32.50 | 93.13 | 73.13 |
| Conexión 145 | 20 | 0 | 32.50 | 93.13 | 73.13 |
| Conexión 146 | 20 | 0 | 32.49 | 93.12 | 73.12 |
| Conexión 147 | 20 | 0 | 32.49 | 93.12 | 73.12 |
| Conexión 148 | 20 | 0 | 32.49 | 93.12 | 73.12 |
| Conexión 149 | 20 | 0 | 32.49 | 93.12 | 73.12 |
| Conexión 150 | 20 | 0 | 32.49 | 93.11 | 73.11 |
| Conexión 151 | 20 | 0 | 32.49 | 93.11 | 73.11 |
| Conexión 152 | 20 | 0 | 32.49 | 93.11 | 73.11 |
| Conexión 153 | 20 | 0 | 32.49 | 93.11 | 73.11 |
| Conexión 154 | 20 | 0 | 32.49 | 93.11 | 73.11 |
| Conexión 157 | 20 | 0 | 115.18 | 86.64 | 66.64 |
| Conexión 158 | 20 | 0 | 115.18 | 86.64 | 66.64 |
| Conexión 159 | 20 | 0 | 115.18 | 86.64 | 66.64 |
| Conexión 100 | 20 | 0 | 32.49 | 93.09 | 73.09 |



| | | | | | |
|---------------------|----|---|--------|-------|-------|
| Conexión 101 | 20 | 0 | 32.49 | 93.10 | 73.10 |
| Conexión 102 | 20 | 0 | 32.49 | 93.10 | 73.10 |
| Conexión 103 | 20 | 0 | 32.49 | 93.10 | 73.10 |
| Conexión 104 | 20 | 0 | 32.49 | 93.10 | 73.10 |
| Conexión 105 | 20 | 0 | 32.49 | 93.10 | 73.10 |
| Conexión 106 | 20 | 0 | 32.49 | 93.10 | 73.10 |
| Conexión 107 | 20 | 0 | 32.49 | 93.10 | 73.10 |
| Conexión 108 | 20 | 0 | 32.49 | 93.10 | 73.10 |
| Conexión 109 | 20 | 0 | 32.49 | 93.11 | 73.11 |
| Conexión 160 | 20 | 0 | 115.18 | 86.64 | 66.64 |
| Conexión 161 | 20 | 0 | 115.18 | 86.64 | 66.64 |
| Conexión 162 | 20 | 0 | 115.19 | 86.64 | 66.64 |
| Conexión 163 | 20 | 0 | 115.19 | 86.64 | 66.64 |
| Conexión 164 | 20 | 0 | 115.19 | 86.64 | 66.64 |
| Conexión 165 | 20 | 0 | 115.19 | 86.65 | 66.65 |
| Conexión 166 | 20 | 0 | 115.19 | 86.65 | 66.65 |
| Conexión 167 | 20 | 0 | 115.20 | 86.65 | 66.65 |
| Conexión 168 | 20 | 0 | 115.20 | 86.66 | 66.66 |
| Conexión 169 | 20 | 0 | 115.20 | 86.65 | 66.65 |
| Conexión 170 | 20 | 0 | 115.19 | 86.65 | 66.65 |
| Conexión 171 | 20 | 0 | 115.19 | 86.65 | 66.65 |
| Conexión 172 | 20 | 0 | 115.19 | 86.64 | 66.64 |
| Conexión 173 | 20 | 0 | 115.19 | 86.64 | 66.64 |
| Conexión 174 | 20 | 0 | 115.19 | 86.64 | 66.64 |
| Conexión 175 | 20 | 0 | 115.18 | 86.64 | 66.64 |
| Conexión 176 | 20 | 0 | 115.18 | 86.64 | 66.64 |
| Conexión 177 | 20 | 0 | 115.18 | 86.64 | 66.64 |
| Conexión 178 | 20 | 0 | 115.18 | 86.64 | 66.64 |
| Conexión 179 | 20 | 0 | 115.18 | 86.64 | 66.64 |
| Conexión 181 | 20 | 0 | 115.47 | 86.97 | 66.97 |
| Conexión 182 | 20 | 0 | 115.47 | 86.97 | 66.97 |
| Conexión 183 | 20 | 0 | 115.47 | 86.97 | 66.97 |
| Conexión 184 | 20 | 0 | 115.47 | 86.97 | 66.97 |
| Conexión 185 | 20 | 0 | 115.47 | 86.97 | 66.97 |
| Conexión 186 | 20 | 0 | 115.47 | 86.97 | 66.97 |
| Conexión 187 | 20 | 0 | 115.48 | 86.98 | 66.98 |
| Conexión 188 | 20 | 0 | 115.48 | 86.98 | 66.98 |
| Conexión 189 | 20 | 0 | 115.48 | 86.99 | 66.99 |
| Conexión 190 | 20 | 0 | 115.48 | 86.98 | 66.98 |
| Conexión 191 | 20 | 0 | 115.47 | 86.97 | 66.97 |
| Conexión 192 | 20 | 0 | 115.47 | 86.97 | 66.97 |
| Conexión 193 | 20 | 0 | 115.47 | 86.97 | 66.97 |
| Conexión 194 | 20 | 0 | 115.48 | 86.98 | 66.98 |
| Conexión 195 | 20 | 0 | 115.47 | 86.97 | 66.97 |



| | | | | | |
|---------------------|----|---|--------|-------|-------|
| Conexión 196 | 20 | 0 | 115.47 | 86.97 | 66.97 |
| Conexión 197 | 20 | 0 | 115.47 | 86.97 | 66.97 |
| Conexión 198 | 20 | 0 | 115.47 | 86.97 | 66.97 |
| Conexión 199 | 20 | 0 | 115.47 | 86.97 | 66.97 |
| Conexión 200 | 20 | 0 | 115.47 | 86.97 | 66.97 |
| Conexión 201 | 20 | 0 | 115.47 | 86.97 | 66.97 |
| Conexión 202 | 20 | 0 | 115.47 | 86.97 | 66.97 |
| Conexión 203 | 20 | 0 | 115.47 | 86.97 | 66.97 |
| Conexión 62 | 20 | 0 | 32.49 | 93.10 | 73.10 |
| Conexión 63 | 20 | 0 | 32.49 | 93.10 | 73.10 |
| Conexión 64 | 20 | 0 | 32.49 | 93.10 | 73.10 |
| Conexión 65 | 20 | 0 | 32.49 | 93.10 | 73.10 |
| Conexión 66 | 20 | 0 | 32.49 | 93.10 | 73.10 |
| Conexión 67 | 20 | 0 | 32.49 | 93.10 | 73.10 |
| Conexión 68 | 20 | 0 | 32.49 | 93.10 | 73.10 |
| Conexión 69 | 20 | 0 | 32.49 | 93.09 | 73.09 |
| Conexión 70 | 20 | 0 | 32.49 | 93.09 | 73.09 |
| Conexión 71 | 20 | 0 | 32.49 | 93.09 | 73.09 |
| Conexión 72 | 20 | 0 | 32.49 | 93.09 | 73.09 |
| Conexión 73 | 20 | 0 | 32.49 | 93.09 | 73.09 |
| Conexión 74 | 20 | 0 | 32.49 | 93.09 | 73.09 |
| Conexión 75 | 20 | 0 | 32.49 | 93.09 | 73.09 |
| Conexión 76 | 20 | 0 | 32.49 | 93.09 | 73.09 |
| Conexión 77 | 20 | 0 | 32.49 | 93.09 | 73.09 |
| Conexión 78 | 20 | 0 | 32.49 | 93.09 | 73.09 |
| Conexión 79 | 20 | 0 | 32.49 | 93.09 | 73.09 |
| Conexión 80 | 20 | 0 | 32.49 | 93.09 | 73.09 |
| Conexión 81 | 20 | 0 | 32.49 | 93.09 | 73.09 |
| Conexión 82 | 20 | 0 | 32.49 | 93.09 | 73.09 |
| Conexión 83 | 20 | 0 | 32.49 | 93.09 | 73.09 |
| Conexión 84 | 20 | 0 | 32.49 | 93.09 | 73.09 |
| Conexión 85 | 20 | 0 | 32.49 | 93.09 | 73.09 |
| Conexión 86 | 20 | 0 | 32.49 | 93.09 | 73.09 |
| Conexión 87 | 20 | 0 | 32.49 | 93.09 | 73.09 |
| Conexión 88 | 20 | 0 | 32.49 | 93.09 | 73.09 |
| Conexión 89 | 20 | 0 | 32.49 | 93.09 | 73.09 |
| Conexión 90 | 20 | 0 | 32.49 | 93.09 | 73.09 |
| Conexión 91 | 20 | 0 | 32.49 | 93.09 | 73.09 |
| Conexión 92 | 20 | 0 | 32.49 | 93.09 | 73.09 |
| Conexión 93 | 20 | 0 | 32.49 | 93.09 | 73.09 |
| Conexión 94 | 20 | 0 | 32.49 | 93.09 | 73.09 |
| Conexión 95 | 20 | 0 | 32.49 | 93.09 | 73.09 |
| Conexión 96 | 20 | 0 | 32.49 | 93.09 | 73.09 |
| Conexión 97 | 20 | 0 | 32.49 | 93.09 | 73.09 |



| | | | | | |
|--------------------|----|---|-------|-------|-------|
| Conexión 98 | 20 | 0 | 32.49 | 93.09 | 73.09 |
| Conexión 99 | 20 | 0 | 32.49 | 93.09 | 73.09 |



TUBERIA CASO MAS FAVORABLE

| ID Línea | Longitud | Diámetro | Caudal | Velocidad |
|------------|----------|----------|----------|-----------|
| | m | mm | LPM | m/s |
| Tubería 2 | 15 | 5.01 | 23017.14 | 1.89 |
| Tubería 3 | 5 | 355.6 | 11872.50 | 1.99 |
| Tubería 4 | 163.03 | 374.5 | 11872.50 | 1.80 |
| Tubería 5 | 76.5 | 374.5 | 11872.50 | 1.80 |
| Tubería 6 | 76.5 | 374.5 | 9654.16 | 1.46 |
| Tubería 7 | 76.5 | 374.5 | 9654.16 | 1.46 |
| Tubería 8 | 76.5 | 374.5 | 7472.97 | 1.13 |
| Tubería 9 | 76.5 | 374.5 | 7472.97 | 1.13 |
| Tubería 14 | 35.83 | 9.00 | 4966.43 | 1.63 |
| Tubería 15 | 5 | 203.2 | 2581.66 | 1.33 |
| Tubería 16 | 7.1 | 203.2 | 2384.77 | 1.23 |
| Tubería 18 | 29.5 | 203.2 | 2506.54 | 1.29 |
| Tubería 13 | 26.42 | 406.4 | 4769.68 | 0.61 |
| Tubería 23 | 5 | 406.4 | 11144.64 | 1.43 |
| Tubería 25 | 82 | 10.00 | 7472.97 | 1.72 |
| Tubería 11 | 225 | 406.4 | 11474.64 | 1.47 |
| Tubería 10 | 26.42 | 406 | 2856.62 | 0.37 |
| Tubería 12 | 26.42 | 406 | 953.57 | 0.12 |
| Tubería 17 | 26.42 | 406 | 948.37 | 0.12 |
| Tubería 19 | 26.42 | 406 | 2851.41 | 0.37 |
| Tubería 20 | 26.42 | 406 | 4764.42 | 0.61 |
| Tubería 21 | 1.5 | 152.4 | 1940.53 | 1.77 |
| Tubería 22 | 1.5 | 152.4 | 1913.06 | 1.75 |
| Tubería 26 | 1.5 | 152.4 | 1903.06 | 1.74 |
| Tubería 27 | 1.5 | 152.4 | 1901.94 | 1.74 |
| Tubería 28 | 1.5 | 152.4 | 1903.04 | 1.74 |
| Tubería 29 | 1.5 | 152.4 | 1913.01 | 1.75 |
| Tubería 1 | 1.704 | 203.2 | 616.62 | 0.32 |
| Tubería 31 | 1.704 | 203.2 | 561.10 | 0.29 |
| Tubería 32 | 1.704 | 203.2 | 505.59 | 0.26 |
| Tubería 33 | 1.704 | 203.2 | 450.08 | 0.23 |
| Tubería 34 | 1.704 | 203.2 | 394.57 | 0.20 |
| Tubería 35 | 1.704 | 203.2 | -366.81 | 0.19 |
| Tubería 36 | 1.704 | 203.2 | 339.06 | 0.17 |
| Tubería 37 | 1.704 | 203.2 | 533.35 | 0.27 |
| Tubería 38 | 1.704 | 203.2 | 588.86 | 0.30 |



| | | | | |
|------------|-------|-------|---------|------|
| Tubería 39 | 1.704 | 203.2 | 477.83 | 0.25 |
| Tubería 40 | 1.704 | 203.2 | 422.32 | 0.22 |
| Tubería 41 | 1.704 | 203.2 | 644.37 | 0.33 |
| Tubería 42 | 1.704 | 203.2 | 672.13 | 0.35 |
| Tubería 43 | 1.704 | 203.2 | 699.89 | 0.36 |
| Tubería 44 | 1.704 | 203.2 | 727.65 | 0.37 |
| Tubería 45 | 1.704 | 203.2 | 311.30 | 0.16 |
| Tubería 46 | 1.704 | 203.2 | 283.55 | 0.15 |
| Tubería 47 | 1.704 | 203.2 | 255.79 | 0.13 |
| Tubería 48 | 1.704 | 203.2 | 228.04 | 0.12 |
| Tubería 49 | 1.704 | 203.2 | 200.28 | 0.10 |
| Tubería 50 | 1.704 | 203.2 | 172.53 | 0.09 |
| Tubería 51 | 1.704 | 203.2 | 144.77 | 0.07 |
| Tubería 52 | 1.704 | 203.2 | 117.02 | 0.06 |
| Tubería 53 | 1.704 | 203.2 | 89.26 | 0.05 |
| Tubería 54 | 1.704 | 203.2 | 61.51 | 0.03 |
| Tubería 55 | 1.704 | 203.2 | 33.75 | 0.02 |
| Tubería 56 | 1.704 | 203.2 | 6.00 | 0.00 |
| Tubería 57 | 1.704 | 203.2 | -21.76 | 0.01 |
| Tubería 58 | 1.704 | 203.2 | -49.51 | 0.03 |
| Tubería 59 | 1.704 | 203.2 | -77.27 | 0.04 |
| Tubería 60 | 1.704 | 203.2 | -105.02 | 0.05 |
| Tubería 61 | 1.704 | 203.2 | -132.78 | 0.07 |
| Tubería 62 | 1.704 | 203.2 | -160.53 | 0.08 |
| Tubería 63 | 1.704 | 203.2 | -188.29 | 0.10 |
| Tubería 64 | 1.704 | 203.2 | -216.04 | 0.11 |
| Tubería 65 | 1.704 | 203.2 | -243.80 | 0.13 |
| Tubería 66 | 1.704 | 203.2 | -271.55 | 0.14 |
| Tubería 67 | 1.704 | 203.2 | -299.31 | 0.15 |
| Tubería 68 | 1.704 | 203.2 | -327.06 | 0.17 |
| Tubería 69 | 1.704 | 203.2 | -354.82 | 0.18 |
| Tubería 70 | 1.704 | 203.2 | -382.57 | 0.20 |
| Tubería 71 | 1.704 | 203.2 | -410.33 | 0.21 |
| Tubería 72 | 1.704 | 203.2 | -438.08 | 0.23 |
| Tubería 73 | 1.704 | 203.2 | -465.84 | 0.24 |
| Tubería 74 | 1.704 | 203.2 | -493.60 | 0.25 |
| Tubería 75 | 1.704 | 203.2 | -521.35 | 0.27 |
| Tubería 76 | 1.704 | 203.2 | -549.11 | 0.28 |
| Tubería 77 | 1.704 | 203.2 | -576.87 | 0.30 |
| Tubería 78 | 1.704 | 203.2 | -604.62 | 0.31 |
| Tubería 79 | 1.704 | 203.2 | -632.38 | 0.33 |
| Tubería 80 | 1.704 | 203.2 | -660.14 | 0.34 |
| Tubería 81 | 1.704 | 203.2 | -687.89 | 0.35 |
| Tubería 82 | 1.704 | 203.2 | -715.65 | 0.37 |



| | | | | |
|--------------------|-------|-------|----------|------|
| Tubería 83 | 1.704 | 203.2 | -743.41 | 0.38 |
| Tubería 84 | 1.704 | 203.2 | -771.17 | 0.40 |
| Tubería 85 | 1.704 | 203.2 | -798.93 | 0.41 |
| Tubería 86 | 1.704 | 203.2 | -826.69 | 0.42 |
| Tubería 87 | 1.704 | 203.2 | -854.45 | 0.44 |
| Tubería 88 | 1.704 | 203.2 | -882.21 | 0.45 |
| Tubería 89 | 1.704 | 203.2 | -909.97 | 0.47 |
| Tubería 90 | 1.704 | 203.2 | -937.74 | 0.48 |
| Tubería 91 | 1.704 | 203.2 | -965.50 | 0.50 |
| Tubería 92 | 1.704 | 203.2 | -993.26 | 0.51 |
| Tubería 93 | 1.704 | 203.2 | -1021.03 | 0.52 |
| Tubería 94 | 1.704 | 203.2 | -1048.79 | 0.54 |
| Tubería 95 | 1.704 | 203.2 | -1076.56 | 0.55 |
| Tubería 96 | 1.704 | 203.2 | -1104.32 | 0.57 |
| Tubería 97 | 1.704 | 203.2 | -1132.09 | 0.58 |
| Tubería 98 | 1.704 | 203.2 | -1159.86 | 0.60 |
| Tubería 99 | 1.704 | 203.2 | -1187.63 | 0.61 |
| Tubería 100 | 1.704 | 203.2 | -1215.40 | 0.62 |
| Tubería 101 | 1.704 | 203.2 | -1243.17 | 0.64 |
| Tubería 102 | 1.704 | 203.2 | -1270.95 | 0.65 |
| Tubería 103 | 1.704 | 203.2 | 1282.94 | 0.66 |
| Tubería 104 | 1.704 | 203.2 | 1255.17 | 0.65 |
| Tubería 105 | 1.704 | 203.2 | 1227.40 | 0.63 |
| Tubería 106 | 1.704 | 203.2 | 1199.63 | 0.62 |
| Tubería 107 | 1.704 | 203.2 | 1171.86 | 0.60 |
| Tubería 108 | 1.704 | 203.2 | 1144.09 | 0.59 |
| Tubería 109 | 1.704 | 203.2 | 1116.32 | 0.57 |
| Tubería 110 | 1.704 | 203.2 | 1088.55 | 0.56 |
| Tubería 111 | 1.704 | 203.2 | 1060.79 | 0.55 |
| Tubería 112 | 1.704 | 203.2 | 1033.02 | 0.53 |
| Tubería 113 | 1.704 | 203.2 | 1005.26 | 0.52 |
| Tubería 114 | 1.704 | 203.2 | 488.75 | 0.25 |
| Tubería 115 | 1.704 | 203.2 | 488.75 | 0.25 |
| Tubería 116 | 1.704 | 203.2 | 949.73 | 0.49 |
| Tubería 117 | 1.704 | 203.2 | 921.97 | 0.47 |
| Tubería 118 | 1.704 | 203.2 | 894.21 | 0.46 |
| Tubería 119 | 1.704 | 203.2 | 866.45 | 0.45 |
| Tubería 120 | 1.704 | 203.2 | 838.69 | 0.43 |
| Tubería 121 | 1.704 | 203.2 | 810.92 | 0.42 |
| Tubería 122 | 1.704 | 203.2 | 783.17 | 0.40 |
| Tubería 123 | 1.704 | 203.2 | 755.41 | 0.39 |
| Tubería 124 | 20 | 203.2 | 2581.66 | 1.33 |
| Tubería 125 | 1.704 | 203.2 | 2581.66 | 1.33 |
| Tubería 126 | 1.704 | 203.2 | -108.98 | 0.06 |



| | | | | |
|-------------|-------|-------|----------|------|
| Tubería 127 | 1.704 | 203.2 | -217.95 | 0.11 |
| Tubería 128 | 1.704 | 203.2 | -326.93 | 0.17 |
| Tubería 129 | 1.704 | 203.2 | -435.90 | 0.22 |
| Tubería 130 | 1.704 | 203.2 | -544.88 | 0.28 |
| Tubería 131 | 1.704 | 203.2 | -653.86 | 0.34 |
| Tubería 132 | 1.704 | 203.2 | -762.84 | 0.39 |
| Tubería 133 | 1.704 | 203.2 | -871.82 | 0.45 |
| Tubería 134 | 1.704 | 203.2 | -980.80 | 0.50 |
| Tubería 135 | 1.704 | 203.2 | -1089.79 | 0.56 |
| Tubería 136 | 1.704 | 203.2 | -1198.77 | 0.62 |
| Tubería 137 | 1.704 | 203.2 | 1198.77 | 0.62 |
| Tubería 138 | 1.704 | 203.2 | 1089.79 | 0.56 |
| Tubería 139 | 1.704 | 203.2 | 980.80 | 0.50 |
| Tubería 140 | 1.704 | 203.2 | 871.82 | 0.45 |
| Tubería 141 | 1.704 | 203.2 | 762.84 | 0.39 |
| Tubería 142 | 1.704 | 203.2 | 653.86 | 0.34 |
| Tubería 143 | 1.704 | 203.2 | 544.88 | 0.28 |
| Tubería 144 | 1.704 | 203.2 | 435.90 | 0.22 |
| Tubería 145 | 1.704 | 203.2 | 326.93 | 0.17 |
| Tubería 146 | 1.704 | 203.2 | 217.95 | 0.11 |
| Tubería 147 | 1.704 | 203.2 | 108.98 | 0.06 |
| Tubería 148 | 20 | 203.2 | 2506.54 | 1.29 |
| Tubería 149 | 1 | 203.2 | 2506.54 | 1.29 |
| Tubería 150 | 20 | 203.2 | 2384.77 | 1.23 |
| Tubería 151 | 1.704 | 203.2 | -103.68 | 0.05 |
| Tubería 152 | 1.704 | 203.2 | -207.36 | 0.11 |
| Tubería 153 | 1.704 | 203.2 | -311.05 | 0.16 |
| Tubería 154 | 1.704 | 203.2 | -414.73 | 0.21 |
| Tubería 155 | 1.704 | 203.2 | -518.41 | 0.27 |
| Tubería 156 | 1.704 | 203.2 | -622.09 | 0.32 |
| Tubería 157 | 1.704 | 203.2 | -725.78 | 0.37 |
| Tubería 158 | 1.704 | 203.2 | -829.47 | 0.43 |
| Tubería 159 | 1.704 | 203.2 | -933.15 | 0.48 |
| Tubería 160 | 1.704 | 203.2 | -1036.84 | 0.53 |
| Tubería 161 | 1.704 | 203.2 | -1140.54 | 0.59 |
| Tubería 162 | 1.704 | 203.2 | 1140.54 | 0.59 |
| Tubería 163 | 1.704 | 203.2 | 1036.84 | 0.53 |
| Tubería 164 | 1.704 | 203.2 | 933.15 | 0.48 |
| Tubería 165 | 1.704 | 203.2 | 829.47 | 0.43 |
| Tubería 166 | 1.704 | 203.2 | 725.78 | 0.37 |
| Tubería 167 | 1.704 | 203.2 | 622.09 | 0.32 |
| Tubería 168 | 1.704 | 203.2 | 518.41 | 0.27 |
| Tubería 169 | 1.704 | 203.2 | 414.73 | 0.21 |
| Tubería 170 | 1.704 | 203.2 | 311.05 | 0.16 |



| | | | | |
|--------------------|---------------|---------------|----------|------|
| Tubería 171 | 1.704 | 203.2 | 207.36 | 0.11 |
| Tubería 172 | 1.704 | 203.2 | 103.68 | 0.05 |
| Tubería 173 | 1 | 203.2 | -2384.77 | 1.23 |
| Bomba 30 | No Disponible | No Disponible | 23017.14 | 0.00 |
| Válvula 24 | No Disponible | 406.4 | 11474.64 | 1.47 |



TUBERIA CASO MAS FAVORABLE

Tabla de Red - Líneas

| ID Línea | Longitud | Diámetro | Caudal | Velocidad |
|------------|----------|----------|----------|-----------|
| | m | mm | LPM | m/s |
| Tubería 2 | 15 | 508 | 23814.67 | 1.96 |
| Tubería 3 | 5 | 355.6 | 12811.76 | 2.15 |
| Tubería 14 | 35.83 | 254 | 2649.32 | 0.87 |
| Tubería 16 | 32 | 203.2 | 2649.32 | 1.36 |
| Tubería 13 | 26.42 | 406.4 | 4710.77 | 0.61 |
| Tubería 23 | 5 | 406.4 | 11002.91 | 1.41 |
| Tubería 11 | 100 | 406.4 | 11332.91 | 1.46 |
| Tubería 10 | 26.42 | 406 | 2821.34 | 0.36 |
| Tubería 12 | 26.42 | 406 | 941.79 | 0.12 |
| Tubería 17 | 26.42 | 406 | 936.65 | 0.12 |
| Tubería 19 | 26.42 | 406 | 2816.19 | 0.36 |
| Tubería 20 | 26.42 | 406 | 4705.58 | 0.61 |
| Tubería 21 | 1.5 | 152.4 | 1916.56 | 1.75 |
| Tubería 22 | 1.5 | 152.4 | 1889.43 | 1.73 |
| Tubería 26 | 1.5 | 152.4 | 1879.55 | 1.72 |
| Tubería 27 | 1.5 | 152.4 | 1878.44 | 1.72 |
| Tubería 28 | 1.5 | 152.4 | 1879.54 | 1.72 |
| Tubería 29 | 1.5 | 152.4 | 1889.38 | 1.73 |
| Tubería 1 | 1.704 | 203.2 | 721.76 | 0.37 |
| Tubería 31 | 1.704 | 203.2 | 656.78 | 0.34 |
| Tubería 32 | 1.704 | 203.2 | 591.80 | 0.30 |
| Tubería 33 | 1.704 | 203.2 | 526.82 | 0.27 |
| Tubería 34 | 1.704 | 203.2 | 461.84 | 0.24 |
| Tubería 35 | 1.704 | 203.2 | -429.36 | 0.22 |
| Tubería 36 | 1.704 | 203.2 | 396.87 | 0.20 |
| Tubería 37 | 1.704 | 203.2 | 624.29 | 0.32 |
| Tubería 38 | 1.704 | 203.2 | 689.27 | 0.35 |
| Tubería 39 | 1.704 | 203.2 | 559.31 | 0.29 |
| Tubería 40 | 1.704 | 203.2 | 494.33 | 0.25 |
| Tubería 41 | 1.704 | 203.2 | 754.25 | 0.39 |
| Tubería 42 | 1.704 | 203.2 | 786.74 | 0.40 |
| Tubería 43 | 1.704 | 203.2 | 819.23 | 0.42 |
| Tubería 44 | 1.704 | 203.2 | 851.72 | 0.44 |
| Tubería 45 | 1.704 | 203.2 | 364.38 | 0.19 |
| Tubería 46 | 1.704 | 203.2 | 331.89 | 0.17 |
| Tubería 47 | 1.704 | 203.2 | 299.41 | 0.15 |
| Tubería 48 | 1.704 | 203.2 | 266.92 | 0.14 |
| Tubería 49 | 1.704 | 203.2 | 234.43 | 0.12 |



| | | | | |
|-------------------|-------|-------|----------|------|
| Tubería 50 | 1.704 | 203.2 | 201.94 | 0.10 |
| Tubería 51 | 1.704 | 203.2 | 169.46 | 0.09 |
| Tubería 52 | 1.704 | 203.2 | 136.97 | 0.07 |
| Tubería 53 | 1.704 | 203.2 | 104.48 | 0.05 |
| Tubería 54 | 1.704 | 203.2 | 71.99 | 0.04 |
| Tubería 55 | 1.704 | 203.2 | 39.51 | 0.02 |
| Tubería 56 | 1.704 | 203.2 | 7.2 | 0.00 |
| Tubería 57 | 1.704 | 203.2 | -25.47 | 0.01 |
| Tubería 58 | 1.704 | 203.2 | -57.96 | 0.03 |
| Tubería 59 | 1.704 | 203.2 | -90.44 | 0.05 |
| Tubería 60 | 1.704 | 203.2 | -122.93 | 0.06 |
| Tubería 61 | 1.704 | 203.2 | -155.42 | 0.08 |
| Tubería 62 | 1.704 | 203.2 | -187.91 | 0.10 |
| Tubería 63 | 1.704 | 203.2 | -220.39 | 0.11 |
| Tubería 64 | 1.704 | 203.2 | -252.88 | 0.13 |
| Tubería 65 | 1.704 | 203.2 | -285.37 | 0.15 |
| Tubería 66 | 1.704 | 203.2 | -317.86 | 0.16 |
| Tubería 67 | 1.704 | 203.2 | -350.34 | 0.18 |
| Tubería 68 | 1.704 | 203.2 | -382.83 | 0.20 |
| Tubería 69 | 1.704 | 203.2 | -415.32 | 0.21 |
| Tubería 70 | 1.704 | 203.2 | -447.81 | 0.23 |
| Tubería 71 | 1.704 | 203.2 | -480.29 | 0.25 |
| Tubería 72 | 1.704 | 203.2 | -512.78 | 0.26 |
| Tubería 73 | 1.704 | 203.2 | -545.27 | 0.28 |
| Tubería 74 | 1.704 | 203.2 | -577.76 | 0.30 |
| Tubería 75 | 1.704 | 203.2 | -610.25 | 0.31 |
| Tubería 76 | 1.704 | 203.2 | -642.74 | 0.33 |
| Tubería 77 | 1.704 | 203.2 | -675.23 | 0.35 |
| Tubería 78 | 1.704 | 203.2 | -707.72 | 0.36 |
| Tubería 79 | 1.704 | 203.2 | -740.21 | 0.38 |
| Tubería 80 | 1.704 | 203.2 | -772.70 | 0.40 |
| Tubería 81 | 1.704 | 203.2 | -805.19 | 0.41 |
| Tubería 82 | 1.704 | 203.2 | -837.68 | 0.43 |
| Tubería 83 | 1.704 | 203.2 | -870.17 | 0.45 |
| Tubería 84 | 1.704 | 203.2 | -902.66 | 0.46 |
| Tubería 85 | 1.704 | 203.2 | -935.16 | 0.48 |
| Tubería 86 | 1.704 | 203.2 | -967.65 | 0.50 |
| Tubería 87 | 1.704 | 203.2 | -1000.14 | 0.51 |
| Tubería 88 | 1.704 | 203.2 | -1032.64 | 0.53 |
| Tubería 89 | 1.704 | 203.2 | -1065.13 | 0.55 |
| Tubería 90 | 1.704 | 203.2 | -1097.63 | 0.56 |
| Tubería 91 | 1.704 | 203.2 | -1130.12 | 0.58 |
| Tubería 92 | 1.704 | 203.2 | -1162.62 | 0.60 |
| Tubería 93 | 1.704 | 203.2 | -1195.12 | 0.61 |



| | | | | |
|--------------------|-------|-------|----------|------|
| Tubería 94 | 1.704 | 203.2 | -1227.62 | 0.63 |
| Tubería 95 | 1.704 | 203.2 | -1260.12 | 0.65 |
| Tubería 96 | 1.704 | 203.2 | -1292.62 | 0.66 |
| Tubería 97 | 1.704 | 203.2 | -1325.12 | 0.68 |
| Tubería 98 | 1.704 | 203.2 | -1357.63 | 0.70 |
| Tubería 99 | 1.704 | 203.2 | -1390.13 | 0.71 |
| Tubería 100 | 1.704 | 203.2 | -1422.64 | 0.73 |
| Tubería 101 | 1.704 | 203.2 | -1455.14 | 0.75 |
| Tubería 102 | 1.704 | 203.2 | -1487.65 | 0.76 |
| Tubería 103 | 1.704 | 203.2 | 1501.69 | 0.77 |
| Tubería 104 | 1.704 | 203.2 | 1469.18 | 0.76 |
| Tubería 105 | 1.704 | 203.2 | 1436.68 | 0.74 |
| Tubería 106 | 1.704 | 203.2 | 1404.17 | 0.72 |
| Tubería 107 | 1.704 | 203.2 | 1371.67 | 0.70 |
| Tubería 108 | 1.704 | 203.2 | 1339.16 | 0.69 |
| Tubería 109 | 1.704 | 203.2 | 1306.66 | 0.67 |
| Tubería 110 | 1.704 | 203.2 | 1274.16 | 0.65 |
| Tubería 111 | 1.704 | 203.2 | 1241.66 | 0.64 |
| Tubería 112 | 1.704 | 203.2 | 1209.16 | 0.62 |
| Tubería 113 | 1.704 | 203.2 | 1176.66 | 0.60 |
| Tubería 114 | 1.704 | 203.2 | 572.08 | 0.29 |
| Tubería 115 | 1.704 | 203.2 | 572.08 | 0.29 |
| Tubería 116 | 1.704 | 203.2 | 1111.67 | 0.57 |
| Tubería 117 | 1.704 | 203.2 | 1079.17 | 0.55 |
| Tubería 118 | 1.704 | 203.2 | 1046.68 | 0.54 |
| Tubería 119 | 1.704 | 203.2 | 1014.18 | 0.52 |
| Tubería 120 | 1.704 | 203.2 | 981.69 | 0.50 |
| Tubería 121 | 1.704 | 203.2 | 949.20 | 0.49 |
| Tubería 122 | 1.704 | 203.2 | 916.70 | 0.47 |
| Tubería 123 | 1.704 | 203.2 | 884.21 | 0.45 |
| Tubería 125 | 1 | 203.2 | 3021.85 | 1.55 |
| Tubería 126 | 1.704 | 203.2 | -115.47 | 0.06 |
| Tubería 127 | 1.704 | 203.2 | -230.93 | 0.12 |
| Tubería 128 | 1.704 | 203.2 | -346.40 | 0.18 |
| Tubería 129 | 1.704 | 203.2 | -461.87 | 0.24 |
| Tubería 130 | 1.704 | 203.2 | -577.33 | 0.30 |
| Tubería 131 | 1.704 | 203.2 | -692.80 | 0.36 |
| Tubería 132 | 1.704 | 203.2 | -808.27 | 0.42 |
| Tubería 133 | 1.704 | 203.2 | -923.74 | 0.47 |
| Tubería 134 | 1.704 | 203.2 | -1039.21 | 0.53 |
| Tubería 135 | 1.704 | 203.2 | -1154.69 | 0.59 |
| Tubería 136 | 1.704 | 203.2 | -1270.17 | 0.65 |
| Tubería 137 | 1.704 | 203.2 | 1270.17 | 0.65 |
| Tubería 138 | 1.704 | 203.2 | 1154.69 | 0.59 |



| | | | | |
|------------------------|---------------|---------------|----------|------|
| Tubería 139 | 1.704 | 203.2 | 1039.21 | 0.53 |
| Tubería 140 | 1.704 | 203.2 | 923.74 | 0.47 |
| Tubería 141 | 1.704 | 203.2 | 808.27 | 0.42 |
| Tubería 142 | 1.704 | 203.2 | 692.80 | 0.36 |
| Tubería 143 | 1.704 | 203.2 | 577.33 | 0.30 |
| Tubería 144 | 1.704 | 203.2 | 461.87 | 0.24 |
| Tubería 145 | 1.704 | 203.2 | 346.40 | 0.18 |
| Tubería 146 | 1.704 | 203.2 | 230.93 | 0.12 |
| Tubería 147 | 1.704 | 203.2 | 115.47 | 0.06 |
| Tubería 148 | 20 | 203.2 | 2655.82 | 1.36 |
| Tubería 149 | 1 | 203.2 | 2655.82 | 1.36 |
| Tubería 150 | 20 | 203.2 | 2649.32 | 1.36 |
| Tubería 151 | 1.704 | 203.2 | -115.18 | 0.06 |
| Tubería 152 | 1.704 | 203.2 | -230.37 | 0.12 |
| Tubería 153 | 1.704 | 203.2 | -345.55 | 0.18 |
| Tubería 154 | 1.704 | 203.2 | -460.74 | 0.24 |
| Tubería 155 | 1.704 | 203.2 | -575.92 | 0.30 |
| Tubería 156 | 1.704 | 203.2 | -691.11 | 0.36 |
| Tubería 157 | 1.704 | 203.2 | -806.29 | 0.41 |
| Tubería 158 | 1.704 | 203.2 | -921.48 | 0.47 |
| Tubería 159 | 1.704 | 203.2 | -1036.67 | 0.53 |
| Tubería 160 | 1.704 | 203.2 | -1151.86 | 0.59 |
| Tubería 161 | 1.704 | 203.2 | -1267.06 | 0.65 |
| Tubería 162 | 1.704 | 203.2 | 1267.06 | 0.65 |
| Tubería 163 | 1.704 | 203.2 | 1151.86 | 0.59 |
| Tubería 164 | 1.704 | 203.2 | 1036.67 | 0.53 |
| Tubería 165 | 1.704 | 203.2 | 921.48 | 0.47 |
| Tubería 166 | 1.704 | 203.2 | 806.29 | 0.41 |
| Tubería 167 | 1.704 | 203.2 | 691.11 | 0.36 |
| Tubería 168 | 1.704 | 203.2 | 575.92 | 0.30 |
| Tubería 169 | 1.704 | 203.2 | 460.74 | 0.24 |
| Tubería 170 | 1.704 | 203.2 | 345.55 | 0.18 |
| Tubería 171 | 1.704 | 203.2 | 230.37 | 0.12 |
| Tubería 172 | 1.704 | 203.2 | 115.18 | 0.06 |
| Tubería 173 | 1 | 203.2 | -2649.32 | 1.36 |
| Tubería 174 | 76.5 | 374.5 | 10549.92 | 1.60 |
| Tubería 10A-15A | 76.5 | 374.5 | 2261.84 | 0.34 |
| Tubería 176 | 6.55 | 203.2 | 3021.85 | 1.55 |
| Tubería 177 | 55 | 304 | 8326.99 | 1.91 |
| Tubería 178 | 2.1 | 253 | 5671.17 | 1.88 |
| Tubería 179 | 29.5 | 203.2 | -2655.82 | 1.36 |
| Tubería 180 | 20 | 203.2 | -3021.85 | 1.55 |
| Bomba 30 | No Disponible | No Disponible | 23814.67 | 0.00 |
| Válvula 24 | No Disponible | 406.4 | 11332.91 | 1.46 |



1.17 ANALISIS DE LOS RESULTADOS.

TANQUE INCENDIADO 4

En la siguiente tabla se resumen los resultados de los cálculos hidráulicos.

| | Valores teóricos | | Valores Cálculo Hidráulico. | | |
|----------|-----------------------------|--------|-----------------------------|----------------------------|---------------|
| Tanque 4 | Densidad de diseño | 15 | l/min/m | Numero de boquillas | 93 |
| | Diámetro | 50.46 | m | K boquillas | 3.8 |
| | Perímetro | 158.44 | m | Presión mínima en boquilla | 51 mca |
| | Caudal teórico de boquillas | 25.56 | l/min | Caudal mínimo en boquilla | 27.75 l/min |
| | Caudal de diseño | 2378 | l/min | Caudal según cálculos. | 2581 l/min |
| Tanque 1 | Densidad de diseño | 3 | l/min/m | Numero de boquillas | 23 |
| | Diámetro | 50.46 | m | K boquillas | 14.11 |
| | Perímetro | 158.44 | m | Presión mínima en boquilla | 59.65 mca |
| | Caudal teórico de boquillas | 103.38 | l/min | Caudal mínimo en boquilla | 108.96 l/min |
| | Caudal de diseño | 2378 | l/min | Caudal según cálculos. | 2506.54 l/min |
| Tanque 3 | Densidad de diseño | 3 | l/min/m | Numero de boquillas | 23 |
| | Diámetro | 50.46 | m | K boquillas | 14.11 |
| | Perímetro | 158.44 | m | Presión mínima en boquilla | 53.99 mca |
| | Caudal teórico de boquillas | 103.38 | l/min | Caudal mínimo en boquilla | 103.68 l/min |
| | | | | | |



| | | | | | |
|------------------|------------------------------------|-------|------------------------|--------------------------------------|------------|
| Caudal de diseño | 2378 | l/min | Caudal según calculos. | 2384.77 | l/min |
| Total | TOTAL CAUDAL TANQUE TEORICO | 7134 | l/min | TOTAL CAUDAL TANQUE CALCULADO | 7473 l/min |

| Valores teoricos | | | Valores Cálculo Hidráulico. | | |
|-------------------------------------|-------|-------|-------------------------------------|-------|-------|
| Agua de refrigeración para tanque | 7134 | l/min | Agua de refrigeración para tanque | 7473 | l/min |
| Agua de refrigeración para hidrante | 4000 | l/min | Agua de refrigeración para hidrante | 4000 | l/min |
| Sistema de espuma | 10668 | l/min | Sistema de espuma | 11144 | l/min |

TANQUE INCENDIADO 2

| Valores teóricos | | | Valores Cálculo Hidráulico. | | |
|------------------|-----------------------------|--------|-----------------------------|----------------------------|---------------|
| Tanque 2 | Densidad de diseño | 15 | l/min/m | Número de boquillas | 93 |
| | Diámetro | 50.46 | m | K boquillas | 3.8 |
| | Perímetro | 158.44 | m | Presión mínima en boquilla | 73.09 mca |
| | Caudal teórico de boquillas | 25.56 | l/min | Caudal mínimo en boquilla | 32.49 l/min |
| | Caudal de diseño | 2378 | l/min | Caudal según calculos. | 3021.85 l/min |
| Tanque 1 | Densidad de diseño | 3 | l/min/m | Número de boquillas | 23 |
| | Diámetro | 50.46 | m | K boquillas | 14.11 |
| | Perímetro | 158.44 | m | Presión mínima en boquilla | 66.97 mca |
| | | | | | |



| | | | | | | |
|-----------------|-------------------------------------|--------|---------|---------------------------------------|---------|-------|
| Tanque 3 | Caudal teórico de boquillas | 103.38 | l/min | Caudal mínimo en boquilla | 115.47 | l/min |
| | Caudal de diseño | 2378 | l/min | Caudal según calculos. | 2655.82 | l/min |
| | Densidad de diseño | 3 | l/min/m | Número de boquillas | 23 | |
| | Diámetro | 50.46 | m | K boquillas | 14.11 | |
| | Perímetro | 158.44 | m | Presión mínima en boquilla | 66.64 | mca |
| | Caudal teórico de boquillas | 103.38 | l/min | Caudal mínimo en boquilla | 115.18 | l/min |
| | Caudal de diseño | 2378 | l/min | Caudal según calculos. | 2649.32 | l/min |
| Total | TOTAL CAUDAL TEORICO TANQUES | 7134 | l/min | TOTAL CAUDAL CALCULADO TANQUES | 8327 | l/min |

| Valores teóricos | | | Valores Cálculo Hidráulico. | | |
|-------------------------------------|-------|-------|-------------------------------------|-------|-------|
| Agua de refrigeración para tanque | 7134 | l/min | Agua de refrigeración para tanque | 8327 | l/min |
| Agua de refrigeración para hidrante | 4000 | l/min | Agua de refrigeración para hidrante | 4000 | l/min |
| Sistema de espuma | 10668 | l/min | Sistema de espuma | 11002 | l/min |



DOCUMENTO 3: PLIEGO DE CONDICIONES





1 CONDICIONES GENERALES

El presente pliego de Condiciones, en unión de los restantes documentos que constituyen el Proyecto: Memoria, Planos, Pliego de Condiciones, Presupuesto y Estudio Básico de Seguridad y Salud, servirá de base para la contratación adjudicación de los trabajos a realizar. Cualquier duda que pueda suscitarse en la interpretación de los documentos del proyecto será aclarada por la Dirección Técnica.

La contrata de las instalaciones, salvo que se especifique lo contrario, comprenderá el suministro de todos los materiales, transporte, mano de obra, medios auxiliares, gastos sociales y fiscales que sean precisos para la completa ejecución de acuerdo con las prescripciones del Proyecto y las condiciones fijadas por la Dirección Técnica de las obras.

No solo estarán incluidas en el contrato de ejecución las instalaciones descritas en los planos o demás documentos del proyecto, sino también aquellas obras que aunque no especificadas o presupuestadas sean necesarias para la ejecución de cualquier parte.

No podrá alterarse, sin previa autorización de la Dirección Técnica, ningún elemento del Proyecto. La Propiedad se reserva la facultad de alterar la cantidad o calidad de las unidades del proyecto que figuran en sus documentos con el consentimiento de la Dirección Técnica.

Todos los materiales a emplear, cumplirán las condiciones mínimas exigibles en los vigentes Pliegos de Condiciones Técnicas Oficiales.

La Dirección Técnica se reserva el derecho a exigir al contratista la presencia durante la marcha de los trabajos del personal técnico competente.

1.1 CONDICIONES GENERALES DE EJECUCIÓN

TRABAJOS A REALIZAR

Suministro de todo el material, mano de obra, equipo y accesorios para la ejecución de todos los trabajos necesarios y para el perfecto acabado y puesta a punto de la instalación descrita en la memoria, relacionada en presupuesto, representada en planos y montada según las especificaciones del presente documento.

Los trabajos a realizar podrán sufrir variaciones, siempre y cuando la Dirección Técnica del proyecto lo crea conveniente, dando cuenta de las mismas al contratista o a quien corresponda.

COORDINACIÓN DEL TRABAJO CON OTROS OFICIOS

El instalador de cada oficio, coordinará perfectamente su trabajo con la Empresa Adjudicataria y los Instaladores de otras especialidades que puedan afectar sus trabajos y el montaje final de su equipo.



El instalador suministrará a la Dirección de Obra toda información concerniente a su trabajo, dimensiones, materiales, etc. dentro del plazo de tiempo exigido para no entorpecer el programa de acabado general por zonas.

PROTECCIÓN DURANTE LA INSTALACIÓN Y LIMPIEZA FINAL

Los aparatos, materiales y equipos que se instalen se protegerán durante el periodo de la instalación con el fin de evitar los daños que les pudiera ocasionar el agua, basura, sustancias químicas o de cualquier otra clase.

PROTECCIÓN DURANTE LA INSTALACIÓN Y LIMPIEZA FINAL

Los aparatos, materiales y equipos que se instalen se protegerán durante el periodo de la instalación con el fin de evitar los daños que les pudiera ocasionar el agua, basura, sustancias químicas o de cualquier otra clase.

INSPECCIÓN DE LOS TRABAJOS

La Dirección de la Obra, podrá realizar todas las revisiones e inspecciones siendo éstas totales o parciales, según criterio de la Dirección de la Obra para la buena marcha de esta.

CALIDADES

La maquinaria, materiales o cualquier otro elemento en el que sea definible una calidad, será el indicado en el Proyecto. Si el Instalador propusiese una calidad similar, solo la Dirección de Obra definirá si es o no similar.

DOCUMENTOS A ENTREGAR POR EL CONTRATISTA

Una vez finalizada la obra el contratista hará entrega a la propiedad del dossier final de instalación en el cual constarán todos los documentos necesarios para el control y mantenimiento de las instalaciones ejecutadas, tales como: Certificaciones de los materiales empleados y de los trabajos realizados según reflejando el cumplimiento de la Normativa en vigor, planos "as built" de las instalaciones, manual de operación y mantenimiento, etc.

Asimismo se entregará, conforme al Real Decreto 1942/1993, de 5 de noviembre, de las instalaciones que así lo requieran, Certificado de la/s empresa/s instaladora/s, firmado por el técnico titulado competente respectivo.

GARANTIAS

El instalador como condición previa para efectos de pago presentará garantía exponiendo que todo el trabajo realizado por él permanecerá en condiciones de servicio y funcionamiento perfecto hasta el tiempo que refleje la garantía. Esta garantía cubrirá la totalidad de la mano de obra, materiales defectuosos o materiales dañados.



2 GRUPOS DE BOMBEO

2.1 INTRODUCCIÓN

El grupo de bombeo contra incendios, jockey, electrobombas, cumplirá con las especificaciones mencionadas en el presente pliego de condiciones, y en lo no mencionado en este documento se cumplirá lo expuesto la norma UNE.

El contratista deberá realizar un replanteo de la sala del grupo de incendios ANTES de su ejecución.

El contratista deberá presentar a la DF, para su aprobación, un plano con dicho replanteo, a escala en formato papel y en formato digital, una vez aprobado dicho plano se podrá comenzar la ejecución de la sala.

El grupo de Presión de agua contra incendios deberá cumplir la norma UNE 23.500-90.

Siendo su características principales las que se indican a continuación.

2.2 BOMBAS DE INCENDIO

Los grupos de bombeo principales arrancarán automáticamente (por caída de presión en la red o por demanda de flujo) y la parada será manual (obedeciendo órdenes de persona responsable).

En la curva característica de los grupos de bombeo principales, se deberán cumplir los siguientes puntos:

1. A caudal cero la presión no será superior al 130% de la presión nominal, y en todo caso, los componentes de la instalación de extinción de incendios estarán previstos para soportar la presión correspondiente a dicho caudal cero.
2. A caudal 140% del nominal la presión no será inferior al 70% de la presión nominal.
3. El motor de la bomba deberá dimensionarse, al menos, para cumplir el punto del 140% del caudal nominal, y en todo caso, se dimensionará para la potencia máxima absorbida por la bomba al final de su curva.

En la línea de aspiración, la velocidad del agua no puede ser superiora 1,8 m/s para bombas en carga



2.3 GRUPO ELECTROBOMBA

2.4 GENERAL

Es competencia del instalador el suministro, montaje y puesta en servicio de las bombas de acuerdo con las características técnicas, implantación y calidades previstas en documentos de proyecto. Se incluirán curvas de rendimiento de las bombas suministradas.

En ningún caso la potencia al freno de los motores estando las bombas trabajando a su máxima capacidad, excederá la potencia nominal del motor. Con el fin de asegurar un funcionamiento silencioso de las bombas, los diámetros de los rodetes no deberán ser superiores al 85% del tamaño máximo empleado en bombas normales. Las bombas estarán perfectamente equilibradas estática y dinámicamente y se seleccionarán para soportar presiones iguales o mayores a la presión estática deducida de los planos, más la presión a descarga cerrada.

2.5 CARACTERISTICAS

Serán del tipo centrífuga horizontal, serán autoventeantes y van directamente acopladas a motores por medio de acoplamientos elásticos, formando una unidad compacta, montada sobre bastidor común de fundición de primera calidad. Todos los grupos serán montados sobre bancadas de hormigón flotante sobre base de corcho aislante (5 cm. altura mínima), o similar, debidamente impermeabilizado, construidas por la empresa constructora de acuerdo con plano facilitado por el instalador y con peso no inferior al doble del de la bomba.

Las carcasas de las bombas serán del tipo envolvente, con conexiones de entrada y salida según normas DIN y equipadas con cojinetes de bronce fosforoso. Serán fácilmente desmontables para la inspección del rodamiento y eje de la bomba.

Todas las partes rozantes (camisa de eje y anillos de desgaste) son de material resistente a la corrosión (acero inoxidable o bronce). El eje, de alta resistencia, es acero inoxidable (con camisa en bronce).

El cuerpo de la bomba será estándar en hierro fundido GG-25 o en bronce (RG-5) para agua de mar. El impulsor será de bronce (GG-25). Los anillos de desgaste son de bronce (RG-7). El eje de la bomba será de acero inoxidable (14% Cr). La camisa de eje será de bronce.

La curva característica de la bomba cubrirá el punto de diseño nominal, caudal nominal (Q_n) y altura nominal (H_n), y también otros puntos y consideraciones de la curva tal y como se indica en la normativa CEPREVEN RT2-ABA.

La bomba proporcionará el 140% del caudal nominal a una altura superior al 70% de la altura nominal.



La potencia neta del motor será igual o superior la máxima absorbida por la bomba en cualquier punto de toda su curva.

La transmisión bomba - motor eléctrico deberá disponer de un protector de seguridad, teniendo pintadas como mínimo 4 rayas blancas para diferenciar su estado de paro o giro.

Los prensa estopas deberán contener una empaquetadura esponjosa debidamente lubrificada a fin de prevenir un desgaste excesivo, sellados de forma adecuada. Se suministrarán conexiones de drenaje en la parte inferior del mismo, incluyendo la tubería de desagüe y el canalón abierto, común a otras bombas y conducido a sumidero.

Los grupos electrobombas deberán reunir las siguientes características en cuanto a materiales, además de las ya indicadas, y prestaciones:

- Tubo de estanqueidad en acero inoxidable.
- Cojinetes a bolas de carbono, a prueba de polvo y humedad.
- Juntas tóricas de EPDM.
- Motor asíncrono normalizado, 230/400V/ 3~, 50 Hz, IP.55.
- Potencia del motor la indicada en otros documentos del proyecto.

El instalador suministrará toda la maquinaria con los motores eléctricos correspondientes.

Los motores deberán estar equilibrados dinámica y estáticamente, disponiendo de ventilador de refrigeración. En bornes se indicarán e identificarán los conexionados de bobina. Los cojinetes y elementos de apoyo serán de primera calidad. La carcasa exterior será de fundición con aletas refrigeradoras.

Su construcción y aplicación deberá cumplir la reglamentación vigente, adoptándose la normativa DIN, tanto en su construcción (42.950) como en la clase de protección (40.050). Las bobinas estarán preparadas para alcanzar temperaturas de 75°C según normas VDE. Deberá admitir desviaciones sobre sus parámetros eléctricos (tensión y frecuencia) de un +- 10% sin que afecte a sus repuestas funcional o componentes. Llevará placa de características en castellano, con unidades S.I. y marcadas de forma indeleble donde se indique.

- Marca y tipo
- Potencia (kW y CV)
- Tensiones (V)
- Intensidad (A)
- Velocidad de giro (R.P.M.)



-
- Tipo de construcción y protecciones.

Todos los motores, cuya situación no permita la vigilancia de su conmutador de accionamiento, deberán disponer de un interruptor de seguridad en su proximidad.

El conjunto de motor y bomba irá montado sobre una bancada común suficientemente resistente, antivibratoria y estable, para que el equipo no pierda su alineación y se mantenga totalmente equilibrado. Todos los ejes de transmisión vistos irán provistos de protección contra daño mecánico.

2.6 INSTALACIÓN

Para bombas en carga, instalar una válvula de cierre en la línea de aspiración

En la línea de impulsión de cada bomba, se instalará (por orden de aparición desde la brida de impulsión):

- Reducción concéntrica.
- Válvula de seguridad de escape conducido, de 25 mm de diámetro nominal mínimo, para alivio a caudal cero.
- Válvula de retención.
- Válvula de cierre (normalmente abierta).

Cualquier reducción en la línea de aspiración será del tipo excéntrica, con la generatriz paralela al eje hacia arriba.

Purgador automático de aire en la parte alta de la carcasa de la bomba.

Se instalará un sistema de medida de caudal que permita comprobar la curva característica de cada bomba principal hasta el punto del 150% del caudal nominal.

2.7 BOMBA JOCKEY

El equipo electrobomba auxiliar JOCKEY será centrífugo, multicelular y horizontal, accionado con motor eléctrico.

El motor eléctrico irá acoplado directamente sobre la bomba.

2.8 CUADRO ELÉCTRICO. MANIOBRA DE BOMBAS. SEÑALIZACIÓN.

En el panel de control se incluirán los servicios mínimos siguientes:



- Cargador automático de baterías.
- Comutador de 4 posiciones (automático, manual, fuera de servicio y prueba del ciclo de arranque).
- Cuentahoras.
- Alarmas ópticas con indicación de:
 - Presencia de tensión
 - Falta de tensión
 - Alta temperatura
 - Baja presión de aceite
 - Bajo nivel de reserva de agua
- Alarmas acústicas con indicación de:
 - Falta de tensión
 - Alta temperatura
 - Baja presión de aceite
 - Bajo nivel de reserva de agua

2.9 PRUEBAS

Certificado de prueba del constructor.: Se entregará dicho certificado a la DF antes de la colocación en obra del grupo de incendios. Dicho certificado emitido por el fabricante de la bomba deberá contener, al menos, los puntos reflejados por la normativa UNE 23590-98 o posterior versión “Rociadores automáticos de agua”.

2.10 PRUEBAS EN OBRA

Además de las indicadas en los artículos correspondientes de la UNE, se realizarán las siguientes:

- Funcionamiento del grupo de presión a caudales 100% y 140% verificando el funcionamiento de la jockey y eléctricas según depresiones en la red de tubería y ante ausencia de suministro eléctrico.
- Medida de caudales y presiones.
- Comprobación y ajustes de los presostatos.



2.11 SEÑALES TELEMANDADAS

Se deberán recoger tanto en la central de incendios como en gestión centralizada las siguientes órdenes:

Bombas eléctricas (1 por bomba):

- Bomba en servicio con presión.
- Orden de arranque.
- Falta tensión/no automático.
- Avería en el sistema de bombeo.

Además se recogerán aquellas señales marcadas por la normativa UNE correspondiente.





3 TUBERÍAS, VÁLVULAS Y ACCESORIOS

Todos los accesorios, uniones y tubos deberán estar homologados y deberán haber sido aprobados con la normativa local aplicable contra el fuego.

Las tuberías se identifican por la clase de material, el tipo de unión, el diámetro nominal DN (en mm. o pulgadas), el diámetro interior (en mm.) y la presión nominal de trabajo PN (en bar), de la que depende el espesor del material.

La presión máxima de trabajo PT a la que la tubería podrá estar sometida será una fracción de la presión nominal PN; el valor fraccionario depende de la temperatura máxima que puede alcanzar el fluido conducido.

Las tuberías llevarán marcadas de forma indeleble y a distancias convenientes el nombre del fabricante, así como la norma según la cual están fabricadas.

Antes del montaje deberá comprobarse que las tuberías no estén rotas, fisuradas, dobladas, aplastadas oxidadas o de cualquier manera dañadas.

Las tuberías se almacenarán en lugares donde estén protegidas contra los agentes atmosféricos, en su manipulación se evitarán roces, rodaduras, y arrastre que podrían dañar la resistencia mecánica, las superficies calibradas de las extremidades o las protecciones anticorrosión.

Las piezas especiales, manguitos, gomas de estanqueidad, lubricantes, líquidos limpiadores, adhesivos, etc. se guardarán en locales cerrados.

2.1 REDES DE TUBERÍAS

La tubería a emplear en las red de rociadores serán de acero galvanizado.

La tubería será fabricada de acuerdo con códigos locales aplicables de protección contra incendios.

Cada tramo estará identificado de una forma legible por el fabricante de modo que se indique el nombre del fabricante, la clase de tubería, el número de especificación y la longitud de la tubería.

Cada tramo será probado hidráulicamente en los talleres de fabricante, y este emitirá una certificación en la que confirme la realización del test.

La tubería podrá ser de acero galvanizado interior y exteriormente o acero negro sin soldadura.

Será, así mismo, DIN 2440 para diámetros de 2" e inferiores y DIN 2448 para diámetros de 2 ½" y superiores.

Las uniones de las tuberías podrán ser:



- Uniones roscadas NPT hasta 2" DN.
- Uniones soldadas a tope según ANSI B.16.25 (BUTT-WELDING) para diámetros mayores de 2 ½".
- Uniones embridadas con tornillos y tuercas cadmiados en válvulas y puestos de control, a partir de 2 ½" DN.
- Uniones mediante juntas con ranurado mecánico de la tubería para todos los diámetros.

La junta utilizada podrá ser ranurada con junta tipo VICTAULIC o similar o roscada. En cualquier caso NO ESTA PERMITIDO REALIZAR JUNTA SOLDADA PARA DIÁMETROS INFERIORES A 2 ½".

La tubería se pintará según las especificaciones técnicas indicadas en otros documentos del proyecto.

2.2 ACCESORIOS DE TUBERÍA

Todos los accesorios de tubería serán para una presión de trabajo igual que la tubería en que estén instalados.

Todas las reducciones de diámetro se harán a través de una sola pieza (té o cruz).

Podrán usarse casquillos reductores en una de las bocas de una té o cruz o en dos de las bocas de una cruz. No se permitirá el uso de casquillos de reducción en los codos y en manguitos de unión.

2.3 SOPORTACIÓN DE LAS TUBERÍAS

Los soportes se fijarán directamente a la estructura del edificio. No serán usados para soportar ningún otro equipo, serán ajustables para poder distribuir bien la carga. Rodearán totalmente al tubo y no se soldarán ni al tubo ni a los accesorios.

Los miembros estructurales serán capaces de resistir la tubería, para diámetros superiores a 50 mm no serán soportados por chapa de acero corrugado ni por bloques de hormigón aligerado.

Los colectores y subidas tendrán un número suficiente de puntos fijos para soportar los esfuerzos axiales.

Para tubería de menos de 50 mm de diámetro, los soportes se colocarán a menos de 4 metros de distancia.



Para tubos de más de 50 mm de diámetro se seguirán los puntos que vienen marcados en la normativa UNE 23.590-98 "Rociadores Automáticos, Diseño e instalación", apartado 17.2. "Soportes de tubería".

Se aplicarán las mismas consideraciones a toda la tubería de protección contra incendios, ya sean rociadores, bies, redes exteriores, etc.

2.4 MONTAJE DE LA INSTALACIÓN

De forma genérica se instalarán con una pendiente mínima de 1,5% que permita su vaciado en los puntos previstos s/planos. Solo se permitirán pendientes menores en aquellos tramos en que esté así indicado.

Las tuberías estarán instaladas de forma que su aspecto sea limpio y ordenado.

La accesibilidad será tal que pueda manipularse o sustituirse sin tener que desmontar el resto.

Las secciones serán circulares con espesores uniformes y sin rebabas en cortes.

Los defectos superficiales tales como huecos o rayas, serán examinados para apreciar su importancia. Caso de rectificación, el espesor deberá mantenerse dentro de una tolerancia de -12,5% del espesor nominal.

No se admitirán en los tubos, grietas o apliques de laminado, abolladuras, rayas, depresiones o corrosión que puedan afectar a la resistencia mecánica del tubo, asperezas o escamas internas visibles, huellas de grasa, productos de revestimiento, pintura o retoques de cualquier clase en su interior, etc.

La unión de tubos, codos "T", etc., se realizará por soldadura adecuada admitiéndose la unión roscada o embridada para válvulas y otros accesorios.

Las separaciones, enmarsillados o recargas para soldadura están prohibidos.

No se admitirá en los extremos, en una longitud de 100 mm. ningún defecto que pueda dañar el ensamblado correcto de los tubos.

Como norma general se procurará siempre que sea posible, el curvado en frío de la tubería, en vez de la instalación de codos.

Las roscas se pintarán con minio y en la unión (roscada o embridada) se emplearán juntas de estanqueidad.

En todos los puntos deberán poderse apretar o soltar los tornillos de bridás, juntas, etc. con facilidad.

El adjudicatario tendrá entera responsabilidad respecto de las consecuencias directas o indirectas de la presencia de origen mineral u orgánico eventualmente abandonados



en la canalización cuando el personal interrumpa la obra, las extremidades libres de la conducción serán cerradas por tapones de plástico herméticos.

Todos los cortes por soplete serán ejecutados mediante dispositivo de guía; se terminarán con muela o lima si presentan irregularidades incompatibles con la ejecución de la pasada de fondo.

No se admitirá el calentamiento de la tubería para remediar defectos de alineación en obra.

No se realizará ningún doblado con temperaturas de metal inferiores a 16°C.

En los lugares que se coloquen codos o "T", se sujetarán estos a ambos lados, de forma que no puedan ser expulsados. No se considerará suficiente la sujeción de las juntas.

No se permitirá la soldadura al soplete.

2.5 EJECUCIÓN DE SOLDADURAS

Si es preciso se exigirá la limpieza interior del tubo metálico por paso de una escobilla, sus extremidades calibradas serán verificadas con la ayuda de un tapón calibrado. El tubo será alineado de forma que su eje se confunda con el precedente y las extremidades a soldar serán mantenidas en sitio durante el punteo. No será tolerada ninguna desnivelación de los bordes, superior a 1,2 mm.

El juego entre los dos tubos deberá ser tal que, en la ejecución de la soldadura, la fusión del metal de base interese todo el espesor de su pared, Los accesos de la soldadura serán librados de toda traza de cuerpos de origen mineral y orgánico. Ninguna gota de soldadura será tolerada en el interior del tubo.

2.6 VÁLVULAS

Todas las válvulas y purgadores serán nuevos y estarán libres de defectos.

Los volantes de la válvulas serán de diámetro apropiado para permitir manualmente un cierre perfecto sin aplicación de palancas especiales y sin dañar el vástago, asiento o disco de la válvula.

Las superficies de los asientos serán mecanizados y terminados perfectamente, asegurando total estanqueidad al servicio específico, haciendo un asiento libre y completo.



Todas las válvulas roscadas serán diseñadas de forma que al conectarse a los equipos, tubería o accesorios, ningún daño pueda ser alcanzado a ninguno de los componentes de la válvula.

Hasta 2" como norma general las válvulas se suministran roscadas, para diámetros mayores serán embridadas, a no ser que explícitamente se indique lo contrario en la lista de materiales.

Las válvulas se definirán por su diámetro nominal en pulgadas y su presión nominal PN. La presión de trabajo de la válvula permitida, será siempre igual o superior a la arriba mencionada.

La presión de prueba será, al menos a 1,5 x PN a 20°C.

De acuerdo a la norma DIN la relación entre la máxima presión de servicio y la temperatura es la siguiente:

| PRESION NOMINAL PN kg/cm² | PRESION MAXIMA ADMISIBLE kg/cm² | HASTA 120°C | 121-150°C | 151-225°C | 226-300°C | 301-400°C |
|---|---|----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 2,5 | 2,5 | 2 | 1,6 | 1,6 | -- | |
| 4 | 4 | 2,3 | 2,5 | 2,5 | -- | |
| 6 | 6 | 4,5 | 3,2 | 3,2 | -- | |
| 10 | 10 | 8 | 6,0 | 6,0 | -- | |
| 16 | 16 | 10 | 10 | -- | -- | |

Válvulas de acero al carbono:

| PRESION NOMINAL | PRESION MAXIMA ADMISIBLE kg/cm² | HASTA 120°C | 121-150°C | 151-225°C | 226-300°C | 301-400°C |
|----------------------------|---|----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| PN kg/cm ² | | | | | | |
| 6 | 6 | 6 | 5 | 5 | -- | |
| 10 | 10 | 10 | 8 | 8 | -- | |



| | | | | | |
|----|----|----|----|----|----|
| 16 | 16 | 16 | 13 | 13 | -- |
| 25 | 25 | 25 | 20 | 20 | -- |
| 40 | 40 | 40 | 32 | 32 | -- |

2.6.1 VÁLVULAS DE CORTE

Serán de acero y bronce, para una presión de trabajo de 15 kg/cm². Serán de compuerta de husillo exterior ascendente con puente y tapa atornillada con conexiones con bridas en impulsión de bombas y de PN-10 HB en el resto.

De 52 mm y menores podrán ser sólo de bronce y conexión roscada.

Las válvulas de drenaje serán angulares de asiento, husillo interior y volante ascendente, tapa por unión roscada, conexiones roscadas, totalmente de bronce para una presión de trabajo de 15 kg/cm², con presión de prueba de 25 kg/cm².

2.6.2 VÁLVULAS ANTIRRETORNO.

Las válvulas antirretorno de 52 mm y menores serán de bronce, con conexiones roscadas y tapa roscada; las de 68 mm y mayores serán de acero y bronce, con conexiones con bridas y tapas con tornillos. La clapeta será oscilante en las válvulas de posición horizontal y ascendente en las válvulas de posición vertical.

Serán para una presión de trabajo de 15 kg/cm² y una presión de prueba de 25 kg/cm².

2.7 ACERO GALVANIZADO

Los accesorios roscados serán siempre de fundición maleable, según UNE 19.491.

La galvanización consistirá en un revestimiento interior y exterior obtenido por inmersión en un baño caliente de cinc, con un recubrimiento no inferior a 400 g/m², de acuerdo a las siguientes normas UNE:

- 37.501 (71). Galvanizado en caliente. Características. Métodos de ensayo.
- 37.505 (75). Tubos de acero galvanizado en caliente. Características. Métodos de ensayo.

En ningún caso se permitirá la unión por soldadura de la tubería galvanizada.



2.8 PINTURA

Todos los elementos mecánicos (tuberías, colgadores, accesorios), que no estén debidamente protegidos contra la oxidación por su fabricante, se protegerán de la misma mediante la aplicación de dos capas de pintura antioxidante.

El tipo de pintura a utilizar tendrá las siguientes características:

Primera capa:

Vehículo a base de resinas sintéticas alquílicas, multipigmentada con minio de plomo, óxido de hierro y cromado de cinc.

Segunda capa:

Pintura tipo esmalte formada por un vehículo de barniz sintético pigmentado con óxido de titanio. Finalmente la tubería dispondrá de una capa de pintura en color rojo.

La marca de pintura elegida será normalizada y de solvencia reconocida. Solo se admitirán los envases de origen debidamente precintados. No se permitirá el uso de disolventes.

Antes de la aplicación de la pintura deberá procederse a una cuidadosa limpieza y saneado de los elementos metálicos a proteger.

2.8.1 GENERALIDADES

La preparación de superficies y la capa de imprimación se realizarán en taller. El resto de las operaciones se efectuarán en obra.

Quedará comprendida dentro del precio, la reparación de cuantos retoques o desperfectos se originen por razones de transporte, manipulación y/o montaje, debiendo ajustarse esas reparaciones al procedimiento general de pintado.

También quedará incluido dentro del precio, el pintado de distintivos de identificación según normas UNE 1.063 y en su defecto norma DIN 2.503.

2.8.2 PREPARACIÓN DE SUPERFICIES

Las superficies serán preparadas en taller hasta el grado Sa 2½ de la norma sueca SIS-055.900 (ISO 8.501) y los retoques en obra se prepararán de acuerdo con los grados B.St.2 o C.St.2 de la misma norma sueca.



Se realizará una limpieza superficial y desengrasado mediante aplicación a presión y fosfatado.

Una vez limpia la tubería, como se ha indicado anteriormente, e inmediatamente después se le dará una aplicación de pintura de silicato de zinc de 50 micras de espesor, seguida de una mano de rojo epoxi de 70 micras.

El color y los tonos se elegirán de acuerdo con la PROPIEDAD y manteniendo para el acabado la norma UNE 1.063 o DIN 2.503.

Tanto las capas de imprimación como de acabado será con base de acuerdo a las temperaturas previstas en cada red de fluidos.

2.8.3 GARANTÍA

El ADJUDICATARIO asumirá la plena garantía de la ejecución correcta de la pintura, así como de los materiales de pintura suministrados en un período de 3 años.

Durante el periodo de garantía señalado y si el estado de conservación no es el garantizado, el ADJUDICATARIO volverá a proteger a su cargo aquellas superficies que estén en malas condiciones, siempre que ello no sea debido a causas imputables a terceros.

2.8.4 RECEPCIÓN PROVISIONAL DE LA PINTURA.

Una vez terminados los trabajos de pintura, se hará un detenido examen de los mismos, comprobándose que no existen cuarteos, ampollas, enyesados, transparencias ni partes sin pintar.

Asimismo, se medirá el espesor de cada capa y el espesor total, admitiéndose una desviación de $\pm 10\%$ en cada capa y de $\pm 5\%$ para el total.

2.9 MANIPULACIÓN, ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE.

El ADJUDICATARIO llevará a cabo las operaciones de carga y descarga de los tubos, utilizando eslingas, ganchos protegidos, etc., aprobados por la DIRECCIÓN DE OBRA a fin de evitar que aquéllos resulten dañados.

El almacenamiento será realizado con las mismas precauciones y de forma ordenada por lotes correlativos. Siempre deberá hacerse en lugares adecuados, a resguardo de posibles choques debidos a camiones y/o maquinaria, quedando las tuberías depositadas sobre largueros de madera que eviten el contacto con el suelo.



La manipulación, almacenamiento y transporte de accesorios se hará con las mismas precauciones, al menos, que para la tubería.

En caso de elementos esbeltos, el CONTRATISTA deberá arriostrarlos para efectuar la carga, transporte y descarga con las debidas garantías para que no se produzcan deformaciones permanentes. Caso de producirse los desperfectos sufridos por el material serán de su exclusiva responsabilidad. Todas estas operaciones se entienden incluidas dentro del presupuesto.

2.10 FABRICACIÓN Y MONTAJE

2.10.1 CONDICIONES GENERALES

La tubería será probada en fábrica según el Código ANSI/ASME B 31.1. (Power piping) o conforme a la Especificación 5L del API (American Petroleum Institute), siendo aceptado también su ensayo según norma DIN-1.629, de acuerdo a los requisitos exigidos en la Especificación Técnica para cada caso.

La longitud de tubos suministrados será como mínimo de 8 m. La longitud media no será inferior a 9 m. Para tubos inferiores a 4", la longitud mínima será de 6 m.

Los extremos de tubos se hallarán dispuestos en un plano perpendicular al eje del tubo.

Los bordes estarán limpios y sin rebabas, en 100 mm. a cada extremo y ranurados convenientemente.

Los defectos superficiales tales como huecos o rayas, serán examinados para apreciar su importancia. Caso de rectificación, el espesor deberá mantenerse dentro de una tolerancia de -12,5% del espesor nominal.

No se admitirán en los tubos:

- Grietas o pliegues de laminado.
- Abolladuras.
- Rayas, depresiones o corrosión que puedan afectar a la resistencia mecánica del tubo.
- Asperezas o escamas internas visibles que, no afectando a la resistencia mecánica del tubo, sean susceptibles de hacerlo durante la explotación.
- Huellas de grasa, productos de revestimiento, pintura o revoques de cualquier clase en su interior.



- Las reparaciones, enmasillados o recargues para soldadura quedan prohibidos. En los extremos y en una longitud de 100 mm. no se permitirá ningún defecto que pueda dañar el ensamblado correcto de los tubos.

Todos los codos, tés, válvulas, tubos, etc., deberán colocarse de forma que se puedan desmontar sin necesidad de hacer obras o desmontar otras tuberías.

En todos los puntos deberán poderse apretar o soltar los tornillos de bridas, juntas, etc., con facilidad.

En eventuales cruces de tuberías a igual altura no se autorizarán codos hacia arriba, salvo permiso específico de la DIRECCIÓN DE OBRA.

El ADJUDICATARIO tendrá entera responsabilidad respecto de las consecuencias directas o indirectas de la presencia de cuerpos extraños de origen mineral u orgánico eventualmente abandonados en la canalización. Cuando el personal deje la obra, las extremidades libres de la conducción habrán de ser cerradas por tapones de plástico herméticos en sus extremidades.

En los lugares en que se coloquen codos o tés se sujetarán éstos a ambos lados, de forma que no puedan ser expulsados. No se considerará suficiente la sujeción de las juntas.

Todos los cortes por soplete serán ejecutados mediante dispositivo de guía; se terminarán con muela o lima si presentan irregularidades incompatibles con la ejecución de la pasada de fondo.

No se admitirá el calentamiento de la tubería para remediar defectos de alineación en obra.

2.11 CONTROL DE CALIDAD, INSPECCIÓN Y PRUEBAS

2.11.1 Requisitos generales

El ADJUDICATARIO realizará y mantendrá un Plan de Control de Calidad.

El ADJUDICATARIO controlará todos los documentos, procedimientos e informes relacionados con la calidad del equipo. La DIRECCIÓN DE OBRA tendrá accesibilidad a estos documentos, procedimientos e informes cuando así lo requiera.

El ADJUDICATARIO identificará, documentará y notificará a la DIRECCIÓN DE OBRA todos los incumplimientos o desviaciones de los requisitos de esta especificación.

Al final de los trabajos se entregará a la PROPIEDAD la documentación generada en los trabajos, que incluirá los certificados de cumplimiento exigidos por el Reglamento de Aparatos a Presión.



2.12 Pruebas y ensayos de tuberías

El ADJUDICATARIO será responsable de todos los exámenes no destructivos y pruebas de tuberías instaladas.

La PROPIEDAD tendrá autoridad para parar el trabajo o retener el envío si los requisitos del pliego de condiciones, incluyendo aquellos referentes a documentación, no han sido cumplidos.

Todos los exámenes no destructivos serán realizados por personal cualificado.

Se realizará un mínimo de cuatro mediciones de grosor de la pared, distanciadas entre sí a 90º, sobre los extremos de todas las tuberías y accesorios, o según lo requiera la DIRECCIÓN DE OBRA, cuando el espesor de la pared se especifique por la pared mínima en los planos. La aceptación de la tubería y accesorios se basará en la pared mínima especificada más la tolerancia de medición.

Las mediciones de espesor y su situación se reflejarán en un informe, y una copia del mismo será enviada a la DIRECCIÓN DE OBRA para su aprobación.

Después de la instalación, todos los conjuntos fabricados serán sometidos por el ADJUDICATARIO a una prueba de estanqueidad y presión de acuerdo con el código ASME, salvo que en la Especificación Técnica se indique otro procedimiento distinto.

El ADJUDICATARIO garantizará su trabajo como capaz de resistir dicha prueba.

Todos los medios necesarios para la realización de estas pruebas serán facilitados por el adjudicatario y a su cargo.

La tubería se probará hidrostáticamente primero con aire a no menos de 5 bar durante 1 hora. Una vez realizada esta operación se comprobará que no ha habido una pérdida de presión considerable.

Seguidamente se probará la tubería con agua a una presión de 1.5 veces la presión nominal del fluido durante un periodo no inferior a 2 horas. La prueba no será aceptada si se observa una pérdida de presión superior al 10%.





4 HIDRANTES DE INCENDIO

El emplazamiento y distribución de los hidrantes se determinará de acuerdo con los siguientes criterios:

- a. La distancia entre cada hidrante y el límite de la zona protegida (fachada, cerca, cubeto, etc) medida en dirección normal a este límite deberá estar comprendida entre 5 y 15 m, salvo aquellos casos en que no sea posible respetar el mínimo debido al trazado de vías de circulación u otros condicionamientos ineludibles.
- b. Para poder considerar una zona riesgo protegidos por hidrantes, la distancia de un punto cualquiera de su límite, a nivel de rasante y un hidrante deberá ser inferior a 40 m.
- c. Los hidrantes deberán situarse de forma tal que resulte fácil el acceso y la ubicación en sus inmediaciones del equipo que deba ser alimentado por ellas.

La red específica de hidrantes, deberá calcularse hidráulicamente para poder suministrar un caudal mínimo de 500 l/min, siendo la presión en estas salidas no inferior a 7 Kg/cm²

La red se dispondrá en anillo ampliando el anillo existente, salvo imposibilidad manifiesta, con válvulas de seccionamiento que aseguren la máxima eficiencia incluso en el caso de averías parciales.

En los puntos de la red en que sean previsibles esfuerzos mecánicos sobre las tuberías por causas externas, éstas deberán enterrarse a una profundidad suficiente para evitar esfuerzos perjudiciales. Esta profundidad será función de la calidad de la tubería, protección mecánica, clase de terreno y cargas esperadas.

Se podrá alimentar la instalación de hidrantes desde una red general de incendios común a otras instalaciones de protección, siempre que en el cálculo del abastecimiento se hayan tenido en cuenta los mínimos requeridos por cada una de las instalaciones que han de funcionar simultáneamente.

El sistema está constituido básicamente por los siguientes elementos:

a) Tuberías

Las tuberías van enterradas y a profundidad suficiente con el fin de protegerlas de posibles daños mecánicos por eventuales paso de vehículos pesados y posibles corrimientos de terreno.

La tubería empleada es de polietileno PE

b) Hidrantes Columna humeda

Están construidos según Norma UNE 23405 y CTC.012.



c) Equipo auxiliar complementario

Conjunto de material preciso para la utilización eficaz de los hidrantes situado en una caseta próxima a éstos. Este equipo auxiliar complementario deberá formar parte de las instalaciones situadas en recintos industriales, no siendo exigible para las instalaciones de hidrantes en áreas urbanas, en las que esté plenamente garantizado que este equipo será aportado por los Servicios Oficiales contra incendios.

Se dispondrá de un equipo auxiliar complementario por cada hidrante.

El equipo auxiliar complementario se encontrará almacenado en una caseta provista de puerta de fácil apertura y acceso rápido. La caseta tendrá amplitud suficiente para permitir la colocación ordenada del equipo.

El interior de la caseta deberá encontrarse seco y convenientemente ventilado para evitar humedades, por lo que el piso deberá elevarse del suelo.

El equipo auxiliar complementario estará constituido por los siguientes elementos:

Mangueras:

Sus características estarán de acuerdo con la Norma UNE 23091. Existirán las normas siguientes:

- 1 tramo de manguera de 15 m de longitud y 70 mm de diámetro.
- 2 tramos de manguera de 15 m de longitud y 45 mm de diámetro.
- 1 lanza de 70 mm de triple efecto
- lanzas de 45 mm de triple efecto

Accesorios

- 1 bifurcación 70-2/45 con válvula en ambas salidas.
- 1 reducción de conexión 70/45
- 1 llave para el hidrante, en caso de ser necesaria para su puesta en servicio.

Criterios de diseño

Para la realización de la instalación que proponemos se han tomado como base los criterios establecidos por las normas siguientes:

- Reglamento instalaciones de P.C.I. (Real Decreto 1942/1996) y Orden 16/4/1998.
- Norma UNE 23405





5 EXTINTORES

Los extintores se situarán conforme a los siguientes criterios:

- La colocación de los extintores se realizará según planos, en lugares de fácil visibilidad y acceso, con el agente extintor y eficacias señaladas.
- Su ubicación deberá señalizarse, conforme a lo establecido en la Norma UNE 23-033-81 'Protección y lucha contra incendios. Señalización'.
- Los extintores manuales se colocarán sobre soportes fijados a paramentos verticales o a pilares, de forma que la parte superior del extintor quede a una altura de 1,20 a 1,70 m del suelo.
- Los extintores que estén sujetos a posibles daños físicos, químicos o atmosféricos deberán protegerse adecuadamente.
- Todos los extintores del tipo que sean deberán estar homologados por el Ministerio de Industria.
- Se situará una placa de diseño en cada extintor de acuerdo con lo establecido en el Reglamento de Aparatos a Presión, siendo la antigüedad de la más reciente inferior a 5 años.
- Los extintores serán esmaltados en rojo y dispondrán de los elementos habituales, tales como: manguera, manómetro, precinto, etc.

Los extintores cumplirán las siguientes normas:

- Reglamento de Aparatos a Presión y su correspondiente I.T.C. M.I.E-AP5.
- UNE 23-110/75: Extintores portátiles de incendio; Parte 1: Designación, duración de funcionamiento. Ensayos de eficacia. Hogares tipo.
- UNE 23-110/80: Extintores portátiles de incendio; Parte 2: Estanqueidad. Ensayo dieléctrico. Ensayo de asentamiento. Disposiciones especiales.
- UNE 23-110/82: Extintores portátiles de incendio; Parte 3: Construcción. Resistencia a la presión. Ensayos mecánicos.

Los agentes extintores se regirán por las siguientes normas:

- UNE 23.600, 23.601, 23.602, 23.603, 23.604, 23.607 y 23.635. En todo caso la eficacia de cada extintor, así como su identificación, según UNE 23-110/75, estará consignada en la etiqueta del mismo.



5.1 CONDICIONES DE MANTENIMIENTO Y USO

Los extintores móviles, deberán someterse a las operaciones de mantenimiento y control de funcionamiento exigibles, según lo que estipule el reglamento de instalaciones contra Incendios R.D.1942/1993 - B.O.E.14.12.93.

5.2 PRUEBAS Y ENSAYOS

Se realizarán las siguientes pruebas y ensayos a efectos de verificar el buen estado de los extintores:

- Comprobación del buen estado de los elementos de seguridad de apertura.
- Comprobación del manómetro y su tarado.
- Comprobación del peso de cada extintor.
- Comprobación del buen estado de conservación de la placa de diseño, así como de la placa de características.
- Verificación de características e idoneidad de los sistemas móviles de extinción, comprobando su presión.

5.3 MANTEMINIENTO

Se inspeccionarán cada 3 meses en los siguientes aspectos:

- Accesibilidad y señalización.
- Buen estado de todos sus elementos.
- Existencia de presión adecuada.

Se inspeccionará anualmente:

- Desmontaje de la manguera y comprobación de efectividad de la misma.
- Comprobación de manómetros.
- Verificación de los abastecimientos de agua.

Se inspeccionará cada 5 años:

- Prueba de estanqueidad de la manguera.



En general, se seguirá lo establecido en las Normativas y Reglas Técnicas correspondientes.

5.4 ENTRENAMIENTO

En caso de ser necesario se contará para tal efecto con la colaboración de la Entidad Aseguradora o con el Parque de Bomberos más próximo.

5.5 PRUEBAS DE LA INSTALACIÓN

Prueba de presión y estanquedad en redes, pruebas a 1.5 veces la presión de funcionamiento durante 2 horas con aire en las tuberías, no se deberán apreciar disminuciones en la presión del sistema probado.

Prueba de presión y estanquedad en redes, pruebas a 1.5 veces la presión de funcionamiento durante 2 horas con agua en las tuberías, no se deberán apreciar disminuciones en la presión del sistema probado.

Pruebas con las mangueras, probando las distintas posiciones de las lanzas.



6 ROCIADORES

6.1 CONFORMIDAD

Un sistema de rociadores por agua será conforme si cumple con las siguientes especificaciones

Si el sistema cumple con las especificaciones de la normativa UNE correspondiente o con la Regla Técnica correspondiente y si la instalación ha sido realizada por un instalador cualificado, con materiales y componentes homologados. Si en la instalación participan varios instaladores cualificados, uno de ellos se hará responsable de la misma.

El instalador cualificado enviará a la autoridad competente un certificado de finalización cuando acabe la instalación o cualquier modificación.

El certificado de conformidad mantendrá solamente su vigor si la instalación se inspecciona periódicamente y de acuerdo con la normativa vigente, al menos una vez al año, por la autoridad competente.

La propiedad nombrará un responsable y un sustituto, los cuales, una vez hayan recibido las instrucciones pertinentes por parte del instalador, se encargarán de que la instalación este siempre en condiciones óptimas para actuar.

El trabajo incluye todas las tareas, mano de obra y materiales requeridos para coordinar, instalar y probar el sistema completo para cumplir con las normas y standares aplicables. Donde las cantidades, medidas y otras indicaciones incluidas en los documentos contractuales excedan a lo indicado por la normativa, prevalecerán los documentos contractuales.

Será función del contratista coordinar todas las tareas y las interferencias entre los distintos oficios o gremios que pueden intervenir en la realización de los trabajos.

6.2 REQUERIMIENTOS GENERALES

Se describen a continuación los componentes básicos que forman, en general, un sistema de rociadores de agua. Todos ellos deberán cumplir con las especificaciones señaladas en la normativa o regla técnica correspondiente:

El sistema será completado y probado de acuerdo con todas las autoridades que tengan jurisdicción.



Todos los equipos serán instalados y puestos en marcha como una parte simple del sistema. Todos los componentes serán aprobados por autoridades que tengan jurisdicción.

Materiales y equipos serán productos estándar de último diseño y apropiado para llevar a cabo las funciones para las que se ha especificado. Los equipos fabricados in situ, no serán aceptados y serán rechazados. Con objeto de asegurar la eficiencia del sistema y la satisfacción de la Propiedad, el Contratista suministrará todos los equipos y accesorios y coordinará todos los trabajos con objeto de evitar interferencias entre los diferentes oficios y gremios que intervengan en la realización de la instalación. Además, el Contratista preparará planos en los que estarán indicados la posición y marcados todos los componentes del sistema y una descripción del trazado de todas las tuberías.

Una vez montada la instalación, se celebrará una reunión entre el Contratista y personal de la Propiedad. El Contratista familiarizará al personal de la Propiedad con los componentes del sistema. Igualmente, realizará una prueba funcional del sistema como demostración del funcionamiento. El Contratista dispondrá del personal necesario y los instrumentos adecuados para realizar dicha prueba. El Contratista deberá coordinar el procedimiento de la prueba para asegurar la propia operación de detección y el funcionamiento eléctrico del sistema.

El Contratista entregará al Propietario dos ejemplares de los manuales de operación y mantenimiento, además, de un sumario escrito de las pruebas realizadas. Del mismo modo, hará entrega de una relación de puntos que deben ser chequeados y con los cuales el representante de la Propiedad realizará la recepción de aceptación del sistema.

Todos los equipos y accesorios suministrados por el Contratista serán componentes homologados y aprobados por la Ingeniería y las Autoridades locales de acuerdo con las normas aplicables y las especificaciones.

La sustitución de componentes se llevará a cabo por otros de similares características a aquellas especificadas en el diseño del sistema. El contratista dispondrá una lista con todos los componentes indicando modelo y referencia y el código del elemento especificado.

Se instalarán además todos los elementos necesarios para la correcta instalación del sistema de rociadores determinado.

Se instalarán únicamente rociadores nuevos y homologados.

Si el rociador esta sometido a ambientes corrosivos podrán ser protegidos por alguna de las formas indicadas en la Regla Técnica correspondiente.

Será función del contratista coordinar todas las tareas y las interferencias entre los distintos oficios o gremios que pueden intervenir en la realización de los trabajos.

Todas las redes de tuberías tendrán una pendiente de 0.2% hacia las válvulas de desagüe y limpieza.





7 SEÑALIZACIÓN

Se instalará una placa de situación en la parte externa de una pared exterior, cerca del puesto de control.

Se señalizará adecuadamente la válvula de cierre principal.



8 SISTEMA DE DOSIFICACIÓN

Bomba de pistón

La utilización de bombas de pistón requiere una posición horizontal de la unidad FireDos.

Las bombas de pistón no son autoaspirantes, por lo que es necesario tener una altura positiva entre el depósito de líquido espumógeno y la unidad FireDos.

Acoplamiento mecánico

El sistema de dosificación debe estar equipado con una bomba de pistón o rotativa el acoplamiento mecánico es de tipo elástico.

Purga de aire

Se necesitará una purga de aire es necesaria cuando haya aire en el sistema de tuberías o en la bomba dosificadora de espumógeno de la unidad FireDos.





9 INSTALACIONES DE DETECCIÓN Y ALARMA

9.1 OPERACIÓN

La activación de cualquier pulsador manual, después de una verificación de alarma por la central, hará que ocurran las siguientes operaciones, a menos que se especifique lo contrario:

1. Indicación acústica local (central de detección de incendios).
2. Anuncio en la pantalla (display) de la central de alarma de incendios del mensaje, indicando fecha, hora, dirección, naturaleza de la alarma, y mensaje de acción.
3. Impresión de la naturaleza de la alarma, tipo, fecha y hora. (requiere impresora externa).
4. Almacenar la alarma hasta que se reconocen todas las alarmas y se resetea el sistema.
5. Además se desarrollarán las siguientes acciones de control programadas en la Central de Incendios, según la lógica que se precise de acuerdo con el plan de emergencia.

En cualquier momento será posible visualizar en pantalla el estado actual de los periféricos o de los equipos que se encuentren en alarma, o en fallo, e imprimir esto por impresora. Será igualmente posible extraer datos de los históricos, de alarmas, etc., e imprimirlo.

Todos los circuitos de detección, aviso, control y comunicación, estarán monitorizados para detección de cortes del circuito o cortocircuitos.

9.2 CENTRAL DE DETECCION DE INCENDIOS

Será el elemento del sistema en el que se recogerán todas las incidencias del sistema y elementos de campo y será quien en base a la programación residente, tomará las decisiones de activación de dispositivos. Será el encargado de comunicar con el Puesto Central al que se envían todas las alarmas. La Central, será analógica inteligente con su propio microprocesador, memoria y baterías. Deberá funcionar en modo autónomo en caso de corte del suministro eléctrico.

La Central de Detección de Incendios se instalará en un local que cumpla las siguientes características:



-
- a) Ha de ser de fácil acceso, arquitectura simple y situado en las cercanías del acceso principal o de aquel que es utilizado normalmente por los bomberos.
 - b) Estará protegido con detectores.
 - c) Tendrá suficiente iluminación y deberá estar protegido de vibraciones y sobretensiones.

Características de la central

La central de detección de incendios debe permitir su configuración para adaptarse a las necesidades de cada instalación.

La aparición de una señal de fuego o de avería o la utilización del teclado por parte de un operador, no evitará o retrasará en ningún caso la recepción de alarmas adicionales.

En caso de que una parte del sistema quedase aislado o colocado en situación de mantenimiento, esta situación quedará señalizada en el panel, mediante una señal luminosa, para indicar el estado anormal del sistema.

Inmediatamente que se reciba desde elemento una alarma de fuego, deberán producirse las siguientes acciones:

- Iluminarse las indicaciones comunes de fuego.
- Iluminarse las indicaciones de zona/superzona.
- Indicarse en la pantalla de texto:
 - FUEGO
 - Número de zona.
 - Localización exacta.
- Actuación continua del zumbador de panel.
- Actuación de las alarmas acústicas comunes.
- Actuación de las alarmas acústicas de zona.
- actuación de las precisas funciones de control.
- Actuación de indicadores remotos luminosos o de texto.
- Pulsando la tecla de “Enterado” deberán silenciarse las alarmas. En el caso de que se produzcan simultáneamente varias señales de alarma, el texto en la pantalla deberá rotar de una a otra.



- Pulsando la tecla de “Rearme” deberá reponerse el sistema a su estado normal. En caso de que todavía exista la condición de alarma, la anterior secuencia de actuaciones deberá producirse nuevamente.

9.3 BUCLES Y EQUIPOS DEL SISTEMA ANALÓGICO

Cada pulsador manual, módulo de sirenas, etc. tendrá asignada una única dirección. La localización del equipo en el lazo no vendrá condicionada por su dirección en el lazo (P.e., se podrán añadir pulsador/detector en el lazo utilizando una dirección no usada, sin necesidad de reprogramar los equipos existentes)

Las líneas de cable se han de realizar bajo tubo independiente, con conductor aislado para una tensión nominal de 500 V., y serán con par trenzado de 1,5 mm² de sección como mínimo. Los tubos serán PVC blindado de métrica adecuada y grado de protección 7.

El diámetro del tubo (D) estará dimensionado en función del número de conductores dispuestos en su interior, así:

| Nº hilos | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 |
|------------------|----|----|----|----|----|
| Métrica del tubo | 20 | 20 | 25 | 32 | 32 |

No se cerrará el bucle de detección bajo el mismo tubo, por el tubo solo circularán dos hilos de detección. Dos tubos no llevarán nunca el mismo trazado dentro del local, el tubo volverá a la central por un camino diferente al de ida. No se permiten trazados de cable abierto. Todos los trazados, para el cable de detección serán en bucle cerrado. El cableado de la instalación de Detección de Incendios será íntegramente Resistente al Fuego según la norma UNE 50.200.

Las líneas de conexión llegarán hasta todos y cada uno de las alarmas, pulsadores, etc. reflejados en planos.

El tendido de las líneas se hará de forma que queden separadas de las líneas de corriente industrial una distancia mínima de 10 mm. Se evitará que exista influencia inductiva en las líneas de alarmas de incendios, de forma que no pueda generarse una excitación errónea, mediante apantallamiento del cable cuando sea necesario.

De igual manera se procurará que las líneas de alarma de incendios no sean influidas por otras instalaciones que puedan producir humedades, influencias mecánicas o químicas (instalación de calefacción, etc.).



Cuando sea necesario el empalme de las líneas se realizará en el interior de cajas distribuidoras, utilizándose bornas a tornillo con protección de hilo.

Todos los conductores estarán numerados en todas las cajas de empalmes.

Las cajas de empalmes serán suficientes y de medidas adecuadas para permitir el fácil manejo de los conductores.

El cableado entre los distintos elementos se realizará siempre bajo tubo de PVC rígido convenientemente sujetado en planta baja y primera, y bajo tubo de acero en sótanos. La sección será la adecuada según el R.B.T.

Las cajas de registro que se utilicen como cajas de conexión o derivación estarán provistas de regletas de conexión con objeto de evitar empalmes de conductores por otros medios y conseguir un buen conexionado del sistema de detección.

Las canalizaciones de detección de incendios se destinarán exclusivamente a este sistema.

9.4 CONDUCTORES

Los conductores de las líneas de conexión serán a base de cable trenzado de cobre de 2 x 1,5 mm. para la tensión de servicio hasta 250 V., e irán recubiertos de aislamiento de policloruro de vinilo de color negro o marrón el polo negativo y de azul claro o rojo el polo positivo.

Los conductores se instalarán en tramos continuos sin empalmes, los tramos quedarán terminados por las cajas de empalmes o derivaciones, no así por las que sólo sean consideradas como cajas de registro. Los empalmes y conexiones se harán en el interior de las cajas correspondientes, mediante el empleo de bornas de presión, no se permitirá efectuar empalmes en el interior de los tubos y se pondrá especial interés en que no se dañen al introducirlos en las canalizaciones.

9.5 INSTALACIONES BAJO TUBO.

Los tubos para la protección de los conductores serán los denominados "tubos rígidos blindados", estancos y no propagadores de la llama, y con grado de protección 7 contra choques mecánicos; según norma UNE 20324 deberán soportar sin deformarse 60°C como mínimo.

El diámetro mínimo interior (D) de los tubos serán en función del número de conductores (N) y estará de acuerdo como mínimo, con lo especificado por el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión. No se colocaran tubos de diámetro menor que 13.



Se verificará cuidadosamente, antes de la colocación, el estado de la superficie interior de cada tubo, a fin de no dañar, el aislante de los conductores durante su paso.

9.6 REGISTRO

Las cajas de registro, cuya finalidad podrá ser únicamente la de facilitar la introducción y retirada de los conductores en los tubos, o servir al mismo tiempo como cajas de empalmes o derivación, serán de materiales de características de aislamiento y resistencia mecánica equivalente a los tubos y serán igualmente no propagadores de llama.

Podrán ser de sección circular o cuadrada y sus dimensiones serán tales que permitan alojar holgadamente todos los conductores que deben contener; en profundidad equivaldrá, cuando menos, al diámetro del tubo mayor más de un 50% del mismo, con un mínimo de 50 mm. de profundidad y 80 mm. de diámetro interior.

9.7 CONEXIONADO DE LOS CONDUCTORES

Todos los conductores serán conectados a los aparatos y equipos por medio de terminales embutidos, siempre que la disposición de las regletas y bornas terminales de los aparatos permitan esta disposición.

9.8 PULSADORES MANUALES DE ALARMA

Los pulsadores manuales podrán incluirse dentro del lazo de detección inteligente por ser direccionables.

Deben permitir provocar voluntariamente y transmitir una señal a la central de control y señalización, de tal forma que sea fácilmente identificable la zona en que se ha activado el pulsador.

La alarma se activará al romper el cristal sin necesidad de usar ningún instrumento adicional (p.ej. un martillo)

La ventana de cristal estará diseñada de forma que previene los daños provocados por golpes.

El pulsador manual, en caso de cortocircuito se podrá desconectar de la línea de detección de forma que no se interrumpa el correcto funcionamiento del resto de detectores conectados a la línea de detección. La función de desconexión se configurará en la central de manera que pueda desactivarse cuando se ha reparado el cortocircuito.



El pulsador se controlará mediante un circuito integrado diseñado para aplicaciones específicas (ASIC) para garantizar la máxima fiabilidad del circuito electrónico.

El pulsador tendrá comunicación digital con la central con base a un protocolo de reconocimiento de errores con transmisión múltiple de la información.

El pulsador tendrá un LED incorporado que se active cuando se activa el pulsador.

El pulsador se podrá probar sin necesidad de romper el cristal.

El pulsador cumplirá la norma EN54-11.

El pulsador se montará en una caja de montaje visto que contenga como mínimo 3 bornas para la conexión de los cables.

La parte que contiene el circuito de la electrónica se tendrá que poder montar por separado justo antes de la puesta en servicio de forma que se puedan prevenir daños ocasionados por manipulaciones inapropiadas.

9.9 MÓDULO DE SALIDA

Se instalarán éstos módulos en el lazo inteligente, para suministrar salidas direccionables de control a sirenas, o cualquier otra señal de control necesarias.

El módulo de salida suministrará supervisión al circuito periférico que es controlado por el módulo. Llevarán un LED como los descritos.

Estos módulos se ubicarán allí donde se encuentren las campanas o cualquier otro equipo a controlar (p.ej.: retenedores magnéticos de las puertas). Precisa alimentación de 24 V. DC adicionales a los 2 hilos del lazo si los equipos conectados tienen consumo.

9.10 MÓDULO DE ENTRADA

Se instalarán éstos módulos en el lazo inteligente, para direccionar entradas digitales del tipo de las proporcionadas por pulsadores convencionales, presostatos, detectores de flujo, señales técnicas, etc.

El módulo de entrada suministrará supervisión al circuito periférico que es controlado por el módulo. Llevarán un LED como los descritos.

Estos módulos se ubicarán allí donde se encuentren los equipos a controlar.



9.11 SIRENAS DE EVACUACIÓN

Las sirenas tendrán una potencia acústica superior a 90 dB a 1 m de distancia. Se instalarán en el interior y exterior de la nave industrial.

La colocación se realizará a 2 m de altura sobre el nivel del suelo en los lugares indicados en planos.

Cumplirán las Ordenanzas Municipales.



10 PRUEBAS Y ENSAYOS

El adjudicatario estará obligado a realizar las pruebas y ensayos que se indican facilitando los medios necesarios y corriendo de su cargo los costes derivados.

Cualquier prueba o ensayo no especificado y que sea necesario realizar para la aceptación de equipos o instalaciones deberá ser indicado y ejecutado por el adjudicatario.

La dirección Técnica podrá realizar todas las visitas de inspección que estime oportunas a las diversas fábricas y talleres donde estén realizando los trabajos destinados a esta instalación. Igualmente podrá exigir determinadas pruebas sobre material que compongan la instalación.

10.1 Redes de tubería de agua

Pruebas Hidrostática

Todas las redes de distribución de agua contra-incendios, deben ser probadas hidrostáticamente antes de quedar ocultas por obras de albañilería o por el material aislante a fin de probar su estanqueidad.

Las pruebas se efectuarán de acuerdo a lo indicado en la norma UNE 100.151-86, pruebas de estanqueidad de redes de tuberías.

Las pruebas podrán hacerse, si así lo requiere la planificación de la obra, subdividiendo la red en partes.

Las pruebas requieren inevitablemente, el taponamiento de los extremos de la red, cuando no estén instaladas las unidades terminales. Estos tapones deberán instalarse en el curso del montaje de la red, de tal manera, que sirvan al mismo tiempo para evitar la entrada de suciedades.

Antes de la realización de las pruebas de estanqueidad, la red se habrá limpiado, llenándola y vaciándola el número de veces que sea necesario, utilizando, eventualmente, productos detergentes (el uso de estos productos para la limpieza de tuberías está permitido solamente cuando la red no esté destinada a la distribución de agua para usos sanitarios).





11 EJECUCIÓN

11.1 COMPROBACIÓN

Se prestará especial cuidado a las holguras bajo vigas, alrededor de columnas, adyacentes a las puertas y muros, sobre las ventanas, etc, a fin de permitir la máxima altura libre y el acceso a todos los espacios; así como a las ubicaciones de los equipos del sistema, a las tuberías y a los accesorios. Los elementos de soportería y fijación utilizados, serán específicamente diseñados considerando estas distancias. Se confirmará sobre los planos las alturas de todos los techos suspendidos así como el tamaño de todos los patinillos de tuberías en los cuales las tuberías deban ser montados, al igual que la localización y el tamaño de los elementos estructurales del edificio. Se coordinará la instalación del equipo, aparatos y tuberías con los conductos de aire, equipos de alumbrado y en general con las instalaciones de cualquier otro gremio.

11.2 INSTALACIÓN GENERAL DE SISTEMAS DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

Se instalarán los sistemas completos de protección contra incendios, incluyendo todos los materiales y equipos, tuberías, elementos auxiliares necesarios para abastecer todas las tomas y salidas y el servicio requerido para el equipamiento considerado. La instalación del sistema y las características de funcionamiento estarán de acuerdo en todos los puntos con los standard y normativas aplicables.

Todos los materiales serán nuevos.

Todas las roscas en las válvulas, conexiones al departamento de incendios, y otros equipamientos a los cuales el departamento local de incendios pueda conectar sus mangueras, serán equipados con conexiones idóneas para la conexión de los equipos del departamento local de incendios.

Todos los equipos y materiales serán idóneos y dimensionados para las presiones hidráulicas de trabajo del sistema.

El color de acabado de las manetas de las válvulas, de los tapones y de los acoplamientos del departamento de incendios, serán definidos por el departamento de incendios local.

Los planos e información incluida en estas especificaciones, constituyen únicamente una guía general y no relevan al contratista de suministrar todo el trabajo y equipos necesarios para completar la instalación de acuerdo a los requerimientos que se establecen. El número y el espaciamiento de las cabezas de los rociadores, los



cálculos hidráulicos, el método de drenaje de las líneas, las válvulas de alarma, y cualquier otro detalle y trabajos de la instalación, serán realizados de acuerdo con la normativa local y códigos aplicables.

Las cabezas de los rociadores en todas las áreas deberán ser instaladas de acuerdo con las líneas de los ejes del edificio, en ambas direcciones, con una desviación máxima de los ejes de las líneas de 12.5 mm a partir de las alineaciones reflejadas en los planos de techo. A la finalización de la instalación, si cualquier cabeza fuera considerada desplazada más de la distancia mencionada, será reubicada y reinstalada por el contratista a su costa.

Ninguna tubería, válvula o cualquier otro aparato será instalado de forma que interfiera en ningún caso con el modo de apertura de las hojas de las puertas de cualquier tipo.

El replanteo, posicionamiento y conexiones de las tuberías, drenajes, válvulas, etc. que se indican en los planos serán considerados como una aproximación y serán seguidas tan estrictamente como sea posible. Se reserva el derecho al Arquitecto para cambiar la ubicación de los elementos. A fin de evitar modificaciones de las condiciones de ejecución o tipo de ejecución que puedan aparecer durante el desarrollo de los trabajos, que no implicaran compensaciones adicionales al contratista por tales cambios, se intentará que los cambios sean establecidos por el contratista con anterioridad a la instalación de esa parte de la obra. La responsabilidad de la implantación adecuada es únicamente del contratista. Si fuera encontrado que cualquiera de sus instalaciones montadas, estuviera implantada de forma que produce interferencias, el contratista presentará un informe al arquitecto al respecto antes de proceder a su nueva instalación.

Cuando sea definido de alguna manera, o requerido, la tubería será instalada oculta en los elementos constructivos del edificio.

Toda la tubería roscada será limada antes de ser instalada. La tubería no será partida, doblada, aplastada ni dañada, antes ni durante el período de instalación.

Se instalarán todas las cabezas de rociadores antes de la instalación, en estricta satisfacción con los planos de obra aprobados. El arquitecto se reserva el derecho a rechazar cualquier trabajo realizado que no esté de acuerdo con los planos aprobados.

Independientemente de que se indique o no, en los planos del contrato, se deberán satisfacer todos los requerimientos de la normativa. Estas especificaciones requieren el suministro e instalación de los sistemas completos de rociadores en todos sus detalles y de acuerdo con la normativa y standards aplicables.

En aquellas áreas en las cuales sea necesaria la pintura o en que los rociadores y su tubería haya sido pintada, tan pronto como la cabeza del rociador esté ubicada en su lugar, el contratista recubrirá dichas cabezas inmediatamente con pequeñas bolsas de papel o algún tipo aprobado que serán retiradas únicamente después de que los procesos de pintura hayan finalizado. Una vez que la bolsa haya sido retirada, todas las cabezas serán limpiadas.



DOCUMENTO 4: PRESUPUESTO

| Sistema | Elemento | Cantidad | Descripción |
|------------------------------------|--|----------|---|
| SISTEMA DE ABASTAECIMIENTO DE AGUA | Bomba centrífuga horizontal eléctrica. Medidores, presostatos, manómetros. | 2 | Qn=700 m ³ /h Pn=373 KW Hn= 11 bar |
| | Bomba centrífuga horizontal diésel. Medidores, presostatos, manómetros. | 1 | |
| | Depósito para combustible para alimentación de la bomba. | 1 | |
| | Bomba centrífuga vertical multietapa Jockey. Medidores, presostatos, manómetros. | 1 | |
| | Colector impulsión 20". Pintado y colector de aspiración de 20" | 1 | |

| | | |
|---|-----|--|
| Acometida a red industrial de agua | 1 | |
| Sistema de llenado automático del depósito | 1 | |
| Panel de control de bombas | | |
| Depósito de agua | | |
| Boquillas pulverizadoras para anillos principales | 372 | |
| Boquillas pulverizadoras para cuartos de anillo | 184 | |
| Presostatos, manómetros, caudalímetros. | | |

| | | | |
|-------------------|--|----------------------|---|
| SISTEMA DE ESPUMA | Sistema de dosificador de espuma. | 1 | Qmax=15000 l/min Qmin=650 l/min |
| | Líquido espumógeno FFFP HYDREX 3% | 362.4 m ³ | |
| | Depósito doble de membrana vertical | | |
| | Proporcionador para depósitos de membrana | | |
| | Cámara de espuma en acero galvanizado | 24 | Cámaras de espuma con un orificio mínimo de 1.75 |
| | Vertedera de espuma | 24 | Vertederas de espuma de 2100 l/min de capacidad de caudal de vertido. |
| | Rociadores estándar de K = 80 para protección del cargadero de camiones. | 20 | |

| | | | |
|-----------|---|---|--|
| HIDRANTES | Monitor de espuma para cubetos | 9 | Qn=2000 l/min Dimensiones= 328*366*407 mm |
| | Lanza de espuma para monitor auto aspirante de 3". | 9 | Caudal SE-LS-A-20-3G |
| | Hidrantes | 9 | Columna húmeda 6" acero al carbono ASTM. Una (1) toma rosca redonda tipo bombero de 100 mm con valvula de mariposa de 4" para conexión con un camión de bomberos, incluyendo tapa. Dos (2) tomas de mangueras de 70 mm con racores tipo Barcelona con tapa y válvula de angulo 2 1/2 " Una (1) conexión a monitor de 4" bridada ASTM. |
| | Casetas para intemperie con dotación auxiliar de mangueras con recubrimiento de chapa galvanizada | 4 | |
| | Suministro y montaje de cassetas de dotación Ryljet para hidrantes (mangueras, racores y lanzas) una cada dos hidrantes | 4 | |
| | Llave de accionamiento par hidrantes tipo california | | |
| | | | |

| | | | |
|-------------|---|---------|--|
| RED DE AGUA | Extintores portátiles para cubeto, oficina y cargadero. Extintor con carro para cargadero. | 6 | |
| | Depósitos espumógenos para hidrantes de 4000 l de capacidad. | | |
| | Suministro, prefabricación, montaje, pintura, pruebas y lavado de metro lineal de tubería y accesorios. | | |
| | Tubería de acero galvanizado 20" | 10.5 m | |
| | Codos acero galvanizado 20 " | 2 | |
| | Cono reductor de 20" a 18" | 1 | |
| | Tubería de acero galvanizado de 18 " | 58.44 m | |

| | | |
|-------------------------------------|----------|--|
| Tubería de polietileno de 18" | 509.08 m | |
| Te igual de 18" | 1 | |
| Codo de acero de 18" | 1 | |
| Codos PE de 18" | 4 | |
| Reductores de 18" a 12" | 1 | |
| Tubería de acero galvanizado de 12" | 281.80 m | |
| Tes igual 12" | 4 | |

| | | | |
|--|---|---------|--|
| | Reducer 12" a 10" | 8 | |
| | Tubería de acero galvanizado de 10" | 72.1 m | |
| | Te igual 10" | 4 | |
| | Reducer 10" a 8" | 8 | |
| | Tubería de acero galvanizado de 8" | 237.5 | |
| | Codos de acero galvanizado de 8" | 8 | |
| | Tuberías de acero galvanizado circuito de espuma. 14" | 18.07 m | |

| | | | |
|-------------------------|--|----------|--|
| | Tuberías de acero galvanizado circuito de espuma 16" | 449.89 m | |
| | Codos acero galvanizado 16" | 5 | |
| | Tuberías de acero galvanizado 6" | 196.33 | |
| | Codos de acero galvanizado 6" | 3 | |
| | Válvulas manuales 10 " | 4 | |
| | Suministro y montaje de soportes de tuberías. | 1 | |
| A DE DETECC IÓN Y | Pulsador de alarma | 19 | Diseñado para usos en zonas explosivas y montaje en superficie en interiores o exteriores con un grado de protección |

| | | | |
|--|---------|---|--|
| | Sirenas | 6 | |
|--|---------|---|--|

TOTAL PRESUPUESTO ESTIMADO = 2.635.000 €