

UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID

DEPARTAMENTO DE MEDIOS CONTINUOS Y TEORÍA DE
ESTRUCTURAS



TITULACIÓN DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

PROYECTO FIN DE CARRERA

**DISEÑO Y CÁLCULO DE UN SISTEMA DE PROTECCIÓN
CONTRA INCENDIOS, VENTILACIÓN Y AISLAMIENTO
ACÚSTICO DE UNA NAVE INDUSTRIAL**

ALUMNO: GUSTAVO MORENO OTERO
TUTOR: ANGEL ARIAS HERNÁNDEZ
LEGANÉS, 15 DE JULIO DE 2009



INDICE

1. <i>AGRADECIMIENTOS</i>	7
2. <i>RESUMEN</i>	8
3. <i>INTRODUCCIÓN</i>	9
3.1. GENERALIDADES Y ANTECEDENTES.....	9
3.2. OBJETIVOS.....	10
3.3. MOTIVACIONES Y APORTACIONES DEL PROYECTO.....	11
4. <i>CONCEPTOS GENERALES DE NAVES INDUSTRIALES</i>	12
4.1. NAVES INDUSTRIALES.....	12
4.2. PLIEGO DE CONDICIONES.....	13
4.3. ELEMENTOS DE UNA NAVE INDUSTRIAL.....	15
5. <i>DESCRIPCIÓN DEL PROCESO</i>	17
6. <i>CARACTERÍSTICAS DE LA NAVE INDUSTRIAL</i>	19
7. <i>INSTALACIONES BÁSICAS</i>	21
7.1. INSTALACIÓN ELÉCTRICA.....	23
7.2. INSTALACIÓN DE CABINA DE PINTURA.....	28



7.3. VENTILACIÓN FORZADA.....	30
7.3.1. Conductos de Aire.....	30
7.3.2. Bocas de Aspiración.....	31
7.3.3. Sistema de Detección de CO.....	31
7.3.4. Evacuación de Gases.....	32
7.3.5. Ventilación Forzada en los Aseos.....	32
7.4. INSTALACIÓN DE SUMINISTRO DE COMBUSTIBLE PARA MAQUINARIA.....	32
7.4.1. Descripción de las instalaciones de Repostado de Combustible.....	33
7.4.2. Clasificación del combustible.....	33
7.4.3. Diseño de la Instalación de Repostado de Combustible.....	34
7.4.4. Tuberías y Accesorios.....	34
7.4.5. Conexiones.....	35
7.4.6. Protección contra Corrosión en tuberías.....	37
7.4.7. Instalaciones Enterradas.....	38
7.4.8. Distancia entre Edificaciones y Recipientes.....	39
7.4.9. Protección Contra Incendios.....	40
7.5. TRASIEGO DE ACEITES.....	40
7.6. INSTALACIÓN AIRE COMPRIMIDO.....	43
7.7. TIPOS DE COMPRESORES.....	45



8. ELEMENTOS DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS.....	46
8.1. SECTORIZACIÓN DE LA NAVE.....	48
8.2. ESTABILIDAD AL FUEGO DE LA ESTRUCTURA.....	49
8.3. MEDIOS CONTRA INCENDIOS.....	49
8.4. DETECCIÓN Y ALARMA DE INCENDIOS.....	50
8.5. SISTEMA DE DETECCIÓN.....	51
8.6. EXTINTORES DE INCENDIO.....	53
8.7. BOCAS DE INCENDIO EQUIPADAS.....	54
8.8. ROCIADORES AUTOMÁTICOS DE AGUA.....	55
8.9. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE EXTINCIÓN.....	58
8.10. RELACIÓN DE APARATOS.....	59
8.10.1. Rociadores Automáticos.....	59
8.10.2. Grupos de Presión.....	59
8.10.3. Depósito de Agua.....	63
8.10.4. BIES.....	63
8.10.5. Tuberías.....	63
8.10.6. Valvulería.....	63
8.10.7. Señalización.....	64
8.10.8. Alumbrado de Emergencia.....	64
8.10.9. Medidas Correctoras Reglamentarias.....	65



9.	MEMORIA DE EVALUACIÓN AMBIENTAL.....	66
9.1.	OBJETO.....	66
9.2.	CARACTERÍSTICAS DE LA ACTIVIDAD EN LAS INSTALACIONES, MATERIALES Y PRODUCTOS.....	66
9.2.1.	Localización y Análisis de las Instalaciones.....	66
9.2.2.	Proceso Productivo.....	67
9.2.3.	Materias Primas y Auxiliares utilizadas.....	67
9.3.	EMISIONES, VERTIDOS Y RESIDUOS.....	68
9.3.1.	Emisiones Gaseosas.....	68
9.3.2.	Residuos y Vertidos de carácter Sólido.....	69
9.3.3.	Residuos y Vertidos Líquidos.....	69
9.4.	EMISIONES POR FORMA DE ENERGÍA (RUIDOS Y VIBRACIONES).....	70
9.4.1.	Tipo de Actividad y Horario previsto.....	70
9.4.2.	Descripción de la Nave y Usos Adyacentes.....	70
9.4.3.	Focos de Contaminación Acústica de la Actividad.....	71
9.4.4.	Niveles de Emisión Previsibles.....	71
9.4.5.	Niveles de Perturbación.....	72
9.4.6.	Descripción del Aislamiento Acústico.....	72
9.4.7.	Necesidad de Aislamiento Acústico.....	73



10. CÁLCULO DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN.....	74
10.1. CÁLCULO SISTEMA VENTILACIÓN.....	74
10.1.1. Sectores.....	74
10.1.2. Sistemas de Ventilación en los Sectores.....	75
11. CÁLCULO DEL SISTEMA DE AISLAMIENTO.....	86
11.1. CÁLCULO DE AISLAMIENTO ACÚSTICO.....	86
11.1.1. Fachadas Frontales.....	87
11.1.2. Fachadas Laterales.....	92
11.1.3. Cubierta.....	96
11.1.4. Gráfico Aislamiento Acústico.....	97
11.1.5. Gráfico Nivel de Ruido Emitido al Exterior.....	98
11.1.6. Conclusiones.....	99
12. CÁLCULO DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN.....	100
12.1. CÁLCULO DE LOS SECTORES DE RIESGO.....	100
12.1.1. Evaluación de Riesgo de Sectores.....	103
12.1.2. Gráfico Comparativo de Sectores de Riesgo.....	110
12.1.3. Evaluación de Riesgo Global de la Nave.....	111



13. CÁLCULO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA.....	112
13.1. CÁLCULO ABASTECIMIENTO DE AGUA.....	113
13.1.1. Sistema de Abastecimiento en Sanitarios.....	113
13.1.2. Sistema de Abastecimiento del Sistema Contra Incendios.....	116
13.1.3. Sistema de Abastecimiento de Lavado a Presión.....	119
13.1.4. Pérdida de Carga en Tuberías.....	121
13.1.5. Cálculo de Pérdida de Carga en cada Tramo de Tuberías.....	127
13.1.6. Pérdida de Carga en Sanitarios.....	134
13.1.7. Pérdida de Carga en Rociadores.....	144
13.1.8. Pérdida de Carga en Rociadores del Sótano.....	153
13.1.9. Pérdida de Carga en BIES.....	162
13.1.10. Pérdida de Carga en el Lavadero.....	173
13.1.11. Resultados Finales.....	181
14. PRESUPUESTO.....	182
15. CONCLUSIONES.....	184
16. TRABAJOS FUTUROS.....	188



1. AGRADECIMIENTOS

La realización de este proyecto ha permitido desarrollar una faceta dentro de mi carrera como ingeniero industrial, como es la investigación, diseño y cálculo de sistemas para la adecuación de naves industriales. Dicha faceta corresponde a la aplicación de todos los conocimientos para la realización del mismo, conocimientos aprendidos tras la realización de la carrera de Ingeniero Industrial con especialidad en Máquinas y Estructuras.

La elección de esta especialidad vino producida por el interés suscitado a lo largo de los primeros cursos de facultad, viéndose incrementada en los ciclos posteriores. Este interés ha permitido ampliar mis conocimientos y aplicarlos a una realidad empresarial, dando mi propio punto de vista, permitiendo la realización de sistema de instalaciones perfectamente válido para la aplicación en la vida real.

Quisiera dar las gracias a todas las personas que me han ayudado a lo largo de mi trayectoria universitaria, apoyándome en los momentos difíciles y levantándome en los momentos en los que caí.

En especial quisiera dar las gracias a mis padres por saber respetar mis decisiones, ayudándome de la manera más desinteresada en los momentos difíciles, sin los cuales hubiera sido imposible la realización de estos estudios.

También quisiera dar las gracias a mis hermanas y amigos por los consejos dados en los momentos de duda, así como a mi pareja por su constante apoyo y sus innumerables muestras de paciencia.

Y por último reconocer a todos los profesores de la universidad Carlos III, y a ella muy especialmente, por prepararme de la manera más adecuada para el contacto con la vida laboral.

A todos ellos muchísimas gracias de corazón porque sin vosotros no hubiera sido posible convertirme en el hombre que soy ahora, sabed que os llevaré siempre en el fondo de mi corazón.



2. RESUMEN

En este proyecto se ha realizado el estudio de aplicación de un sistema de protección, ventilación y aislamiento acústico con el que dotar a una nave industrial para llevar a cabo el desarrollo de una actividad comercial.

El proyecto se puede dividir en varias partes en las que se ha llevado a cabo desde las nociones más generales hasta el cálculo de detalles más específicos. El objetivo de este proyecto será la realización del diseño y cálculo de los tres sistemas necesarios para la protección de la nave industrial.

En una primera parte del proyecto se hace mención a los objetivos y motivaciones que han llevado a la ejecución del mismo, para posteriormente realizarse un estudio de los conceptos generales de las naves industriales.

La segunda parte engloba una descripción de todas las instalaciones necesarias para dotar a la nave industrial de un correcto funcionamiento, describiendo los elementos más importantes de los sistemas contra incendios, ventilación, sistema de instalación eléctrica y suministro de fluidos y sistema de aislamiento acústico.

Una vez realizada esta descripción de las instalaciones, se ha realizado todo el capítulo de cálculos, donde se ha diseñado mediante fórmulas matemáticas y de fluidotermia todo el diseño de los elementos de los sistemas de protección, ventilación y aislamiento. Este apartado ha permitido la elección de los diseños más adecuados para la dotación de unos sistemas que garanticen la integridad de la nave frente al origen de un foco de incendio, permitiendo una actuación rápida y eficaz para la extinción del mismo.

El último apartado engloba las conclusiones y un presupuesto de lo que costaría la ejecución de todo el proyecto de aplicarse a la nave industrial, dando un resultado por elemento, aplicando un beneficio industrial del 15%.

La parte final del proyecto está formada por todos los planos necesarios para el diseño de todos los sistemas de abastecimiento de agua, rociadores, BIES, servicios,..., pertenecientes al sistema de protección contra incendios, que permiten conocer el recorrido de estos sistemas y su distribución por la nave.



3. INTRODUCCIÓN

3.1. GENERALIDADES Y ANTECEDENTES

La adecuación de naves industriales, en la sociedad actual, va tomando mayor importancia, tanto en cuanto, la industria va adquiriendo un papel cada día más relevante en el crecimiento de los países.

Estas naves industriales son los establecimientos donde se realizan todas las labores industriales de las empresas, manufacturación de los productos, creación de métodos implementales para el desarrollo de I+D, almacenamiento de mercancías, almacenamiento y tratamiento de materias primas, almacenamiento de los productos finales, tratamiento del producto, etc.

Todas estas tareas conllevan que la mayoría de las empresas hayan de recurrir a la creación de una serie de naves industriales que permitan desarrollar todo el ciclo de producción para la obtención del producto final, naves dedicadas desde el almacenamiento de las materias primas a emplear a naves para la elaboración de los distintos productos o para el almacenaje de los mismos.

La creación de estas naves industriales serán llevadas a cabo por ingenieros que deberán estudiar, dimensionar y calcular todas las instalaciones necesarias según la función que se de a cada nave industrial, ya que dependiendo el uso que se vaya a hacer de dicha nave, su adecuación, así como sus instalaciones variarán ostensiblemente.

Todo ingeniero que tenga como función la adecuación de una nave industrial deberá realizar un análisis previo del uso para el que se quiere diseñar dicha nave y las funciones que se van a realizar en ella. Este primer análisis dará las bases para poder referenciar la nave con la normativa correspondiente, y tras estudio de la normativa a aplicar, dependiente del uso y del lugar de emplazamiento, podrá realizar el dimensionamiento y cálculo de todas las instalaciones con las que legalmente se debe dotar a la nave correspondiente.

El crecimiento de la innovación tecnológica ha hecho que las naves industriales cada vez estén dotadas con instalaciones más complejas y tecnológicamente más avanzadas lo que permitirá la ampliación de las funciones a realizar en ellas. Esta diversidad de funciones conllevará un aumento de riesgo en la propia nave, para lo que será necesario la implantación de sofisticados y complejos sistemas de protección que se adecuen a los parámetros fijados por las normativas correspondientes.



Todos estas instalaciones, y como consecuencia, su protección deberá ser estudiada por los ingenieros para, optimizando los recursos, asegurar de una manera correcta la realización de las funciones para las que se diseñó la nave industrial.

3.2. OBJETIVOS

El objetivo planteado en este proyecto ha sido la realización del cálculo y dimensionamiento de los sistemas de protección necesarios (contra incendios, ventilación, etc) para asegurar la integridad de la nave industrial y de las instalaciones allí englobadas en caso de incendio. En el caso particular de este proyecto se ha aplicado a una nave industrial destinada al alquiler y reparación de maquinaria.

Para llevar a cabo este estudio, el proyecto se ha dividido en dos partes:

- Elección de instalaciones

Se ha realizado la elección de todas las instalaciones con las que se ha dotado la nave, especificando las dimensiones y los materiales utilizados.

- Cálculos de los sistemas de protección

Con el estudio de las instalaciones y de las funciones que se van a realizar en cada zona de la nave industrial se ha estudiado, dimensionado y calculado los sistemas de protección más adecuados para garantizar la integridad de la nave industrial.

El objetivo principal de este proyecto es diseñar un sistema de protección que permita la extinción de cualquier fuego que se produzca en la nave, así como la expulsión de cualquier humo propio de la combustión que pueda perjudicar el material en ella confinado o al personal que se encuentre en ella.

Para esto, se ha hecho una descripción de todas las instalaciones propias de la nave, así como de los procesos que en ella se desempeñan, lo que permite englobar a la nave dentro de un proceso industrial y catalogarla, conociendo la normativa de protección a seguir. Una vez se determinados los procesos que se van a realizar se tiene una idea de la protección de la que se debe dotar a esa nave, y se puede realizar el estudio de los sistemas de protección.

Con el estudio de la nave y sabiendo los materiales que en ella se emplazan se ha podido parametrizar el grado de protección necesario, con lo que se ha diseñado la ingeniería del sistema de protección de la nave industrial, incluyendo su dimensionamiento y cálculos, y los planos.



3.3. MOTIVACIONES Y APORTACIONES DEL PROYECTO

La importancia de las naves industriales se ha visto incrementada con el paso de los años debido al uso que se ha ido haciendo de ellas en el ámbito empresarial. Esta importancia ha conllevado modificar y renovar naves industriales en desuso para adecuarlas a los tiempos actuales, tanto en dotación de máquinas, que permitan realizar los trabajos de una manera más rápida y eficaz, como en dotación de sistemas de suministro y seguridad.

En el presente proyecto se ha estudiado la viabilidad de adecuación de una nave industrial, dotándola de sistemas de suministro para realizar las labores y procesos que en ella se requieren, así como la incorporación de un sistema de protección que garantice el perfecto funcionamiento en caso de un fallo en cualquier de las instalaciones de la nave o de la propia estructura de la nave.

El sistema de seguridad y protección toma gran importancia dentro de las naves industriales, por tener la función de proteger tanto la estructura de la nave como todos los elementos en ella que están englobados, siendo éstos las partes más importantes de las empresas. Esto conlleva que dicho sistema deba ser calculado y dimensionado acorde a la normativa con un grado de detalle elevado por parte de una ingeniería. Este cálculo y dimensionamiento es la parte fundamental que se ha recogido como objetivo en este proyecto debido a su importancia, tratando de diseñarlo de la manera más optimizada y adecuada posible acorde a las necesidades de la nave.

A lo largo de los diferentes capítulos se ha intentado explicar las elecciones realizadas en los diferentes materiales utilizados, buscando los mejores para las aplicaciones requeridas.

También se ha intentado diseñar los mejores sistemas de protección analizando todos los parámetros de la nave, sectorizando la nave según funciones a realizar, optimizando así los recursos a emplear y disminuyendo el coste de la instalación.



4. CONCEPTOS GENERALES DE NAVES INDUSTRIALES

4.1. NAVES INDUSTRIALES

Una nave industrial es un conjunto de elementos que se combinan para la construcción periférica de grandes almacenes, depósitos, plantas, talleres, etc, donde se requiere, de materiales de construcción, estructuras metálicas, techos aligerados y equipos.

Las naves industriales son edificios de carácter industrial que sirven a las empresas o compañías para llevar a cabo multitud de actividades que permiten optimizar, generar y gestionar los recursos de la mismas.

A lo largo de la historia todas las actividades de producción, almacenaje, gestión, se llevaban a cabo en solares o edificios adaptados para realizar y desempeñar estas actividades. En la actualidad las naves industriales son una parte muy importante dentro de la compañía, pues es la que alberga la parte productiva y física, ya sea de producción como de logística.

Las naves industriales se construyen en terrenos especialmente habilitados para las mismas, conocidos como **polígonos industriales**, habilitados y equipados por los diferentes ayuntamientos u otras autoridades competentes en esa materia.

Un polígono industrial es un espacio territorial en el cual se agrupan una serie de actividades industriales, que pueden o no estar relacionadas entre sí. También se conocen con el nombre de parques industriales o cinturones industriales.

Los parques industriales o polígonos industriales tienen la particularidad de contar con una serie de servicios comunes, como pueden ser:

- Un abastecimiento de energía eléctrica, donde se conectan los C.T (centros de transformación) de las naves pertenecientes a ese polígono para suministrar de energía eléctrica a sus instalaciones.
- Un sistema de abastecimiento de aguas y sistema de recogida de las mismas, donde cada nave pueda acceder a una vía de agua potable con la que dar uso o dotar a sus instalaciones, y también tenga acceso a un sistema de recogidas de aguas fecales según la legislación medioambiental.



- Una red de telefonía al que pueden tener acceso todas las naves para dotar a las mismas de un sistema eficiente de voz y datos.
- Un sistema de comunicación de carreteras, ferrocarriles, puerto marítimos o aeropuertos que pueden ser usados por todas las naves de la zona. Este sistema de comunicación es muy importante pues es la vía que permite las naves puedan mover sus productos de una manera rápida y efectiva.

Los parques industriales suelen tener también otros servicios comunes, como servicio de vigilancia, portería, tratamiento de aguas servidas, entre otros.

4.2. PLIEGO DE CONDICIONES

A la hora de construir una nave industrial es necesario, previamente, la realización de un proyecto donde se establezcan todas las características constructivas de la nave de acuerdo con el **Pliego de condiciones**. En este documento se indicará cómo y con qué hay que hacer realidad los proyectos de obras y servicios que se contratan, determinando el uso y dimensiones que vaya a tener la nave que se quiere construir.

El Pliego que se concuerda y firma, contendrá las relaciones que existirán y que tienen que cumplirse, entre el propietario y el ejecutor de cualquier proyecto, servicio o concesión administrativa. Este documento debe contener toda la información necesaria para que el proyecto llegue a buen fin de acuerdo con los planos constructivos del mismo, en él, se indicarán:

- Las condiciones generales del trabajo
- La descripción y características de los materiales a utilizar
- Los planos constructivos
- La localización de la obra o servicio.

También se señalarán los derechos, obligaciones y responsabilidades de las partes que lo suscriben, señalando así mismo como se desarrollará el trabajo y como se resolverán los conflictos que puedan surgir a lo largo del proceso.

Normalmente los pliegos de condiciones de obras se dividen en varias partes, siendo las más usuales las siguientes:



- **Pliego de condiciones generales:** esta parte del documento debe incluir la descripción general del contenido del proyecto, los criterios o aspectos normativos, legales y administrativos a considerar por las empresas que intervengan, listado de planos que componen el proyecto, etc. En España la normativa que se aplica en los Pliegos de Condiciones Generales es la norma UNE 24042 (ya no está en vigor).
- **Pliegos de especificaciones técnicas:** dispone de dos apartados perfectamente diferenciados:

-**Especificaciones de materiales y equipos:** deben estar bien definidos todos los materiales, equipos, máquinas, instalaciones, etc. que se utilizarán en el proyecto. La definición se hará en función de códigos y reglamentos reconocidos. Las especificaciones hacen referencia a Normas y Reglamentos nacionales tipo (UNE, Normas MOPU, NBE, etc) o internacionales (DIN, ISO, etc.).

-**Especificaciones de ejecución:** en este apartado del Pliego se hace constar como será realizado el proyecto, es decir, su proceso de fabricación o construcción a partir de los materiales que serán utilizados.

- **Pliego de cláusulas administrativas:** en este apartado del Pliego se determina la forma de medir las partes ejecutadas del Proyecto, valorarlas y pagarlas.

Normalmente este pliego de Condiciones suele realizarse en base a proyectos previos que tengan relación con el que se está haciendo, debido a que hay una normativa abundante que permite copiar o adaptar este pliego en base a otro que sea análogo. Pero esto puede llevar a errores, ya que no se debe pasar inadvertido que cada proyecto es independiente y diferente a otro, por muy parecidos que puedan ser.



4.3. ELEMENTOS DE UNA NAVE INDUSTRIAL

A la hora de llevar a cabo la construcción de una nave industrial se deberá tener en cuenta y estudiar todos los elementos necesarios que la componen:

- **Solar:** llamamos solar al área porción de terreno que vamos a utilizar en la construcción de nuestra nave industrial, el solar deberá ubicarse en una zona que disponga de electricidad, teléfono, abastecimiento de agua, red de saneamiento, etc. A ser posible ubicada en un polígono industrial que tenga buenos accesos. Asimismo deberá realizarse un estudio geotécnico sobre los trabajos de movimiento de tierras y consolidación del suelo.
- **Cimentación:** Se denomina cimentación a la parte de la estructura cuya misión es transmitir las cargas de la edificación al suelo. Debido a que la resistencia del suelo es, generalmente, menor que los pilares o muros y proporcionalmente más grande que los elementos soportados (excepto en suelos muy rocosos).

Existen diferentes procesos de cimentación de las naves industriales de acuerdo a las características y usos que vaya a tener la nave, siendo la cimentación más recomendable aquellas que utilizan un sistema de zapatas de hormigón armado y que hace posible unir todas las zapatas mediante vigas riostras, que disminuyen los efectos de los asentamientos diferenciales y que además servirán para apoyar los cerramientos laterales. Una vez concluida la cimentación se procede a realizar las canalizaciones y el acondicionamiento del suelo.

- **Estructura:** La estructura metálica es la parte de cálculo de ingeniería más delicado de una nave industrial, con el fin de darle la mayor seguridad posible al precio más económico.

Existen estructuras metálicas o pórticos de geometría variable. Existen diferentes tipos, elegidos siempre en función del tipo de superficie y usos de la nave: tubular, pretensada, celosía, perfil de sección variable, perfil de alma llena, etc.

- **Cubierta:** La cubierta es la parte superior de la nave, que la tapa y protege de las inclemencias del exterior.

Hay varios tipos de cubiertos, techos y tejados, o cerramiento para las naves industriales entre las que destacan las del sistema conocido como sándwich y las de panel con poliuretano inyectado. Son paneles de chapa que van solapados y atornillados a las correas de la estructura metálica. El sistema de sándwich consiste en realizar el montaje en la misma obra, colocando una primera chapa sobre la estructura, luego el aislamiento térmico y una última chapa por el exterior. El sistema de paneles con poliuretano inyectado, el sándwich se realiza en fábrica y en la obra se coloca de una sola vez, en este caso el aislante térmico es poliuretano. Para dar luz natural al interior de la nave pueden utilizarse cubiertas traslúcidas.



- **Paredes:** para la construcción de las paredes se puede utilizar tres tipos de materiales diferentes: paneles de hormigón, bloques de hormigón o paneles de *chapa grecada*. Por lo general se utiliza la combinación de más de un material. Pueden también usarse, paneles traslúcidos para iluminar con luz natural el interior de la nave.
- **Equipamiento:** los equipos complementarios son aquellos elementos que se requieren para el mejor equipamiento de las naves industriales. Climatización, seguridad, ventilación, iluminación, puertas de acceso y control, instalación eléctrica, etc. Si la industria es estratégica posiblemente requiera un equipo de producción de electricidad autónoma para casos de emergencia o corte del fluido en la red.

Una vez analizados estos conceptos generales sobre las naves industriales, y tras la descripción de los objetivos que quiere alcanzar este proyecto, y la razón y motivaciones que han llevado a su ejecución se proseguirá con la descripción de todas las instalaciones necesarias, así como el cálculo detallado de todos los elementos que darán forma a la validez de este proyecto sobre la nave industrial con emplazamiento en Torrejón.



5. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

Una vez expuesto en el apartado de introducción el objetivo principal del proyecto, es decir, el dimensionamiento y cálculo del sistema de protección para una nave industrial que tendrá como fin el almacenamiento y reparación de maquinaria, será necesario describir el proceso que se va a originar en ella, para poder realizar, posteriormente, un estudio exhaustivo de riesgo de todos sus sectores. Lo que permitirá la implantación más optimizada de los medios de protección.

El proceso que se va a seguir dentro de la nave dará una idea de todas las actividades que se van a realizar en ella, lo que permitirá analizar las distintas instalaciones de las que se deberá dotar a la nave para llevarlo a cabo de la manera más eficiente y productiva.

Este proceso vendrá descrito mediante el “flujo de taller”. El *flujo de taller* serán todas las fases o etapas que deberán seguir las máquinas desde su llegada a la nave hasta que hasta el realquiler de las mismas, tras ser reparadas y almacenadas. Estas etapas darán como consecuencia una serie de actividades o procesos que se deberán realizar en la nave y para los que serán necesarios unas instalaciones y máquinas adecuadas para llevarlas a cabo de una manera eficaz y optimizada.

El flujo de trabajo será el siguiente:

1. La máquina llegará procedente del exterior, donde habrá sido utilizada por los clientes, será necesario descargarla del camión donde es transportada. Este proceso de descarga se realizará con la ayuda de una grúa, ya sea, grúa torre o puente grúa.
2. La máquina suele venir con un alto grado de suciedad, ya sea barro u hormigón, haciéndose necesario llevar a cabo un proceso de lavado en el lavadero para quitar todas las impurezas.
3. Debido al proceso de lavado y al trabajo realizado por la máquina, ésta habrá perdido gran parte de su pintura, teniéndose que volver a pintar en la cabina de pintura.
4. Tras un lavado y pintado de zona superficial de la máquina, se llevará a cabo una revisión en profundidad del motor y de la estructura interna de la máquina, reparando y sustituyendo las piezas dañadas a lo largo del proceso.
5. Se llevará a cabo un vaciado del aceite y una reposición del mismo comprobando que todo esté correcto.



6. Tras la verificación y reparación, y se procederá a su almacenaje.
7. Una vez la máquina sea alquilada deberá ser repostada previamente en la nave con gasolina, mediante una gasolinera situada en la campa, para que el cliente disponga de la nave en disposición de funcionar.

El flujo de taller tiene una gran importancia dentro de cualquier proceso productivo, y más si cabe en el funcionamiento de una nave industrial. Un flujo planificado imprime rapidez y eficacia a un proceso, en este caso, tener un flujo bien definido permitirá un agilización en los tiempos de recogida de las máquinas, procedentes de las obras, y en los tiempos de realquiler para con otros futuros clientes. Esta disminución de tiempos permitirá incrementar la eficiencia de la empresa repercutiendo directamente en el beneficio de la empresa.

Poseer un flujo de taller que no esté bien definido puede conllevar tener un lento proceso de puesta a punto de la máquina, entorpeciendo las fases delimitadas en él, repercutiendo negativamente en nuestro bienestar económico.

Una vez definido el flujo de trabajo se analizarán las instalaciones necesarias para que éste pueda llevarse a cabo.



6. CARACTERÍSTICAS DE LA NAVE INDUSTRIAL

La nave industrial que se ha dimensionado en este proyecto corresponde a una nave industrial de una empresa privada, HUNE MAQUINARIA. Esta nave está situada geográficamente en la comunidad de Madrid, en la localidad de Torrejón, en un polígono industrial adyacente a otras naves industriales.

La nave en cuestión, ha sido diseñada para poder llevar de la manera más optimizada posible las funciones de venta y alquiler de toda la maquinaria de la que dispone la empresa antes citada.

La empresa HUNE MAQUINARIA es una empresa de servicios que tiene como parte fuerte de su negocio el alquiler de todo tipo de maquinaria a entes particulares como públicos. Debido a esto la nave industrial deberá ser capaz de abarcar todas las funciones que permitan el mayor flujo de alquiler de máquinas posibles para la obtención de los mayores beneficios posibles para la empresa.

La nave industrial es una nave adecuada principalmente para las funciones de reparación y almacenamiento de maquinaria, lo que conllevará que esté dotada de una gran superficie, bien sea mediante recintos cerrados o al aire libre, para que dichas funciones puedan ser llevadas a cabo.

La nave industrial está formada por una nave, formada a su vez por 2 subnaves comunicadas entre sí, y una campa. La nave industrial tiene una superficie de 9502 m² totales, de los cuales 5770 m² son de campa y el resto 3732 m² es superficie construida. Esta superficie se repartirá acorde a los 80 empleados de los que dispondrá la nave para realizar en ella todos los trabajos necesarios para su correcta operabilidad.

La campa es la zona sin edificar, dedicada exclusivamente al almacenamiento de la maquinaria más grande, la cual, por sus dimensiones, será más complicada de almacenarse dentro de la propia nave.

La parte construida está formada por una nave industrial de 11 m de altura, con una capacidad de carga de 9 m. La nave tendrá una longitud de 90 m de larga y una anchura de 51 m, generando un Área disponible de 3732 m².



En el interior de la nave se podrán conseguir varias zonas, separadas y sectorizadas según la dedicación de las mismas. La nave se divide a su vez en 2 subnaves (nave 1 y nave 2) separadas por una puerta cortafuegos lateral, que permitirá la estanqueidad en caso de incendio. La nave 1 se dedicará al almacenamiento de la maquinaria más pequeña, mientras que la otra, la nave 2, se utilizará como taller para la reparación de toda la maquinaria.

La nave industrial dispone también de 2 sótanos para el almacenamiento de maquinaria, a los que se puede acceder por la campa a través de unas rampas acondicionadas para el paso de maquinaria, siendo posible el acceso (para tránsito humano) a través de las naves mediante escaleras.

Dentro de las 2 naves, se dispone de un altillo en cada una de ellas, donde se almacenará maquinaria más pequeña (altillo 1) que será izada mediante 2 puentes grúa. El altillo de la nave 2 se utilizará como zona de comedor y vestuarios con acceso directo, por parte del personal de la nave, a través de una escalera situada en la misma nave. Las naves también disponen de una zona de oficinas habilitada y sectorizadas a lo largo de uno de sus laterales, para uso administrativo.

Toda la sectorización de la nave se estudiará con posterioridad y quedará reflejada en los planos de la nave para lo que será necesario la descripción del tipo de maquinaria con la que se trabajará en la propia nave.

La maquinaria que se gestionará en esta nave, y para lo que deberá estar preparada, se podrá englobar en tres tipos de maquinaria:

Maquinaria pequeña

La maquinaria pequeña englobará toda la maquinaria de tipo pequeña como pueden ser pisonadoras, martillos neumáticos, mesas cortadoras, etc. Son máquinas de poco peso que ocupan poco espacio y tienen fácil almacenaje y reparación. Esto implicará que deberán existir zonas bien delimitadas, boxes de trabajo pequeños, para llevar a cabo en ellos todas las operaciones necesarias.

Maquinaria mediana

La maquinaria mediana es maquinaria de mayor peso y volumen que la anterior, correspondiéndole un tratamiento diferente, esta maquinaria la compondrán: dumpers, carretillas elevadoras, pequeños compresores, etc. Esta clase de maquinaria necesitará boxes de trabajos más grandes para su reparación y mantenimiento.



Maquinaria grande o pesada

La maquinaria pesada es toda aquella maquinaria de gran envergadura y peso que deberá ser gestionada con máquinas especializadas (grúas torre, puentes grúa, etc) debido a la gran complejidad que conlleva. Será necesario la utilización de boxes bastante grandes para poder realizar un mantenimiento adecuado.

El almacenamiento de estas clases de maquinaria dependerá de la capacidad, dimensiones y características de la nave industrial.

Para llevar a cabo todo el proceso antes descrito será necesario dotar a la nave de unas instalaciones adecuadas que permitan llevar a cabo, de la manera más optimizada, el proceso completo.



7. INSTALACIONES BÁSICAS

En este punto se ha llevado a cabo la descripción de las instalaciones necesarias para llevar a cabo todo el proceso mencionado con anterioridad, de venta, alquiler y reparación de maquinaria.

Para llevar a cabo el proceso será necesario dotar a la nave de unas instalaciones que permitan su realización y la de los subprocesos que lo conforman. Estos subprocesos deberán permitir la realización de todas las tareas y trabajos indicados en el flujo de trabajo o flujo de taller, donde se tendrá una idea clara de los pasos a seguir por las máquinas desde su llegada hasta su salida.

A continuación se han estudiado todas las instalaciones necesarias reflejando su importancia dentro del proceso y las alternativas que han llevado a su elección. Dentro del estudio de estas instalaciones se han seguido los parámetros fijados por la normativa perteneciente a dicha instalación. Esta normativa ha condicionado el diseño de cada instalación para adecuarse a lo establecido en los Reglamentos, normativa con la que se ha de cumplir para su posterior legalización.

7.1. INSTALACIÓN ELÉCTRICA

La instalación eléctrica tendrá como función dotar a toda la nave industrial de la energía eléctrica necesaria para que se puedan realizar en ella todos los trabajos requeridos. Una de las funciones de la instalación será dotar de luz eléctrica a toda la nave y a las oficinas, así como a la campa, y la otra función requerida será la de proporcionar la energía eléctrica necesaria para el funcionamiento de máquinas dentro de la nave, tales como: martillos, compresores, taladros, mesas cortadoras, etc.

Para la implantación y legislación de la instalación eléctrica, esta deberá ajustarse a los preceptos del vigente REGLAMENTO ELECTROTÉCNICO DE BAJA TENSIÓN aprobado por el Real Decreto 842/2002 de 2 de Agosto de 2002 y publicado por el BOE nº 224 de fecha de 18 de Septiembre de 2002 y al REGLAMENTO DE CENTRALES ELÉCTRICAS, SUBESTACIONES Y CENTROS DE TRANSFORMACIÓN aprobado por el Real Decreto 3275/1982 del 12 de Noviembre.



A la hora de analizar la instalación eléctrica de una nave industrial habrá varios elementos o instalaciones a tener en cuenta y que deben ser estudiados atendiendo a las solicitudes de la nave:

- Suministro
- Cuadro general de protección
- Cuadros secundarios
- Instalación de alumbrado
- Alumbrado de emergencia y señalización
- Canalizaciones y conductores empleados
- Toma de Tierra

Suministro:

Será la empresa que proporcionará el abastecimiento eléctrico, especificando cómo lo hará y cuales serán los elementos necesarios para ello.

La energía eléctrica de esta instalación será proporcionada por la Compañía Suministradora Unión FENOSA desde la red de Tensión 15 Kv existente en la zona. Esta conexión se hará en corriente alterna con una frecuencia de 50 Hz.

Para llevar a cabo la instalación se deberá implantar un Centro de Transformación con celdas de protección modulares de aislamiento y corte en SF₆, con unos transformadores con la relación de transformación 20 kV / 400 V, aptos para el suministro en el panorama español.

El Centro de Seccionamiento se realizará en un edificio prefabricado tipo PF 15 situado en un lateral de la nave, en la campa, con acceso libre a la compañía mediante una puerta situado al lado del C.T. Este centro será la conexión entre la nave y la empresa suministradora.



El Centro de Transformación será de tipo Abonado o Cliente, mediante un edificio subterráneo prefabricado tipo PFS-V, realizándose la medición de energía en Media Tensión, siendo la acometida mediante conductores aislados secos tipo RHZ-20L 12/20 kV. 3(1x240)mm² Al. + H16 subterráneos canalizados bajo tubo PEAD de 160 mm de diámetro. Estos parámetros serán fijados por la ley española de suministro eléctrico.

Cuadro General de Protección:

Es el cuadro eléctrico donde se centralizará el control eléctrico de la nave.

Se dispondrá de un Cuadro General de Protección ubicado en la planta baja, donde se centralizará todo el mando y protección de las líneas secundarias de alimentación, desde donde partirán las correspondientes líneas a los Cuadros Secundarios (repartidos por toda la nave), Líneas de Alumbrado y Fuerza del edificio.

Este cuadro será de superficie, construido de chapa protegida por pintura epoxy-poliéster aislante y auto extingible, grado de protección IP-55, con puerta transparente y tornillo de puesta a tierra y cerradura.

Cabe destacar la presencia de una batería de condensadores que aseguren tener un factor de potencia de 0,8 .

Cuadros Secundarios:

Los Cuadros Secundarios están repartidos por las dos naves, conectándose al Cuadro Principal, para poder abastecer tanto a los talleres como a las instalaciones ubicadas en la campa.

Estos subcuadros o Cuadros Secundarios ramificarán sus conexiones con subcuadros eléctricos de trabajo situados en los boxes de trabajo de la nave y en las instalaciones de la campa, para abastecer a todas las zonas de energía eléctrica.

Las líneas de alimentación a los Cuadros Secundarios serán todas del tipo XLPE 0,6/1 KV, que marca la norma, e irán canalizadas sobre una bandeja metálica o bajo tubo de PVC rígido.



Los Cuadros Secundarios, serán de superficie IP-65.

Las siglas de estos cuadros harán referencia a que el amperaje máximo permitido por los cuadros llegará a ser, como caso máximo, a 65 A, no pudiendo exceder ese nivel de intensidad, provocando, si se diera el caso, una desconexión de éste, cortando el suministro de electricidad.

Instalación de Alumbrado:

La instalación de alumbrado será la instalación encargada de dotar a la nave de la luz necesaria para permitir el trabajo en ella. Se llevará a cabo mediante focos industriales con lámpara de halogenuros metálicos de 400 W y pantallas fluorescentes estancas de 2x36 W que permitan el perfecto alumbrado en cualquier zona de la nave. En las oficinas de las entreplantas se llevará a cabo mediante pantallas fluorescentes de 4x18 W, menos potentes que las de la nave (talleres) debido a su menor exigencia a la hora de realizar los trabajos administrativos.

La campa será alumbrada mediante focos, farolas y farolas de dos focos, que proporcionarán luz necesaria para llevar a cabo la actividad requerida en las instalaciones en ausencia de luz solar.

Alumbrado de Emergencia y Señalización:

El edificio deberá ir provisto de alumbrado de emergencia y señalización.

El alumbrado de emergencia y señalización permitirá en caso de fallo del alumbrado habitual que las personas que allí se encuentren puedan abandonarlo de una manera fácil y segura.

Los puntos de consumo estarán constituidos por aparatos autónomos automáticos, siendo necesario para su carga la conexión a la red general.

El alumbrado de señalización, indicará de un modo permanente, la situación de puertas, pasillos, entradas y salidas, durante todo el tiempo que permanezca el local ocupado. Será alimentado por dos fuentes propias de energía, una de servicio normal y otra procedente de equipos autónomos que deberán proporcionar en el eje de los pasos principales una iluminación mínima de 5 lux, que es la iluminación mínima exigida por la norma para la ejecución de una evacuación de la nave en caso de ser necesario.



La entrada de funcionamiento de esos equipos se producirá automáticamente cuando falta el alumbrado habitual o su tensión disminuya en un 70 % de la nominal, disponiendo de una autonomía de 60 minutos.

Los equipos empleados para el alumbrado de emergencia y señalización tendrán las siguientes características:

- Alimentación: 240 V, 50 Hz.
- Número de lámparas: (de Señalización + emergencia).
- Interruptor de desconexión de lámparas no accesible al público.
- Difusor prismático de poliestireno.
- Verificar que cumplen con la norma UNE-EN 60.598-2-22 y la norma UNE 20.392 ó UNE 20.062 y la instrucción ITC-BT-28 del REBT.

Canalizaciones y conductores empleados:

Las canalizaciones y conductores empleados estarán constituidos por un hilo de cobre de formación rígida hasta 4 mm² de sección o varios hilos flexibles, para secciones superiores, con un tensión de aislamiento de 0,6/KV. Estos conductores serán los elementos para conducir la corriente eléctrica por todo el recinto de la nave.

La sección de los conductores, estará dimensionada de forma que puedan soportar, las caídas de tensión e intensidades máximas admisibles, de acuerdo con lo establecido en la ITC-BT-19 del R.E.B.T.

La sección mínima considerada es de 1,5 mm² para los circuitos de alumbrado y 2.5 mm² para los circuitos de fuerza, con independencia de los valores que resulten de cálculo, cuando estos sean inferiores.

Las canalizaciones serán de tubo de PVC rígido o acero en la zona de taller y de tipo forroplast, empotradas o sobre falso techo en oficinas. Su diámetro será el adecuado al número de conductores y secciones de estos, cumpliendo con lo dispuesto en la Instrucción ITC-BT-21.

Los tubos y cajas de derivación serán estancos y no propagadores de llama, capaces de soportar sin deformarse una temperatura de 70°C.



Toma de Tierra:

Todas las partes metálicas de los receptores que puedan ponerse accidentalmente bajo tensión, deberán estar conectados a la red de tierra del edificio. La red estará constituida por conductores de protección de sección igual a la del conductor de fase y con un mínimo de $2,5 \text{ mm}^2$ siguiendo el mismo recorrido que el circuito correspondiente, cumpliendo con lo dispuesto en la Instrucción ITC-BT-18.

La instalación de puesta a tierra tiene que permitir la puesta a tierra de todos los elementos metálicos de la instalación así como correcto funcionamiento de las protecciones diferenciales, mediante conductor desnudo de cobre de sección mínima de 35 mm^2 y picas de acero cobrizadas.

El conductor de tierra será de cobre con una sección de $1 \times 95 \text{ mm}^2$ en la derivación del C.G.P. reduciéndose a los valores indicados en los Esquemas Unificares.

Desde el cuadro se alimentará con conductores de puesta a tierra de cobre y aislamiento de 750 V, señalizado reglamentariamente en verde y amarillo a todos y cada uno de los receptores proyectados, tanto de fuerza como de alumbrado.

Las secciones de los conductores de puesta a tierra para cada circuito en función de la sección de los conductores de fase, serán las siguientes como mínimo:

- Los conductores de protección que forman parte de la canalización de alimentación.
- La resistencia de puesta a tierra se medirá utilizando el puente de pruebas previo a la conexión al cuadro, comprobando que la resistencia de la misma dentro de los límites establecidos.

En la tabla siguiente se hace referencia a la relación que deberá haber entre las secciones mínimas de los conductores de protección con la sección de los conductores

*SECCIÓN DE LOS CONDUCTORES DE FASE (mm²) Y SECCIÓN MÍNIMA DE LOS CONDUCTORES DE PROTECCIÓN (mm²)*

SECCIONES DE LOS CONDUCTORES DE FASE (mm²)	SECCIONES MÍNIMA DE LOS CONDUCTORES DE PROTECCIÓN (mm²)
$S \leq 16$	S
$16 < S < 35$	16
$S \geq 35$	S/2

Tabla 1**7.2. INSTALACIÓN DE CABINA DE PINTURA**

La cabina de pintura ES el lugar destinado al proceso de pintado de las máquinas provenientes del exterior, que hayan sido previamente utilizadas por el cliente, sufriendo en el proceso el consecuente deterioro.

Será necesario el proceso de pintado, posterior al de lavado, en toda nave industrial que se dedique a la venta y alquiler de maquinaria, para que la máquina esté en buenas condiciones para su alquiler, dando una buena imagen de la empresa y para la conservación de la misma contra agentes externos, como , la corrosión, climatología, etc.

Para llevar a cabo la instalación de la cabina es necesario cumplir con la normativa ambiental y la de seguridad. La normativa ambiental exigirá un control sobre los productos que se usen en ella, pinturas, disolventes, etc, debiendo cumplir con la legislación ambiental en cuanto a las emisiones (se usarán filtros) y vertidos (serán realizados por empresas autorizadas). Respecto a la seguridad eléctrica, la cabina debe estar en concordancia con lo dispuesto en la Instrucción ITC-BT-29 (*normativa para instalaciones eléctricas de los locales con riesgo de incendio o explosión*) la cabina de pintura pertenecería a un emplazamiento de CLASE I – ZONA 0, donde:



Clase I: Comprende los emplazamientos en los que hay o puede haber gases, vapores o nieblas en cantidad suficiente para producir atmósferas explosivas o inflamables; se incluyen en esta clase los lugares en los que hay o puede haber líquidos inflamables.

Zona 0: Emplazamiento en el que la atmósfera explosiva constituida por una mezcla de aire de sustancias inflamables en forma de gas, vapor o niebla, está presente de modo permanente, o por un espacio de tiempo prolongado, o frecuentemente.

No obstante se exigirá del fabricante el certificado de Homologación expedido por la Dirección General de Industria de la cabina de pintura a instalar, que acredite que en la cabina, en su funcionamiento normal, no llegar a alcanzarse, ni siquiera de forma poco frecuente ni de corta duración el L.I.E. (límite inferior de explosividad) y en consecuencia la citada cabina de pintura no constituye emplazamiento de CLASE I.

Atendiendo a las especificaciones que se quiere que cumpla nuestra cabina de pintura se ha tomado como volumen peligroso dentro de la propia cabina el plano situado a 0,60 m medidos desde la parrilla inferior, dentro del cual no existirá ningún tipo de instalación eléctrica. Para este volumen se ha considerado en base a la Instrucción ITC-BT-29 EMPLAZAMIENTO DE CLASE I. ZONA 2.



7.3. VENTILACIÓN FORZADA

Otra de las instalaciones a implantar es la instalación de ventilación, se necesitará para evacuar y expulsar de la nave los humos generados por la puesta en marcha de los equipos y máquinas en el momento de su prueba o reparación. Para la renovación del aire interior se ha diseñado un sistema de ventilación con ventiladores capaces de desalojar una cantidad de flujo determinada, suficiente para cubrir las necesidades de la nave industrial, para ello se han delimitado las zonas de la nave donde se hará necesario dicha renovación.

Se ha dividido la nave industrial en zonas y se ha calculado el número de ventiladores necesarios y el tipo, estos cálculos quedan reflejados en la parte del proyecto dedicada a *“Cálculos del Sistema de Ventilación de la nave Industrial”*. Para ello se ha procedido a la medición de las superficies de las zonas, y conforme a ello se han dispuesto los ventiladores más adecuados y económicos.

La nave destinada a taller y almacenamiento de maquinaria disponible dispondrá de un sistema de ventilación forzada mediante ventiladores tipo mural. La otra nave no dispondrá de este sistema al considerarse solo que en ella se va a almacenar máquinas, sin procederse a su puesta en marcha, ni a su reparación, no siendo necesario la implantación de este sistema de ventilación.

Para realizar el cálculo de la ventilación forzada se ha tomado como referencia el acta de la reunión del Grupo de Trabajo para el seguimiento de aplicación del REBT (Real Decreto 842/2002) y Orden 9344/2003 de la Comunidad de Madrid, que hace referencia a la renovación necesaria que se tendrá que realizar en un edificio de carácter industrial como el sometido a estudio, siendo en este caso una renovación mínima del aire interno de la nave de $15 \text{ m}^3/\text{h}$ por m^2 .

En este punto se han descrito los elementos necesarios para instalar todo el sistema de ventilación y las zonas que deben ser cubiertas de una manera independiente, como los servicios.

7.3.1. Conductos de Aire

La red de conductos parte de los ventiladores y serán los encargados de guiar el aire en el proceso de renovación recorriendo las zonas más desfavorables. Los conductos serán de chapa galvanizada, con espesores que variarán desde 0,8 mm hasta 1 mm, en función de las dimensiones de los mismos. Se ha previsto que el trazado de los conductos sea de la forma más lineal posible, de forma que se eviten en lo posible los cambios de dirección, los ensanchamientos bruscos, y los encuentros con otras venas de aire, favoreciendo con ello la pérdida de carga.



En el paso de los conductos entre sectores de incendio se dispondrán compuertas cortafuegos circulares que permitan y garanticen la estanqueidad y la protección en caso de incendio. Estas compuertas variarán según el tipo de riesgo de incendio que posea cada sector, ya que en sectores de riesgo mayor será necesario una compuerta de mayor protección. En este caso, el riesgo de protección calculado en el apartado de **“Cálculo de Sectores de Riesgo”** se ha obtenido que el edificio es de riesgo bajo tipo C, lo que permite que con la instalación de unas compuertas de marca Koolair mod. SFS de 700 mm de diámetro que garanticen una EI-30, será más que suficiente.

7.3.2. Bocas de Aspiración

A lo largo de las líneas de conductos, se ha previsto la colocación de rejillas de aspiración, las cuales estarán separadas unas de otras una media aproximada de 10 m, teniendo en cuenta la longitud de la nave. Estas rejillas permitirán la salida directa de humos al exterior sin necesidad de conducciones y su diseño se debe ajustar a las dimensiones marcadas por la normativa sobre sistemas de ventilación en naves industriales.

La situación de las rejillas vendrá marcada por la normativa, que exigirá la existencia de al menos dos en un cuadrado de 15 metros de lado si dividimos la nave en cuadrados de dichas dimensiones.

Las dimensiones de las rejillas serán de 1000 x 300 mm, siendo de simple deflexión y dispondrán de regulación manual.

7.3.3. Sistema de Detección de CO

A la instalación de ventilación se le debe dotar de un sistema de detección de monóxido de carbono (CO), conectado eléctricamente al sistema de ventilación forzada y regulado para que, en ningún caso, la concentración de CO supere el nivel de 50 p.p.m. en cualquier zona dotada de ventilación forzada. Cuando la concentración supere los límites establecidos se pondrá en funcionamiento el sistema de ventilación para desalojar de la nave el monóxido, dejándolo en sus límites preestablecidos. Para ello se ha instalado los detectores en los puntos más desfavorables de ventilación.

El número y situación de los detectores ha de ser como mínimo uno cada 300 m² y en los lugares de máxima concentración (menos ventilados) a una altura respecto del suelo de 1,70 m del nivel del piso terminado (N.P.T.).



En base a la propia configuración del sistema de ventilación forzada, se dispondrá de 1 central de detección de CO y 10 sondas (correspondientes a la superficie de la nave tomando una cada 300 m²) para la toma y análisis de concentraciones de CO en el aire de la nave (detectores), repartidas convenientemente en las zonas de máxima concentración.

7.3.4. Evacuación de Gases

La evacuación de los gases, se efectuará por medio de conductos de chapa de hacer galvanizada que acometen a la parte superior de los parámetros verticales longitudinales y superan 1 m la cubierta del edificio propio o colindante en un radio de 15 m.

7.3.5. Ventilación Forzada en los Aseos

Otra zona donde se ha tenido que instalar un sistema de ventilación son los aseos. Para esta zona se debe disponer de un sistema propio que permita la extracción de los malos olores en ella originados.

Los aseos ubicados en las dos naves dispondrán de un sistema de ventilación forzada mediante extractores helicocentrífugos para conductores circulares marca S&P mod. TD-500/150. Estos extractores estarán conectados mediante conductos circulares de chapa de acero galvanizada a rejillas de extracción de 200x200 mm, y bocas de extracción de 160 mm de diámetro.

La evacuación de aire se realizará a cubierta mediante un conducto de chapa de acero circular de 150 mm de diámetro en el primer caso y de 200 mm en el segundo caso. En el paso de conductos entre sectores de incendio se dispondrá de compuertas cortafuegos EI-120 debido a que serán zonas de tránsito de personal, siendo con ello una zona de alto riesgo.

7.4. INSTALACIÓN DE SUMINISTRO DE COMBUSTIBLE PARA MAQUINARIA

La nave industrial debe disponer de una instalación de repostado de combustible o una gasolinera que permita realizar el llenado de las máquinas antes de ser alquiladas por el cliente. Siguiendo con el flujo de trabajo, las máquinas han de llegar a manos del cliente en estado de poder ser utilizadas nada más ser descargada del camión.



Para llevar a cabo el repostado de las máquinas se dispondrá de una gasolinera, en la campa, donde se efectuará dicho llenado mediante una manguera unida a dos depósitos de combustible. Esta instalación deberá estar legalizada y cumplir con los requisitos sobre instalaciones de repostado de combustible. En los siguientes puntos se explicará con detallada descripción toda la instalación.

Esta instalación deberá ser objeto de proyecto específico para su legalización en la Dirección General de Industria de la Comunidad de Madrid, se llevará a cabo atendiendo a los requisitos previstos en el Decreto 1.523/1.999, de 1 de Octubre, por el que se modifica el Reglamento de instalaciones petrolíferas, aprobado por el Real decreto 2.085/1.994, de 20 de octubre, así como la instrucción técnica complementaria MI-IP04 “Instalaciones para suministros a vehículos”, aprobada por el Real Decreto 2201/1.995, de 28 de Diciembre, en el cual se describen a continuación las características generales de la misma.

7.4.1. Descripción de las Instalaciones de Repostado de Combustible

La nave dispondrá de una zona de repostado situada en la campa, anexa a la nave, cuyo uso será únicamente para repostaje de la maquinaria perteneciente a la propia nave.

La instalación contará con dos tanques de gasóleo A con sus respectivas mangueras y con 2 tarjeteros que nos permitirán contabilizar la cantidad de combustible que se repostea en cada acción, información que pasará a un registro para su control.

La posición de los tanques deberá ser la posición más adecuada para no entorpecer el flujo de los vehículos, respetando las normas de seguridad y las distancias mínimas en planta que exige la MI-IPO4.

7.4.2. Clasificación de Combustible

El líquido combustible que se utilizará para el repostaje de las máquinas será gasóleo A, es decir, un hidrocarburo cuyo punto de inflamación está comprendido entre los 55°C y los 120°C, por lo que se clasifica como combustible de Clase C. La elección del gasóleo corresponde con el más económico que pueda desempeñar las funciones, a baja velocidad empleando mucha fuerza, con el mínimo de emisiones posibles.



7.4.3. Diseño de la Instalación de Repostado de Combustible

Cada uno de los tanques tendrá una capacidad de 10.000 litros. Serán de chapa de acero de carbono doble pared, y estarán construidos conforme a la Norma UNE 62 350 (2)-99: “Tanques de acero para almacenamiento de carburante y combustible líquido con capacidad mayor de 3000 litros”.

Los tanques dispondrán de un control de nivel de combustible con sonda magnetorrestrictiva, de un flotador y de un sistema de control de fugas que permitirá tener conocimiento en el momento que el nivel de combustible baje de un mínimo y si se ha producido alguna fuga del combustible, para proceder a su reparación.

La instalación de cada uno de los tanques será independiente del otro, en cuanto a conducción de carga, conducción de ventilación y el sistema de aspiración. Entre los tanques de gasóleo se dispondrá una tubería que permitirá eventualmente el trasiego de combustible mediante una bomba sumergible adaptable al tanque.

7.4.4. Tuberías y Accesorios

El material que se utilizará para la realización de la conducción del combustible será el siguiente:

- Para la conducción de carga de los tanques se empleará tubería de acero.
- Para la conducción de aspiración del combustible de los tanques se empleará tubería de acero.
- Para la conducción de ventilación (conducción de venteo) de los tanques se empleará tubería de acero.

Estas conducciones de acero deberán cumplir las Normas aplicables UNE 19 011, UNE 19 040, UNE 19 045 y UNE 19 046.

Las uniones de los tubos entre sí y de éstos con los accesorios se harán de acuerdo con los materiales en contacto y de forma que el sistema utilizado asegure la resistencia y estanqueidad, sin que ésta pueda verse afectada por el combustible que se va a conducir (gasóleo), no admitiéndose las uniones roscadas o embridadas, salvo en uniones con equipos que puedan ser permanentemente inspeccionables visualmente.



Las conducciones deberán tener el menor número posible de uniones en su recorrido, para mejorar el flujo de fluido por ellas. Estas podrán realizarse mediante sistemas desmontables y o fijos.

Las uniones desmontables deberán ser accesibles permanentemente para poder llevar a cabo métodos de inspección regularmente o reparar en momentos de disfunción de las mismas.

En las tuberías de acero (en este caso todas las conducciones: aspiración, carga y ventilación), los cambios de dirección se practicarán, preferentemente, mediante el curvado en frío del tubo, tal como especifica la Norma UNE 19 051, alcanzándose unas propiedades mecánicas óptimas para el uso que las vamos a dar.

Si el radio de curvatura fuera inferior al establecido en las normas, el cambio de dirección se resolverá mediante la utilización de codos de acero soldados o mediante codos y curvas de función maleable definidas en la Norma.

7.4.5. Conexiones

En este punto se han estudiado las conexiones a instalar para la unión de los diferentes elementos de la instalación de combustible, y los tipos utilizados según las necesidades requeridas.

Carga de los tanques

La carga o llenado de los tanques se realizará por conexiones formadas por dos acoplamientos rápidos abiertos, uno macho y otro hembra, para que por medio de éstos se puedan realizar transferencias del combustible de forma estanca y segura.

El acoplamiento será de tipo rápido, construido siguiendo los parámetros indicados en la norma. Será obligatorio que sean compatibles entre el camión cisterna o cualquier medio de transporte del combustible gasóleo y la boca de carga. Las conexiones rápidas serán de materiales que no puedan producir chispas en el choque con otros materiales.

El acoplamiento debe garantizar su fijación y no permitir un desacoplamiento fortuito.



Por encontrarse estos tanques enterrados, la carga o llenado de los mismos se realizará por gravedad. La tubería de conexión entre cada boca de llenado y su tanque correspondiente deberá tener, según la norma aplicada, una pendiente mínima hacia el tanque del 1%, por lo que dichas conducciones de carga tendrán una pendiente del 2%.

Ventilación

Dado que los tanques tendrán una capacidad de almacenamiento superior a los 3.000 litros establecidos por la norma, dispondrán cada uno de ellos de una tubería de ventilación, cuyo diámetro interior será como mínimo de 40 mm. Por lo que cada uno de los tanques dispondrá para esta conducción de ventilación una tubería de acero de 2" de diámetro, que estará provista en su salida de una protección contra la entrada de productos u objetos extraños.

Se tendrá que tener en cuenta que estas ventilaciones accederán al aire libre hasta llegar a un punto en el que los vapores expulsados no puedan penetrar en los locales vecinos, ni entrar en contacto con fuentes que pudieran provocar su inflamación.

La boca de salida de ventilación de los tanques será en forma de "T", y se protegerá con una rejilla cortafuegos, siendo visible desde la boca de descarga.

Por tratarse de instalaciones con tanques por debajo del nivel del suelo, las conducciones de aireación deben como mínimo desembocar 50 cm sobre los orificios de llenado o entrada a los tanques de las tuberías de carga, y al menos 50 cm sobre el nivel del suelo. Por lo que estas conducciones de aireación ascenderán hasta una altura de 3,5 metros.

Según la norma, estas tuberías de aireación tendrán una pendiente hacia los tanques del 1%, tal que permita la evacuación de los posibles condensados. Por lo que las tuberías de aireación se instalarán con una pendiente hacia los tanques del 2%.

La extracción del combustible almacenado en los tanques se realizará por aspiración, mediante la bomba incorporada en cada surtidor. Para la conducción de extracción de gasóleo de cada uno de los tanques se dispondrá una tubería de acero de 2" de diámetro.

Estas tuberías de extracción de combustible se situarán en el fondo de cada tanque, y para evitar el estrangulamiento de la aspiración, la altura libre entre las tuberías y el fondo de los tanques será de 15 cm. Con el fin de evitar el vaciado de las tuberías hasta los equipos (surtidores), se dispondrá de una válvula antirretorno.



Conectores flexibles

Será admisible la utilización de elementos flexibles en las conexiones entre tuberías rígidas y equipos, en las tubuladoras de los tanques y en los equipos de consumo, trasiego, bombeo, etc; estas conexiones permitirán dotar de cierta flexibilidad a las uniones de elementos rígidos, disminuyendo los pares que se puedan originar entre ellos.

Estos conectores flexibles estarán contruidos con un material apropiado para la conducción de combustibles clase C, y reforzados o protegidos exteriormente por funda metálica u otro material de protección mecánica equivalente, siendo accesibles de forma permanente.

7.4.6. Protección contra Corrosión en tuberías

Las tuberías, en permanente contacto con agentes externos corrosivos, deben ser protegidos mediante agentes protectores para preservar su buen funcionamiento en las situaciones para las que han sido diseñadas y estén operando.

Protección pasiva

Todas las conducciones de carga, de ventilación y de extracción de los tanques, se realizarán en acero. Por tanto, las partes de dichas conducciones que se encuentren enterradas, se protegerán contra la corrosión por la agresividad y la humedad del terreno mediante una capa de imprimación antioxidante y revestimientos inalterables a los hidrocarburos que aseguren una tensión de perforación mínima de 15 KV.

Las tuberías aéreas y fácilmente inspeccionables se protegerán con pinturas antioxidantes con características apropiadas al ambiente donde se ubiquen.

Protección activa

No será necesario proteger la instalación con este tipo de protección tal y como se indica en el apartado siguiente (Puesta a tierra).



Puesta a tierra

Como el combustible a almacenar en los tanques es de clase C, no será necesario disponer de puesta a tierra.

7.4.7. Instalaciones Enterradas

Instalación de tanques

Por tratarse de tanques de nueva implantación, éstos se instalarán de acuerdo con lo que indique el informe UNE-109502, que hace referencia a las condiciones para una correcta manipulación e instalación de tanques de acero enterrados, destinados a almacenar carburantes y combustibles líquidos.

Por tratarse de una instalación de tanques enterrados, éstos estarán dotados de sistema de detección de fugas.

La situación de los tanques con relación a los edificios del recinto será tal que se evite que se transmitan las cargas de estos edificios a los tanques, siendo la distancia de los tanques al edificio de 3m. Además, la distancia entre los tanques y los límites del recinto será superior al medio mero exigido por la norma. La distancia entre el límite de las zonas clasificadas de superficie a los límites de la propiedad será superior a dos metros.

Instalación de tuberías

El tendido de las tuberías que van del medidor al boquerel (boquilla metálica de las mangueras de los surtidores de gasolina que tiene un dispositivo en forma de gatillo para permitir la salida del combustible) podrá realizarse, con equipos y procedimientos de reconocido prestigio, sobre marquesina. Los aparatos surtidores pueden tener alejado el medidor volumétrico del boquerel, estando unido entre sí por tubería rígida.

Cualquier tubería deberá tener una pendiente continua de al menos el 1%, de manera que no pueda formarse ninguna retención de líquido en un lugar inaccesible. Por lo que, como ya se ha mencionado anteriormente, todas las conducciones (carga, ventilación y extracción de combustible), se instalarán con una pendiente del 1%.



La conducción de venteo hasta la salida de ventilación, la conducción de carga desde la boca de carga hasta el tanque y la conducción de extracción hasta el surtidor, se realizarán en tubería enterrada. Por lo que dichas tuberías se colocarán sobre una cama de material granular exento de aristas o materiales agresivos de 10 cm de espesor, como mínimo, protegiéndose las mismas con 20 cm de espesor del mismo material. La separación entre tubos deberá ser de, al menos, la longitud equivalente al diámetro de los tubos.

7.4.8. Distancia entre Edificaciones y Recipientes

Las distancias mínimas entre las diversas instalaciones que componen el almacenamiento de gasóleo y de éstas a otros elementos exteriores no podrán ser inferiores a los valores que determina la norma, los cuales podrán ser reducidos en función del volumen a almacenar. Según la norma, no se computará a efectos de capacidad total esta instalación por encontrarse los tanques enterrados. Así entre las distintas instalaciones, será de 0,15. Ninguna de las distancias reducidas con este coeficiente deberá ser menor de 1 metro. A continuación se exponen a continuación las distancias mínimas ya reducidas entre las diversas instalaciones, y las distancias reales:

- La distancia mínima entre los tanques de almacenamiento de clase C y la estación de carga clase C, será como mínimo 0,75 metros, es decir, 1 metro. La distancia entre la boca de carga de cada tanque y la pared más próxima del tanque será de 2,5 metros aproximadamente.
- La distancia mínima entre los tanques de almacenamiento y los edificios administrativos o sociales será de 1,125 metros. Tal como se ha indicado antes, la distancia entre los tanques de almacenamiento y los límites del edificio es de 3 metros exigidos.
- La distancia mínima entre los tanques y la estación de bombeo de agua contra incendios, será de 1,125 metros, siendo esta distancia en la realidad de 102 metros aproximadamente.
- La distancia mínima entre los tanques y los límites de las propiedades exteriores en las que puedan edificarse y vías de comunicación pública, será como mínimo de 1,125 metros.



7.4.9. Protección Contra Incendios

En las inmediaciones de cada punto de suministro se instalará un extintor por cada equipo de suministro, de polvo BC, de eficacia mínima 89B, por tratarse de combustible clase C. Los extintores se han dispuesto de modo que la distancia entre estos y los puntos de suministro no exceda de 25 metros, por tratarse de combustible de clase C.

La situación de la gasolinera o instalación de repostado de combustible quedará más detallada en los planos adjuntos a este proyecto.

7.5. TRASIEGO DE ACEITES

La nave deberá disponer de una instalación de trasiego de aceites, que permita llenar a las máquinas de aceite para su funcionamiento y también extraer el aceite usado y que ya no tenga función. A continuación se realizará la descripción del sistema necesario para dotar a la nave de un sistema que permita el llenado-vaciado y el mantenimiento del aceite a todas las máquinas.

La instalación deberá recorrer toda nave aprovisionando a todos los lugares donde se vaya a realizar el cambio de toda clase de aceite de las máquinas y vehículos. Para ello se realizará la instalación de un sistema de tuberías con pistolas con control electrónico dotadas de manguera enrollable para poder realizar la operación de llenado y vaciado de la maquinaria que lo requiera.

La descripción de la instalación se ha realizado teniendo en cuenta los puntos y elementos más importantes a destacar. La instalación de trasiego de aceites se ha ubicado a lo largo de la nave

La zona de Bombeo de la instalación de aceites se haya situada en el interior de la nave donde se ubicarán los depósitos de almacenaje para los tres fluidos (aceites), cuyo tamaño dependerá del uso que se haga de dichos aceites en la nave. Para el aceite de mayor uso (aceite de motor) se dotará de una cisterna metálica, prisma, de 3000 litros de capacidad y dotada de un cubeto anticontaminación. Para los otros dos aceites (aceite para motor especial e hidráulico) se dispondrá de dos cisternas rectangulares de doble pared, de 1500 litros de capacidad, con depósito interior en fibra de poliamida de alta densidad y cubeto exterior en chapa de acero galvanizada. Para los aceites dispondremos de tres kits de bombas neumáticas con montaje mural de ratio 8:1/HD de alto caudal y alta presión. Estos kits disponen de conjunto de aspiración, conexiones a las líneas, adaptadores, soporte mural SM-2, etc.



El almacenamiento de la grasa se realizará en bidones con una capacidad de 185 kg que dispondrán de un kit de bomba neumática, de ratio 55:1 de muy alta presión y alto caudal. Dicho kit incorpora diversos elementos, como pueden ser: tapa, plato seguidor, conexiones de línea, adaptadores, etc. Se utilizarán 2 bidones para la grasa, uno de los cuales se estará utilizando y el otro quedará de repuesto, y ambos dispondrán de un cubeto de anticontaminación.

Para el llenado de las cisternas de los aceites (desde envases originales) se dispondrá de un kit de bomba neumática de transvase, de alto caudal, con bomba tipo diafragma de 1" y de ratio 1:1. Incorpora este kit conjunto de aspiración, soporte mural, adaptadores, conexiones a las líneas, etc. Desde las tomas de llenado a granel previstas (para la cisterna de 3000 litros como para las de 1500 litros), instaladas en la pared de la sala, próximas al acceso a ella, se conducirá una línea de llenado a cada cisterna. Se dotará a las tomas de kits de acoplamiento (líneas de llenado) y kit de acoplamiento (kit de transvase), válvulas de seguridad, soportes antigoteo, etc.

En cada zona de trabajo de cada área se instalarán canaletas de fijación mural para los kits de enrolladotes. En área lateral, con suministro de un solo tipo de aceite motor, en la pared se instalará un kit enrollador para el aceite en cada uno de sus cuatro puntos. En área central, con suministro de los cuatro productos (tres aceites y una grasa) en canaletas de fijación mural, se instalarán tres kits enrolladores en cada uno de los cuatro puntos previstos para aceite y un kit de enrollador para grasa.

Para los aceites y para la grasa, en área central, los kits de enrolladores propuestos (doce para los aceites y cuatro para la grasa) serán todos ellos del tipo abiertos, de quince metros de longitud de mangueras y 1/2" de diámetro para los aceites y 1/4" de diámetro para la grasa. Para el aceite, en área lateral, los kits de suministro (cuatro) serán del tipo gran caudal, abiertos, de quince metros de longitud de mangueras y 3/4" de diámetro.

Todos los kits de enrolladores deberán ir provistos de válvulas de seguridad adecuadas al fluido a tratar, donde los aceite deberán ir provistos de pistolas de control, del tipo contadoras (total y parcial) electrónicas, de media presión para aceite, (área central) y de alto caudal (área lateral). Todas las pistolas estarán dotadas de extensiones flexibles giratorias, boquillas antigoteo semiautomáticas, empuñaduras ergonómicas, etc.

Los kits de suministro de grasa estarán equipados con pistolas de control para grasa modelos, del tipo alta presión, con extensiones flexibles y rígidas, con empuñaduras ergonómicas y gatillos de regulación de caudal y rótula triple.



En cada punto de suministro de las dos áreas de trabajo, en pared (área lateral) y en canaletas (área central) se dispondrá de un servicio de aire. Para ello se instalará en cada punto un kit enrollador abierto, de quince metros de longitud de mangueras y 1/2" de diámetro, dotados de enchufes rápidos y conectores. A todos ellos se les dotará de soportes murales y válvulas de seguridad.

La instalación de aceite usado contemplará la incorporación de dos centrales de Alto Vacío y Alto Rendimiento que permitirán a través de las líneas de alto vacío, conectadas a ellas, la aspiración directa del aceite usado desde los cárteres de los motores de las máquinas. Las Centrales, con un alto grado de automatización, hacen posible la autogestión, permitiendo disponer de varios puntos de aspiración con un alto poder de vacío. Estas centrales incorporan una estructura modular con indicadores de funcionamiento, depósitos intermedios de almacenaje, descarga automática, etc.

En cada uno de los cuatro puntos de suministro, de cada área de trabajo, se dispondrá de un kit de aspiración de alto vacío. Cada kit de vacío, incorpora un enrollador de alto vacío, con mangueras de quince metros de longitud y 1/2" de diámetro (área central) y de 3/4" de diámetro (área lateral), dotadas de pistolas de control con empuñadura, conector, adaptador, etc. Los kits enrolladores se instalarán en pared (área lateral) y en canaletas (área central), en batería con los kits de enrolladores de suministro de los productos y de servicio de aire. Para las pistolas de control se dispondrá de soportes murales antigoteo. Cada kit de vacío se dotará de juego de sondas y conectores, en soporte mural. Todos los kits de alto vacío se dotarán de válvulas de seguridad.

Para completar la instalación fija de recogida de aceite usado, se dispondrá en cada área de trabajo de dos unidades móviles de recogida, las cuales permitirán su uso en las diferentes áreas de cada zona de trabajo (y en ellas en puestos distantes o alejados de los kits de alto vacío). Para cada área se dispondrá de una unidad de de recogida de tipo combinado (gravedad y vacío), con depósitos autoportadores de 100 litros de capacidad, y de una unidad de recogida por gravedad, del tipo de perfil bajo y 95 litros de capacidad.

Las cuatro unidades descritas serán adaptadas con conectores hidráulicos que permitirán su vaciado, mientras que en cada área de trabajo se dispondrá de tomas de vaciado de unidades móviles con conexión de las mismas a la línea de Alto Vacío. Cada toma de vaciado, dos en área central y una en área lateral, incorporará manguera con enchufe hidráulico, soporte mural para el conjunto de aspiración, conector, válvula de seguridad, etc.

A través de las líneas de Alto Vacío todo el aceite usado se conducirá hasta las Centrales de Alto Vacío, donde será almacenado temporalmente en depósitos de almacenaje para su posterior traslado a los depósitos de almacenaje prefijados por la empresa, ubicados cerca de cada central.



Todo el aceite usado se almacenará en dos depósitos de doble pared, tipo cisterna rectangular de 1500 litros de capacidad. Cada depósito de almacenaje, se situará en un espacio previsto en la sala de bombeo. Las cisternas incorporan un acoplamiento en codo para descarga, adaptadores, etc. Para su vaciado se dispondrán las tomas en pared próxima a cada depósito dado el fácil acceso a la sala que se supone, por parte del vehículo de recogida (aceite usado) y se dotará a las mismas de kit de conexión, válvulas de seguridad y soportes murales antigoteo.

7.6. INSTALACIÓN AIRE COMPRIMIDO

Otra instalación necesaria será la instalación de aire comprimido. Esta instalación servirá para dotar a todas las máquinas que lo requieran, de un flujo de aire a presión, para desempeñar trabajos específicos. Las máquinas que emplearán esta instalación serán sobre todo aparatos a presión: martillos neumáticos, pisonas (para pisonar el suelo), máquinas para cortar mediante funcionamiento de aire comprimido, etc. En estos casos la utilización de aire comprimido será lo que proporcione la fuerza necesaria para llevar a cabo los trabajos.

La instalación deberá cumplir con lo establecido en la O.M. de 28 de Julio de 1988 referente a Instalaciones de Aire Comprimido del Reglamento de Aparatos a Presión.

A continuación se procederá a describir la instalación de aire comprimido de toda la nave y su disposición en ella, así como los elementos que la componen, tales como, sistema tuberías, distribución, puntos de purgado, compresores, etc.

Se dispondrá de una red de generación y distribución de aire comprimido para dar servicio a la maquinaria y a los distintos puntos de consumo de la nave. El material empleado para el sistema de tuberías será de acero estirado sin soldadura de acero negro, según Norma DIN 2440, de la cual partirán los distintos ramales hasta los puntos finales

La distribución de la instalación de aire comprimido se realizará por las paredes de la nave con una inclinación descendente de 5% en la dirección del flujo del aire. Esta inclinación favorecerá el flujo de aceite disminuyendo la fuerza impulsora a aplicar. Esta instalación desembocará en tomas, aprovechables por las máquinas, equipadas con filtros reguladores de presión y lubricación. También se dispondrá de puntos para el purgado de la tubería mediante llave automática para el purgado de las impurezas, tales como posos, que se originen en las líneas.



Para la línea de aire se elegirá una instalación en forma de “*anillo*” circular. Con esta disposición se podrá abastecer a distintos puntos mediante la misma línea, dando cobertura a distintas zonas de trabajo, distantes unas de otras, evitando que se produzca una pérdida de caudal en la línea.

Para la construcción de las bajantes de la línea se utilizará acero galvanizado que proporcionará una alta resistencia a la corrosión. Dichas bajantes se colocarán mediante sujeciones a las paredes o columnas de la nave. De todas las bajantes colocadas, se dispondrá de distintas tomas de aire: toma doble, toma simple, o tomas independientes. La elección de la colocación de las tomas dependerá de la disposición de las máquinas en la nave, ya que dependiente del tipo de máquina estará la toma que vaya asociada. Cada bajante equipará a su vez una válvula de corte, una válvula de seguridad y reducciones, así como un sistema de tratamiento de aire con regulador-filtro combinado de 1/2”, con toma o tomas de aire a la salida de éstos.

El fin de esta instalación será dotar de un servicio de llenado y vaciado de aceite a toda la maquinaria disponible en la nave, siendo este proceso lo más rápido y efectivo posible.



7.7. TIPOS DE COMPRESORES

Para la generación de aire comprimido en la instalación, se dispondrá de tres compresores de las siguientes características que son los que mejores se ajustarán a la instalación de la nave, por cumplir las solicitudes de presión, fuerza y restricciones eléctricas:

- 2 Compresores marca ABBAC modelo B-5900B-270TFT con una potencia de 4 KW, 400 V y 50 Hz; con un depósito de 270 litros y una presión de trabajo de 9 a 10 bares. Este tipo de compresor ha sido construido siguiendo el Reglamento de Aparatos a Presión, compuesto por un manómetro, válvula de seguridad, boca de inspección, purga manual y automática y pintura de imprimación y acabado.
- 1 Compresor marca COMPAIR TIPO 2 modelo 822-PSAS084035S100 con potencia de 22 KW, 400 V y 50 Hz con un depósito de 1000 litros y una presión máxima de 9 bares. Este tipo de compresor ha sido construido siguiendo el Reglamento de Aparatos a Presión, compuesto por un manómetro, válvula de seguridad, boca de inspección, purga manual y automática y pintura de imprimación y acabado.



8. ELEMENTOS DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

En este apartado se ha realizado el estudio del sistema de protección necesario a implantar en la nave para protección en caso de incendio. En todas las naves industriales y cualquier emplazamiento de obra civil es necesario la implantación de un sistema que permita proteger y aislar al edificio de la aparición de un fuego que pueda ser ocasionado, directa o indirectamente, y extinguido en el menor tiempo posible y con la mayor seguridad y eficacia. Este sistema recibe el nombre de Sistema Contra Incendios.

Para realizar el estudio del sistema contra incendios con el que dotar una nave de estas características, ha sido necesario evaluar los elementos que se ubican en ella para poder fijar el sistema contra incendios más adecuado. La seguridad mínima que debe disponer la nave viene fijada según la utilización que se vaya a hacer de ella, y para ello se deben seguir las premisas establecidas en la norma contra incendios.

La ubicación de la nave industrial sometida a estudio tiene una ubicación tal que el edificio más próximo a ella estará ubicado a más de 3 m, por lo que de acuerdo con el apartado 2.1 del Anexo I de seguridad contra incendios en Establecimientos Industriales, se trata de una ubicación de **TIPO C**, donde se hace referencia a los elementos que componen la nave y la utilización que se va a hacer de ellos.

De acuerdo con lo dispuesto en el anexo 3.2.2 del Anexo I del reglamento de Seguridad contra incendios en establecimientos industriales, existen diversos niveles de riesgo a la hora de realizar una actividad distinta al almacenamiento, y viene dado ese nivel de riesgo por una expresión matemática que se estudiará en profundidad más adelante.

En cualquier nave se deberá utilizar un agente extintor contra incendios, y para seleccionar este agente se procederá de acuerdo con la tabla I-1 del apéndice 1 del Reglamento de Instalaciones de Protección Contra Incendios, aprobado por el Real Decreto 1942/1993, de 5 de Noviembre. Por tanto, la nave estará equipada de extintores de polvo polivalente ABC de 6kg y grado de eficacia 27A-144B y extintores de CO₂ de 5 kg, distribuidos de tal manera que desde cualquier punto de la nave no se recorran más de 15 metros reales hasta llegar al extintor más cercano.

Los extintores se situarán sobre soportes de pared, estando la parte superior situada a una altura máxima de 1,50 m del suelo y preferiblemente cerca de las puertas de acceso a la nave.

En la zona de entreplantas de oficinas se instalarán también extintores de polvo polivalente ABC de eficacia 27A-144B.



Otro punto a tratar son las separaciones que se deberán realizar entre las distintas nave y entre los distintos sectores:

La nave debe adaptarse a lo referido en el artículo 5.1 del Anexo II del citado Reglamento, que establece que la resistencia al fuego de los elementos constructivos de un sector de incendio respecto a otro será como mínimo la que exige el artículo 2.2 del Anexo I de seguridad contra incendios en Establecimientos Industriales. Atendiendo este caso, una nave de **TIPO C**, en plantas sobre rasante para sectores con nivel de riesgo alto se exigirá **EI-90**, (donde el caso más desfavorable es el almacén de neumáticos, debido a su alto grado de riesgo en una situación de incendio), utilizándose el **EI-60** para nivel de riesgo medio y el **EI-30** para nivel de riesgo bajo, siendo el EI-60 el tiempo, que según la norma, tarda el fuego en atravesar el recinto que está ignifugado, a mayor riesgo mayor seguridad ya a mayor seguridad mayor tiempo necesitamos para proteger de manera más segura.

Las divisiones entre los distintos sectores existentes en la nave estarán constituidas por tabique de panel fabricado con hormigón de 16 cm que proporcionará una EI-120, según los datos suministrados por el fabricante. La división entre sectores en la zona de las oficinas de entreplanta se realiza mediante tabiques de placa de yeso laminado con dos placas de 15 mm a cada lado sobre una estructura autoportante de perfiles de chapa galvanizada que garantizan una EI-60.

En la comunicación entre sectores de incendio se dispondrá de puertas que aseguren la estanqueidad en caso del mismo. Se utilizarán **puertas de hombre EI250-C5** para el paso de personas entre la separación de oficinas y talleres; y puertas **EI-90**, para el paso de vehículos entre naves, conectadas al sistema de detención de incendios, de forma que cuando se active el sistema de detección de incendios se producirá el cierre automático de la puerta en la zona de comunicación entre sectores que habitualmente permanecerán abiertas.

La separación entre las dos naves será llevada a cabo mediante una puerta contra incendios lateral de 3 m de longitud y rf-90, que permitirá la estanqueidad y protección de una nave sobre la otra durante 90 minutos.

La sectorización a nivel de cubierta entre los distintos sectores se ha estudiado que la manera más conveniente para su realización sea de forma longitudinal mediante la colocación en cubierta de alveoplacas de 120cm de anchura x 30 cm de altura que proporcionan una EI-60, de forma transversal y en el almacén de neumáticos, se realizará mediante placa de 12 mm de espesor con una protección EI-60.



8.1. SECTORIZACIÓN DE LA NAVE

El objetivo principal de este proyecto es la dotación de un sistema de protección contra incendios a toda la nave industrial, pero el grado de protección a aplicar dependerá de los procesos que se vayan a realizar en las diferentes zonas en las que se ha dividido. La nave constituye un sector de incendio independiente del resto de las naves del polígono, en cuanto al uso que se va a realizar en ella; a su vez se puede distinguir distintos sectores de incendio dentro de ella, que traerán como consecuencia un tratamiento distinto en cuanto al grado de protección que se ha de dotar a cada uno.

Ha sido necesario sectorizar la nave en diferentes zonas o sectores, sectores en los que posteriormente se ha llevado un estudio, según el proceso realizado, para instaurar el sistema de protección, ventilación y abastecimiento más adecuado.

Los sectores han sido divididos y formados según la siguiente disposición:

SECTOR 1 : Almacén de maquinaria, oficinas nave 1 y sótano 1.

SECTOR 2 : Taller eléctrico y oficina de taller.

SECTOR 3 : Cabina de pintura y almacén de pintura.

SECTOR 4 Y 5 : Taller de reparaciones (nave 2), oficinas nave 2 y almacén de taller.

SECTOR 6 : Comedor, vestuarios y almacén de repuestos.

SECTOR 7, 8, 9 Y 10 : Núcleos de escaleras.

SECTOR 11 : Almacén de neumáticos y reparación de ruedas.



8.2. ESTABILIDAD AL FUEGO DE LA ESTRUCTURA

A la hora de estudiar el sistema contra incendios, ha necesario analizar cuales son los elementos necesarios, según los parámetros fijados, para incrementar la estabilidad al fuego de la nave de la manera más segura posible. En los siguientes puntos se han descrito los medios y elementos necesarios, para que posteriormente, en el **Cálculo del Sistema de Abastecimiento de Contra Incendios**, se analice, explique y calcule de forma precisa el número de elementos y la razón de ello.

La Norma exige para este tipo de edificio, teniendo en cuenta que se trata de un establecimiento **TIPO C**, una **RF-90** para sectores de incendio de riesgo alto, **RF-60** para sectores de riesgo medio y **RF-30** para sectores de incendio de riesgo bajo. El nivel de protección dependerá del riesgo de la zona protegida, a mayor riesgo, mayor nivel de protección.

La estructura de la nave deberá estar ignifugada para soportar la ignición de fuego en un momento determinado, siendo esta de hormigón prefabricado en pilares, forjados de entreplantas mediante vigas y placa prefabricada alveolar con compresión de 8,5 cm ejecutada in situ. La estructura de cubierta está formada por correas Tub-30 y vigas prefabricadas de hormigón, proporcionando en su conjunto una RF-90.

8.3. MEDIOS CONTRA INCENDIOS

Una vez descrita la tolerancia de la nave al fuego, se han analizado los elementos necesarios para la protección de la misma en caso de incendio. Conforme a la Normativa vigente que le es aplicación, Reglamento de Seguridad Contra Incendios en los establecimientos industriales, las instalaciones de Protección Contra Incendios dispuestas en naves industriales para su extinción o control serán las siguientes:

- I. Instalación de detección y alarma.
- II. Hidrantes.
- III. Extintores móviles
- IV. Instalación de Bocas de Incendio Equipadas.
- V. Instalación de Red de rociadores.



8.4. DETECCIÓN Y ALARMA DE INCENDIOS

La alarma de incendios es un método que permite avisar de la aparición de un incendio en cualquier zona de la nave. Según las zonas, habrá unas que necesitarán este sistema de alarma y otras que no. Conforme el Anexo III punto 3, en los sectores de incendio donde se lleven a cabo actividades de producción o almacenamiento de riesgo bajo (**Sector 1, Sector 2, Sector 3 y Sector 4 y 5**) no será necesaria la instalación de un sistema de detección automática de incendios. Tampoco sería necesaria dicha instalación para un sector de riesgo alto con una actividad de almacenamiento y una superficie inferior a los 800 m²

En las actividades de almacenamiento de riesgo medio, será necesaria la instalación automática de incendios si la superficie del sector es superior a 1500 m². De tener que realizarse la instalación, el diseño del sistema de detección deberá realizarse teniendo en cuenta la UNE 23007-14.

Según el “**Cálculo de Sectores de Riesgo**” se ha obtenido que no existe ningún sector de riesgo medio, lo cual implica que no sea necesario la instalación automática de incendios.

Se instalarán sistema manuales de alarma de incendios en todos los sectores con actividades de producción, cuando la superficie construida sea de 1000 m² o superior y actividades de almacenamiento cuando la superficie construida sea de 800 m² o superior; en caso contrario no se requerirá la instalación de sistemas automáticos de detección de incendios. El diseño del sistema, según el punto 4.2 del anexo III, se hará ubicando pulsadores en las salidas de evacuación y en el resto del sector se llevará a cabo la distribución de pulsadores con una cobertura máxima de 25 metros.

Según el punto 5 de mencionado Anexo III, se dispondrá un sistema de comunicación de alarma en todos los sectores de incendio del establecimiento industrial si la suma de la superficie construida de todos los sectores de incendio del establecimiento es de 10.000 m² o superior.



8.5. SISTEMA DE DETECCIÓN

En este punto se ha estudiado los sistemas de detección para cada sector de la nave. El sistema de detección dependerá de las características de cada sector, superficie, riesgo, ubicación, etc. Para cada zona de incendios se ha dispuesto de una central de detección, dotando con ello, de autonomía a cada sector en caso de incendio.

El **Sector 3**, por estar situado en la campa, alejado del resto de las zonas de la nave, llevará la disposición de una central especial, que le permitirá operar de manera independiente al resto de la nave.

La disposición del **Sector 11** obedece a razones de seguridad, situándolo en la zona más segura de la nave, cerca de una puerta de acceso inmediato con el exterior, por tratarse de un sector con un nivel alto de riesgo de incendio, debiéndose aislar del resto de la nave con material ignífugo. Este aislamiento se fundamenta en la peligrosidad del comportamiento que tienen los neumáticos frente al fuego.

Las centrales elegidas serán de la Marca Morley del grupo Honeywell. La elección de estas centrales se fundamenta en que poseen una fuente secundaria de suministro de energía, de tal forma que el fallo del sistema de alimentación general garantiza una autonomía mínima de funcionamiento de 24 horas en estado de vigilancia y de ½ h en “estado de alerta”, que será proporcionada por las baterías de acumuladores de Ni-Cd, que incorpora la propia centralita.

La distribución de los detectores ópticos de humos se realiza atendiendo a la norma UNE 23007-14, Anexo A.



Para determinar la superficie de cobertura del detector y la distancia máxima entre uno y otro, así como el número, se empleará la siguiente tabla:

Superficie del Local (S_L)	Altura del Local (h)	Superficie máxima de Vigilancia (S_v) Y Distancia máxima entre detectores (S_{max})					
		INCLINACION DEL TECHO					
		$i < 15^\circ$		$15^\circ < i < 30^\circ$		$i > 30^\circ$	
		PENDIENTE DEL TECHO					
		$P \leq 0,2679$		$0,2679 < P \leq 0,5774$		$P > 0,5774$	
M^2	m	$S_v (m^2)$	$S_{max} (m)$	$S_v (m^2)$	$S_{max} (m)$	$S_v (m^2)$	$S_{max} (m)$
$S_L \leq 80$	$h \leq 12$	80	11,40	80	13,00	80	15,10
$S_L > 80$	$h \leq 6$	60	9,90	80	13,00	100	17,00
	$6 \leq h < 12$	80	11,40	100	14,40	120	18,70

Tabla 2

Atendiendo a la tabla, S_{max} será la separación máxima entre detectores en un sentido, y S_v es la superficie máxima de vigilancia de un detector.

En esta tabla se muestran las condiciones necesarias a cumplir en cada sector de incendios, según la superficie de cada uno, en cuanto a instalación de los sistemas de detección. La nave industrial sometida a estudio estará dividida en sectores, y según el área de dichos sectores la disposición y la normativa de los detectores variará.

- Para los **Sectores 3,4 y 6**, con una superficie mayor de $80 m^2$, entrando con los datos siguientes:

- Superficie $S_L > 80 m^2$
- Altura nave $h = 11 m$
- Inclinación del techo $15^\circ < i < 30^\circ$



Entrando con los datos en la tabla se obtiene, para este sector, que la superficie máxima de vigilancia de un detector será de 100 m², y que la distancia entre ellos ha de ser de 14,40 m.

- En el caso del **Sector 11**, donde la superficie no supera los 80 m², entrando con los valores en la tabla se concluye que la superficie máxima de un detector será de 80 m², y que la distancia entre ellos no deberá superar los 13 m.

Atendiendo a la normativa se han delimitado otras distancias mínimas que deben cumplirse a la hora de instalar los sistemas de detección:

- Entre detectores y muros o vigas o similares, la distancia mínima será de 50 cm excepto en los pasillos, conductos y partes similares del edificio de menos de 1 metro de ancho.

- Los pulsadores de alarma se instalarán de manera que una persona no necesite desplazarse más de 15 metros para accionarlo. Se fijarán a una altura del suelo entre 1,2 y 1,5 metros.

- El nivel sonoro de las señales acústicas (sirenas) será como mínimo de 65 dB(A) ó 5 dB(A) por encima de cualquier otro posible ruido que pueda durar más de 30 segundos.

8.6. EXTINTORES DE INCENDIO

La nave deberá disponer de extintores de incendio que puedan ser utilizados en un momento dado para la extinción de un fuego originado en la nave. Estos extintores deberán estar repartidos por la nave, según una distancia establecida, para su fácil utilización. Para establecer la clase de extintores y su disposición, se remitirá a la norma legislativa que proceda.

La norma legislativa que se deberá seguir será el Reglamento de Seguridad contra incendios en los Establecimientos Industriales, según el cual, en el artículo 8.1 del Anexo III se deberán instalar extintores móviles, tales que el número, disposición y tipo de agente extintor sean los adecuados al tipo y carga de fuego previsible en cada una de las zonas consideradas.



El agente extintor utilizado será seleccionado de acuerdo con la tabla I-1 del apéndice 1 del Reglamento de Instalaciones de Protección Contra Incendios, aprobado por el Real Decreto 1942/1993, de 5 de Noviembre. Por tanto, la nave estará equipada de extintores de polvo polivalente ABC de 6 kg, con grado de eficacia 27A-144B, y extintores de CO₂ de 5 kg, distribuidos de tal manera que desde cualquier punto de la nave no se recorran más de 15 metros reales hasta llegar al extintor más cercano.

Los extintores se situarán sobre soportes de pared, donde su parte superior estará ubicada a una altura máxima de 1,50 m del suelo y preferiblemente cerca de las puertas de acceso a la nave.

En la zona de entreplantas de oficinas se instalarán también extintores de polvo polivalente ABC de eficacia 27 A-144B.

8.7. BOCAS DE INCENDIO EQUIPADAS

La nave también deberá disponer de bocas de incendio equipadas (BIES), estas bocas de incendio son mangueras instaladas en la nave, conectadas al sistema de abastecimiento de agua, que permitirán irradiar con agua los focos de fuego que se produzcan en ella. Estas mangueras estarán enrolladas a una altura determinada y ubicadas por la nave para permitir cubrir toda la superficie de la nave.

La ubicación y el número de BIES estará establecido según el Anexo III punto 9 de la norma del Reglamento de Seguridad contra incendios en los Establecimientos Industriales, donde se hace referencia a la ubicación según los sectores de incendio. El edificio es de **Tipo C** y con este grado de protección es necesario analizar los sectores de riesgo alto con superficie mayor de 500 m² y los de riesgo medio con superficie mayor de 1.000 m². Analizando la nave, se puede ver que habrá zonas en las que no sería necesario la instalación de B.I.E.S, pero se procederá a su instalación en la totalidad del edificio para mayor seguridad.

Según la tabla del apartado 9.2 del Reglamento de seguridad en los establecimientos industriales, para los sectores de riesgo bajo se exigirán BIES de 25 mm de diámetro y 45 mm de diámetro para los de riesgo medio y alto.

Las BIES se han dispuesto con una densidad tal que todos los puntos queden protegidos por el radio de acción de al menos una BIE, siendo dicho radio de 25 m (20 m de manguera + 5 m de chorro), cumpliendo así con lo indicado en el Real Decreto 2267/2004, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones de protección contra incendios. Como consecuencia la zona protegida por cada unas de ellas será la correspondiente a recorridos reales de cómo máximo 25 metros.



La presión en la boquilla de cada BIE no será inferior a 2 bar ni superior a 5 bar.

Después de realizado el cálculo para toda la superficie de la nave, el resultado ha sido la implantación de 6 BIES de 45 mm (2") de diámetro, que darán cobertura tanto a posibles incidencias que se produzcan en las naves como en las oficinas, con una

8.8. ROCIADORES AUTOMÁTICOS DE AGUA

Los rociadores son pequeños aspersores que esparcen agua cuando un sensor de temperatura, adheridos en ellos, detectan una subida de temperatura brusca en el ambiente. Es en ese instante una válvula se abre y deja caer el agua favoreciendo la extinción del fuego. La nave deberá llevar incorporado a lo largo de toda ella una red de rociadores que permitan la extinción de cualquier fuego que se origine. Esta red de rociadores será estudiada en el "*Cálculo de Abastecimiento de Agua*" donde se estudiará el número de rociadores necesarios y las características que deberá tener todo el sistema para cumplir con la normativa vigente.

A continuación se describirán los rociadores necesarios a instalar siguiendo la NFPA según el tipo de nave que se está analizando y según el uso que se va a hacer de ella:

Datos de partida:

Almacenamiento:

El tipo de producto almacenado serán piezas de vehículos almacenados en estanterías con estantes no sólidos.

La altura de la nave es de 11 metros.

La altura máxima de almacenamiento será de 9 metros, en zonas habilitadas para ello, sin interferir en modo alguno con la estructura de los puentes grúas.

La norma española UNE-EN 12845 no recoge sistemas de rociadores con alturas de almacenamiento mayores de 7,2 metros donde sólo impliquen rociadores de techo, por tanto el diseño se realizará teniendo en cuenta una norma internacional de reconocido prestigio como la NFPA 13.



En la NFPA 13 se elegirá el sistema de rociadores ESFR (rociadores de respuesta rápida y supresión temprana) con constante de descarga $K 320 (l \times \text{min}^{-1} \times \text{bar}^{-1})$ que permitirán la extinción de un incendio con alturas de almacenamiento hasta 9 metros.

En la NFPA 13 se encuentra el sistema de rociadores ESFR (rociadores de respuesta rápida y supresión temprana) con constante de descarga $K 320 (l \times \text{min}^{-1} \times \text{bar}^{-0.5})$ y permiten la extinción de un incendio con alturas hasta 9 metros, que serán los que se deberá elegir en el caso de la nave, por cumplir los parámetros de almacenamiento.

A continuación se ha estudiado el tipo de productos que se almacenarán y como se realizará ese almacenamiento, del cual dependerá el tipo de rociadores que se deberán implantar y la altura de los mismos en la nave.

El tipo de productos almacenados serán piezas de recambio, como motores, baterías, transformadores en cajas de cartón incluyendo un bajo porcentaje de plásticos en su embalaje. Todos estos productos están considerados entre la Clase I y la IV.

El sistema de almacenaje se realizará en racks de estantes sólidos, teniendo en cuenta las distancias necesarias indicadas por la norma.

Las cajas deberán estar a una distancia entre ellas tales que permita que el humo y el calor ascienda fácilmente en caso de incendio. Dichas distancias estarán estipuladas en la norma tanto en sentido transversal como longitudinal.

Distancia longitudinal (entre estanterías): 150 mm

Distancia transversal (entre cargas y/o pilares): 150 mm

Se admitirán desviaciones en la formación de estas chimeneas.

A continuación se muestra la tabla de “tipo de rociadores según altura de almacenamiento permitido” para naves industriales con una determinada altura de cubierta. Mediante esta tabla se podrá realizar un estudio de la altura máxima permitida para el almacenamiento de materiales, según la altura de la nave, y con ellos obtener el tipo de rociadores más adecuado, como sus características.



Storage Arrangement	Commodity	Maximum Storage Height		Maximum Ceiling/Roof Height		Nominal K-Factor	Orientation	Minimum Operating Pressure		In-Rack Sprinkler Requirements	Hose Stream Allowance		Water Supply Duration (hours)
		ft	m	ft	m			psi	bar		gpm	L/min	
Single-row, double-row, and multiple-row rack (no open-top containers)	Class I, II, III or IV, unencapsulated or unencapsulated	35	10.7	35	10.7	14.0 (501)	Upright or pendant	75	5.2	No	950	945	1
						16.8 (542)	Upright/Pendant	62	3.6	No			
						22.4 (522)	Pendant	35	2.4	No			
						25.2 (563)	Pendant	30	1.4	No			
		30	9.1	40	12.2	14.0 (501)	Pendant	75	5.2	No			
						16.8 (542)	Pendant	62	3.6	No			
						22.4 (522)	Pendant	40	2.8	No			
						25.2 (563)	Pendant	35	1.7	No			
		45	13.7	45	13.7	14.0 (501)	Pendant	90	6.2	Yes			
						16.8 (542)	Pendant	63	4.1	Yes			
						22.4 (522)	Pendant	40	2.8	No			
						25.2 (563)	Pendant	40	2.8	No			
		31	10.7	40	12.2	14.0 (501)	Pendant	75	5.2	No			
						16.8 (542)	Pendant	62	3.6	No			
						22.4 (522)	Pendant	40	2.8	No			
						25.2 (563)	Pendant	35	1.7	No			
		45	13.7	45	13.7	14.0 (501)	Pendant	90	6.2	Yes			
						16.8 (542)	Pendant	63	4.1	Yes			
						22.4 (522)	Pendant	40	2.8	No			
						25.2 (563)	Pendant	40	2.8	No			
		40	12.2	45	13.7	14.0 (501)	Pendant	90	6.2	Yes			
						16.8 (542)	Pendant	63	4.1	Yes			
						22.4 (522)	Pendant	40	2.8	No			
						25.2 (563)	Pendant	40	2.8	No			

Tabla 3

En la **Tabla .2** se muestran las condiciones geométricas y de almacenamiento correspondientes a las alturas de las naves. En el caso marcado en rojo, corresponde a una altura de nave de 13,7 m de altura y 12,2 m de altura de almacenaje, siendo ésta la altura de almacenaje más permisiva.



En el caso particular de la nave de Torrejón, la nave posee una altura de 11 metros y una altura de almacenaje máxima de 9 metros, a cuyo caso corresponde los datos encerrados por el recuadro verde de la tabla. Según los datos de la tabla le corresponde un rociador con un K de 322 ($K322 \text{ l x min}^{-1} \text{ x bar}^{-0.5}$), orientación colgante y presión mínima en cada uno de ellos de 2,4 bar.

Las normativas a tener en cuenta son:

- R.T.1-ROC Regla técnica para instalaciones de rociadores automáticos de agua.
- NFPA 13 Norma para la instalación de rociadores.
- Norma UNE-EN 12845.

8.9. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE EXTINCIÓN

El abastecimiento de agua de la instalación de protección contra incendios estará formado por un aljibe de reserva de agua y un grupo de presión que se alimentará de éste. El aljibe se llenará con una acometida a la red del Canal de Isabel II, la cual se realizará de acuerdo a la normativa de la Compañía. El armario de medida, instalado debajo de la acometida y en el límite del edificio, estará compuesto por una llave de corte general, por un contador, por una válvula de retención y una llave de salida.

Desde el grupo de presión partirá una red enterrada, que se bifurcará en dos ramales, uno de ellos de alimentación a la red interior de los servicios de la nave (lavabos, urinarios, etc) y otra dirigida al interior de la nave para alimentación de BIES y rociadores.

Tanto el aljibe como el grupo de presión se alojarán en locales enterrados situados junto al acceso a la nave.

El grupo tendrá un caudal de $450 \text{ m}^3/\text{h}$ y una presión de 9 bar. Estará formado dos bombas principales (eléctrica) y por una bomba jockey para mantener la presión en la red de los sanitarios.

Estos grupos de presión permitirán el suministro de agua para todo el sistema contra incendios que será estudiado más adelante más detalladamente.



8.10. RELACIÓN DE APARATOS

En este punto se ha analizado todos los aparatos necesarios para la formación del sistema contra incendios y sus características funcionales.

8.10.1. Rociadores Automáticos

Los rociadores automáticos homologados que se van a utilizar son los rociadores homologados por FM de 1" y k 322 montados según normas UNE/NFPA y con la certificación por FACTORY MUTAL RESEARCH.

El tipo de rociador será colgante con una temperatura de actuación de **68°C**. En caso de llegarse a esta temperatura el líquido contenido en el interior de la ampolla se dilatará hasta producir su rotura y permitir el paso de agua que al chocar con el deflector producirá una pulverización homogénea de la descarga de agua.

8.10.2. Grupos de Presión

Los grupos de presión corresponden a las bombas utilizadas para el abastecimiento de agua desde el aljibe hasta los rociadores y BIES. Estos grupos han sido analizados con detenimiento en temas posteriores. Los grupos de presión serán de la marca ITUR, cuyas características quedan reflejadas en las gráficas siguientes:



Bomba jockey

		Datos Técnicos		Uterta N° Proyecto Fecha																			
N° de cliente 500231 Cliente INMAREPRO, S.L.		Posición 1 Plazo de entrega: General		Bomba Jockey																			
		Características de funcionamiento requeridas Fluido Agua limpia 100 % Temp: 20 °C Dens: 998,3 kg/m³ Visc: 1,005 cSt Caudal 7 m³/h Altura 95 m																					
		Datos de la bomba Tipo SILEN-07/551T2 Tipo de construcción Grupo con Motor Multicelular Nombre etapas 10																					
		Datos hidráulicos (según ISO 9906-2A) Caudal 7,07 m³/h Altura manométrica 95,8 m Velocidad 2900 rpm Rendimiento 51,2 % Potencia absorbida 3,63 kW																					
		Materiales Cuerpo de bomba Hierro Fundido (GG-25) Camisa exterior Acero Inoxidable (AISI-304) Impulsor Acero Inoxidable (AISI-304) Difusor Noryl Eje de bomba Acero Carbono (F-114)		Ejecución: SILEN_4 Hierro Fundido (GG-25) Acero Inoxidable (AISI-304) Acero Inoxidable (AISI-304) Noryl Acero Carbono (F-114)																			
Seillado del eje Tipo Cierre mecánico Materiales / Junta SILEN CE/GR-NI		Datos del motor Trituración IP-44 (SILEN) Tamaño 112 Mf Potencia nominal P2 4 kW Velocidad 2900 rpm 50 Hertz Tensión nominal 400V Intensidad nominal 8 A Tipo de protección IP 44 Clase de aislamiento F Clase de temperatura --																					
DNs Lado aspiración 1 1/2 in GAG 		DNd Lado impulsión 1 1/4 in GAG 																					
		Bocas 																					
				Dimensiones en mm <table border="1"> <tr><td>A</td><td>708</td></tr> <tr><td>B</td><td>373</td></tr> <tr><td>C</td><td>184</td></tr> <tr><td>D</td><td>233</td></tr> <tr><td>E</td><td>37</td></tr> <tr><td>F</td><td>133</td></tr> <tr><td>G</td><td>201</td></tr> <tr><td>H</td><td>1 1/2"</td></tr> <tr><td>I</td><td>1 1/4"</td></tr> </table>		A	708	B	373	C	184	D	233	E	37	F	133	G	201	H	1 1/2"	I	1 1/4"
A	708																						
B	373																						
C	184																						
D	233																						
E	37																						
F	133																						
G	201																						
H	1 1/2"																						
I	1 1/4"																						
				Peso 39 kg																			

Tabla 4



Bomba Eléctrica

 		Datos Técnicos		Oferta N° Proyecto Fecha	
N° de cliente 500231 Cliente INMAREPRO, S.L.		Posición 2 Plazo de entrega: General		Bomba Principal Eléctrica	
Conjunto Contraincendios: FFU-EC E. CPK-SX-125/315					
Según las Normas: CEPREVEN ROC, CEPREVEN ABA, EN 12845					
Características de funcionamiento requeridas					
Caudal Nominal	450	m³/h	Fluido	Agua limpia	
Altura Nominal	90	m	Temp: 20 °C	Dens: 998,3 kg/m³	Visc: 1 cSt
Datos de la bomba					
Tipo	E. CPK-SX-125/315				
Tipo de construcción	Electrobomba				
Tipo de rodete					
Diámetro rodete	Ø 292	mm			
Ancho de salida	0	mm			
Datos hidráulicos (según ISO 9906-2A)					
Caudal	453	m³/h			
Altura manométrica	91	m			
Velocidad	2975	rpm			
Rendimiento	78,6	%			
Potencia absorbida	143	kW			
Materiales					
Ejecución:	CPK-SX		Sellado del eje	Empaquetadura	
Cuerpo de bomba	JS 1025 (GGG-40)		Tipo	ITPACK330	
Tapa de bomba	JS 1025 (GGG-40)		Materiales / Junta	IT-330	
Impulsor	1.4408 (CF8M)				
Eje de bomba	1.4462 (AISI-329)				
Anillos de desgaste	Acero inoxidable				
Camisa recambiable	1.4122				
Datos del motor					
Datos del motor		ITUR 2L			
Tritélico Terrestre IP-65		Tamaño 315 L			
Potencia nominal P2	160 kW				
Velocidad	2975 rpm	50 Hz			
Tensión nominal	400V				
Intensidad nominal	279 A				
Tipo de protección	IP 55				
Clase de aislamiento	F				
Clase de temperatura	B				
Conjunto de instrumentación y control					
Cuadro/s eléctrico/s para el control del equipo, totalmente conexionado/s y según las Normas indicadas					
Bancada					
Especialmente rígida, con cáncamos de elevación para suspender el equipo durante el transporte e instalación.					
Documentación					

Tabla 5

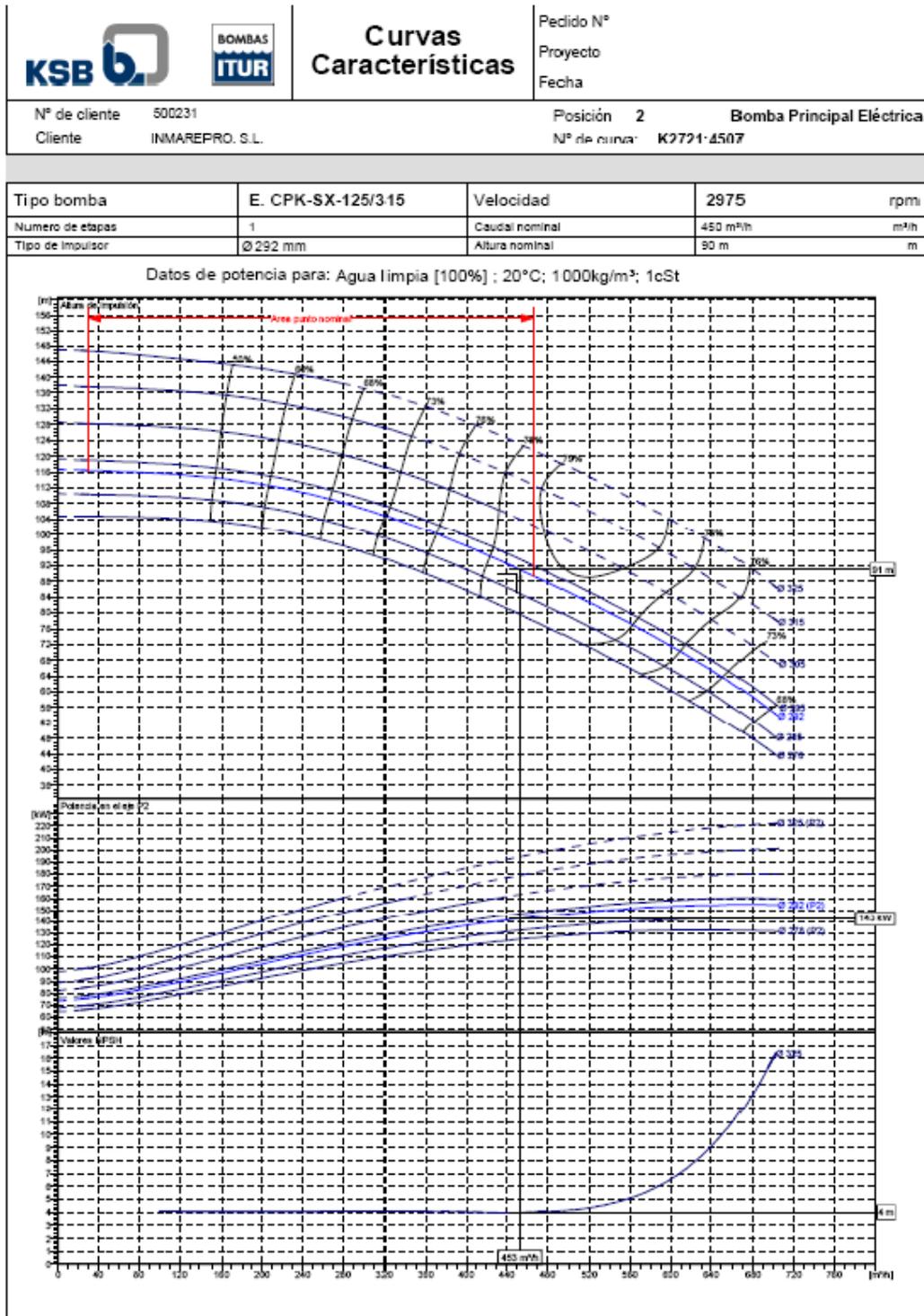


Tabla 6



8.10.3. Depósitos de Agua

La reserva de agua necesaria ha sido tasada en un flujo continuo durante 60 min para rociadores y una hora para el sistema de BIES, lo que implicará la instalación de un depósito de 440 m³ para el total abastecimiento en caso de utilización simultánea. El depósito que se ha seleccionado será de 500 m³ de capacidad, dando un margen de seguridad en caso de actuación, y se instalará de manera subterránea en la campa.

8.10.4. BIES

Las BIES serán de 45 mm y 20 m de manguera para la zona de planta baja, cubriendo un radio de actuación de 25 metros.

8.10.5. Tuberías

Las tuberías de la instalación serán de acero negro soldado según DIN 2440 y DIN 2448 con las uniones entre los tubos soldadas eléctricamente al arco para garantizar su perfecta estanqueidad a corto y largo plazo. Se ha procedido a la elección de estas tuberías ya que otras de tipo soldadas por resistencia podrían generar grietas, al cabo del tiempo, debido a la presión con la que fluiría el agua por ellas. Llevarán una capa de pintura anticorrosiva y capa de color rojo según la normativa sobre identificación de instalaciones.

Estas tuberías han sido las utilizadas para el sistema contra incendios para que puedan soportar las altas temperaturas que se originarán en caso de incendio, ya que si fuesen de plástico (como la de los sanitarios o lavadero) podrían llegar a deteriorarse.

Los diámetros de dichas tuberías dependerán de las necesidades en los distintos puntos de la instalación.

8.10.6. Valvulería

Las válvulas que se colocarán en la instalación permitirán la interrupción del suministro sin pérdidas a través de ellas. Asimismo se colocaran dos válvulas de retención según marca la normativa para evitar que el agua de la instalación retorne a través de la acometida a la red general de suministro de la compañía.



8.10.7. Señalización

Atendiendo al Anexo III, punto 17 del Real Decreto 2267/2004, se ha dispuesto de una señalización de las salidas de uso habitual o de emergencia, así como de los medios de protección contra incendios, de acuerdo con lo establecido en el Reglamento de señalización de los centros de trabajo, aprobado por el Real Decreto 458/1997 de 14 de abril. Se han dispuesto, también, señales de localización de extintor, Boca de Incendio Equipada y pulsador de alarma, que serán perfectamente visibles desde cualquier punto de la zona de proceso.

Las señales serán del tipo homologado y se ajustarán a lo dispuesto en la Norma UNE-23033-81(13) para extintores y 23033-81(14).

8.10.8. Alumbrado de Emergencia

Para dar cumplimiento a las exigencias previstas y exigidas en las Ordenanzas Municipales y al Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, se ha dispuesto del reglamentario alumbrado de emergencia y señalización mediante equipos autónomos que nos aseguren el alumbrado de accesos y zonas estratégicas, de modo que se facilite la segura y rápida evacuación de los usuarios en caso de falta de suministro de energía eléctrica, y la disminución de este suministro por debajo de un 70% del valor nominal de la tensión de la red.

De acuerdo con las condiciones previstas en el vigente Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, estos equipos garantizarán su funcionamiento en emergencia, ininterrumpidamente durante más de una hora cuando la tensión de la red descienda del 70% de su valor nominal.

Estos equipos deberán garantizar una iluminación superior a 1 lux (de acuerdo con la Instrucción MI-BT-025, apartado 2.2) o de 5 lux tal y como determina la NBE-CPI-96 en su artículo 21 y la ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo en su artículo 29.

En los planos correspondientes queda reflejada la ubicación de éstos, instalados en las distintas zonas de la nave, los cuales, han sido distribuidos adecuadamente para permitir, en cuanto sea necesario, la fácil y segura evacuación de personas hacia el exterior, para lo cual debe cumplir las funciones de alumbrado de reconocimiento de obstáculos.



No obstante, los equipos de emergencia a instalar deberán ser tipo autorizado por el Ministerio de Industria y se ajustarán necesariamente a lo previsto en la normas UNE-20-062-73 ó 20-392-75, debiéndose acreditar adecuadamente.

8.10.9. Medidas Correctoras Reglamentarias

En este apartado se hace referencia a las medidas correctoras reglamentarias que debe tener toda nave industrial como asistencia, a un herido, en caso de incendio. Esta medida es de obligado cumplimiento dentro del sistema contra incendios como medida auxiliar. Estas medidas constan de la existencia de un botiquín con las ayudas básicas en caso de socorrer a los heridos.

Botiquín

En el centro de Trabajo se dispondrá un botiquín de Primeros Auxilios dotado de los elementos imprescindibles para practicar una cura de urgencia. El botiquín deberá estar convenientemente señalizado y en un lugar conocido de los empleados y contendrá al menos los siguientes elementos:

- Agua Oxigenada y alcohol de 96°
- Mercurocromo o tintura de yodo
- Gasa estéril vendas algodón hidrófilo y esparadrapo
- Analgésicos
- Torniquete, bolsas de goma para agua o hielo y guantes esterilizados

El contenido del botiquín se revisará mensualmente y se repondrá lo gastado.



9. MEMORIA DE EVALUACIÓN AMBIENTAL

9.1. OBJETO

En este punto de la memoria del proyecto se ha realizado el estudio necesario para cumplir con las prescripciones del Artículo 44 de la Ley 2/2002 de Evaluación Ambiental de la C.A.M justificando las condiciones de las características de las instalaciones y de la actividad objeto de solicitud para la obtención de la Licencia de actividad. Haciendo hincapié en la posible repercusión sobre el entorno y las medidas de prevención medio ambientales a adoptar, para conseguir que su funcionamiento tenga la menor incidencia negativa sobre el entorno.

Cualquier nave sometida a estudio debe cumplir unas exigencias medioambientales fijadas por el gobierno. Esta nave, debido a su utilidad, deberá seguir unas normas en el tratamiento de sus desechos y en la contaminación que pueda provocar con ellos. En este punto se ha analizado la manera de tratar esos focos de contaminación, ya sean desechos, vertidos o contaminación acústica.

9.2. CARACTERÍSTICAS DE LA ACTIVIDAD EN LAS INSTALACIONES, MATERIALES Y PRODUCTOS

9.2.1. Localización y Análisis de las Instalaciones

En la memoria e introducción del proyecto, así como en los planos adjuntos en él, quedan definidas las características de las instalaciones con las que contará la nave objeto de proyecto y que se resumen en las siguientes:

- Instalación Eléctrica Interior.
- Instalación de climatización y ventilación forzada.
- Instalación y Medios de Protección Contra Incendios.
- Instalación de suministro de combustible a maquinaria.
- Instalación de aire comprimido.
- Instalación de trasiego de aceites.
- Instalación de lavado manual a presión y reciclado de agua.



En todas las instalaciones se justificará el cumplimiento de lo dispuesto en las Normas particulares de aplicación vigentes.

9.2.2. Proceso Productivo

La actividad a realizar será la de alquiler de maquinaria de obra civil, con taller de reparación de maquinaria propia, mecánica, electricidad, chapa, pintura y ruedas y oficinas anexas a la actividad.

El proceso de trabajo consistirá en el alquiler de maquinaria para obra civil tal como grupos electrógenos, compresores, carretillas, dumpers, rodillos de compactación, retroexcavadoras, etc.

Estas máquinas se alquilan con el depósito de combustibles lleno, por ello se dispone de dos depósitos de gasóleo de tipo A, con dos surtidores.

Una vez que la máquina es devuelta por el cliente se procede al lavado de la misma mediante un sistema de lavado a presión. Si la máquina está en perfecto estado pasa a los almacenes de maquinaria, nave 1, preparada para ser alquilada de nuevo, mientras que si la máquina tiene algún problema deberá pasar a la nave 2 para la solución del mismo.

9.2.3. Materias Primas y Auxiliares utilizadas

Las materias primas a utilizar serán básicamente las siguientes.

- Pinturas.
- Barnices.
- Lacas.
- Aceites.
- Repuestos.
- Neumáticos.



9.3. EMISIONES, VERTIDOS Y RESIDUOS

En este punto se han analizado y estudiado las distintas emisiones, vertidos y residuos que se han de producir en la nave industrial. Estos residuos y vertidos deberán ser almacenados por la propia nave para su posterior tratamiento mediante empresas especializadas.

A continuación se procederá al estudio de las distintas emisiones, vertidos y residuos que se producirán, durante el proceso, en la nave industrial.

9.3.1. Emisiones Gaseosas

En la nave se producirán emisiones gaseosas en forma de aire caliente procedente del sistema de condensación de los equipos de climatización ubicados en la cubierta de la nave, no existiendo huecos próximos en un radio de 15 m. Para dar salida a esos gases se han dispuesto de pequeñas rendijas de ventilación, en la cubierta de la nave, que permitirán su escape al exterior.

La nave además contará con un sistema de ventilación forzada, comentado con anterioridad, realizándose la descarga en la parte superior de los paramentos verticales laterales, esto permitirá la expulsión de todos los gases producidos por la combustión de la maquinaria dentro de la nave. La salida del sistema de ventilación forzada se realizará mediante conductos que deberán superar 1 m la altura de la cubierta del edificio propio, o colindante en un radio de 15 m, para que los humos no puedan perjudicar, ni a la propia nave ni a las naves colindantes.

Otra emisión será el aire producido en la fase de secado por operaciones llevadas a cabo en la cabina de pintura presurizada, esta emisión deberá ser eliminada mediante conductos, llevándolo directamente a cubierta. Estos conductos superarán en 1m la cubierta del propio edificio o colindante en un radio de 15 m, incluyendo, además, la dotación de filtros de partículas a la cabina de pintura antes mencionada.

La evacuación de gases de combustión de la caldera para generar agua caliente del sistema de lavado a presión se realizará directamente a cubierta.



9.3.2. Residuos y Vertidos de carácter Sólido

Los residuos y vertidos de carácter sólidos producidos en la nave deberán ser almacenados, tras su generación, para posteriormente ser tratados por empresas especializadas.

Los residuos sólidos que se generarán en la nave serán los siguientes:

- Piezas o accesorios defectuosos de maquinaria.
- Botes de pintura vacíos.
- Trapos impregnados de pintura o en materias o líquidos de limpieza que se recogerán en recipientes de seguridad metálicos con tapa del mismo material.
- Aceites y filtros procedentes del cambio de aceite de las máquinas.
- Neumáticos.
- Baterías.
- Filtros de la cabina de pintura.

Se llevará a cabo, al final del proceso, el almacenamiento y recogida de los residuos en recipientes adecuados, siendo retirados por un gestor autorizado.

9.3.3. Residuos y Vertidos Líquidos

Las aguas residuales, que se verterán a la red de alcantarillado, formarán los residuos y vertidos líquidos, siendo los procedentes de los servicios de higiene del lavado manual de vehículos y de los sanitarios. Estas aguas residuales se consideran urbanas y no producirán efectos aditivos sobre el entorno, dado que las aguas procedentes del lavado pasan por un proceso de decantación de grasas y lodos antes de ser vertidas a la red general de saneamiento.



Antes de la acometida a la red general de saneamiento del edificio se ha dispuesto de arquetas separadoras de grasas y lodos del tipo y dimensiones reglamentarias, una en la zona de lavado y otra en la campa, donde confluyen todas el agua procedentes de los ramales de la red de fecales para evitar la contaminación con productos de los señalados en el Anexo I de la Ley de Vertidos Líquidos Industriales al sistema Integral de Saneamiento. Por estas arquetas pasarán todas las aguas residuales del edificio excepto las procedentes de los inodoros.

De acuerdo con lo indicado en el artículo 27 de la citada Ley, se han instalado dos arquetas de registro para la toma de muestras, una ubicada en la red de fecales y otra en la de pluviales, adecuándose las dos en su diseño a las especificaciones del Anexo 5 de la referida Ley.

Estas arquetas estarán situadas aguas abajo del último vertido y de tal forma que el flujo del efluente no pueda variarse.

9.4. EMISIONES POR FORMA DE ENERGÍA (RUIDOS Y VIBRACIONES)

9.4.1. Tipo de Actividad y Horario previsto

La actividad a realizar es la de Alquiler de maquinaria para obra civil con taller de reparación y oficinas.

De acuerdo con lo manifestado por la propiedad la previsión de horario de funcionamiento de la actividad será de 8 h a 14 h de la mañana y de 16 h a 18 h de la tarde.

9.4.2. Descripción de la Nave y Usos Adyacentes

La nave objeto de proyecto es extensa en superficie, contando con retranqueos en todo su perímetro, estando próxima a ella naves en su periferia.

La estructura de edificio es de hormigón armado, los cerramientos perimetrales están constituidos por muros prefabricados de hormigón, siendo la carpintería metálica con cristal de 6+6 mm.



9.4.3. Focos de Contaminación Acústica de la Actividad

El nivel de presión sonora interior debido al funcionamiento de las máquinas, se estima en 85 dB(A), por lo que a efectos de aislamiento acústico, se estiman suficientes los cerramientos exteriores para garantizar que no se transmitan al exterior niveles de presión sonora que excedan de los máximos permitidos en zonas industriales.

Para la maquinaria de aire acondicionado, los niveles de presión sonora medidos a 5 m de distancia de la máquina en condiciones de campo libre serán ,según el catálogo de fabricante, como máximo 57 dB(A) para el equipo de mayor potencia y 44 dB(A) para la máquina de menor potencia.

Todas las máquinas de producción, así como la máquinas de aire acondicionado, se instalarán sobre adecuados soportes antivibratorios capaces de absorber el 70% de las vibraciones producidas en su funcionamiento, garantizando también, el perfecto equilibrado estático y dinámico así como el ajuste de sus elementos giratorios.

9.4.4. Niveles de Emisión Previsibles

Los niveles de emisión permitidos estarán fijados para edificios industriales en un nivel sonoro, en el interior del edificio, en 85 dB(A).



9.4.5. Niveles de Perturbación

Teniendo en cuenta el Decreto 78/1999, por el que se regula el régimen de protección contra la contaminación acústica de la Comunidad de Madrid, se establece para el tipo de actividad objeto del proyecto y respecto al uso industrial colindante, ya que la nave está ubicada en un Polígono Industrial, los límites siguientes, teniendo en cuenta que la actividad está ubicada dentro de un Área ruidosa:

NIVELES MÁXIMOS PERMITIBLES	8 – 22 h	22 – 8 h
Niveles máximos permisibles al exterior en Áreas ruidosas	70 dB(A)	60 dB(A)
Niveles máximos permisibles en el Ambiente interior para uso industrial	60 dB(A)	55 dB(A)

Tabla 7

9.4.6. Descripción del Aislamiento Acústico

Las operaciones que se realizarán en la nave serán mayoritariamente el mantenimiento y reparación de maquinaria. Estas reparaciones implican multitud de pruebas de arranque de máquinas, prolongación de funcionamiento de operatividad de las mismas, y en general todas las pruebas necesarias que permitan su reparación y verificación de la correcta funcionalidad.

Todas estas operaciones conllevarán un ruido, en algunos casos más o menos fuertes, dependiendo de las máquinas con las que se trabaje; por lo tanto se deberá disponer a la nave de un correcto aislamiento acústico que tenga como función aislar al exterior de los ruidos que se ocasionen en el interior de la misma.

Este aislamiento debe ser lo suficientemente aislante para que en el peor de los casos no se supere el límite exigido por la norma en cuanto a emisiones acústicas se refiere.



A la hora de realizar el cálculo de las emisiones acústicas que puede absorber la nave, se deberá estudiar las 3 zonas que influyen en esta insonorización:

- 1) Fachadas Frontales.
- 2) Fachadas Laterales.
- 3) Cubierta.

El cálculo de los niveles permitidos de las emisiones acústicas se han llevado a cabo en “*Cálculo de Aislamiento Acústico*” donde se quedan analizadas las 3 zonas de insonorización.

9.4.7. Necesidad de Aislamiento Acústico

Una vez se estudiadas las características acústicas de la nave teniendo en cuenta las condiciones expuestas, presentes los niveles máximos permisibles, que los usos próximos son de carácter industrial y que el desarrollo de la actividad se realiza durante el periodo de día; se ha considerado que los cerramientos delimitadores existentes constituyen una barrera acústica eficaz para garantizar que no se superarán los límites de emisión e inmisión establecidos por la Normativa. Siendo el proyecto totalmente viable para su aceptación por parte del ayuntamiento de Torrejón en cuanto a los parámetros establecidos por la normativa acústica medioambiental.



10. CÁLCULO DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN

10.1. SISTEMA DE VENTILACIÓN

Según lo indicado en el apartado de “*Ventilación forzada*” es necesario la instalación de un sistema de instalación de ventilación forzada que permita la extracción y renovación del aire de la nave, a razón de un flujo fijado, en caso de aparición de un fuego o de puesta en marcha de alguna máquina en la nave.

Este sistema de ventilación debe ser capaz de renovar los gases contaminantes que se puedan originar en la nave acorde a un caudal de 15 m³/h por m². Este caudal de renovación es el mínimo caudal fijado para emplazamientos industriales o aparcamientos subterráneos, y atendiendo a esta renovación mínima, se ha procedido a realizar el cálculo del sistema de ventilación necesario en los diferentes sectores de la nave, si fuera necesario en alguno de ellos.

10.1.1. Sectores

A continuación se ha procedido a realizar el análisis de los sectores que deben llevar, por sus características, un sistema de ventilación. La nave ha sido dividida en estos sectores acorde a las actividades que en ellos se realizan, y atendiendo a estas actividades a realizar, se ha elegido si procede la implantación de un sistema de ventilación, y en tal caso el más adecuado.

La renovación del aire será importante especialmente en dos tipos de zonas:

Zonas de generación de gases peligrosos

- Sector 3 (*Cabina de pintura y almacén*): Zona de utilización de productos químicos altamente contaminantes (pinturas, disolventes, etc).
- Sector 4 (*Nave 2*): El taller de reparaciones será la zona más importante en cuanto a la emisión de humos contaminantes por parte de la maquinaria.
- Sector 11 (*Almacén de neumáticos y taller de reparaciones de ruedas*): En este sector, siguiendo la norma, deberá estar dotado un sistema de ventilación al tratarse de un sector con un nivel de riesgo alto en caso de incendio.



Zonas para uso del personal

- *Sector 6 (El comedor, los vestuarios y el almacén de repuestos)*: Se han considerado focos aislados con acceso restringido al resto de la nave.

El procedimiento de trabajo de la nave industrial se llevará a cabo con las puertas de acceso al interior de la nave abiertas, para producir una corriente que permita la mejor renovación del aire interior, ayudando al sistema de ventilación diseñado. Esta apertura de puertas llevará consigo la no necesidad de sistema de ventilación en otra zona de la nave:

- *Sector 1 (Nave 1)*: La nave 1 tiene su uso restringido a operaciones de almacenaje de maquinaria, no siendo necesario la implantación de un sistema de ventilación adicional.

10.1.2. Sistemas de Ventilación en los Sectores

El sistema de ventilación que se va a implantar en la nave estará formado con un sistema de ventiladores de la marca SODECA, que serán empleados eligiendo los más adecuados para las exigencias de cada sector.

En la tablas siguientes, se han indicado las características funcionales de los extractores tubulares helicoidales con Certificación Atex que SODECA tiene en el mercado, y de esta lista se han seleccionados los más adecuados para cada sector, según sus características.



HCT/ATEX




Extractores helicoidales tubulares de gran robustez, con Certificación ATEX



HCT/ATEX



EEx "e" marcado:  II 2 G. EEx e
 EEx "d" marcado:  II 2 G. EEx d
 Organismo notificado: L.O.M.
 Nº de identificación: LOM3ATEX0157

Extractores helicoidales tubulares, con Certificación ATEX, para trabajar en atmósferas explosivas.

Ventilador:

- Envoltorio tubular en chapa de acero, con banda de aluminio en la zona de la hélice según norma EN-14986:2005
- Hélice fundición de aluminio
- Incorpora trampilla de inspección
- Dirección aire motor-hélice



Banda de aluminio para prevenir chispas según norma EN-14986:2005

Motor:

- Motores clase F, con rodamientos a bolas, protección IP55, con certificación ATEX, antiexplosivos EEx"e" o antideflagrantes EEx"d"
- Tifásicos 230/400V.-50Hz. (hasta 5,5CV.) y 400/690V.-50Hz.(potencias superiores a 5,5CV.)
- Temperatura de trabajo: -20°C.+ 40°C.

Acabado: Anticorrosivo en resina de poliéster, polimerizada a 190°C., previo desengrase alcalino y pretratamiento libre de fosfatos

Bajo demanda:

- Bobinados especiales para diferentes tensiones y frecuencias
- Construcción ATEX para diferentes categorías
- Extractores con motor de 2 velocidades

Características técnicas

Modelo	Velocidad (r/min)	Potencia instalada (kW)	Caudal máximo (m3/h)	Nivel sonoro dB(A)	Peso aprox. con motor	
					EEx-e (Kg)	EEx-d (Kg)
HCT-35-2T/ATEX	2800	0,37	5750	77	13	23
HCT-35-4T/ATEX	1440	0,12	3100	59	12	19
HCT-40-2T-1,5/ATEX	2900	1,10	8750	84	27	40
HCT-40-4T-0,33/ATEX	1450	0,25	5100	64	21	30
HCT-45-2T-2/ATEX	2900	1,50	10300	86	30	49
HCT-45-2T-3/ATEX	2900	2,20	12800	88	33	54
HCT-45-4T-0,5/ATEX	1450	0,37	7100	68	25	33
HCT-50-4T-0,75/ATEX	1450	0,55	10300	70	27	41
HCT-56-4T-0,75/ATEX	1450	0,55	11000	72	32	46
HCT-56-4T-1/ATEX	1450	0,75	12900	73	34	47
HCT-56-4T-1,5/ATEX	1450	1,10	14000	74	36	55
HCT-56-4T-2/ATEX	1450	1,50	15300	75	39	59
HCT-56-6T-0,33/ATEX	950	0,25	8400	61	31	39
HCT-56-6T-0,5/ATEX	950	0,37	9300	61	34	43
HCT-56-6T-0,75/ATEX	950	0,55	10000	62	34	47
HCT-63-4T-1/ATEX	1450	0,75	14100	73	43	56
HCT-63-4T-1,5/ATEX	1450	1,10	17000	74	45	64
HCT-63-4T-2/ATEX	1450	1,50	18900	75	48	68
HCT-63-4T-3/ATEX	1450	2,20	22000	76	53	76
HCT-63-4T-4/ATEX	1450	3,00	25200	77	56	79
HCT-63-6T-0,5/ATEX	950	0,37	12000	64	43	52

Tabla 8



Extractores helicoidales tubulares de gran robustez, con Certificación ATEX

HCT/ATEX

Características técnicas

Modelo	Velocidad (r/min)	Potencia instalada (kW)	Caudal máximo (m ³ /h)	Nivel sonoro dB(A)	Peso aprox. con motor	
					EEe-e (Kg)	EEe-d (Kg)
HCT-63-6T-0,75/ATEX	950	0,55	12600	65	43	56
HCT-63-6T-1/ATEX	950	0,75	13800	66	45	64
HCT-71-4T-1,5/ATEX	1450	1,10	19900	78	51	70
HCT-71-4T-2/ATEX	1450	1,50	21000	79	54	74
HCT-71-4T-3/ATEX	1450	2,20	24000	81	60	83
HCT-71-4T-4/ATEX	1450	3,00	29400	82	63	86
HCT-71-6T-0,75/ATEX	950	0,55	15000	67	49	62
HCT-71-6T-1/ATEX	950	0,75	17200	68	51	70
HCT-71-6T-1,5/ATEX	950	1,10	21100	69	54	75
HCT-80-4T-3/ATEX	1450	2,20	29500	82	69	92
HCT-80-4T-4/ATEX	1450	3,00	37000	83	72	95
HCT-80-4T-5,5/ATEX	1450	4,00	40500	84	74	98
HCT-80-6T-1/ATEX	950	0,75	23000	71	60	79
HCT-80-6T-1,5/ATEX	950	1,10	26000	72	63	84
HCT-80-6T-2/ATEX	950	1,50	29700	73	71	95
HCT-80-6T-3/ATEX	950	2,20	33500	74	74	98
HCT-90-4T-4/ATEX	1450	3,00	40000	87	87	110
HCT-90-4T-5,5/ATEX	1450	4,00	46500	89	90	114
HCT-90-4T-7,5/ATEX	1450	5,50	51000	91	103	142
HCT-90-4T-10/ATEX	1450	7,50	54700	92	111	145
HCT-90-6T-2/ATEX	950	1,50	34300	77	86	110
HCT-90-6T-3/ATEX	950	2,20	38000	78	90	114
HCT-90-6T-4/ATEX	950	3,00	42400	79	102	142
HCT-100-4T-7,5/ATEX	1450	5,50	54000	92	98	137
HCT-100-4T-10/ATEX	1450	7,50	63000	93	122	156
HCT-100-4T-15/ATEX	1460	11,00	68000	94	159	256
HCT-100-4T-20/ATEX	1455	15,00	72000	95	178	279
HCT-100-6T-3/ATEX	950	2,20	43000	82	101	125
HCT-100-6T-4/ATEX	950	3,00	47000	83	113	153
HCT-100-6T-5,5/ATEX	950	4,00	53000	84	120	156

Tabla 9

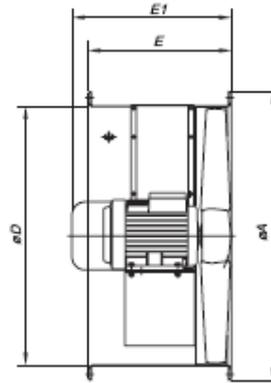
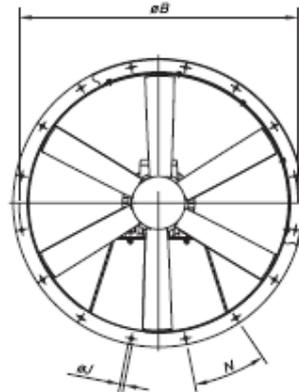


HCT/ATEX

Extractores helicoidales tubulares de gran robustez, con Certificación ATEX



Dimensiones mm



Modelo	GA	GB	D	EEx'e'		E1	eJ	N
				E	E1			
HCT-35-2T/ATEX	425	395	355	230	230	10	8x45	
HCT-35-4T/ATEX	425	395	355	230	230	10	8x45	
HCT-40-2T-1.5/ATEX	490	450	410	320	351	12	8x45	
HCT-40-4T-0.33/ATEX	490	450	410	320	320	12	8x45	
HCT-45-2T-2/ATEX	540	500	480	380	379	12	8x45	
HCT-45-2T-3/ATEX	540	500	480	380	379	12	8x45	
HCT-45-4T-0.5/ATEX	540	500	480	380	370	12	8x45	
HCT-50-4T-0.75/ATEX	600	580	514	380	386	12	12x30	
HCT-56-4T-0.75/ATEX	660	620	580	400	400	12	12x30	
HCT-56-4T-1/ATEX	660	620	580	400	400	12	12x30	
HCT-56-4T-1.5/ATEX	660	620	580	400	420	12	12x30	
HCT-56-4T-2/ATEX	660	620	580	400	420	12	12x30	
HCT-56-6T-0.33/ATEX	660	620	580	400	400	12	12x30	
HCT-56-6T-0.5/ATEX	660	620	580	400	400	12	12x30	
HCT-56-6T-0.75/ATEX	660	620	580	400	400	12	12x30	
HCT-63-4T-1/ATEX	730	690	640	430	430	12	12x30	
HCT-63-4T-1.5/ATEX	730	690	640	430	430	12	12x30	
HCT-63-4T-2/ATEX	730	690	640	430	430	12	12x30	
HCT-63-4T-3/ATEX	730	690	640	430	490	12	12x30	
HCT-63-4T-4/ATEX	730	690	640	430	490	12	12x30	
HCT-63-6T-0.5/ATEX	730	690	640	430	430	12	12x30	
HCT-63-6T-0.75/ATEX	730	690	640	430	430	12	12x30	
HCT-63-6T-1/ATEX	730	690	640	430	430	12	12x30	
HCT-71-4T-1.5/ATEX	810	770	710	500	500	12	16x2230'	
HCT-71-4T-2/ATEX	810	770	710	500	500	12	16x2230'	
HCT-71-4T-3/ATEX	810	770	710	500	517	12	16x2230'	
HCT-71-4T-4/ATEX	810	770	710	500	517	12	16x2230'	
HCT-71-6T-0.75/ATEX	810	770	710	500	500	12	16x2230'	
HCT-71-6T-1/ATEX	810	770	710	500	500	12	16x2230'	
HCT-71-6T-1.5/ATEX	810	770	710	500	500	12	16x2230'	
HCT-80-4T-3/ATEX	900	860	800	500	517	12	16x2230'	
HCT-80-4T-4/ATEX	900	860	800	500	517	12	16x2230'	
HCT-80-4T-5.5/ATEX	900	860	800	500	535	12	16x2230'	
HCT-80-6T-1/ATEX	900	860	800	500	500	12	16x2230'	
HCT-80-6T-1.5/ATEX	900	860	800	500	500	12	16x2230'	
HCT-80-6T-2/ATEX	900	860	800	500	517	12	16x2230'	
HCT-80-6T-3/ATEX	900	860	800	500	535	12	16x2230'	
HCT-90-4T-4/ATEX	1015	970	900	500	517	15	16x2230'	
HCT-90-4T-5.5/ATEX	1015	970	900	500	535	15	16x2230'	
HCT-90-4T-7.5/ATEX	1015	970	900	500	571	15	16x2230'	
HCT-90-4T-10/ATEX	1015	970	900	500	616	15	16x2230'	
HCT-90-6T-2/ATEX	1015	970	900	500	517	15	16x2230'	
HCT-90-6T-3/ATEX	1015	970	900	500	535	15	16x2230'	
HCT-90-6T-4/ATEX	1015	970	900	500	571	15	16x2230'	
HCT-100-4T-7.5/ATEX	1115	1070	1000	550	567	15	16x2230'	
HCT-100-4T-10/ATEX	1115	1070	1000	550	612	15	16x2230'	
HCT-100-4T-15/ATEX	1115	1070	1000	650	701	15	16x2230'	
HCT-100-4T-20/ATEX	1115	1070	1000	650	701	15	16x2230'	
HCT-100-6T-3/ATEX	1115	1070	1000	550	565	15	16x2230'	
HCT-100-6T-4/ATEX	1115	1070	1000	550	567	15	16x2230'	
HCT-100-6T-5.5/ATEX	1115	1070	1000	550	612	15	16x2230'	

Tabla 10



Extractores helicoidales tubulares de gran robustez, con Certificación ATEX

HCT/ATEX

Características acústicas

Los valores indicados, se determinan mediante medidas de nivel de presión y potencia sonora en dB(A) obtenidas en campo libre a una distancia equivalente a dos veces la envergadura del ventilador más el diámetro de la hélice, con un mínimo de 1,5 mts.

Espectro de potencia sonora Lw(A) en dB(A) por banda de frecuencia en Hz.

Modelo	Lp dB(A)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Modelo	Lp dB(A)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
HCT-35-2T/ATEX	77	48	63	82	81	82	81	76	67	HCT-71-4T-4/ATEX	82	59	79	87	92	94	91	84	73
HCT-35-4T/ATEX	59	30	45	64	63	64	63	58	49	HCT-71-6T-0,75/ATEX	67	44	64	72	77	79	76	69	58
HCT-40-2T-1,5/ATEX	84	49	66	78	86	91	91	87	80	HCT-71-6T-1/ATEX	68	45	65	73	78	80	77	70	59
HCT-40-4T-0,33/ATEX	64	29	46	58	66	71	71	67	60	HCT-71-6T-1,5/ATEX	69	46	66	74	79	81	78	71	60
HCT-45-2T-2/ATEX	86	51	68	80	88	93	93	89	82	HCT-90-4T-3/ATEX	82	59	79	87	92	94	91	84	73
HCT-45-2T-3/ATEX	88	53	70	82	90	95	95	91	84	HCT-90-4T-4/ATEX	83	60	80	88	93	95	92	85	74
HCT-45-4T-0,5/ATEX	68	33	50	62	70	75	75	71	64	HCT-90-4T-5,5/ATEX	84	61	81	89	94	96	93	86	75
HCT-50-4T-0,75/ATEX	70	37	54	67	74	79	80	75	68	HCT-90-6T-1/ATEX	71	48	68	76	81	83	80	73	62
HCT-56-4T-0,75/ATEX	72	47	67	75	80	82	79	72	61	HCT-90-6T-1,5/ATEX	72	49	69	77	82	84	81	74	63
HCT-56-4T-1/ATEX	73	48	68	76	81	83	80	73	62	HCT-90-6T-2/ATEX	73	50	70	78	83	85	82	75	64
HCT-56-4T-1,5/ATEX	74	49	69	77	82	84	81	74	63	HCT-90-6T-3/ATEX	74	51	71	79	84	86	83	76	65
HCT-56-4T-2/ATEX	75	50	70	78	83	85	82	75	64	HCT-90-4T-4/ATEX	87	65	86	93	98	101	97	90	79
HCT-56-6T-0,33/ATEX	61	36	56	64	69	71	68	61	50	HCT-90-4T-5,5/ATEX	89	67	88	95	100	103	99	92	81
HCT-56-6T-0,5/ATEX	61	36	56	64	69	71	68	61	50	HCT-90-4T-7,5/ATEX	91	69	90	97	102	105	101	94	83
HCT-56-6T-0,75/ATEX	62	37	57	65	70	72	69	62	51	HCT-90-4T-10/ATEX	92	70	91	98	103	106	102	95	84
HCT-63-4T-1/ATEX	73	50	70	78	83	85	82	75	64	HCT-90-6T-2/ATEX	77	55	76	83	88	91	87	80	69
HCT-63-4T-1,5/ATEX	74	51	71	79	84	86	83	76	65	HCT-90-6T-3/ATEX	78	56	77	84	89	92	88	81	70
HCT-63-4T-2/ATEX	75	52	72	80	85	87	84	77	66	HCT-90-6T-4/ATEX	79	57	78	85	90	93	89	82	71
HCT-63-4T-3/ATEX	76	53	73	81	86	88	85	78	67	HCT-100-4T-7,5/ATEX	92	72	92	100	105	107	104	97	86
HCT-63-4T-4/ATEX	77	54	74	82	87	89	86	79	68	HCT-100-4T-10/ATEX	93	73	93	101	106	108	105	98	87
HCT-63-6T-0,5/ATEX	64	41	61	69	74	76	73	66	55	HCT-100-4T-15/ATEX	94	74	94	102	107	109	106	99	88
HCT-63-6T-0,75/ATEX	65	42	62	70	75	77	74	67	56	HCT-100-4T-20/ATEX	95	75	95	103	108	110	107	100	89
HCT-63-6T-1/ATEX	66	43	63	71	76	78	75	68	57	HCT-100-6T-3/ATEX	82	62	82	90	95	97	94	87	76
HCT-71-4T-1,5/ATEX	78	55	75	83	88	90	87	80	69	HCT-100-6T-4/ATEX	83	63	83	91	96	98	95	88	77
HCT-71-4T-2/ATEX	79	56	76	84	89	91	88	81	70	HCT-100-6T-5,5/ATEX	84	64	84	92	97	99	96	89	78
HCT-71-4T-3/ATEX	81	58	78	86	91	93	90	83	72										

Tabla 11

Las tablas expuestas permiten la elección del ventilador para dotar al sistema de ventilación, acorde a las necesidades de cada sector.

En la **Tabla 9** se incluyen los datos técnicos (velocidad, potencia, caudal y nivel sonoro) de cada tipo de ventilador, y conforme a las solicitudes necesarias se procede a la elección del más adecuado.

La **Tabla 10** es una tabla donde aparecen referenciadas las dimensiones de cada tipo de ventilador, mientras que la **Tabla 11** establece una comparativa acústica de cada uno.



A continuación se ha procedido cálculo de los sistemas de ventilación necesarios para todos los sectores en los que se dividirá la nave. Para llevar a cabo este cálculo se han utilizado los valores de las superficies ocupadas por cada sector, y con valor del flujo de renovación, se realizará el cálculo de los metros cúbicos necesarios que se deberá extraer de la nave.

Una vez realizados estos cálculos, y siguiendo las tablas, se ha elegido el ventilador que se adapte a las necesidades de cada sector.

Los ventiladores elegidos para cada sector son:

Sector 3

Este sector lo componen el almacén de pintura y la cabina de pintura, aprovechando su proximidad, se ha instalado un sólo sistema de ventilación cuyo Área total será:

$$A = 84,34 \text{ m}^2$$

Se cumplirá que el caudal debe ser:

$$Q = 15 \text{ m}^3/\text{h por m}^2.$$

Luego el volumen de aire a renovar por hora será:

$$15 \text{ m}^3/\text{h por m}^2 \times 84,34 \text{ m}^2 = 1.265,1 \text{ m}^3/\text{h}$$

A la vista de los resultados, se ha obtenido un volumen necesario a renovar, por hora, en el **Sector 3** de 1265,1 m³/h, para lo cual se deberá buscar, en la tabla, cuales son los ventiladores que mejor se adaptan a las necesidades demandadas y resultan más económicos.



El ventilador escogido es el:

HCT 35-4T/ATEX

Velocidad = 1.440 rpm

Potencia instalada = 0,12 KW

Caudal máximo = 3.100 m³/h

Peso = 19 Kg

Este extractor garantizará la mínima renovación exigida por la norma, siendo a su vez un extractor de dimensiones asequibles (tabla extractores SODECA) para las dimensiones de el almacén y cabina de pintura.

Sector 4

El sector lo compondrá la nave 2 donde se realizará el mantenimiento y reparación de la maquinaria, cuyo Área total será:

$$A = 1672,93 \text{ m}^2$$

Se cumplirá que el caudal debe ser:

$$Q = 15 \text{ m}^3/\text{h por m}^2.$$

Luego el volumen de aire a renovar por hora será:

$$15 \text{ m}^3/\text{h por m}^2 \times 1672,93 \text{ m}^2 = 25.093,95 \text{ m}^3/\text{h}$$

A la vista de los resultados, se obtiene que el volumen que es necesario renovar por hora en el **Sector 4** es de 25093,95 m³/h, para lo cual habrá que buscar, en la tabla, cuales son los ventiladores que mejor se adaptan a las necesidades demandadas y resultan más económicos.



El ventilador escogido es el:

HCT 45-2T-2/ATEX

Velocidad = 2900 rpm

Potencia instalada = 1,5 KW

Caudal máximo = 10.300 m³/h

Peso = 49 Kg

En este caso se elegirá un extractor tipo 45-2T-2 con un caudal máximo de 10.300 m³/h, este caudal es insuficiente para llevar a cabo toda la renovación de la nave, por ello se deberá instalar 3 ventiladores, repartidos en la cubierta de la nave, capaces de dar salida a los 25.093,95 m³/h de aire de la nave.

Se escogerá este tipo de ventiladores por ser más ligeros, económicos y eficaces que instalar un ventilador con mayor evacuación de caudal, y por tanto, más caro y pesado.

Sector 11

El sector 11 estará destinado al almacenamiento y reparación de neumáticos, con un Área total de:

$$A = 56,34 \text{ m}^2$$

Se cumplirá que el caudal debe ser:

$$Q = 15 \text{ m}^3/\text{h por m}^2.$$

Luego el volumen de aire a renovar por hora será:

$$15 \text{ m}^3/\text{h por m}^2 \times 56,34 \text{ m}^2 = 845,1 \text{ m}^3/\text{h}$$



El resultado obtenido, para el volumen de renovación del **Sector 11** es de 845,1 m³/h, y una vez se accede a las tablas se obtendrá el tipo del ventilador necesario a implantar.

El ventilador escogido es el:

HCT 35-4T/ATEX

Velocidad = 1440 rpm

Potencia instalada = 0,12 KW

Caudal máximo = 3100 m³/h

Peso = 19 Kg

Este extractor garantizará la mínima renovación exigida por la norma, siendo a su vez un extractor de dimensiones asequibles (tabla extractores SODECA) para el almacén y el taller de reparación de neumáticos.

Sector 6

El sector 6 lo compondrán varios departamentos, como son, el comedor y el vestuario, situados en la primera planta de la nave 2; y el almacén de repuestos, que estará situado en la planta baja de la nave 2.

Debido al emplazamiento y situación del almacén con respecto al comedor y los vestuarios, se realizarán como instalaciones independientes de ventilación.

Comedor y Vestuarios

El comedor y los vestuarios estarán ubicados en la primera planta de la nave 2, con un Área total de:

$$A = 71,37 \text{ (comedor)} + 59 \text{ (vestuarios)} = 130,37 \text{ m}^2$$



Se cumplirá que el caudal debe ser:

$$Q = 15 \text{ m}^3/\text{h por m}^2.$$

Luego el volumen de aire a renovar por hora será:

$$15 \text{ m}^3/\text{h por m}^2 \times 130,37 \text{ m}^2 = 1955,55 \text{ m}^3/\text{h}$$

A la vista de los resultados, se obtiene que el volumen que es necesario renovar por hora en el **comedor y los vestuarios** es de 1955,55 m³/h, para lo cual habrá que buscar, en la tabla, cuales son los ventiladores que mejor se adaptan a las necesidades demandadas y resultan más económicos.

El ventilador escogido es el:

HCT 35-4T/ATEX

Velocidad = 1440 rpm

Potencia instalada = 0,12 KW

Caudal máximo = 3100 m³/h

Peso = 19 Kg

Este extractor garantizará la mínima renovación exigida por la norma, siendo a su vez un extractor de dimensiones asequibles (tabla extractores SODECA) para el comedor y los vestuarios, siendo a su vez uno de los más económicos y ligeros que hay disponibles en la tabla.

Almacén de Repuestos

El almacén de repuestos se encontrará ubicado en la planta baja de la nave 2, ocupando una superficie de.

$$A = 163,68 \text{ m}^2$$



Se cumplirá que el caudal debe ser:

$$Q = 15 \text{ m}^3/\text{h por m}^2.$$

Luego el volumen de aire a renovar por hora será:

$$15 \text{ m}^3/\text{h por m}^2 \times 163,68 \text{ m}^2 = 2455,2 \text{ m}^3/\text{h}$$

Tras la realización de los cálculos se obtiene que el volumen que es necesario renovar por hora en el *almacén de repuestos* es de 2455,2 m³/h. Ateniéndonos a la tabla, se eligen los ventiladores que mejor se adapten a las necesidades demandadas y resulten más económicos.

El ventilador escogido es el:

HCT 35-4T/ATEX

Velocidad = 1440 rpm

Potencia instalada = 0,12 KW

Caudal máximo = 3100 m³/h

Peso = 19 Kg

Este extractor permitirá obtener la renovación necesaria, siendo a su vez un extractor de dimensiones asequibles (tabla extractores SODECA) para el almacén de repuestos, siendo a su vez uno de los más económicos y ligeros que hay disponibles en la tabla.



11. CÁLCULO DEL SISTEMA DE AISLAMIENTO

11.1. CÁLCULO DE AISLAMIENTO ACÚSTICO

Como se ha indicado el punto de gestión medioambiental, hay unos límites de nivel ruido que la nave industrial no podrá exceder por normativa. Estos límites ya han sido mencionados y en este punto lo que se tratado es de tomar las medidas para que esos límites se respeten.

La nave industrial deberá tener una insonorización tal que se respete el nivel de emisiones de ruido fijados por la norma. La nave, al ser una nave de transito y operabilidad con maquinaria, llevará acarreado la producción de una gran cantidad de ruido. Para disminuir la salida del ruido al exterior se deberá insonorizar la nave, y para ellos estudiaremos los puntos de aislamiento.

A continuación se van a analizar todos los puntos de aislamiento de la nave. Para ello se deberá analizar de cada punto:

- Material
- Superficie
- Masa unitaria

Estos datos se obtendrán atendiendo a los materiales que se empleen en cada zona.

Una vez conocidos estos parámetros se ha efectuado el cálculo del “*asilamiento al ruido*”. Este dato vendrá expresado en dB(A).

Normalmente las zonas que se van a analizar están compuestas de zonas, a su vez, de distintas zonas con distintos materiales, por lo que será necesario realizar el cálculo del “*asilamiento al ruido*” de cada parte y posteriormente se realizará el cálculo del “*aislamiento global*” de la zona, que nos dará el nivel de ruido aislado por cada zona.



Una vez calculados los niveles de cada zona, y sabiendo que el nivel de ruido producido en la nave no puede superar 85 dB(A), se restarán esos dos valores, teniendo que dar un resultado de emisión de ruido al exterior menor de lo establecido en la norma, teniendo en cuenta que el nivel de ruido emitido al exterior no debe superar los valores expuestos en la siguiente tabla:

Niveles máximos permisibles al exterior en Áreas ruidosas	70 dB(A)
Niveles máximos permisibles en el Ambiente interior para uso industrial	60 dB(A)

Tabla 12

De superar estos niveles se deberá escoger otros materiales que lo cumplan. A continuación se han estudiado las zonas de aislamiento.

11.1.2. Fachadas Frontales

Las fachadas frontales son las fachadas donde se disponen las puertas de acceso a la nave, lugar por donde la maquinaria y el personal accederá a la nave. Son las fachadas suroeste y noroeste según se pueden ver en planos.

Para estudiar el nivel acústico capaz de absorber la nave por estas superficies es necesario separar *las fachadas, ventanas y las puertas de acceso*, y analizar la capacidad de absorción acústica de cada elemento por separado.

Para el cálculo del aislamiento del ruido aéreo se han utilizado las fórmulas existentes en la norma NBE-CA-88. Estas fórmulas varía según el material del que este fabricado el elemento, siendo diferente para cada zona.



Para el cálculo del aislamiento global se calculará utilizando la siguiente expresión:

$$A_g = 10 \log_{10} \frac{S_p + S_f + S_v}{\frac{S_p}{10^{\frac{ap}{10}}} + \frac{S_f}{10^{\frac{af}{10}}} + \frac{S_v}{10^{\frac{av}{10}}}} \quad \text{(Ecuación 1)}$$

Fachada Suroeste

Puertas de Acceso

Hay 2 puertas de acceso de doble chapa de acero con aislamiento de lana. Para calcular el nivel de aislamiento se han utilizado los valores expuestos a continuación.

Para el cálculo del aislamiento del ruido aéreo se ha utilizado la fórmula existente en la norma NBE-CA-88 para puertas macizas con aislamiento de lana, cuya fórmula sigue la expresión:

El aislamiento al RUIDO AÉREO ES:

$$(ap) = 16,6 \times \log M + 2 \quad \text{(Ecuación 2)}$$

Ventanas

En la fachada hay un grupo de ventanas formando un ventanal. Para el cálculo del aislamiento del ruido aéreo se ha utilizado la fórmula existente en la norma NBE-CA-88 para ventanas con tipo de acristalamiento doble y carpintería A3, dando un resultado de:

El aislamiento al RUIDO AÉREO ES:

$$(av) = 13,3 \times \log e + 22,5 \quad \text{(Ecuación 3)}$$



Fachada

La fachada está fabricadas de paneles prefabricados de hormigón de 16 cm de espesor. La vidriería en ventanas y acceso peatonal de 6 + 6, con carpintería A3.

Para el cálculo del aislamiento del ruido aéreo se ha utilizado la fórmula existente en la norma NBE-CA-88 para fachadas de hormigón de 16 cm de espesor, dando un resultado de:

El aislamiento al RUIDO AÉREO ES:

$$(af) = 36,5 \times \log M - 41,5 \quad \text{(Ecuación 4)}$$

En la tabla siguiente se han presentado los datos del aislamiento de cada zona, utilizando las fórmulas antes indicadas:

Zona	S (m ²)	Masa/Superficie e (Kg/m ²)	Espesor (cm)	Aislamiento (dB)	Aislamiento Global (dB)
Puertas	51,8	19	4	23,22	33,99
Ventanas	84,78	30	6	32,84	
Fachada	311,77	450	16	55,34	

Atendiendo a los resultados obtenidos:

EL AISLAMIENTO GLOBAL DE LA FACHADA SUROESTE ES = **33,99 dB(A)**

Luego, el NIVEL MÁXIMO TRANSMITIDO AL EXTERIOR ES =
= 85 dB(A) – 33,99 dB(A) = **51 dB(A)**

SE PUEDE VERIFICAR QUE LA ZONA DE AISLAMIENTO CUMPLE CON LOS LÍMITES DE INSONORIZACIÓN.



Fachada Noroeste

La fachada noroeste corresponde a una de las fachadas de acceso a la nave. Esta fachada estará compuesta por 2 puertas de acceso, un ventanal formado por un conjunto de ventanas y la propia estructura de la pared (fachada).

Puertas de Acceso

Hay 4 puertas de acceso de doble chapa de acero con aislamiento de lana. Para calcular el nivel de aislamiento se han utilizado los valores expuestos a continuación.

Para el cálculo del aislamiento del ruido aéreo se ha utilizado la fórmula existente en la norma NBE-CA-88 para puertas macizas con aislamiento de lana, cuya fórmula sigue la expresión de la **(Ecuación 2)**.

Ventanas

En la fachada habrá un grupo de ventanas pertenecientes a las oficinas de la nave 2. Para el cálculo del aislamiento del ruido aéreo se ha utilizado la fórmula existente en la norma NBE-CA-88 para ventanas con tipo de acristalamiento doble y carpintería A3, cuya fórmula sigue la expresión de la **(Ecuación 3)**.

Fachada

La fachada está fabricadas de paneles prefabricados de hormigón de 16 cm de espesor. La vidriería en ventanas y acceso peatonal de 6 + 6, con carpintería A3.

Para el cálculo del aislamiento del ruido aéreo se ha utilizado la fórmula existente en la norma NBE-CA-88 para fachadas de hormigón de 16 cm de espesor, cuya fórmula sigue la expresión de la **(Ecuación 4)**.



En la tabla siguiente se han presentan los datos del aislamiento de cada zona, utilizando las fórmulas antes indicadas:

Zona	S (m ²)	Masa/Superficie (Kg/m ²)	Espesor (cm)	Aislamiento (dB)	Aislamiento Global (dB)
Puertas	94,4	19	4	23,22	35,52
Ventanas	4,15	30	6	32,84	
Fachada	384,25	450	16	55,34	

Atendiendo a los resultados obtenidos:

EL AISLAMIENTO GLOBAL DE LA FACHADA NOROESTE ES = **35,52 dB(A)**

Luego, el NIVEL MÁXIMO TRANSMITIDO AL EXTERIOR ES =
= 85 dB(A) – 33,52 dB(A) = **49,5 dB(A)**

SE PUEDE VERIFICAR QUE LA ZONA DE AISLAMIENTO CUMPLE CON LOS LÍMITES DE INSONORIZACIÓN.



1.11.2. Fachadas Laterales

Las fachadas laterales son las fachadas de los laterales de la nave, existen 2, y se diferencian en que serán secciones más grandes y el acceso estará bastante más restringido a la nave que en las frontales, donde se centrará todo el flujo de entrada y salida de maquinaria. Son las fachadas suroeste y noroeste según se pueden ver en planos.

Para estudiar el nivel acústico capaz de absorber la nave por estas superficies es necesario separar *las fachadas, ventanas y las puertas de acceso*, y analizar la capacidad de absorción acústica de cada elemento por separado.

Para el cálculo del aislamiento del ruido aéreo se han utilizado las fórmulas existentes en la norma NBE-CA-88. Estas fórmulas varían según el material del que este fabricado el elemento, siendo diferente para cada zona.

Para el cálculo del aislamiento global se ha utilizado la **(Ecuación 3)**, expuesta con anterioridad:

Fachada Suroeste

La fachada suroeste corresponderá a una de las fachadas laterales de la nave. Esta fachada estará compuesta por 1 puerta de emergencia para personas, un ventanal formado por un conjunto de ventanas y la propia estructura de la pared (fachada).

Puertas de Acceso

Hay 1 puerta de emergencia que tendrá conexión directa con las oficinas de la nave 2, de doble chapa de acero con aislamiento de lana. Para calcular el nivel de aislamiento se han utilizado los valores expuestos a continuación.

Para el cálculo del aislamiento del ruido aéreo se ha utilizado la fórmula existente en la norma NBE-CA-88 para puertas macizas con aislamiento de lana, cuya fórmula sigue la expresión de la **(Ecuación 2)**.



Ventanas

En la fachada hay un grupo de ventanas formando un ventanal. Para el cálculo del aislamiento del ruido aéreo se ha utilizado la fórmula existente en la norma NBE-CA-88 para ventanas con tipo de acristalamiento doble y carpintería A3, cuya fórmula sigue la expresión de la **(Ecuación 3)**.

Fachada

La fachada está fabricadas de paneles prefabricados de hormigón de 16 cm de espesor. La vidriería en ventanas y acceso peatonal de 6 + 6, con carpintería A3.

Para el cálculo del aislamiento del ruido aéreo se ha utilizado la fórmula existente en la norma NBE-CA-88 para fachadas de hormigón de 16 cm de espesor, cuya fórmula sigue la expresión de la **(Ecuación 4)**.

En la tabla siguiente se han presentan los datos del aislamiento de cada zona, utilizando las fórmulas antes indicadas:

Zona	S (m ²)	Masa/Superficie (Kg/m ²)	Espesor (cm)	Aislamiento (dB)	Aislamiento Global (dB)
Puertas	10,55	19	4	23,22	38,93
Ventanas	128,1	30	6	32,84	
Fachada	792,05	450	16	55,34	

Atendiendo a los resultados obtenidos:

EL AISLAMIENTO GLOBAL DE LA FACHADA SUROESTE ES = **38,93 dB(A)**

Luego, el NIVEL MÁXIMO TRANSMITIDO AL EXTERIOR ES =
= 85 dB(A) - dB(A) = **46,07 dB(A)**

SE PUEDE VERIFICAR QUE LA ZONA DE AISLAMIENTO CUMPLE CON LOS LÍMITES DE INSONORIZACIÓN.



Fachada Noroeste

La fachada noroeste corresponde a la otra fachada de la nave. Esta fachada estará compuesta por 2 puertas de acceso, un ventanal formado por un conjunto de ventanas y la propia estructura de la pared (fachada).

Puertas de Acceso

Hay 2 puertas de acceso, una es de acceso para la maquinaria (nave 1) y la otra una puerta de emergencia (nave 2) de doble chapa de acero con aislamiento de lana. Para calcular el nivel de aislamiento se han utilizado los valores expuestos a continuación.

Para el cálculo del aislamiento del ruido aéreo se ha utilizado la fórmula existente en la norma NBE-CA-88 para puertas macizas con aislamiento de lana, cuya fórmula sigue la expresión de la **(Ecuación 2)**.

Ventanas

En la fachada habrá un grupo de ventanas pertenecientes a las oficinas de la nave 2. Para el cálculo del aislamiento del ruido aéreo se ha utilizado la fórmula existente en la norma NBE-CA-88 para ventanas con tipo de acristalamiento doble y carpintería A3, cuya fórmula sigue la expresión de la **(Ecuación 3)**.

Fachada

La fachada está fabricadas de paneles prefabricados de hormigón de 16 cm de espesor. La vidriería en ventanas y acceso peatonal de 6 + 6, con carpintería A3.

Para el cálculo del aislamiento del ruido aéreo se ha utilizado la fórmula existente en la norma NBE-CA-88 para fachadas de hormigón de 16 cm de espesor, cuya fórmula sigue la expresión de la **(Ecuación 4)**.



En la tabla siguiente se han presentan los datos del aislamiento de cada zona, utilizando las fórmulas antes indicadas:

Zona	S (m ²)	Masa/Superficie (Kg/m ²)	Espesor (cm)	Aislamiento (dB)	Aislamiento Global (dB)
Puertas	34,88	19	4	23,22	36,83
Ventanas	16,8	30	6	32,84	
Fachada	802,5	450	16	55,34	

Atendiendo a los resultados obtenidos:

EL AISLAMIENTO GLOBAL DE LA FACHADA NOROESTE ES = **36,83 dB(A)**

Luego, el NIVEL MÁXIMO TRANSMITIDO AL EXTERIOR ES =
= 85 dB(A) – 36,83 dB(A) = **48,17 dB(A)**

SE PUEDE VERIFICAR QUE LA ZONA DE AISLAMIENTO CUMPLE CON LOS LÍMITES DE INSONORIZACIÓN.



11.1.3. Cubierta

La cubierta tendrá una composición a base de panel sándwich con dos láminas precaladas de 0,6 mm de espesor y núcleo de espuma de poliuretano de 40 Kg/m³ de densidad con un espesor total de 50 mm colocada sobre correas de hormigón prefabricado.

El espacio adyacente es el Espacio exterior y el aislamiento al ruido aéreo viene dado por el catálogo del fabricante, siendo éste:

EL AISLAMIENTO GLOBAL DE LA CUBIERTA ES = 46 dB(A)

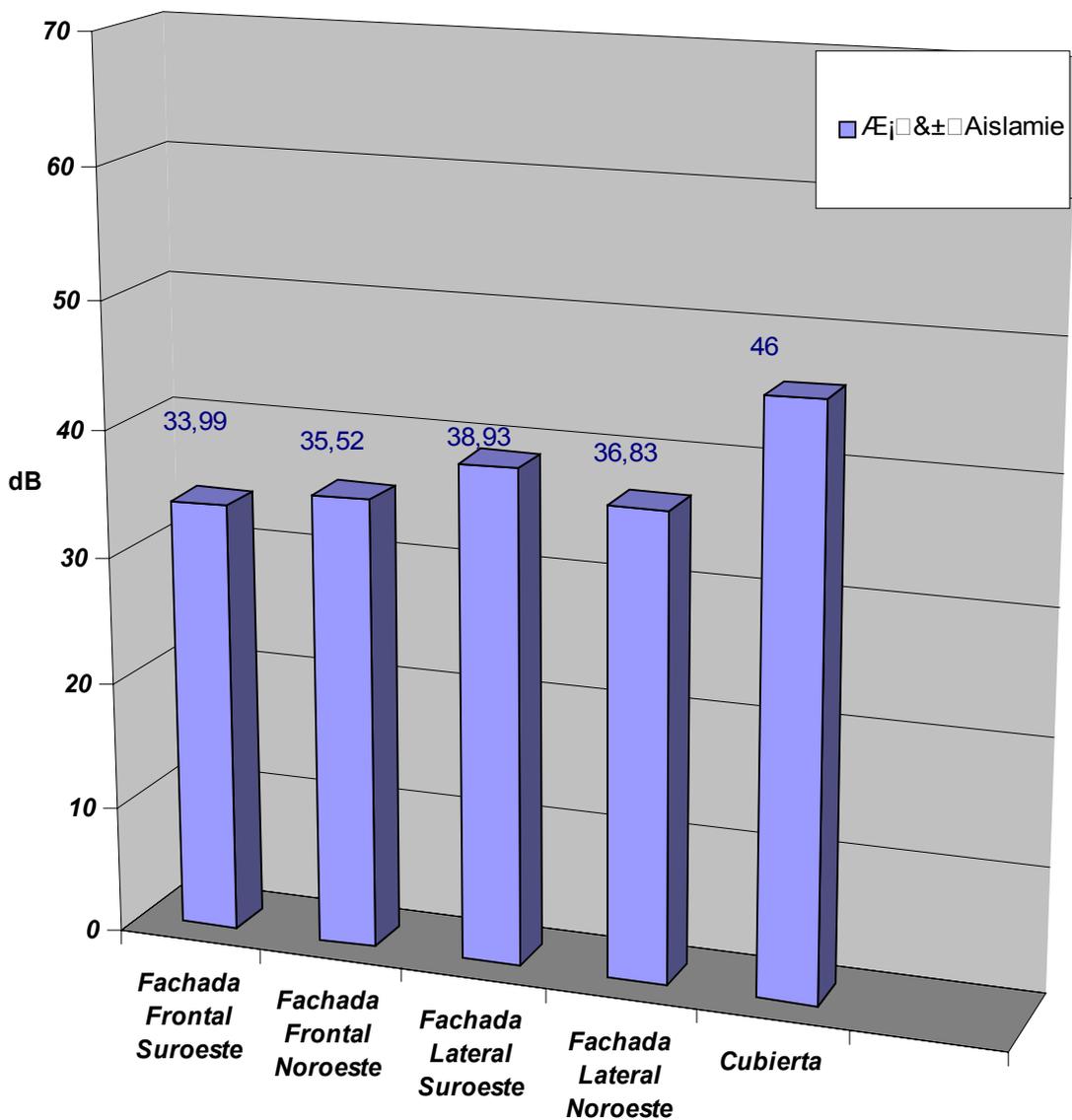
SE PUEDE VERIFICAR QUE LA ZONA DE AISLAMIENTO CUMPLE CON LOS LÍMITES DE INSONORIZACIÓN.



11.1.4. Gráfico Aislamiento Acústico

En el gráfico se puede apreciar que el máximo aislamiento lo produce la cubierta, y el mínimo aislamiento, o la mayor parte del ruido producido por la nave, es emitida al exterior por medio de la fachada frontal sudoeste.

AISLAMIENTO ACÚSTICO



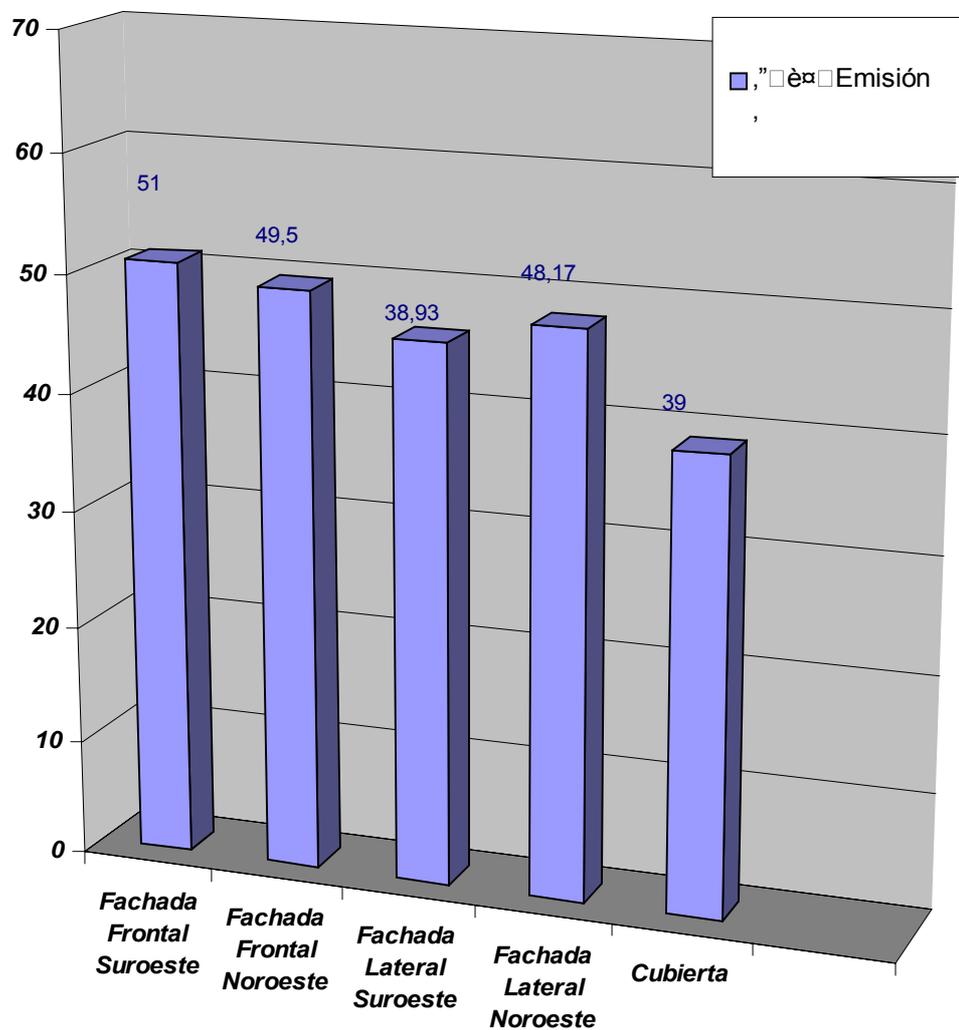
Gráfica 1



11.1.5. Gráfico Nivel de Ruido Emitido al Exterior

Según los datos del gráfico se puede observar que en ningún momento la emisión de ruido emitido al exterior supera el límite de los 70 dB fijados por la norma. Teniendo presente que el nivel máximo de ruido en el interior de la nave debe ser menor de 85dB.

EMISIÓN DE RUIDO



Gráfica 2



11.1.6. Conclusiones

Como conclusión se puede extraer que las zonas delimitadoras de la nave permiten obtener un aislamiento lo suficientemente alto para no superar los límites establecidos por la norma.

Las tres zonas: Fachadas frontales, fachadas laterales y cubierta, impiden que los ruidos originados en el proceso de emisión de ruido alcancen un valor lo suficientemente alto. Para ello se han utilizado materiales aislantes en la construcción de cada zona.

Se podría haber utilizado materiales de revestimiento, como corcho, caucho, adheridos entre los materiales que conforman las zonas, esto hubiera provocado una disminución de las emisiones sonoras. Pero esta disminución llevaría acarreado un incremento en el coste, y no habiéndose superado los niveles de emisiones se desechó la inclusión de éstos.

En el caso de haber excedido los límites de emisión de ruido se podrían haber realizado dos cosas:

1. Forramiento de la estructura con materiales aislantes: corcho, caucho, etc.
2. Utilización de materiales con mayor poder de insonorización, en vez de los utilizados.

Pero estas medidas sólo serían necesarias si no se cumplieran las exigencias, y si el coste incurrido estuviera justificado.



12. CÁLCULO DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN

En este apartado se han llevado a cabo todos los cálculos necesarios para dotar a la nave de un sistema de protección contra incendios fiable acorde a las solicitudes de la nave industrial.

Este sistema contra incendios debe de garantizar, frente a la actuación y aparición de un foco de incendio en la nave, que dicha nave deba ser capaz de extinguir dicho fuego, de insonorizar la nave en los momentos de operabilidad y en los momentos de actuación de las alarmas de aviso de incendio, y por último de extraer de una manera rápida todos los humos generados en el incendio producido o los generados en los momentos de operabilidad de las máquinas.

Para lograr todos los puntos requeridos se ha procedido a la realización de los cálculos y análisis de sistemas de protección, riesgo y abastecimiento.

12.1.1. CÁLCULO DE LOS SECTORES DE RIESGO

Para el cálculo del sistema de protección a implantar, es necesario previamente realizar un estudio del grado de riesgo que posee la nave industrial, a proteger, y según los datos obtenidos, realizar la protección más adecuada. Para realizar la evaluación del riesgo total de la nave se ha dividido en diferentes sectores, según la actividad que se va a realizar en cada uno de ellos, y se ha procedido al cálculo de riesgo de cada sector.

Una vez realizado el cálculo de riesgo individual de cada sector, se ha llevado a cabo el cálculo de riesgo global de la nave industrial. Esta división en sectores dependerá de los trabajos para que se van a llevar a cabo en cada sector y, como consecuencia, dará una referencia del sistema de protección a instalar en cada uno de ellos.

En los cálculos realizados a continuación se ha calculado el nivel de riesgo de cada sector, para posteriormente calcular el nivel de riesgo de toda la nave. El barómetro utilizado para la medición de riesgo es el apartado 3.2.2 del Anexo I del Reglamento de Seguridad contra incendios en establecimientos industriales, donde el nivel de riesgo para cualquier actividad distinta del almacenamiento viene dado por la expresión:

$$Q_s = \frac{\sum_{i=0}^n (q_{si} \times S_i \times C_i)}{A} \times R_{ai} \quad (\text{Ecuación 5})$$



Donde :

Qs = Densidad de carga de fuego, ponderada y corregida del sector de incendio en Mcal/m².

qsi = Densidad de carga de fuego de cada zona con proceso diferente en Mcal/m².

Si = Superficie de cada zona con proceso diferente y densidad de carga de fuego diferente, qsi, en m².

Ci = Coeficiente adimensional que corrige el grado e peligrosidad (por la combustibilidad) de cada uno de los combustibles.

Rai = Coeficiente adimensional que corrige el grado de peligrosidad (por activación) inherente a la actividad.

A = Superficie construida del sector de incendio en m².

Para el cálculo de la densidad de carga de fuego media, se ha utilizado la tabla 1.2 del Anexo I del R.D 2267/2004. De esta tabla se han obtenido los valores necesarios para calcular la carga de fuego necesaria que permitirá medir el nivel de riesgo, introduciendo en las fórmulas anteriores, que habrá que implantar en cada zona.

En estas tablas se encuentran todos los valores necesarios, indicados en la página anterior, para el cálculo de la densidad de carga y los valores del coeficiente adimensional, así como los valores de carga de fuego de cada zona.

Una vez calculada la densidad de carga de fuego de cada zona, se tomará el valor que resulta y se meterá en la siguiente tabla, **Tabla 13**, tabla para el cálculo del nivel de riesgo, que nos evaluará el nivel de riesgo que se tiene en cada zona. Este nivel de riesgo será el que indique el nivel de protección que se deberá dar a esa zona.

Esta tabla corresponde a la tabla 1.3 del Anexo I del R.D 2267/2004.



Nivel de riesgo intrínseco		Densidad de carga de fuego ponderada y corregida	
		Mcal/m ²	MJ/m ²
Bajo	1	$Q_S \leq 100$	$Q_S \leq 425$
	2	$100 < Q_S \leq 200$	$425 < Q_S \leq 850$
Medio	3	$200 < Q_S \leq 300$	$850 < Q_S \leq 1.275$
	4	$300 < Q_S \leq 400$	$1.275 < Q_S \leq 1.700$
	5	$400 < Q_S \leq 800$	$1.700 < Q_S \leq 3.400$
Alto	6	$800 < Q_S \leq 1.600$	$3.400 < Q_S \leq 6.800$
	7	$1.600 < Q_S \leq 3.200$	$6.800 < Q_S \leq 13.600$
	8	$3.200 < Q_S$	$13.600 < Q_S$

Tabla 13

A continuación se ha efectuado el cálculo de los sectores, que previamente fueron identificados en el punto “*Sectorización de la Nave*”. Para calcular en nivel de riesgo ha sido necesario identificar, en cada sector, varios valores:

- Área de las partes que forman cada sector (S_x).
- Carga de fuego, aportada por cada metro cúbico de cada zona con diferente tipo de almacenamiento en Mcal/m² (q_x)
- Coeficiente adimensional que corrige el grado e peligrosidad (por la combustibilidad) de cada uno de los combustibles (R_a).
- Coeficiente adimensional que corrige el grado de peligrosidad (por activación) inherente a la actividad de cada zona del sector (C_x).



Una vez calculados estos datos de casa área de cada sector se calcula la **Carga de fuego del sector (ecuación 5)** y se introduce el valor en la **Tabla 13** dando el nivel de riesgo que posee el sector.

Tras el estudio del nivel de riesgo del sector, ese dato será utilizado para saber cuales son los niveles de elementos protectores que se deberán instalar (rociadores, BIES, extintores, etc), realizándose este estudio con profundidad en temas posteriores.

A continuación se mostrará el estudio de todos los sectores en los que se dividido la nave:

12.1.1. Evaluación de Riesgo de Sectores

Para el cálculo del riesgo de los sectores de la nave se han utilizado las ecuaciones y los parámetros explicados anteriormente, y se han generado unas tablas que permitirán obtener el riesgo de cada sector, por separado, fragmentándolo en las partes que componen cada uno.



Sector 1

El **sector 1** estará constituido por el almacén de maquinaria (1), las oficinas de la nave 1 (2) y sótano 1 (3).

El Área de cada parte será:

$$S1 \text{ (almacén de maquinaria)} = 1212,7 \text{ m}^2 \text{ (nave 1)} + 340,28 \text{ m}^2 \text{ (almacén de nave 1)}$$

$$S2 \text{ (oficinas nave 1)} = 247,16 \text{ m}^2$$

$$S3 \text{ (sótano 1)} = 3417,36 \text{ m}^2$$

Los datos se han expuesto en la siguiente tabla:

Zona	S (m2)	qs (Mcal/m2)	Ra	C	A (m ²)	Qs (Mcal/m ²)
S1	1552,98	72	1,5	1	5217,5	109,17
S2	247,16	144	1	1		
S3	3417,36	72	1,5	1		

Resultando que la carga de fuego ponderada obtenida es de 109,17 Mcal/m², lo que supone, al cotejarlo con la **Tabla 13**, un Riesgo de Incendio del tipo **BAJO 2**.



Sector 2

El **sector 2** estará constituido por el taller eléctrico (1) y la oficina de taller (2).

El Área de cada parte será:

$$S1 \text{ (taller eléctrico)} = 21,63 \text{ m}^2$$

$$S2 \text{ (oficina de taller)} = 26,88 \text{ m}^2$$

Los datos se han expuesto en la siguiente tabla:

Zona	S (m2)	qs (Mcal/m2)	Ra	C	A (m ²)	Qs (Mcal/m ²)
S1	21,63	96	1	1	48,51	122,59
S2	26,88	144	1	1		

Resultando que la carga de fuego ponderada obtenida es de 122,59 Mcal/m², lo que supone, al cotejarlo con la **Tabla 13**, un Riesgo de Incendio del tipo **BAJO 2**.



Sector 3

El **sector 3** estará constituido por el almacén de pintura (1) y la cabina de pintura (2).

El Área de cada parte será:

$$S1 \text{ (almacén de pintura)} = 24 \text{ m}^2$$

$$S2 \text{ (cabina de pintura)} = 60,34 \text{ m}^2$$

Los datos se han expuesto en la siguiente tabla:

Zona	S (m2)	qs (Mcal/m2)	Ra	C	A (m ²)	Qs (Mcal/m ²)
S1	24	120	1,5	1		
S2	60,34	120	1,5	1	84,34	180

Resultando que la carga de fuego ponderada obtenida es de 180 Mcal/m², lo que supone, al cotejarlo con la **Tabla 13**, un Riesgo de Incendio del tipo **BAJO 2**.



Sector 4 y 5

El **sector 4 y 5** estarán constituidos por la nave 2 (1) , las oficinas de la nave 2 y almacén de taller (2).

El Área de cada parte es:

S1 (taller de maquinaria) = 1672,93 m² (nave 2)

S2 (oficinas nave 2) = 106 m²

S3 (almacén de taller) = 46,58 m²

Los datos se han expuesto en la siguiente tabla:

Zona	S (m ²)	qs (Mcal/m ²)	Ra	C	A (m ²)	Qs (Mcal/m ²)
S1	1672,93	96	1	1	1825,51	111,13
S2	106	144	1	1		
S3	46,58	288	2	1		

Resultando que la carga de fuego ponderada obtenida es de 111,03 Mcal/m², lo que supone, al cotejarlo con la **Tabla 13**, un Riesgo de Incendio del tipo **BAJO 2**.

Sector 6



El **sector 6** estará constituido por el comedor (1), por los vestuarios (2) y por el almacén de repuestos (3).

El Área de cada parte será:

$$S1 \text{ (comedor)} = 71,37 \text{ m}^2$$

$$S2 \text{ (vestuarios)} = 59 \text{ m}^2$$

$$S3 \text{ (almacén de repuestos)} = 163,68 \text{ m}^2$$

Los datos se han expuesto en la siguiente tabla:

Zona	S (m ²)	qs (Mcal/m ²)	Ra	C	A (m ²)	Qs (Mcal/m ²)
S1	71,73	72	1	1	294,05	212,23
S2	59	120	1,5	1		
S3	163,68	192	1,5	1		

Resultando que la carga de fuego ponderada obtenida es de 212,23 Mcal/m², lo que supone, al cotejarlo con la **Tabla 13**, un Riesgo de Incendio del tipo **ALTO 6**.



Sector 11

El **sector 11** estará constituido por el almacén de neumáticos (1) y reparación de ruedas (2).

El Área de cada parte es:

S1 (almacén de neumáticos) = 18,52 m²

S2 (taller reparación de neumáticos) = 37,81 m²

Los datos se han expuesto en la siguiente tabla:

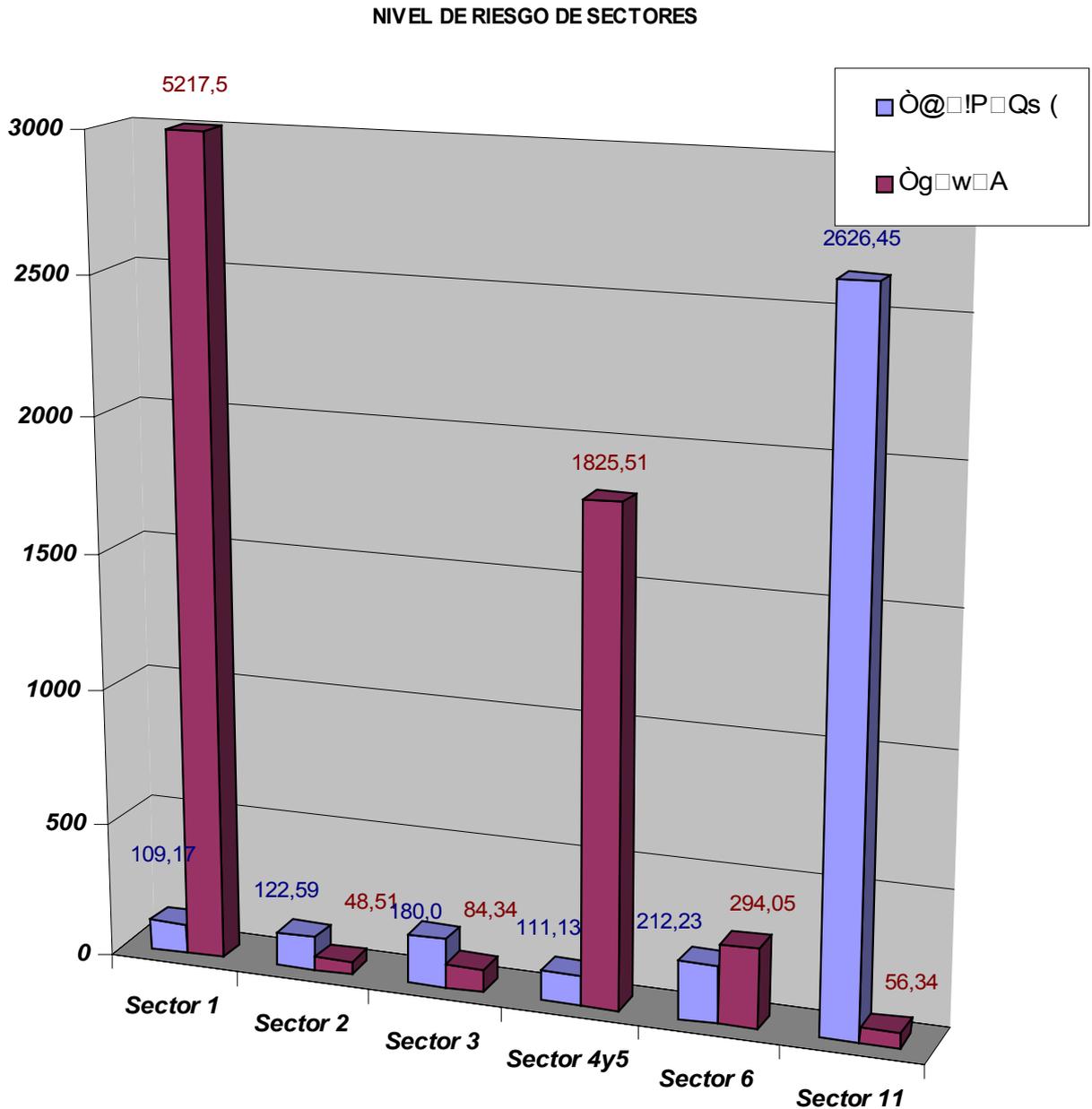
Zona	S (m2)	qs (Mcal/m2)	Ra	C	A (m ²)	Qs (Mcal/m ²)
S1	18,52	433	2	1	56,34	2626,45
S2	37,81	96	1	1		

Resultando que la carga de fuego ponderada obtenida es de 2626,45 Mcal/m², lo que supone, al cotejarlo con la **Tabla 13**, un Riesgo de Incendio del tipo **ALTO 7**.



12.1.2. Gráfico Comparativo de Sectores de Riesgo

En el siguiente gráfico se puede apreciar la diferencia del nivel de carga ponderada y del Área ocupada por cada sector de Riesgo. Como ha quedado indicado en el punto anterior, el sector con un nivel de riesgo mayor es el **Sector 11**, el de almacén y reparación de neumáticos, y será el que se deba de dotar de un mayor grado de protección.



Gráfica 3



12.1.3. Evaluación de Riesgo Global de la Nave

Una vez evaluados los niveles de riesgo de cada sector de la nave industrial, se ha calculado atendiendo a lo dispuesto en el apartado 3.3 del Anexo I del Reglamento de Seguridad contra incendios en establecimientos industriales. Donde el nivel de riesgo intrínseco de un edificio vendrá dado por la siguiente expresión, la cual determinará la densidad de carga de fuego ponderada y corregida Q_e del edificio industrial:

$$Q_e = \frac{\sum_{i=0}^n (Q_{si} \times A_i)}{\sum_{i=0}^n A_i} \quad (\text{Ecuación 6})$$

Donde :

Q_e = Densidad de carga de fuego, ponderada y corregida del edificio industrial en Mcal/m².

Q_{si} = Densidad de carga de fuego, ponderada y corregida del sector de incendio en Mcal/m².

A_i = Superficie construida de cada uno de los sectores de incendio que componen el edificio industrial en m².

Aplicando la fórmula a los datos obtenidos previamente de nuestros sectores se tiene que:

$$Q_e = 154,97 \text{ Mcal/m}^2$$

Atendiendo a los datos obtenidos en el cálculo de la densidad de carga de fuego ponderada y corregida en la totalidad de la nave industrial, se tiene que **el nivel de riesgo intrínseco del edificio será BAJO 2.**



En el cálculo de la densidad de carga, se ha obviado el cálculo de los sectores 7, 8, 9 y 10 (núcleos de escalera) por no significar un alto nivel de riesgo debido a la ausencia de materiales peligrosos.

Atendiendo al nivel de riesgo intrínseco de los sectores y del edificio se deberá aplicar un sistema contra incendios acorde a las necesidades y que garanticen la total protección de los mismos frente a la actuación del fuego en una situación de máximo riesgo, así como la total seguridad de estanqueidad con los edificios colindantes.



13. CÁLCULO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA

Como se ha comentado con anterioridad, la nave industrial dispondrá de un sistema de contra incendios que permita la extinción de cualquier fuego que se produzca en cualquier zona de la nave. Para dotar del sistema adecuado de incendio, se ha estudiado las solicitudes de la nave en apartados anteriores, según su utilidad y función.

Para dar funcionamiento al sistema contra incendios se deberá dotar, a todos sus elementos, del agua necesaria para llevar a cabo su funcionamiento en caso de originarse un incendio.

Este abastecimiento se realizará mediante la extracción de agua de un depósito enterrado o aljibe en la campa de la nave industrial. Este aljibe tendrá una capacidad de 500 m³, que se rellenará directamente de la red de suministro de agua. Para llevar a cabo el transporte de agua hasta todos los elementos del sistema contra incendios, se instalará una red de tuberías que proporcione el caudal necesario demandado por cada elemento. También se deberá implantar una pareja de bombas que permitan el impulso del flujo de agua por las tuberías, para que esta llegue con la presión adecuada a cada punto.

Todos los materiales de las tuberías, así como los de las bombas, dependerán directamente del fluido que transporten y del uso que se vaya a hacer de él.

13.1.1. Sistema de Abastecimiento en Sanitarios

En este apartado se ha calculado el sistema de tuberías necesario, así como la bomba impulsora, que permita el abastecimiento de agua a los servicios destinados para el uso del personal de la nave. Se deberá realizar el cálculo de los metros de tubería necesario, así como sus dimensiones, necesarias para el abastecimiento de toda la nave. Todos los datos aparecerán reflejados en una tabla que será convenientemente explicada y apoyados mediante distintos planos para su mejor comprensión.

En el sistema de abastecimiento de agua sanitaria englobará el transporte de agua mediante tuberías desde el aljibe hasta los 4 servicios de los que dispondrá la nave industrial. Será necesario dotar de agua a un urinario (con su correspondiente cisterna) y a un lavabo (con su correspondiente grifo) por servicio, sumando en total 4 urinarios y 4 lavabos en toda la superficie de la nave.



Características

El abastecimiento de agua a los servicios deberá ser constante, debido a la alta utilización que el personal hará de ellos, será necesario la implantación de dos bombas jockey de 7 m³/h de caudal en disposición de redundancia, es decir, dispuestas en paralelo permitiendo, en caso de fallo de la bomba principal, el abastecimiento continuo de agua a los sanitarios. La incorporación de las dos bombas, obedecerá a razones de seguridad, puesto que el uso de los servicios debe estar siempre disponible, actuando una si la otra falla.

Las características de las bombas jockey aparecen reflejadas en las hojas de características en el apartado de **“descripción de sistemas a presión”**. La elección de esta bomba obedece a razones de consumo de caudal, que ha sido justificado en apartados posteriores (**“Pérdidas de carga”**).

Las tuberías utilizadas serán las que marca la norma para conducción de agua en sanitarios, fabricadas en plástico, que proporcionarán un buen comportamiento y no se oxidarán al paso continuo de agua.

Habrán dos sistemas de tuberías:

- Sistema de tuberías de abastecimiento.
- Sistema de tuberías de evacuación.

Sistema de tuberías de abastecimiento

Será el complejo de tuberías necesario para dotar de agua a los urinarios y lavabos para uso del personal de la nave. El agua deberá fluir, mediante impulso de las bombas en redundancia instaladas al principio de la instalación, desde el depósito o aljibe hasta los sanitarios con la presión suficiente para cumplir con las especificaciones de la norma.



Urinarios

El sistema de tuberías de entrada a los servicios deberá tener una salida que permita el llenado de la cisterna, de un volumen determinado, que en este caso corresponderá a un volumen de 10 litros. A su vez se deberá dotar de un sistema que permita el vaciado y evacuación del agua usada para su posterior tratamiento. La temperatura del agua será de unos 20 °C, debiendo tener una presión entre 1 -5 bar.

Las dimensiones de las tuberías de entrada y salida serán iguales y fijadas por la norma con un diámetro de $\frac{3}{4}$ ". Se ha escogido este diámetro de tuberías por ser el más adecuado y el que marca la norma. De utilizarse uno mayor (1") o uno menor ($\frac{5}{8}$ ") podríamos provocar una menor velocidad o mayor en el fluido, y no es necesario. Por esta razón se eligen las de $\frac{3}{4}$ ", aparte de ser una medida estandarizada, junto con las de 1", pero resultando más baratas.

El caudal del agua de entrada estará condicionado por las propiedades y características de la bomba, encargada de realizar el impulso y flujo del agua por las tuberías. Sin embargo el condicionante del caudal de salida vendrá impuesto por el volumen de la cisterna y el tiempo de operación de vaciado de la cisterna, dando como respuesta un caudal de 1,2 m³/h.

Lavabos

De la misma manera que en los urinarios, el sistema de tuberías que se dispondrá para el abastecimiento de los lavabos deberá dotar de un caudal de agua y presión necesario y definidos en la norma, pudiendo variar según la intensidad mediante una válvula manual llamada grifo.

El sistema de evacuación (agua de descarga del grifo) deberá ser capaz de evacuar 2 l en 11 segundos, teniendo un caudal de evacuación de 0.65 m³/h del agua restante redirigiéndolo al sistema de vertidos de la red de fecales, junto con el agua procedente de los urinarios.

La temperatura del agua podrá variar entre 20°C – 35°C (agua fría y agua caliente) y la presión se ajustará a los límites impuestos en los urinarios (1 – 5 bar).

Según se puede apreciar en los planos que definen el sistema de tuberías, este sistema es el mismo para urinario y lavabos, con ramificaciones finales para cada salida, impulsados por las bombas, mencionadas anteriormente, reguladoras del caudal según sus características.



El sistema de tuberías para la evacuación de las aguas residuales tendrá una pendiente del 1%, que permitirá la circulación de las aguas desde los servicios hasta las arquetas de fecales, para su posterior salida a la red de saneamiento del polígono para un tratamiento en la depuradora municipal.

La principal consideración en el dimensionamiento y diseño de todo el sistema de tuberías y bombas ha sido el cálculo de pérdida de carga que se originará a lo largo del paso del fluido (agua) por las tuberías hasta los puntos demandados. Será necesario que la pérdida de carga originada no impida al fluido llegar con las presiones exigidas a los puntos de vertido (grifos y cisternas).

Esta pérdida de carga se ha estudiado y calculado en profundidad más adelante mediante fórmulas de circulación de fluidos en tubos cerrados, haciéndose hincapié en las razones para la elección de todos los parámetros (T° , caudal, presión, etc) y distribución del sistema de tuberías (indicadas en los planos).

13.1.2. Sistema de Abastecimiento del Sistema Contra Incendios

El sistema contra incendios que se dispondrá en la nave estará formado por un conjunto de rociadores y BIES, repartidos por toda ella acorde a las solicitudes que dispone la norma de sectores de riesgo contra incendios. El conjunto de rociadores y BIES tendrá como función principal la extinción de un posible fuego, que se pueda generar dentro de la nave, oficinas o sótanos, en el menor tiempo que se pueda realizar; disminuyendo el daño producido por éste.

Se utilizarán tuberías de acero negro con rugosidad menor que las de plástico, pero necesarias para el sistema contra incendios.

Rociadores

El tipo de rociadores que se empleará ha sido ya definido con precisión anteriormente "*Rociadores automáticos de agua*", igual que el sistema de BIES. El conjunto de rociadores se repartirá a lo largo del techo de ambas naves, así como de los sótanos, cubriendo todo el área de la nave industrial. Para el cálculo de la disposición de los rociadores se seguirá las indicaciones referenciadas en la normativa de sectorización de zonas de riesgo, donde se delimitará el área que tendrá que cubrir cada rociador, según la zona a la que de protección (zona riesgo alto o zona riesgo bajo), y el número de éstos para un espacio determinado.



Los rociadores serán del tipo homologado por FM de 1" y con un K-factor de $322 \text{ l x min}^{-1} \text{ x bar}^{-0.5}$ (K322) con una presión de $P = 2,4 \text{ bar}$, diseñados para actuar a 68° C durante un tiempo determinado (según el sector de riesgo donde se alojen). El caudal especificado que deberán cumplir será de $Q = 750 \text{ l/h}$.

En la sectorización de esta nave, que se ha llevado a cabo en cálculos anteriores, se han definido dos niveles de sectores de riesgo, que deberán ser cubiertos por rociadores según la norma.

Dependiendo del sector de riesgo el número de rociadores variará, así como la superficie abarcada por cada uno.

- **Riesgo Bajo**

- Nave 1 (54 rociadores), oficinas 1 (6 rociadores) y sótano 1 (80 rociadores) (**Sector 1**).
- Taller eléctrico (1 rociadores) y oficina de taller (1 rociadores) (**Sector 2**)
- Cabina de pintura (2 rociadores) y almacén de pintura (1 rociadores) (**Sector 3**)
- Nave 2 (rociadores), oficinas nave 2 (5 rociadores) y almacén de taller (2 rociadores) (**Sector 4 y 5**)

En sectores de riesgo bajo la norma exige la implantación de 1 rociador cada 21 m^2 con un tiempo de actuación de 30 minutos.

- **Riesgo Alto**

- Comedor (6 rociadores), vestuarios (6 rociadores) y almacén de repuestos (18 rociadores) (**Sector 6**)
- Almacén y reparación de neumáticos (6 rociadores) (**Sector 11**)

En sectores de riesgo bajo la norma exige la implantación de 1 rociador cada 9 m^2 con un tiempo de actuación de 90 minutos.



El sistema de tuberías que se instalará en la nave partirá de un aljibe (depósito 500 m³) donde una bomba impulsará el fluido hasta los rociadores situados en el techo de nave y el sótano, abarcando todas sus superficies. El agua desalojada en el proceso de descarga será evacuada por 8 alcantarillas, de las cuales, 4 estarán situadas en las 2 naves que se conectarán con las 4 pertenecientes a los sótanos mediante una red de tuberías, dando salida al agua hacia las arquetas de desagüe.

Existirán dos arquetas, una para cada nave y sótano, donde llegará el agua usada correspondiente al sistema de tuberías de cada uno.

El proceso de evacuación del agua se llevará a cabo por gravedad, para ello se dotará a todo el sistema de tuberías de una pendiente del 1% , en su recorrido, que permitirá al fluido fluir sin necesidad de la existencia de una bomba que lo impulse.

El sistema de tuberías, así como el dimensionamiento de las bombas, deberá ser tal que las pérdidas de carga originadas en ellas no perjudique al sistema de rociadores, respetando las presión y caudal exigido por la norma de seguridad contra incendios. Este cálculo se ha llevado a cabo, más adelante, utilizando para su análisis la ingeniería de transporte de fluidos y pérdidas de carga.

En los planos adjuntos se ha especificado todo el sistema de tuberías y bombas necesarias, con su representación isométrica, en planos 2D y en su P&D correspondiente.

BIES

El sistema de BIES o Bocas de Incendio Equipadas, son de instalación obligatoria en zonas cerradas con superficies mayores de 1000 m², para sectores de riesgo medio, y para superficies mayores de 500 m², para sectores de riesgo alto. El riesgo medio de la nave industrial, en su conjunto, como se especificó y calculó con anterioridad "*Cálculo para análisis de sectores de riesgo*", es de nivel Riesgo bajo 2; pero se procederá a la instalación de BIES para aumentar la seguridad de la nave en caso de incendio.

El número de BIES dependerá de la zona que sea necesario proteger, teniendo en cuenta que el campo de protección estimado de una BIE será de 25 metros (20 metros de manguera + 5 metros de alcance de chorro). Con esto se cubrirá una circunferencia de protección de radio 25 metros.



Para la protección integral de la nave se dotará de 6 BIES, 3 por cada nave, situadas estratégicamente para que no exista zona que no pueda ser cubierta por una BIE.

La situación de las BIES y del circuito de tuberías necesario para generar el flujo o transporte de agua desde el depósito hasta las propias BIES viene especificado en los planos adjuntos. El sistema de entrada de tuberías, correspondiente al suministro de agua a las BIES, deberá vencer la pérdida de carga producida en el recorrido, permitiendo una presión de salida de agua entre 2 – 5 bar con una temperatura de 25° C. Para ello se utilizará la misma bomba que el sistema de rociadores, utilizando parte de su sistema de entrada de tuberías, bifurcándose en un momento dado de la instalación en el sistema contra incendios de bocas de incendios.

Las dimensiones de las tuberías han sido representadas en el P&D y variarán según sean para rociadores (3") o para BIES (2"), siendo de 8" la parte de tubería común para ambas.

El material empleado para las tuberías será el que marque la norma como más común y adecuado, siendo esta tubería enterrada de polietileno de alta densidad **PN-16 atm.**

El sistema de evacuación de las BIES será el mismo que el de los rociadores de las naves y dependerá de su situación en ellas. Posteriormente se ha explicado de maneras concisa la elección del número de BIES y el sistema de tuberías, así como sus dimensiones.

13.1.3. Sistema de Abastecimiento de Lavado a Presión

El sistema de lavado a presión estará formado por un sistema de tuberías de abastecimiento y por un complejo sistema de evacuación del agua usada.

El sistema de abastecimiento estará compuesto por 4 bombas Karcher de 950 l/h que proporcionarán el suministro de agua a cuatro pistolas, a presión, para el proceso de lavado. El agua se almacenará en un depósito de 3000 litros, que servirá como abastecimiento y de donde recogerán el agua las bombas para iniciar dicho proceso de lavado a presión.



Se dispondrá de 4 tuberías de acero de 2", cada una de ellas será la encargada de transportar el agua desde el depósito hasta las pistolas mediante impulso de las bombas. La presión de salida del agua, a través de las pistolas, deberá ser bastante elevada, pues deberá de ser capaz de desprender la suciedad acumulada en las máquinas para la posterior utilización de éstas. La presión alcanzará una magnitud de unos 4 bar, presión capaz de eliminar los restos de hormigón, pintura, arena, etc, acumulados durante el proceso de alquiler de la máquina.

Será necesario la utilización de un producto químico con base HCl, que mezclado en una proporción de un 5% con agua, permita la limpieza de las máquinas de una manera más eficaz. La mezcla se realizará por medio de un compartimiento en las pistolas de agua a presión que mezcla el producto químico en la proporción deseada.

El sistema de evacuación del lavado a presión será un proceso complejo donde deberá tratarse agua contaminada con productos químicos, mezcla necesaria para eliminar sustancias tales como hormigón, para su posterior vertido a la red de desagües.

Debido a la contaminación del agua utilizada se ha incorporado un sistema de evacuación que permitirá limpiarla, instalándose para ello un sistema de decantación y separación de lodos. Se construirá una rejilla de desagües a la que llegará toda el agua recogida en el proceso de lavado, de ahí partirá a dos decantadores, mediante una tubería de PVC de diámetro 200 mm capaz de soportar y conducir el agua tratada. Tras el proceso descrito pasará a un decantador de fangos, donde tras el proceso pertinente, se podrá extraer el agua y utilizar parte de ella en reciclarla para redireccionarla al depósito para su posterior uso. La proporción de agua reciclada será de un 80% del agua utilizada, lo que permitirá generar un ahorro en el consumo de la misma.

El 20% del agua que no es reciclada será tratada en un separador de hidrocarburos, operación necesaria para el cumplimiento de la norma de vertidos de aguas a la red de aguas pluviales y fecales. Tras el proceso de decantación y separación de hidrocarburos será de régimen obligatorio cumplimiento la toma de muestras por parte del consejo de calidad y medio ambiente, para ellos se dispondrá de una arqueta de toma de muestras donde se pueda medir el grado de pureza del agua vertida antes de su desembocadura mediante tubería a la arqueta de saneamiento.

En el apartado de "*Cálculo de pérdida de carga*" se ha estudiado con detenimiento, y con alusión directa a los planos creados, todas las características y elecciones realizadas a la hora de diseñar todo los sistemas de tuberías antes descritos.



13.1.4. Pérdida de Carga en Tuberías

Introducción

Para llevar a cabo la instalación del sistema de tuberías para sanitarios, contra incendios y lavado a presión, es necesario estudiar la pérdida de carga que se producirá al circular el fluido (agua) por los conductos de las tuberías. También se deberá comprobar que la pérdida de carga producida no impide el correcto abastecimiento de agua (presión, caudal, tiempo) a los servicios, rociadores, BIES y lavadero.

Para calcular la pérdida de carga producida se han utilizado fórmulas de fluidotermia, así como de transporte de fluidos por conductos cerrados. Dichas fórmulas han sido analizadas en profundidad y aplicadas a cada sistema de abastecimiento, asegurándose que se cumplen las solicitaciones que marca la norma.

A la hora de calcular la pérdida de carga se tienen que tener en cuenta varios aspectos importantes que influirán en mayor o menor medida en su correcto cálculo. A continuación se han resumido y explicado todos los pasos a seguir a la hora de calcular la pérdida de presión en una tubería con o sin accesorios o válvulas

Aspectos teóricos

El flujo de los fluidos por tuberías vendrá siempre acompañado de un rozamiento de las partículas entre sí, y como consecuencia, de una pérdida de energía disponible, lo que provocará una pérdida de presión, por parte del fluido, en el sentido del flujo.

Las pérdidas de carga calculadas darán información precisa del rozamiento existente que provocará el fluido, a su paso, con las paredes de las tuberías o accesorios. Para este cálculo no se tendrá en cuenta la pendiente de las tuberías u otras configuraciones en las que el rozamiento del fluido con la tubería no varíe.

La ecuación general de pérdida de presión, conocida como la fórmula de Darcy es la siguiente:

$$\Delta P = h_L \cdot \rho \cdot g_n \quad \text{(Ecuación 7)}$$

$$h_L = \frac{f \cdot L \cdot v^2}{D \cdot 2 \cdot g_n} \quad \text{(Ecuación 8)}$$



El factor de fricción (**f**) dependerá de las condiciones de flujo laminar, si $Re < 2000$, será función sólo del número de Reynolds, mientras que para el flujo turbulento $Re > 4000$ el factor de fricción será también función del tipo de pared de la tubería.

La región que se conoce como la “**zona crítica**” aparece entre los números de Reynolds con valores comprendidos entre 2000 y 4000. En esta región el flujo puede ser tanto laminar como turbulento, dependiendo de varios factores, estos incluyen cambios de sección, de dirección del flujo y obstrucciones tales como válvulas corriente arriba de la zona considerada.

Para flujo laminar: $Re < 2000$

$$f = \frac{64}{Re} = \frac{64\mu}{d \cdot v \cdot \rho} \quad \text{(Ecuación 9)}$$

d=diámetro de la tubería

$$\Delta P = 3200 \cdot \frac{\mu \cdot L \cdot v}{d^2} \quad \text{(Ecuación 10)}$$

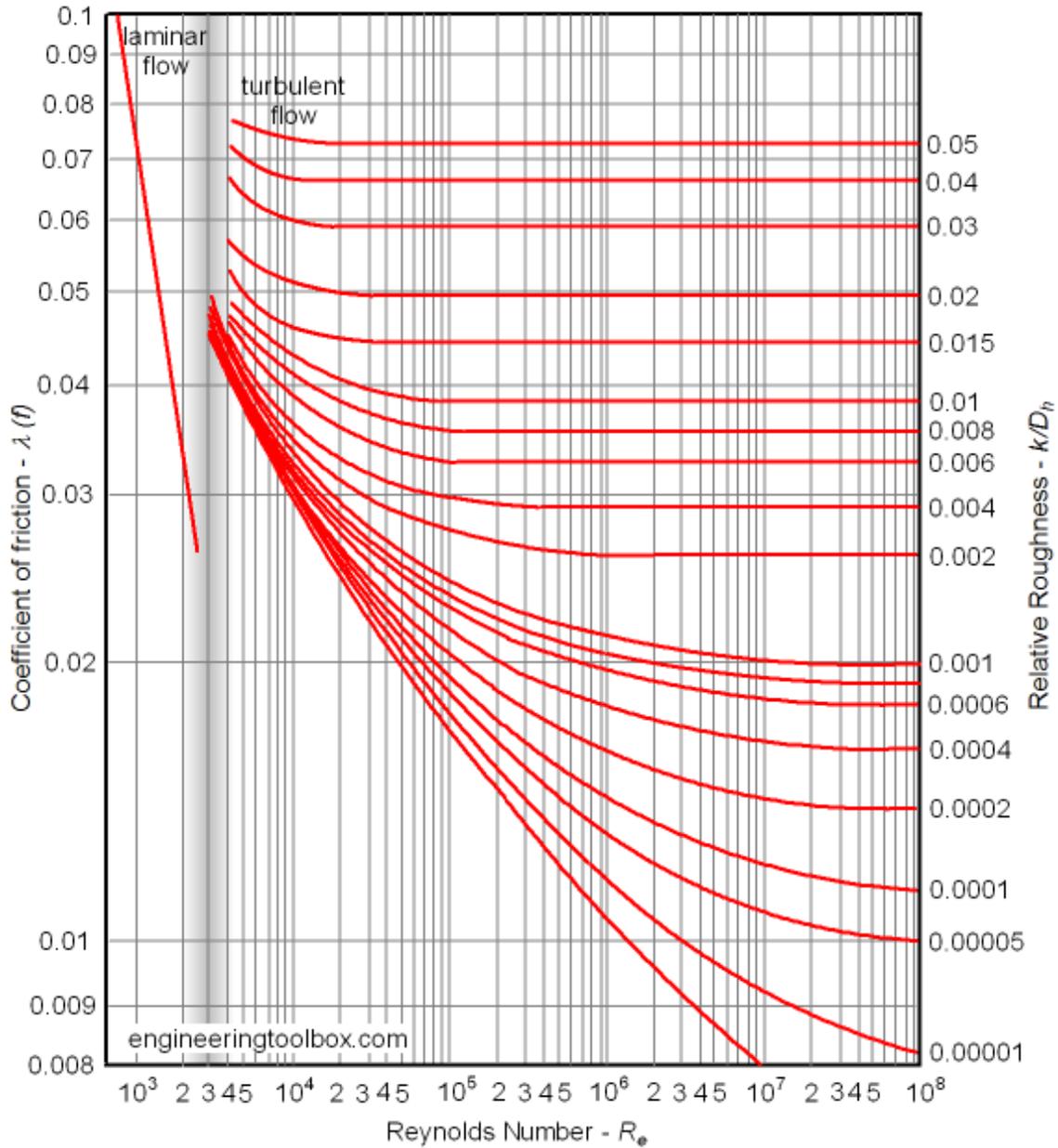
Para flujo turbulento: $Re > 4000$

El factor de fricción dependerá no sólo del número de Reynolds, sino también de la rugosidad relativa de las paredes de la tubería, (ϵ/d) es decir, la rugosidad de las paredes de la tubería comparada con el diámetro de la tubería.

La información más útil y universalmente aceptada sobre factores de fricción, que se utiliza en la fórmula de Darcy, la presentó Moody, el cual, mediante una gráfica permite calcular el valor de **f** teniendo en cuenta todos los factores citados.



GRAFICA DE MOODY



Gráfica 4



Cálculo de Pérdida de Carga con accesorios y válvulas

Tipos de válvulas y accesorios usados en sistemas de tuberías:

Válvulas: Las válvulas se pueden clasificar atendiendo a varias características, pero la característica con más relevancia para el diseño del sistema de abastecimiento será la resistencia que ofrecen al flujo. Atendiendo a esta característica se pueden distinguir varios tipos:

- Las que presentan un paso directo del flujo, como las válvulas de compuerta, bola, macho y de mariposa pertenecerán al grupo de **baja resistencia**.
- Las que tienen un cambio en la dirección del flujo, como las válvulas de globo y angulares, estarán en el grupo de **alta resistencia**.

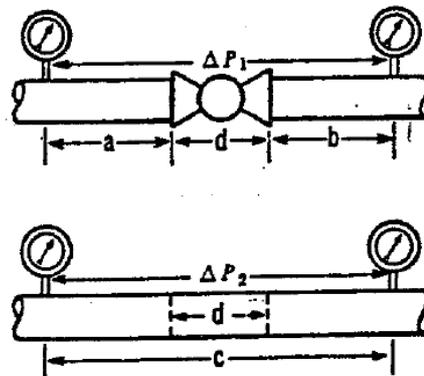
Accesorios: los acoplamientos o accesorios para conexión se clasificarán en: de derivación, reducción, ampliación y desviación. Los accesorios como tes, cruces, codos con salida lateral, etc, pueden agruparse como accesorios de derivación. Los conectores de reducción o ampliación son aquellos que cambian la superficie de paso del fluido. En esta clase están las reducciones y los manquitos. Los accesorios de desvío, curvas, codos, curvas en U, etc., son los que cambian la dirección de flujo.

Pérdida de presión debida a válvulas y accesorios:

Cuando el flujo se desplaza uniformemente por una tubería recta, larga y de diámetro constante, la configuración del flujo indicada por la distribución de la velocidad sobre el diámetro de la tubería adopta una forma característica. Cualquier obstáculo en la tubería cambia la dirección de la corriente en forma total o parcial, alterando la configuración característica de flujo y ocasionando turbulencia, causando una pérdida de energía mayor de la que normalmente se produce en un flujo por una tubería recta. Esto es producido por la inclusión de válvulas y accesorios que en una línea de tuberías alteran la configuración de flujo, produciendo una pérdida de presión adicional.

Las pérdidas de presión total producida por una válvula o accesorio consiste en:

- La pérdida de presión dentro de la válvula.
- La pérdida de presión en la tubería de entrada es mayor de la que se produce normalmente si no existe válvula en la línea. Este efecto es pequeño.
- La pérdida de presión en la tubería de salida es superior a la que se produce normalmente si no hubiera válvula en la línea. Este defecto puede ser muy grande.



Muchos experimentos han demostrado que la pérdida de presión debida a válvulas y accesorios es proporcional a la velocidad elevada a un exponente constante, sin embargo, en todos los casos prácticos, se acepta que la caída de presión o pérdida de presión debida al flujo de fluidos de régimen turbulento en válvulas y accesorios varía con el cuadrado de la velocidad.

Esta relación entre pérdida de presión y velocidad es válida para válvulas de retención, sólo si hay flujo suficiente para mantener el obturador abierto.

Coefficiente de resistencia K , longitud equivalente L/D y coeficiente de flujo:

Existen datos sobre pruebas de pérdida de presión para una amplia variedad de válvulas y accesorios, fruto del trabajo de muchos investigadores. Los conceptos que a menudo se usan para llevar a cabo esto son la “**longitud equivalente L/D ”**, “**coeficiente de resistencia K ”** y “**coeficiente de flujo C_v o K_v ”**.



Las pérdidas de presión en un sistema de tuberías se deben a varias características del sistema, que pueden clasificarse como sigue: rozamiento en las paredes, cambios de dirección, obstrucciones y cambios repentinos o graduales en la superficie y contorno del paso del flujo.

La velocidad en una tubería se obtiene mediante la presión o altura estática, y el descenso de la altura estática o pérdida de presión debida a la velocidad es:

$$h_L = \frac{v^2}{2 \cdot g_n} \quad \text{(Ecuación 10)}$$

Altura de velocidad

El flujo por una válvula o accesorio en una línea de tubería causa también una reducción de la altura estática que puede expresarse en función de la altura de velocidad. El coeficiente de resistencia K en la ecuación:

$$h_L = K \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g_n} \quad \text{(Ecuación 11)}$$

Pérdida de altura de velocidad para válvulas o accesorios

El flujo estará siempre asociado con el diámetro al cual se refiere la velocidad. En la mayor parte de las válvulas o accesorios las pérdidas por fricción a lo largo de la longitud real de flujo, son mínimas comparadas con las debidas a uno o más de los otros tres puntos mencionados.

Por ello, el coeficiente de resistencia K se considera independiente del factor de fricción y del número de Reynolds, que puede tratarse como constante para cualquier obstáculo dado en un sistema de tuberías bajo cualquier condición de flujo, incluida la de régimen laminar.

La misma pérdida para una tubería recta se expresa por la ecuación de Darcy:

$$h_L = \left(f \cdot \frac{L}{D}\right) \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g_n} \quad \text{(Ecuación 12)}$$



Los valores en la tabla del factor **K** están asociados con el diámetro interno de los siguientes números de cédula de tubería para las diversas clases de ANSI de válvulas y accesorios.

Si se quiere calcular el valor de K para diferentes diámetros:

$$K_a = K_b \cdot \left(\frac{d_a}{d_b}\right)^4 \quad \text{(Ecuación 13)}$$

Donde $\beta = \frac{d_1}{d_2}$ (Ecuación 14)

En forma convencional, se considera que la resistencia o pérdida de presión en una curva se compone de la pérdida debida a la curvatura, la pérdida excesiva en la tangente corriente abajo y la pérdida debida a la longitud. Tras el cálculo de todos los valores de K originados por codos, bifurcaciones, válvulas, entradas y salidas, se debe calcular la pérdida de carga total que se producirá a lo largo de la tubería.

Una vez calculadas todas las pérdidas de carga de una tubería se obtendrá el valor final sumando cada una de ellas.

13.1.5. Cálculo de Pérdida de Carga en cada Tramo de Tuberías

Para calcular la pérdida de carga que se originará en cada sistema de tuberías ha sido necesario hacer un análisis y un cálculo fragmentado de cada tramo de cada sistema de tuberías.

A continuación se va a explicar el sistema para calcular la pérdida de carga en los 5 sistemas de abastecimiento:

- Sistema de abastecimiento de Sanitarios.
- Sistema de abastecimiento de Rociadores.
- Sistema de abastecimiento de Rociadores del Sótano.
- Sistema de abastecimiento de BIES.
- Sistema de abastecimiento del Lavadero.



Todos los sistemas estarán divididos en tramos de tuberías donde cada uno de ellos tendrá su propia pérdida de carga, y que sumadas todas las pérdidas de carga de los distintos tramos darán el resultado de la pérdida de carga total de todo el sistema de abastecimiento.

Para calcular la pérdida de carga se ha seguido el siguiente proceso de cálculo según las características y los datos que aparecen de cada tramo especificadas en las tablas anexas (**Tabla 1, 2, 3, 4, 5**).

Como se ha reflejado antes la pérdida de carga se calculará con la fórmula:

$$\Delta P = h_L \cdot \rho \cdot g_n \quad \text{(Ecuación 7)}$$

Para este cálculo será necesario calcular las “ h_L ” de todos los accesorios, codos y bifurcaciones para cada tramo de tuberías.

1. El primer paso es calcular el h_L producido a lo largo de toda la tubería, sin tener en cuenta los accesorios que presenta. Para esto se utilizará el diagrama de Moody.

Para calcular la h_L se ha seguido la fórmula:

$$h_L = \frac{f \cdot L \cdot v^2}{D \cdot 2 \cdot g_n} \quad \text{(Ecuación 8)}$$

Donde:

L = es la longitud, en metros, de la tubería, que variará en cada tramo, de cada sistema de tuberías.

v^2 = la velocidad del agua, en m/s, en cada tramo de tubería, que se calculará con el caudal Q (m³/h) y el área de cada tubería A (m²) según la fórmula:

$$v = Q/A \quad \text{(Ecuación 15)}$$

D = diámetro de la tubería.

g = fuerza de aceleración gravitatoria 9,8 m/s²



f = fuerza de fricción dependiente del número de Reynolds, siendo en todos los casos de flujo turbulento con $Re > 4000$, y del cociente entre la rugosidad del material y el diámetro de la tubería (ε/d).

Para calcular el número de Reynolds se utilizará la fórmula de Reynolds.

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot d}{\mu} \quad \text{(Ecuación 16)}$$

ρ = densidad del agua = 1 g/cm³

v = velocidad del agua en el tramo

d = diámetro de la tubería

μ = viscosidad del agua 1 g/cm . s

Una vez calculado el número de Reynolds y el parámetro (ε/d) se debe entrar en la gráfica de Moody y obteniendo el valor de f para este primer cálculo. Con este dato, se podrá obtener el valor de h_L (h_L tubería).

- El segundo paso será calcular las h_L producidas debido a los accesorios de la línea. La fórmula que se seguirá para este cálculo será:

$$h_L = \sum_{i=0}^n K_i \cdot \left(\frac{v^2}{2 \cdot g} \right) \quad \text{(Ecuación 17)}$$

Para calcularla será necesario calcular todos los coeficientes de resistencia (K) de todos los accesorios que puedan incluirse en las líneas de tuberías. Para el cálculo de los coeficientes se necesitará calcular los parámetros de fricción " f_T " que influirán de manera directa en su cálculo, dependiendo del accesorio que se esté calculando.

Para el cálculo del parámetro " f_T " (factor de fricción) se utilizará la tabla siguiente que dependerá del diámetro de tubería con el que se esté trabajando.

Diámetro nominal	15	20	25	32	40	50	65, 80	100	125	150	200 , 250	300 - 400	450 - 600
Factor De fricción	0.027	0.025	0.023	0.022	0.021	0.019	0.018	0.017	0.016	0.015	0.014	0.013	0.012



A continuación se mostrarán todos los accesorios que aparecerán en los tramos de tuberías, influyendo en un aumento de la pérdida de carga.

Codos

En las líneas se han utilizado codos de dos clases:

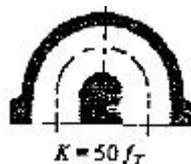
- Codos a 90°
- Codos a 180°

Para los codos a 90° se ha utilizado una disposición como la siguiente:



donde $K=30 \cdot f_T$

Para los codos a 180° se ha utilizado una disposición como la siguiente:



donde $K=50 \cdot f_T$



Bifurcaciones

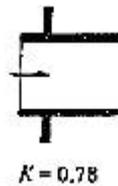
Las bifurcaciones en la línea se producirán cuando una tubería desemboca en otras 2, y para calcular su factor de fricción se ha utilizado en siguiente dibujo, donde se indica el valor a tomar.



donde $K = 20 \cdot f_T$

Entradas

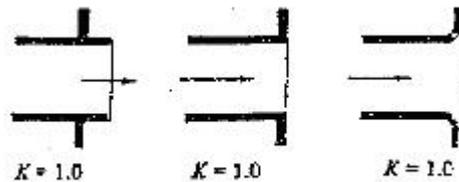
Las entradas en un tramo aparecen cuando el fluido sale de un tramo de tubería y se introduce en otra.



donde $K = 0,78$

Salidas

Las entradas en un tramo aparecen cuando el fluido sale de un tramo de tubería por el que ha estado circulando.



donde $K=1$ para cualquier alternativa

Válvulas de Mariposa

Las válvulas de mariposa se utilizan para controlar el flujo de agua que circula por la tubería, aumentándolo o disminuyéndolo según se disponga. La válvula de mariposa se utiliza en tuberías de más de 2" para disminuir la suciedad en la tubería.



Diámetro 50 mm (2") a 200 mm (8")..... $K = 45 f_T$
 Diámetro 250 mm (10") a 350 mm (14")... $K = 35 f_T$
 Diámetro 400 mm (16") a 600 mm (24")... $K = 25 f_T$

donde $K=45 \cdot f_T$ en todos los casos que se van estudiar

Válvulas de Bola

Las válvulas de bola se utilizan para lo mismo que las de mariposa, pero en éstas queda restringido su aplicación a tuberías más pequeñas, entre 1" y 2".



donde $K=3 \cdot f_T$

Una vez calculados todos los coeficientes de resistencia (K) se procederá a sumarlos y obtener el global, y con él calcular el h_L ($h_{L \text{ accesorios}}$) de todos los accesorios de la línea.



3. El tercer paso es calcular la variación de pérdida de carga originada en los 2 apartados anteriores. Para ellos se acudirá a lo expuesto en la fórmula de pérdida de carga.

$$\Delta P = (h_{L\text{ tubería}} + h_{L\text{ accesorios}}) \cdot \rho \cdot g \quad \text{(Ecuación 18)}$$

4. El cuarto y último tramo corresponderá al cálculo de la pérdida de carga total que se producirá en todo el sistema de abastecimiento. Para ellos se deberá sumar todas las pérdidas de carga producidas en cada tramo de tuberías, con lo que su suma total dará la pérdida producida.

$$\Delta P = \sum_{i=0}^n \Delta P \quad \text{(Ecuación 19)}$$

Una vez realizados estos cálculos se obtendrá el valor de la pérdida de carga originada, y estudiándose en tal caso la necesidad de la utilización de una bomba que suministre un mayor caudal y una mayor presión a los elementos de los sistemas de abastecimiento.



13.1.6. Pérdida de Carga en Sanitarios

Para abastecer a los sanitarios de un flujo de agua, ha sido necesario realizar un estudio detallado del sistema de tuberías requerido para llevar a cabo dicho proceso. Una vez realizado el estudio, se deberá calcular la pérdida de carga que se origina y asegurarse que con el sistema con el que se ha dotado se puede cumplir con las especificaciones solicitadas.

Para la descripción del sistema de abastecimiento de los sanitarios es necesario hacer referencia a los planos que se han creado en autocad y que son referenciados a continuación.

Planos

En los planos: **SERVICIOS entrada-acotado** y **SERVICIOS salida-acotado** se puede ver un plano en planta de la nave donde aparece en color rojo el trazado del sistema de tuberías de entrada y salida, necesario para dotar a los urinarios y lavabos de agua y para la conducción de las aguas residuales hasta la arqueta de fecales. En azul se puede apreciar las cotas y medidas de dicho sistema de tuberías.

En los planos: **ISOMÉTRICO SERVICIO entrada-acotado** y **ISOMÉTRICO SERVICIOS salida-acotado** se ha realizado un estudio detallado en isométrico de los sistemas de entrada y salida del sistema de abastecimiento de los servicios. En estos planos se da información precisa de la disposición de las tuberías, su recorrido por la nave y las medidas de cada tramos. Estos planos son diferentes porque permiten dar información de su distribución en las tres direcciones del eje de coordenadas, en el eje x (proyección a lo largo de la nave), eje y (proyección a lo ancho de la nave) y eje z (proyección en altura).

Para la estimación de la pérdida de carga se realizará un tabla **Tabla 1. Servicios** donde se ha dividido el sistema de abastecimiento de tuberías en varios tramos de los cuales se estudiarán todos los parámetros necesarios para llevar a cabo su cálculo.



Tabla 1. Servicios

En esta tabla, anexa al proyecto, se han analizado distintos parámetros para los cuales ha sido necesario la utilización de los planos, anteriormente citados.

A continuación se ha procedido a la descripción de la tabla, indicando las consideraciones que se han tenido en cuenta para realizar su elección. También se han realizado la descripción de los planos que sirven para llevar a cabo los cálculos de las acotaciones de las tuberías.

La tabla divide al sistema de tuberías en diferentes tramos señalados con distintos números en los planos (anteriormente citados) donde se describe todo el sistema y se indica los caminos que toman las tuberías desde el aljibe, recogida del agua, hasta la arqueta de saneamiento.

Según la **Tabla 1. Servicios** el sistema de abastecimiento de entrada y salida se divide en:



- **TRAMO 0--1**

El tramo 0—1 es el tramo de tuberías que va desde el aljibe hasta el punto donde se abastece a los primeros servicios de la nave 1. Este tramo pertenece al sistema de abastecimiento de entrada de los sanitarios y para su cálculo y descripción se utilizará los planos de *SERVICIOS entrada-acotado* y *ISOMÉTRICO SERVICIOS entrada-acotado*.

- En este tramo se puede apreciar, mirando el plano *P&D*, la existencia de una válvula en mariposa para la regulación del caudal de la tubería.

- Según los planos este tramos tendrá 2 codos, en el recorrido de las tuberías, con un ángulo de 90°.

- La temperatura media a la que fluirá el agua por las tuberías será de 20°.

- La rugosidad dependerá del material que se empleará, que en este caso será de 0,001, por tratarse de tuberías de plástico.

- La presión de actuación será de 2 bar

- En este tramo existe una bifurcación al final de la línea, donde la tubería se distribuye en 2 tuberías, una para abastecimiento del primer servicio, y el otro para el abastecimiento del segundo servicio.

- El diámetro nominal de la tubería será de 50 mm.

- La tubería tendrá una longitud de 78 m, dato que puede verse reflejado en los distintos planos.

- Este tramo tendrá 1 salida y ninguna entrada.

- El caudal de la bomba viene fijado por la propia bomba, siendo en este caso de 7 m³/h.

Para el cálculo de la pérdida de carga de este tramo se deberá seguir el proceso de cálculo antes mencionado, aplicando las fórmulas obteniendo una pérdida de carga de 0,001 bar.



- **TRAMO 1--1''**

Este tramo es el tramo de tuberías que da abastecimiento de la cisterna del urinario del primer servicio. Este tramo es el mismo que el abastece al resto de los 4 urinarios, luego la pérdida de carga que se obtiene en este tramo deberá ser multiplicada por 4, haciendo referencia a la cantidad de tramos, en la tabla. Este tramo pertenece, también, al sistema de abastecimiento de entrada de los sanitarios y para su cálculo y descripción se utilizarán los planos de *SERVICIOS entrada-acotado* y *ISOMÉTRICO SERVICIOS entrada-acotado*.

- Según el plano del *P&D*, existirá una válvula de bola para la regulación del caudal de la tubería.

- Según los planos este tramo tendrá 1 codos, en el recorrido de las tuberías, con un ángulo de 90°.

- La temperatura media a la que fluirá el agua por las tuberías será de 20°.

- La rugosidad dependerá del material que se empleará, que en este caso será de 0,001 , por tratarse de tuberías de plástico.

- La presión de actuación será de 2 bar

- En este tramo existen 2 bifurcaciones, una al principio de la línea y otra a mitad, bifurcándose entre urinarios y lavabos de la primera nave.

- El diámetro nominal de la tubería será de 20 mm.

- La tubería tendrá una longitud de 3,6 m, dato que puede verse reflejado en los distintos planos.

- Este tramo tendrá 0 salida y 1 entrada.

- El caudal que fluye por el tramo de tubería vendrá fijado por la cantidad de agua demandada por el llenado de la cisterna, siendo este de 1,2 m³/h.

Para el cálculo de la pérdida de carga de este tramo se deberá seguir el proceso de cálculo antes mencionado, aplicando las fórmulas obteniendo una pérdida de carga de 0,0005 bar.



- **TRAMO 1--1'**

Este tramo es el tramo de tuberías que da abastecimiento al lavabo del primer servicio. Este tramo es el mismo que el abastece al resto de los 4 lavabos, luego la pérdida de carga que se obtiene en este tramo deberá ser multiplicada por 4, al igual que en el anterior tramos, haciendo referencia a la cantidad de tramos, en la tabla. Este tramo pertenece, también, al sistema de abastecimiento de entrada de los sanitarios y para su cálculo y descripción se utilizarán los planos de *SERVICIOS entrada-acotado* y *ISOMÉTRICO SERVICIOS entrada-acotado*.

- Según el plano del *P&D*, existirá una válvula de bola para la regulación del caudal de la tubería.

- Según los planos este tramo tendrá 5 codos, en el recorrido de las tuberías, con un ángulo de 90°.

- La temperatura media a la que fluirá el agua por las tuberías será de 20°.

- La rugosidad dependerá del material que se empleará, que en este caso será de 0,001 , por tratarse de tuberías de plástico.

- La presión de actuación será de 2 bar

- En este tramo existen 2 bifurcaciones, una al principio de la línea y otra a mitad, bifurcándose entre urinarios y lavabos de la primera nave.

- El diámetro nominal de la tubería será de 20 mm.

- La tubería tendrá una longitud de 4,8 m, dato que puede verse reflejado en los distintos planos.

- Este tramo tendrá 0 salida y 1 entrada.

- El caudal que fluye por el tramo de tubería vendrá fijado por la cantidad de agua demandada por el lavabo, siendo este de 0,65 m³/h.

Para el cálculo de la pérdida de carga de este tramo se deberá seguir el proceso de cálculo antes mencionado, aplicando las fórmulas obteniendo una pérdida de carga de 0,007 bar.



- **TRAMO 1--3**

El tramo de tuberías 1—3 es el tramo que va desde los servicios de la primera nave hasta los servicios de la segunda nave, conectando ambas naves mediante el sistema de tuberías. Este tramo pertenece, también, al sistema de abastecimiento de entrada de los sanitarios y para su cálculo y descripción se utilizarán los planos de *SERVICIOS entrada-acotado* y *ISOMÉTRICO SERVICIOS entrada-acotado*.

- Según el plano del *P&D*, no habrá ninguna válvula, debido que no será necesario regular el flujo entre estos 2 puntos.

- Según los planos este tramo no tendrá tampoco codos.

- La temperatura media a la que fluirá el agua por las tuberías será de 20°.

- La rugosidad dependerá del material que se empleará, que en este caso será de 0,001 , por tratarse de tuberías de plástico.

- La presión de actuación será de 2 bar

- En este tramo existen 2 bifurcaciones, una al final de la línea, y otra al principio, donde la tubería se distribuirán en 2 tuberías.

- El diámetro nominal de la tubería será de 20 mm.

- La tubería tendrá una longitud de 4,8 m, dato que puede verse reflejado en los distintos planos.

- Este tramo tendrá 0 salida y 1 entrada.

- El caudal que fluye por el tramo de tubería vendrá fijado por la cantidad de agua inicial menos la consumida en el recorrido desde el aljibe hasta el punto actual, siendo este de 5,15 m³/h.

Para el cálculo de la pérdida de carga de este tramo se deberá seguir el proceso de cálculo antes mencionado, aplicando las fórmulas obteniendo una pérdida de carga de 0 bar.



- **TRAMO 5--7**

Este tramo pertenece al sistema de abastecimiento de salida de los sanitarios y para su cálculo y descripción se utilizarán los planos de *SERVICIOS entrada-acotado* y *ISOMÉTRICO SERVICIOS entrada-acotado*. El sistema de tuberías que se describe en el tramo 5—7 es el que corresponde a la evacuación del agua residual procedente de los 4 lavabos de las dos naves, lo que conllevará que la *cantidad* sea de 4 (en la tabla), conllevando multiplicar por 4 la pérdida de carga que se obtendrá.

- Según el plano del *P&D*, no habrá ninguna válvula, debido que no será necesario regular el flujo entre estos 2 puntos.

- Según los planos este tramo tendrá 3 codos de 90°.

- La temperatura media a la que fluirá el agua por las tuberías será de 20°.

- La rugosidad dependerá del material que se empleará, que en este caso será de 0,001 , por tratarse de tuberías de plástico.

- La presión de actuación será de 1 bar, ya que no es necesario dotar a de ninguna presión, pues el agua fluirá por gravedad.

- En este tramo existen 2 bifurcaciones, una al final de la línea, y otra al principio, donde la tubería se distribuirán en 2 tuberías.

- El diámetro nominal de la tubería será de 20 mm.

- La tubería tendrá una longitud de 4,7 m, dato que puede verse reflejado en los distintos planos.

- Este tramo tendrá 1 salida y 1 entrada. (¿por qué?)

- El caudal que fluye por el tramo de tubería vendrá fijado por la cantidad de agua demandada para el desalojo del agua procedente del lavabo, siendo este de 0,7 m³/h.

Para el cálculo de la pérdida de carga de este tramo se deberá seguir el proceso de cálculo antes mencionado, aplicando las fórmulas obteniendo una pérdida de carga de 0,0002 bar.



- **TRAMO 6--7**

Este tramo pertenece al sistema de abastecimiento de salida de los sanitarios y para su cálculo y descripción se utilizarán los planos de *SERVICIOS entrada-acotado* y *ISOMÉTRICO SERVICIOS entrada-acotado*. El sistema de tuberías que se describe en el tramo 6—7 es el que corresponde a la evacuación del agua residual procedente de los 4 urinarios de las dos naves, lo que conllevará que la *cantidad* sea de 4 (en la tabla), conllevando multiplicar por 4 la pérdida de carga que se obtendrá.

- Según el plano del *P&D*, no habrá ninguna válvula, debido que no será necesario regular el flujo entre estos 2 puntos.

- Según los planos este tramo tendrá 1 codos de 90° y 1 codo de 180°.

- La temperatura media a la que fluirá el agua por las tuberías será de 20°.

- La rugosidad dependerá del material que se empleará, que en este caso será de 0,001 , por tratarse de tuberías de plástico.

- La presión de actuación será de 1 bar, ya que no es necesario dotar a de ninguna presión, pues el agua fluirá por gravedad.

- En este tramo existen 2 bifurcaciones, una al final de la línea, y otra al principio, donde la tubería se distribuirán en 2 tuberías.

- El diámetro nominal de la tubería será de 20 mm.

- La tubería tendrá una longitud de 0,8 m, dato que puede verse reflejado en los distintos planos.

- Este tramo tendrá 1 salida y 1 entrada.

- El caudal que fluye por el tramo de tubería vendrá fijado por la cantidad de agua demandada para el desalojo del agua procedente del urinario, siendo este de 1,2 m³/h.

Para el cálculo de la pérdida de carga de este tramo se deberá seguir el proceso de cálculo antes mencionado, aplicando las fórmulas obteniendo una pérdida de carga de 0,0004 bar.



- **TRAMO 7--Arqueta**

Este tramo, como los anteriores, pertenece al sistema de abastecimiento de salida de los sanitarios y para su cálculo y descripción se utilizarán los planos de *SERVICIOS entrada-acotado* y *ISOMÉTRICO SERVICIOS entrada-acotado*. Este tramo es el tramo de tuberías que conecta todas las aguas residuales de los lavabos y urinarios, con la arqueta de saneamiento.

- Según el plano del *P&D*, no habrá ninguna válvula, debido que no será necesario regular el flujo entre estos 2 puntos.

- Según los planos este tramo tendrá 1 codos de 90°.

- La temperatura media a la que fluirá el agua por las tuberías será de 20°.

- La rugosidad dependerá del material que se empleará, que en este caso será de 0,001 , por tratarse de tuberías de plástico.

- La presión de actuación será de 1 bar, ya que no es necesario dotar a de ninguna presión, pues el agua fluirá por gravedad.

- En este tramo existen 2 bifurcaciones, una al final de la línea, y otra al principio, donde la tubería se distribuirán en 2 tuberías.

- El diámetro nominal de la tubería será de 20 mm.

- La tubería tendrá una longitud de 68,52 m, dato que puede verse reflejado en los distintos planos.

- Este tramo tendrá 1 salida y 2 entrada.

- El caudal que fluye por el tramo de tubería vendrá fijado por la cantidad de agua total que suministra la bomba, siendo este de 7m³/h.

Para el cálculo de la pérdida de carga de este tramo se deberá seguir el proceso de cálculo antes mencionado, aplicando las fórmulas obteniendo una pérdida de carga de 0,008 bar.



Como se puede apreciar la pérdida de carga producida a lo largo del sistema de tuberías no tiene una influencia importante en el sistema de abastecimiento, debido a que pérdida de carga total (**0,0099 bar**) que se producirá es demasiado pequeña en comparación con las presiones de trabajo, lo que implicará que no habrá problema para cumplir con las exigencias demandadas por los sistemas de expulsión de agua de los sanitarios.

La presión máxima que puede implementar la bomba es de 9 bar, pero al ser la pérdida de carga tan pequeña, sobraría con que la presión de la bomba fuera un tercio de su presión máxima. Fijando la presión de trabajo en **3 bar**, para que no se supere en más de un bar la presión necesaria en los servicios, que será de **2 bar**.

Presión entregada por la bomba = **3 bar**

Presión demanda por los sanitarios = **2 bar**

Pérdida de carga total producida = **0,0099 bar**

Pérdida disponible en el sistema = **2,9911 bar**

También será necesario fijar el caudal de la bomba, ya que su caudal máximo podrá ser **7 m³/h**, pero el caudal máximo necesario a suministrar por la bomba, según los datos de las tablas, deberá ser **7,4 m³/h**, pero este caso sucedería en el caso más desfavorable, con un uso a la vez de todos los grifos y cisternas, algo bastante improbable.

Luego la bomba cumplirá con las especificaciones de presión y caudal.



13.1.7. Pérdida de Carga en Rociadores

A continuación se ha estudiado la pérdida de carga producida a lo largo del sistema de rociadores de las naves 1 y 2, para ello ha sido necesario realizar un estudio detallado de todo el sistema de tuberías involucrado en ello. Una vez realizado el estudio, se ha calculado la pérdida de carga que originada, asegurándose que con el sistema con el que se ha dotado se puede cumplir con las especificaciones solicitadas.

Para la descripción del sistema de abastecimiento de los rociadores es necesario hacer referencia a los planos que se han creado en autocad. a continuación se describen estos planos y su contenido.

Planos

En los planos: ***ROCIADORES entrada-acotado*** y ***ROCIADORES salida-acotado***, se puede ver un plano en planta de la nave donde aparece en color rojo el trazado del sistema de tuberías de entrada y salida, necesario para dotar a las dos naves de un sistema de abastecimiento de agua, en el cual los rociadores puedan funcionar en cualquier momento determinado. En azul aparecen marcadas las cotas y medidas de dicho sistema de tuberías.

En los planos: ***ISOMÉTRICO ROCIADORES entrada-acotado*** y ***ISOMÉTRICO ROCIADORES salida-acotado***, se ha realizado un estudio detallado en isométrico de los sistemas de entrada y salida del sistema de abastecimiento de los rociadores contra incendios. En estos planos incluyen la información precisa de la disposición de las tuberías, recorrido por la nave y medidas de cada tramo. Estos planos son diferentes porque permiten dar información de su distribución en las tres direcciones del eje de coordenadas, como en el caso de los sanitarios, en el eje x (proyección a lo largo de la nave), eje y (proyección a lo ancho de la nave) y eje z (proyección en altura).

Para la estimación de la pérdida de carga se ha realizado un tabla ***Tabla 2. Rociadores*** donde se ha dividido el sistema de abastecimiento de tuberías en varios tramos de los cuales se estudiarán todos los parámetros necesarios para llevar a cabo su cálculo.

Tabla 2. Rociadores

En esta tabla, anexa al proyecto, como en la ***tabla 1. Servicios***, se ha analizado los distintos parámetros para los cuales es necesario la utilización de los planos, anteriormente citados.



A continuación se ha procedido a la descripción de la tabla, indicando las consideraciones que se han tenido en cuenta para realizar su elección. También se ha realizado la descripción de los planos que sirven para llevar a cabo los cálculos de las acotaciones de las tuberías.

La tabla divide al sistema de tuberías en diferentes tramos señalados con distintos números en los planos (anteriormente citados) donde se describe todo el sistema y se indica los caminos que toman las tuberías desde el aljibe, donde toman el agua, hasta la arqueta de saneamiento.

Según la **Tabla 2. Rociadores** el sistema de abastecimiento de entrada y salida se divide en tramos correspondientes a distintas tuberías:



- **TRAMO TUBERÍA 8”**

El primer tramo corresponde al tramo de tubería que va desde el aljibe y se llega hasta el techo de la nave 1, donde posteriormente se bifurcará para llegar a los rociadores. Este tramo pertenecerá al sistema de abastecimiento de entrada de los rociadores y para su cálculo y descripción se utilizará los planos de *ROCIADORES entrada-acotado* y *ISOMÉTRICO ROCIADORES entrada-acotado*.

- En este tramo se puede apreciar, mirando el plano *P&D*, la existencia de una válvula en mariposa para la regulación del caudal de la tubería.

- Según los planos este tramo tendrá 2 codos, en el recorrido de las tuberías, con un ángulo de 90°.

- La temperatura media a la que fluirá el agua por las tuberías será de 20°.

- La rugosidad dependerá del material que se empleará, que en este caso será de 0,0005, por tratarse de tuberías de acero negro.

- La presión de actuación será de 2,4 bar

- En este tramo existe una bifurcación al final de la línea, donde la tubería se distribuye en 2 tuberías, una para abastecimiento la nave 1, y la otra para el abastecimiento de las oficinas de la nave 1.

- El diámetro nominal de la tubería será de 200 mm.

- La tubería tendrá una longitud de 60,33 m, dato que puede verse reflejado en los distintos planos.

- Este tramo tendrá 1 entrada y ninguna salida.

- El caudal de la tubería viene fijado por la propia bomba, siendo en este caso de 450 m³/h.

Para el cálculo de la pérdida de carga de este tramo se deberá seguir el proceso de cálculo antes mencionado, aplicando las fórmulas obteniendo una pérdida de carga de 0,00221 bar.



- **TRAMO TUBERÍA 4"**

El tramo correspondiente a la tubería de 4" es el tramo que se bifurca para poder abarcar todos los rociadores de la nave 1. Este tramo, al igual que todos los de los rociadores, pertenecerá al sistema de abastecimiento de entrada de los rociadores y para su cálculo y descripción se utilizará los planos de *ROCIADORES entrada-acotado* y *ISOMÉTRICO ROCIADORES entrada-acotado*. Esto es debido a que no es necesario estudiar el abastecimiento de salida, porque todo se realiza mediante gravedad, no existiendo pérdida de carga, pues no es necesario ninguna bomba impulsora para que el agua circule.

- En este tramo se puede apreciar, mirando el plano *P&D*, que no hay válvulas.
- Según los planos no existen codos en este tramo.
- La temperatura media a la que fluirá el agua por las tuberías será de 20°.
- La rugosidad dependerá del material que se empleará, que en este caso será de 0,0005, por tratarse de tuberías de acero negro.
- La presión de actuación será de 2,4 bar
- En este tramo no existe ninguna bifurcación.
- El diámetro nominal de la tubería será de 100 mm.
- La tubería tendrá una longitud de 20,38 m, dato que puede verse reflejado en los distintos planos.
- Este tramo no tendrá ni entradas ni salidas.
- El caudal de la tubería, por cada rama bifurcada, será de 47,25 m³/h.

Para el cálculo de la pérdida de carga de este tramo se deberá seguir el proceso de cálculo antes mencionado, aplicando las fórmulas obteniendo una pérdida de carga de 0,00007 bar.



- **TRAMO TUBERÍA 2”--1**

Este tramo es uno de los 3 tramos de tuberías que dan abastecimiento a los rociadores de la nave 1 y 2. Este tramo pertenecerá también al sistema de abastecimiento de entrada de los rociadores y para su cálculo y descripción se utilizará los planos de *ROCIADORES entrada-acotado* y *ISOMÉTRICO ROCIADORES entrada-acotado*.

- En este tramo se puede apreciar, mirando el plano *P&D*, que no existe ninguna válvula en el recorrido de tuberías.

- Según los planos este tramo no tendrá codos.

- La temperatura media a la que fluirá el agua por las tuberías será de 20°.

- La rugosidad dependerá del material que se empleará, que en este caso será de 0,0005, por tratarse de tuberías de acero negro.

- La presión de actuación será de 2,4 bar

- En este tramo no tiene ninguna bifurcación.

- El diámetro nominal de la tubería será de 50 mm.

- La tubería tendrá una longitud de 168,75 m, dato que puede verse reflejado en los distintos planos.

- Este tramo tendrá 63 salidas, correspondiente a los rociadores, y ninguna entrada.

- El caudal de la tubería viene fijada por caudal de agua demandado por todos los rociadores, siendo en este caso de 47,25 m³/h.

Para el cálculo de la pérdida de carga de este tramo se deberá seguir el proceso de cálculo antes mencionado, aplicando las fórmulas obteniendo una pérdida de carga de 0,03371 bar.



- **TRAMO TUBERÍA 2”--2**

Este tramo es otro de los 3 tramos de tuberías que dan abastecimiento a los rociadores de la nave 1 y 2. Este tramo pertenecerá también al sistema de abastecimiento de entrada de los rociadores y para su cálculo y descripción se utilizará los planos de *ROCIADORES entrada-acotado* y *ISOMÉTRICO ROCIADORES entrada-acotado*.

- En este tramo se puede apreciar, mirando el plano *P&D*, que no existe ninguna válvula en el recorrido de tuberías.

- Según los planos este tramo no tendrá codos.

- La temperatura media a la que fluirá el agua por las tuberías será de 20°.

- La rugosidad dependerá del material que se empleará, que en este caso será de 0,0005, por tratarse de tuberías de acero negro.

- La presión de actuación será de 2,4 bar

- En este tramo no tiene ninguna bifurcación.

- El diámetro nominal de la tubería será de 50 mm.

- La tubería tendrá una longitud de 84,92 m, dato que puede verse reflejado en los distintos planos.

- Este tramo tendrá 44 salidas, correspondiente a los rociadores, y ninguna entrada.

- El caudal de la tubería viene fijada por caudal de agua demandado por todos los rociadores, siendo en este caso de 33 m³/h.

Para el cálculo de la pérdida de carga de este tramo se deberá seguir el proceso de cálculo antes mencionado, aplicando las fórmulas obteniendo una pérdida de carga de 0,0103 bar.



- **TRAMO TUBERÍA 2”--3**

Este tramo es el último de los 3 tramos de tuberías que dan abastecimiento a los rociadores de la nave 1 y 2. Este tramo pertenecerá también al sistema de abastecimiento de entrada de los rociadores y para su cálculo y descripción se utilizará los planos de *ROCIADORES entrada-acotado* y *ISOMÉTRICO ROCIADORES entrada-acotado*.

- En este tramo se puede apreciar, mirando el plano *P&D*, que no existe ninguna válvula en el recorrido de tuberías.

- Según los planos este tramo no tendrá codos.

- La temperatura media a la que fluirá el agua por las tuberías será de 20°.

- La rugosidad dependerá del material que se empleará, que en este caso será de 0,0005, por tratarse de tuberías de acero negro.

- La presión de actuación será de 2,4 bar

- En este tramo no tiene ninguna bifurcación.

- El diámetro nominal de la tubería será de 50 mm.

- La tubería tendrá una longitud de 84,92 m, dato que puede verse reflejado en los distintos planos.

- Este tramo tendrá 44 salidas, correspondiente a los rociadores, y ninguna entrada.

- El caudal de la tubería viene fijada por caudal de agua demandado por todos los rociadores, siendo en este caso de 33 m³/h.

Para el cálculo de la pérdida de carga de este tramo se deberá seguir el proceso de cálculo antes mencionado, aplicando las fórmulas obteniendo una pérdida de carga de 0,0103 bar.



- **TRAMO TUBERÍA 2”--4**

Este tramo es el tramo de tuberías que abastecen a los rociadores de las oficinas de la nave 1. Como el resto, este tramo pertenecerá también al sistema de abastecimiento de entrada de los rociadores y para su cálculo y descripción se utilizará los planos de *ROCIADORES entrada-acotado* y *ISOMÉTRICO ROCIADORES entrada-acotado*.

- En este tramo se puede apreciar, mirando el plano *P&D*, que no existe ninguna válvula en el recorrido de tuberías.

- Según los planos este tramo no tendrá codos.

- La temperatura media a la que fluirá el agua por las tuberías será de 20°.

- La rugosidad dependerá del material que se empleará, que en este caso será de 0,0005, por tratarse de tuberías de acero negro.

- La presión de actuación será de 2,4 bar

- En este tramo no tiene ninguna bifurcación.

- El diámetro nominal de la tubería será de 50 mm.

- La tubería tendrá una longitud de 90 m, dato que puede verse reflejado en los distintos planos.

- Este tramo tendrá 15 salidas, correspondiente a los rociadores, y ninguna entrada.

- El caudal de la tubería viene fijada por caudal de agua demandado por todos los rociadores, siendo en este caso de 11,25 m³/h.

Para el cálculo de la pérdida de carga de este tramo se deberá seguir el proceso de cálculo antes mencionado, aplicando las fórmulas obteniendo una pérdida de carga de 0,0103 bar.



Como se puede apreciar la pérdida de carga producida a lo largo del sistema de tuberías no tiene una influencia importante en el sistema de abastecimiento, debido a que pérdida de carga total (**0,05744 bar**) que se producirá es demasiado pequeña en comparación con las presiones de trabajo, lo que implicará que no habrá problema para cumplir con las exigencias demandadas por los sistemas de expulsión de agua de los rociadores de la nave.

La presión máxima que puede implementar la bomba es de 9 bar, pero al ser la pérdida de carga tan pequeña, sobraría con que la presión de la bomba fuera un tercio de su presión máxima. Fijando la presión de trabajo en **3 bar**, para que no se supere en más de un bar la presión necesaria en los servicios, que será de **2,4 bar**.

Presión entregada por la bomba = **3 bar**

Presión demanda por los sanitarios = **2,4 bar**

Pérdida de carga total producida = **0,05744 bar**

Pérdida disponible en el sistema = **2,94256 bar**

También será necesario fijar el caudal de la bomba, ya que su caudal máximo podrá ser **450 m³/h**. El caudal máximo necesario a suministrar por la bomba será la suma de todo el sistema contra incendios y el lavadero. El caudal necesario demandado por los rociadores, según los datos de las tablas, deberá ser **171,75 m³/h**, correspondiendo esto al caso más desfavorable, con un uso a la vez de todos los rociadores de las 2 naves.



13.1.8. Pérdida de Carga en Rociadores del Sótano

Tras el estudio del sistema de rociadores de las naves 1 y 2, se deberá estudiar el sistema de distribución de rociadores que componen el sótano de la nave. El sótano de la nave deberá estar protegido con un sistema de rociadores capaz, al igual que las naves 1 y 2, de extinguir la aparición de cualquier fuego en él. Para ello se ha realizado un estudio detallado del sistema de tuberías necesario para llevarlo a cabo. Una vez realizado el estudio, se ha calculado la pérdida de carga que se origina, asegurándose que con el sistema con el que se ha dotado se puede cumplir con las especificaciones solicitadas.

El sistema de abastecimiento de los rociadores del sótano es una prolongación del sistema de rociadores de las naves 1 y 2, donde una tubería será la encargada de comunicar a ambas instalaciones.

Para la descripción del sistema de abastecimiento de los rociadores es necesario hacer referencia a los planos que se han creado en autocad y descrito a continuación.

Planos

En los planos: **ROCIADORES SÓTANO entrada-acotado** y **ROCIADORES SÓTANO salida-acotado**, se puede ver un plano en planta de la nave donde aparece en color rojo el trazado del sistema de tuberías de entrada y salida, necesario para dotar a las dos naves de un sistema de abastecimiento de agua, en el cual los rociadores puedan funcionar en cualquier momento determinado. En azul se puede apreciar las cotas y medidas de dicho sistema de tuberías.

En los planos: **ISOMÉTRICO ROCIADORES entrada-acotado** y **ISOMÉTRICO ROCIADORES salida-acotado**, se ha realizado un estudio detallado en isométrico de los sistemas de entrada y salida del sistema de abastecimiento de los rociadores contra incendios. En estos planos se da información precisa de la disposición de las tuberías, su recorrido por la nave y las medidas de cada tramos. Estos planos son diferentes porque permiten dar información de su distribución en las tres direcciones del eje de coordenadas, como en el caso de los sanitarios, en el eje x (proyección a lo largo de la nave), eje y (proyección a lo ancho de la nave) y eje z (proyección en altura).

Para la estimación de la pérdida de carga se realizará una tabla **Tabla 3. Rociadores Sótano** donde se ha dividido el sistema de abastecimiento de tuberías en varios tramos de los cuales se ha procedido a estudiar todos los parámetros necesarios para llevar a cabo su cálculo.



Tabla 3. Rociadores Sótano

En esta tabla, anexa al proyecto, como en la **tabla 2. Rociadores**, se han analizado los distintos parámetros para los cuales es necesario la utilización de los planos, anteriormente citados.

A continuación se ha procedido a la descripción de la tabla, indicando las consideraciones que se han tenido en cuenta para realizar su elección. También se realizará la descripción de los planos que sirven para llevar a cabo los cálculos de las acotaciones de las tuberías.

La tabla divide al sistema de tuberías en diferentes tramos señalados con distintos números en los planos (anteriormente citados) donde se describe todo el sistema y se indica los caminos que toman las tuberías desde el aljibe, donde toman el agua, hasta la arqueta de saneamiento.

Según la **Tabla 3. Rociadores Sótano** el sistema de abastecimiento de entrada y salida se divide en tramos correspondientes a distintas tuberías:



- **TRAMO TUBERÍA 8”**

El primer tramo corresponde al tramo de tubería que va desde el aljibe y se llega hasta el techo de la nave 1, donde posteriormente se bifurcará para llegar a los rociadores. Este tramo es el mismo que el tramo perteneciente al sistema de rociadores de las 2 naves, luego el análisis será el mismo que el caso anterior, pero con una longitud distinta, pues ahora los rociadores están en el techo del sótano, o lo que es lo mismo, en el suelo de las naves.

- En este tramo se puede apreciar, mirando el plano *P&D*, la existencia de una válvula en mariposa para la regulación del caudal de la tubería.

- Según los planos este tramo tendrá 2 codos, en el recorrido de las tuberías, con un ángulo de 90°.

- La temperatura media a la que fluirá el agua por las tuberías será de 20°.

- La rugosidad dependerá del material que se empleará, que en este caso será de 0,0005, por tratarse de tuberías de acero negro.

- La presión de actuación será de 2,4 bar

- En este tramo existe una bifurcación al final de la línea, donde la tubería se distribuye en 2 tuberías, una para abastecimiento la nave 1, y la otra para el abastecimiento de las oficinas de la nave 1.

- El diámetro nominal de la tubería será de 200 mm.

- La tubería tendrá una longitud de 43,13 m, dato que puede verse reflejado en los distintos planos.

- Este tramo tendrá 1 entrada y ninguna salida.

- El caudal de la tubería viene fijado por la propia bomba, siendo en este caso de 450 m³/h.

Para el cálculo de la pérdida de carga de este tramo se deberá seguir el proceso de cálculo antes mencionado, aplicando las fórmulas obteniendo una pérdida de carga de 0,0021 bar.



- **TRAMO TUBERÍA 4"**

El tramo correspondiente a la tubería de 4" es el tramo que se bifurca para poder abarcar todos los rociadores de los sótanos. Este tramo, al igual que todos los de los rociadores, pertenecerá al sistema de abastecimiento de entrada de los rociadores del sótano y para su cálculo y descripción se utilizará los planos de *ROCIADORES SÓTANO entrada-acotado* y *ISOMÉTRICO SÓTANO ROCIADORES entrada-acotado*. Esto es debido a que no es necesario estudiar el abastecimiento de salida, porque todo se realiza mediante gravedad, no existiendo pérdida de carga, pues no es necesario ninguna bomba impulsora para que el agua circule.

- En este tramo se puede apreciar, mirando el plano *P&D*, que no hay válvulas.
- Según los planos no existen codos en este tramo.
- La temperatura media a la que fluirá el agua por las tuberías será de 20°.
- La rugosidad dependerá del material que se empleará, que en este caso será de 0,0005, por tratarse de tuberías de acero negro.
- La presión de actuación será de 2,4 bar
- En este tramo no existe ninguna bifurcación.
- El diámetro nominal de la tubería será de 100 mm.
- La tubería tendrá una longitud de 20,8 m, dato que puede verse reflejado en los distintos planos.
- Este tramo no tendrá ni entradas ni salidas.
- El caudal de la tubería, por cada rama bifurcada, será de 30 m³/h.

Para el cálculo de la pérdida de carga de este tramo se deberá seguir el proceso de cálculo antes mencionado, aplicando las fórmulas obteniendo una pérdida de carga de 0,00003 bar.



- **TRAMO TUBERÍA 3”--1**

Este tramo es uno de los 4 tramos de tuberías que dan abastecimiento a los rociadores de los sótanos. Este tramo pertenecerá también al sistema de abastecimiento de entrada de los rociadores del sótano y para su cálculo y descripción se utilizará los planos de *ROCIADORES SÓTANO entrada-acotado* y *ISOMÉTRICO ROCIADORES SÓTANO entrada-acotado*.

- En este tramo se puede apreciar, mirando el plano *P&D*, que no existe ninguna válvula en el recorrido de tuberías.

- Según los planos este tramo no tendrá codos.

- La temperatura media a la que fluirá el agua por las tuberías será de 20°.

- La rugosidad dependerá del material que se empleará, que en este caso será de 0,0005, por tratarse de tuberías de acero negro.

- La presión de actuación será de 2,4 bar

- En este tramo no tiene ninguna bifurcación.

- El diámetro nominal de la tubería será de 50 mm.

- La tubería tendrá una longitud de 81,77 m, dato que puede verse reflejado en los distintos planos.

- Este tramo tendrá 40 salidas, correspondiente a los rociadores, y ninguna entrada.

- El caudal de la tubería viene fijada por caudal de agua demandado por todos los rociadores, siendo en este caso de 30 m³/h.

Para el cálculo de la pérdida de carga de este tramo se deberá seguir el proceso de cálculo antes mencionado, aplicando las fórmulas obteniendo una pérdida de carga de e 0,00139 bar.



- **TRAMO TUBERÍA 3”--2**

Este tramo es otro de los 4 tramos de tuberías del sótano y tiene las mismas características que el anterior.

- En este tramo se puede apreciar, mirando el plano *P&D*, que no existe ninguna válvula en el recorrido de tuberías.

- Según los planos este tramo no tendrá codos.

- La temperatura media a la que fluirá el agua por las tuberías será de 20°.

- La rugosidad dependerá del material que se empleará, que en este caso será de 0,0005, por tratarse de tuberías de acero negro.

- La presión de actuación será de 2,4 bar

- En este tramo no tiene ninguna bifurcación.

- El diámetro nominal de la tubería será de 50 mm.

- La tubería tendrá una longitud de 81,77 m, dato que puede verse reflejado en los distintos planos.

- Este tramo tendrá 40 salidas, correspondiente a los rociadores, y ninguna entrada.

- El caudal de la tubería viene fijada por caudal de agua demandado por todos los rociadores, siendo en este caso de 30 m³/h.

Para el cálculo de la pérdida de carga de este tramo se deberá seguir el proceso de cálculo antes mencionado, aplicando las fórmulas obteniendo una pérdida de carga de 0,00139 bar.



- **TRAMO TUBERÍA 2”--3**

Este tramo es otro de los 4 tramos de tuberías del sótano y tiene las mismas características que los anteriores.

- En este tramo se puede apreciar, mirando el plano *P&D*, que no existe ninguna válvula en el recorrido de tuberías.

- Según los planos este tramo no tendrá codos.

- La temperatura media a la que fluirá el agua por las tuberías será de 20°.

- La rugosidad dependerá del material que se empleará, que en este caso será de 0,0005, por tratarse de tuberías de acero negro.

- La presión de actuación será de 2,4 bar

- En este tramo no tiene ninguna bifurcación.

- El diámetro nominal de la tubería será de 50 mm.

- La tubería tendrá una longitud de 81,77 m, dato que puede verse reflejado en los distintos planos.

- Este tramo tendrá 40 salidas, correspondiente a los rociadores, y ninguna entrada.

- El caudal de la tubería viene fijada por caudal de agua demandado por todos los rociadores, siendo en este caso de 30 m³/h.

Para el cálculo de la pérdida de carga de este tramo se deberá seguir el proceso de cálculo antes mencionado, aplicando las fórmulas obteniendo una pérdida de carga de 0,00139 bar.



- **TRAMO TUBERÍA 2”--4**

Este tramo es el último tramo de tuberías que abastecen a los rociadores del sótano. Como el resto, este tramo pertenecerá también al sistema de abastecimiento de entrada de los rociadores y para su cálculo y descripción se utilizará los planos de *ROCIADORES entrada-acotado* y *ISOMÉTRICO ROCIADORES entrada-acotado*. Tiene las mismas características que el resto, pero con una longitud distinta.

- En este tramo se puede apreciar, mirando el plano *P&D*, que no existe ninguna válvula en el recorrido de tuberías.

- Según los planos este tramo no tendrá codos.

- La temperatura media a la que fluirá el agua por las tuberías será de 20°.

- La rugosidad dependerá del material que se empleará, que en este caso será de 0,0005, por tratarse de tuberías de acero negro.

- La presión de actuación será de 2,4 bar

- En este tramo no tiene ninguna bifurcación.

- El diámetro nominal de la tubería será de 50 mm.

- La tubería tendrá una longitud de 89 m, dato que puede verse reflejado en los distintos planos.

- Este tramo tendrá 15 salidas, correspondiente a los rociadores, y ninguna entrada.

- El caudal de la tubería viene fijada por caudal de agua demandado por todos los rociadores, siendo en este caso de 11,25 m³/h.

Para el cálculo de la pérdida de carga de este tramo se deberá seguir el proceso de cálculo antes mencionado, aplicando las fórmulas obteniendo una pérdida de carga de 0,00143 bar.



Como se puede apreciar la pérdida de carga producida a lo largo del sistema de tuberías no tiene una influencia importante en el sistema de abastecimiento, debido a que pérdida de carga total (**0,00773 bar**) que se producirá es demasiado pequeña en comparación con las presiones de trabajo, lo que implicará que no habrá problema para cumplir con las exigencias demandadas por los sistemas de expulsión de agua de los rociadores del sótano.

La presión máxima que puede implementar la bomba es de 9 bar, pero al ser la pérdida de carga tan pequeña, sobraría con que la presión de la bomba fuera un tercio de su presión máxima. Fijando la presión de trabajo en **3 bar**, para que no se supere en más de un bar la presión necesaria en los servicios, que será de **2,4 bar**.

Presión entregada por la bomba = **3 bar**

Presión demanda por los sanitarios = **2,4 bar**

Pérdida de carga total producida = **0,00773 bar**

Pérdida disponible en el sistema = **2,9911 bar**

También será necesario fijar el caudal de la bomba, ya que su caudal máximo podrá ser **450 m³/h**. El caudal máximo necesario a suministrar por la bomba será la suma de todo el sistema contra incendios y el lavadero. El caudal necesario demandado por los rociadores del sótano, según los datos de las tablas, deberá ser **150 m³/h**, correspondiendo esto al caso más desfavorable, con un uso a la vez de todos los rociadores de las 2 naves.



13.1.9. Pérdida de Carga en BIES

Tras el estudio de todo el sistema de rociadores tanto en naves como en los sótanos, se ha realizado el estudio del sistema de BIES necesario, que se implantará sólo en las primeras plantas de las naves. Una vez realizado todo el estudio de los tramos del sistema de tuberías, se ha calculado la pérdida de carga originada, en el caso más desfavorable, y se verá si cumple con las especificaciones.

Para la descripción del sistema de abastecimiento de los rociadores es necesario hacer referencia a los planos que se han creado en autocad, a continuación se describirán estos planos y su contenido.

Planos

En el plano: ***BIES entrada-acotado*** se puede ver un plano en planta de la nave donde aparece en color amarillo el trazado del sistema de tuberías de entrada, necesario para dotar a las dos naves de un sistema de abastecimiento de agua, en el cual las BIES puedan funcionar en cualquier momento determinado. En azul se hacen referencia las cotas y medidas de dicho sistema de tuberías.

En el plano: ***ISOMÉTRICO BIES entrada-acotado*** se ha realizado un estudio detallado en isométrico del sistema de entrada de abastecimiento de las BIES contra incendios. En estos planos se da información precisa de la disposición de las tuberías y de las BIES, su recorrido por la nave y las medidas de cada tramos. Estos planos son diferentes porque permiten dar información de su distribución en las tres direcciones del eje de coordenadas, como en el caso de los sanitarios, en el eje x (proyección a lo largo de la nave), eje y (proyección a lo ancho de la nave) y eje z (proyección en altura).

Para la estimación de la pérdida de carga se realizará una tabla ***Tabla 4. Rociadores Sótano*** donde se dividirá el sistema de abastecimiento de tuberías en varios tramos de los cuales se han estudiado todos los parámetros necesarios para llevar a cabo su cálculo.

Tabla 4. Rociadores Sótano

En esta tabla, anexa al proyecto, como en las tablas de Rociadores, se han analizado los distintos parámetros para los cuales es necesario la utilización de los planos, anteriormente citados.



En líneas posteriores se ha procedido a la descripción de la tabla, indicando las consideraciones que se han tenido en cuenta para realizar su elección. También se realizará la descripción de los planos que sirven para llevar a cabo los cálculos de las acotaciones de las tuberías.

La tabla divide al sistema de tuberías en diferentes tramos señalados con distintos números en los planos (anteriormente citados) donde se describe todo el sistema y se indica los caminos que toman las tuberías desde el aljibe, donde toman el agua, hasta la arqueta de saneamiento.

Cabe destacar que en el caso de las BIES no es necesario analizar el sistema de salida, debido a que dicho sistema será común con el de rociadores de las naves, y el agua sobrante será evacuada de la misma forma.

Según la **Tabla 4. BIES** el sistema de abastecimiento de entrada se divide en tramos correspondientes a distintas tuberías:



- **TRAMO TUBERÍA 8"**

Este tramo es común al tramo de los rociadores que va permite el transito de agua desde el aljibe, pero variará la longitud por ser sólo la parte de la tubería que cubre las naves. El análisis será el mismo que el caso anterior pero con la variación de la longitud y los codos existentes.

- En este tramo se puede apreciar, mirando el plano *P&D*, la existencia de una válvula en mariposa para la regulación del caudal de la tubería.

- Según los planos este tramos tendrá 3 codos, en el recorrido de las tuberías, con un ángulo de 90°.

- La temperatura media a la que fluirá el agua por las tuberías será de 20°.

- La rugosidad dependerá del material que se empleará, que en este caso será de 0,0005, por tratarse de tuberías de acero negro.

- La presión de actuación será de 2,4 bar

- En este tramo no existirán bifurcaciones.

- El diámetro nominal de la tubería será de 200 mm.

- La tubería tendrá una longitud de 50 m, dato que puede verse reflejado en los distintos planos.

- Este tramo no tendrá ninguna entrada ni ninguna salida.

- El caudal de la tubería viene fijado por la propia bomba, siendo en este caso de 450 m³/h.

Para el cálculo de la pérdida de carga de este tramo se deberá seguir el proceso de cálculo antes mencionado, aplicando las fórmulas obteniendo una pérdida de carga de 0,0018 bar.



- **TRAMO TUBERÍA 4"**

El tramo correspondiente a la tubería de 4" es el tramo que da suministro a todas las BIES de la nave. Este tramo pertenecerá al sistema de abastecimiento de entrada de las BIES y para su cálculo y descripción se utilizará los planos de *BIES entrada-acotado* y *ISOMÉTRICO BIES entrada-acotado*.

- En este tramo se puede apreciar, mirando el plano *P&D*, que no hay válvulas.
- Según los planos existirán 2 codos de 90° en este tramo.
- La temperatura media a la que fluirá el agua por las tuberías será de 20°.
- La rugosidad dependerá del material que se empleará, que en este caso será de 0,0005, por tratarse de tuberías de acero negro.
- La presión de actuación será de 2 bar
- En este tramo existirán 3 bifurcaciones.
- El diámetro nominal de la tubería será de 100 mm.
- La tubería tendrá una longitud de 89,85 m, dato que puede verse reflejado en los distintos planos.
- Este tramo no tendrá ni entradas ni salidas.
- El caudal de la tubería será de 60 m³/h.

Para el cálculo de la pérdida de carga de este tramo se deberá seguir el proceso de cálculo antes mencionado, aplicando las fórmulas obteniendo una pérdida de carga de 0,00048 bar.



- **TRAMO TUBERÍA 2”--1**

Este tramo es uno de los 6 tramos de tuberías que dan abastecimiento a los a las BIES de las naves. Este tramo pertenecerá también al sistema de abastecimiento de entrada de las BIES, utilizándose los planos que se utilizan en las demás tuberías pertenecientes a las BIES.

- En este tramo se puede apreciar, mirando el plano *P&D*, que existe una válvula de bola en el recorrido de tuberías.

- Según los planos este tramo no tendrá codos.

- La temperatura media a la que fluirá el agua por las tuberías será de 20°.

- La rugosidad dependerá del material que se empleará, que en este caso será de 0,0005, por tratarse de tuberías de acero negro.

- La presión de actuación será de 2 bar

- En este tramo no tiene ninguna bifurcación.

- El diámetro nominal de la tubería será de 50 mm.

- La tubería tendrá una longitud de 7,6 m, dato que puede verse reflejado en los distintos planos.

- Este tramo tendrá 1 salida correspondiente a la desembocadura de una BIE, y ninguna entrada.

- El caudal de la tubería viene fijada por caudal de agua demandado por todos los rociadores, siendo en este caso de 15 m³/h.

Para el cálculo de la pérdida de carga de este tramo se deberá seguir el proceso de cálculo antes mencionado, aplicando las fórmulas obteniendo una pérdida de carga de 0,0001 bar.



- **TRAMO TUBERÍA 2”--2**

Este tramo es otro de los 6 tramos de tuberías del abastecimiento de BIES y tiene las mismas características que el anterior pero con distinta longitud. Este tramo, como el resto, pertenecerá al sistema de abastecimiento de entrada de las BIES y para su cálculo y descripción se utilizará los planos de *BIES entrada-acotado* y *ISOMÉTRICO BIES entrada-acotado*.

- En este tramo se puede apreciar, mirando el plano *P&D*, que existe una válvula de bola en el recorrido de tuberías.

- Según los planos este tramo tendrá 1 codo de 90°.

- La temperatura media a la que fluirá el agua por las tuberías será de 20°.

- La rugosidad dependerá del material que se empleará, que en este caso será de 0,0005, por tratarse de tuberías de acero negro.

- La presión de actuación será de 2 bar

- En este tramo no tiene ninguna bifurcación.

- El diámetro nominal de la tubería será de 50 mm.

- La tubería tendrá una longitud de 28,86 m, dato que puede verse reflejado en los distintos planos.

- Este tramo tendrá 1 salida correspondiente a la desembocadura de una BIE, y ninguna entrada.

- El caudal de la tubería viene fijada por caudal de agua demandado por todos los rociadores, siendo en este caso de 15 m³/h.

Para el cálculo de la pérdida de carga de este tramo se deberá seguir el proceso de cálculo antes mencionado, aplicando las fórmulas obteniendo una pérdida de carga de 0,00035 bar.



- **TRAMO TUBERÍA 2”--3**

Este tramo es otro de los tramos de tuberías que abastece a una BIE. En los planos se puede ver la disposición de la BIE en la nave. Las características de la línea son las siguientes:

- En este tramo se puede apreciar, mirando el plano *P&D*, que existe una válvula de bola en el recorrido de tuberías.

- Según los planos este tramo tendrá 1 codo de 90°.

- La temperatura media a la que fluirá el agua por las tuberías será de 20°.

- La rugosidad dependerá del material que se empleará, que en este caso será de 0,0005, por tratarse de tuberías de acero negro.

- La presión de actuación será de 2 bar

- En este tramo no tiene ninguna bifurcación.

- El diámetro nominal de la tubería será de 50 mm.

- La tubería tendrá una longitud de 24,62 m, dato que puede verse reflejado en los distintos planos.

- Este tramo tendrá 1 salida correspondiente a la desembocadura de una BIE, y ninguna entrada.

- El caudal de la tubería viene fijada por caudal de agua demandado por todos los rociadores, siendo en este caso de 15 m³/h.

Para el cálculo de la pérdida de carga de este tramo se deberá seguir el proceso de cálculo antes mencionado, aplicando las fórmulas obteniendo una pérdida de carga de 0,0003 bar.



- **TRAMO TUBERÍA 2”--4**

Este tramo, como el resto, abastece a una BIE para su cálculo y descripción se utilizará los planos de *ROCIADORES entrada-acotado* y *ISOMÉTRICO ROCIADORES entrada-acotado*. Tiene las mismas características que el resto, pero con una longitud distinta y sin codos en su recorrido.

- En este tramo se puede apreciar, mirando el plano *P&D*, que existe una válvula de bola en el recorrido de tuberías.

- Según los planos este tramo no tendrá codos.

- La temperatura media a la que fluirá el agua por las tuberías será de 20°.

- La rugosidad dependerá del material que se empleará, que en este caso será de 0,0005, por tratarse de tuberías de acero negro.

- La presión de actuación será de 2 bar

- En este tramo no tiene ninguna bifurcación.

- El diámetro nominal de la tubería será de 50 mm.

- La tubería tendrá una longitud de 7,6 m, dato que puede verse reflejado en los distintos planos.

- Este tramo tendrá 1 salida correspondiente a la desembocadura de una BIE, y ninguna entrada.

- El caudal de la tubería viene fijada por caudal de agua demandado por todos los rociadores, siendo en este caso de 15 m³/h.

Para el cálculo de la pérdida de carga de este tramo se deberá seguir el proceso de cálculo antes mencionado, aplicando las fórmulas obteniendo una pérdida de carga de 0,0001 bar.



- **TRAMO TUBERÍA 2”--5**

Este tramo es idéntico al anterior.

- En este tramo se puede apreciar, mirando el plano *P&D*, que existe una válvula de bola en el recorrido de tuberías.

- Según los planos este tramo no tendrá codos.

- La temperatura media a la que fluirá el agua por las tuberías será de 20°.

- La rugosidad dependerá del material que se empleará, que en este caso será de 0,0005, por tratarse de tuberías de acero negro.

- La presión de actuación será de 2 bar

- En este tramo no tiene ninguna bifurcación.

- El diámetro nominal de la tubería será de 50 mm.

- La tubería tendrá una longitud de 7,6 m, dato que puede verse reflejado en los distintos planos.

- Este tramo tendrá 1 salida correspondiente a la desembocadura de una BIE, y ninguna entrada.

- El caudal de la tubería viene fijada por caudal de agua demandado por todos los rociadores, siendo en este caso de 15 m³/h.

Para el cálculo de la pérdida de carga de este tramo se deberá seguir el proceso de cálculo antes mencionado, aplicando las fórmulas obteniendo una pérdida de carga de 0,0001 bar.



- **TRAMO TUBERÍA 2”--6**

Este tramo es el último tramo de abastecimiento de las BIES de entrada y tiene las mismas características que el tramo 5 y 6.

- En este tramo se puede apreciar, mirando el plano *P&D*, que existe una válvula de bola en el recorrido de tuberías.

- Según los planos este tramo no tendrá codos.

- La temperatura media a la que fluirá el agua por las tuberías será de 20°.

- La rugosidad dependerá del material que se empleará, que en este caso será de 0,0005, por tratarse de tuberías de acero negro.

- La presión de actuación será de 2 bar

- En este tramo no tiene ninguna bifurcación.

- El diámetro nominal de la tubería será de 50 mm.

- La tubería tendrá una longitud de 7,6 m, dato que puede verse reflejado en los distintos planos.

- Este tramo tendrá 1 salida correspondiente a la desembocadura de una BIE, y ninguna entrada.

- El caudal de la tubería viene fijada por caudal de agua demandado por todos los rociadores, siendo en este caso de 15 m³/h.

Para el cálculo de la pérdida de carga de este tramo se deberá seguir el proceso de cálculo antes mencionado, aplicando las fórmulas obteniendo una pérdida de carga de 0,0001 bar.



Como se puede apreciar la pérdida de carga producida a lo largo del sistema de tuberías no tiene una influencia importante en el sistema de abastecimiento, debido a que pérdida de carga total (**0,00171 bar**) que se producirá es demasiado pequeña en comparación con las presiones de trabajo, lo que implicará que no habrá problema para cumplir con las exigencias demandadas por los sistemas de expulsión de agua de las BIES.

La presión máxima que puede implementar la bomba es de 9 bar, pero al ser la pérdida de carga tan pequeña, sobraría con que la presión de la bomba fuera un tercio de su presión máxima. Fijando la presión de trabajo en **3 bar**, para que no se supere en más de un bar la presión necesaria en los servicios, que será de **2,4 bar**.

Presión entregada por la bomba = **3 bar**

Presión demanda por los sanitarios = **2,4 bar**

Pérdida de carga total producida = **0,00171 bar**

Pérdida disponible en el sistema = **2,9911 bar**

También será necesario fijar el caudal de la bomba, ya que su caudal máximo podrá ser **450 m³/h**. El caudal máximo necesario a suministrar por la bomba será la suma de todo el sistema contra incendios y el lavadero. El caudal necesario demandado por las BIES, según los datos de las tablas, deberá ser **150 m³/h**, correspondiendo esto al caso más desfavorable, con un uso a la vez de todas las BIES de las 2 naves.



13.1.10. Pérdida de Carga en el Lavadero

El último sistema de abastecimiento que se ha estudiado es el del lavadero. Este sistema es el único situado en la campa de la nave, y para abastecerle se debe de utilizar la fuerza impulsora de las bombas, circulando el agua en gran parte del recorrido por el sistema de rociadores. Se ha procedido al estudio detallado del sistema de tuberías necesario para llevarlo a cabo. Una vez realizado el estudio, se ha calculado la pérdida de carga que se origina, asegurándose que con el sistema con el que se ha dotado se puede cumplir con las especificaciones solicitadas.

Para la descripción del sistema de abastecimiento del lavadero es necesario hacer referencia a los planos que se han creado en autocad, a continuación se han descrito dichos planos y su contenido.

Planos

En los planos: **LAVADERO acotado** y **LAVADERO** se puede ver un plano en planta de la nave donde aparece en color rojo el trazado del sistema de tuberías de entrada y salida, necesario para dotar a las dos naves de un sistema de abastecimiento de agua, en el cual los rociadores puedan funcionar en cualquier momento determinado. En azul se puede apreciar las cotas y medidas de dicho sistema de tuberías.

En los planos: **ISOMÉTRICO LAVADERO entrada-acotado** y **ISOMÉTRICO LAVADERO salida-acotado**, se ha realizado un estudio detallado en isométrico de los sistemas de entrada y salida del sistema de abastecimiento de los rociadores contra incendios. En estos planos se da información precisa de la disposición de las tuberías, su recorrido por la nave y las medidas de cada tramo. Estos planos son diferentes porque permiten dar información de su distribución en las tres direcciones del eje de coordenadas, como en el caso de los sanitarios, en el eje x (proyección a lo largo de la nave), eje y (proyección a lo ancho de la nave) y eje z (proyección en altura).

Para la estimación de la pérdida de carga se realizará un tabla **Tabla 5. Lavadero** donde se dividirá el sistema de abastecimiento de tuberías en varios tramos de los cuales se estudiarán todos los parámetros necesarios para llevar a cabo su cálculo.

Tabla 5. Lavadero

En esta tabla, anexa al proyecto, como en las demás tablas, se ha analizado los distintos parámetros para los cuales es necesario la utilización de los planos, anteriormente citados.



A continuación se ha procedido a la descripción de la tabla, indicando las consideraciones que se han tenido en cuenta para realizar su elección. También se ha realizado la descripción de los planos que sirven para llevar a cabo los cálculos de las acotaciones de las tuberías.

La tabla divide al sistema de tuberías en diferentes tramos señalados con distintos números en los planos (anteriormente citados) donde se describe todo el sistema y se indica los caminos que toman las tuberías desde el aljibe, donde toman el agua, hasta la arqueta de saneamiento.

Según la **Tabla 5. Lavadero** el sistema de abastecimiento de entrada y salida se divide en tramos correspondientes a distintas tuberías:



- **TRAMO TUBERÍA 2”**

El primer tramo corresponde al tramo de tubería que une el sistema de abastecimiento de rociadores con el lavadero. Este tramo pertenecerá al sistema de abastecimiento de entrada de los rociadores y para su cálculo y descripción se utilizará los planos de *LAVADERO*, *LAVADERO -acotado* y *ISOMÉTRICO LAVADERO entrada-acotado*.

- Este tramo posee una válvula en mariposa para la regulación del caudal de la tubería.

- Según los planos este tramos tendrá 1 codo, en el recorrido de las tuberías, con un ángulo de 90°.

- La temperatura media a la que fluirá el agua por las tuberías será de 20°.

- La rugosidad dependerá del material que se empleará, que en este caso será de 0,001, por tratarse de tuberías de PVC.

- La presión de actuación será de 2,4 bar

- En este tramo no existe ninguna bifurcación.

- El diámetro nominal de la tubería será de 50 mm.

- La tubería tendrá una longitud de 11,1 m , dato que puede verse reflejado en los distintos planos.

- Este tramo tendrá 1 salida y ninguna entrada.

- El caudal de la tubería viene fijado por el sistema de rociadores, siendo en este caso de 33 m³/h.

Para el cálculo de la pérdida de carga de este tramo se deberá seguir el proceso de cálculo antes mencionado, aplicando las fórmulas obteniendo una pérdida de carga de 0,00061 bar.



- **TRAMO TUBERÍA 2--1"**

El resto de tuberías son las encargadas de abastecer a las 4 pistolas del lavadero. Para analizar estos tramos se utilizarán los planos anteriormente indicados en el sistema de abastecimiento del lavadero.

- Este tramo posee una válvula de bola para la regulación del caudal de la tubería.

- Según los planos este tramo tendrá 1 codo, en el recorrido de las tuberías, con un ángulo de 90°.

- La temperatura media a la que fluirá el agua por las tuberías será de 20°.

- La rugosidad dependerá del material que se empleará, que en este caso será de 0,001, por tratarse de tuberías de PVC.

- La presión de actuación será de 4 bar

- En este tramo no existe ninguna bifurcación.

- El diámetro nominal de la tubería será de 50 mm.

- La tubería tendrá una longitud de 6,4 m , dato que puede verse reflejado en los distintos planos.

- Este tramo tendrá 1 salida y 1 entrada.

- El caudal de la tubería viene fijado por el sistema de rociadores, siendo en este caso de 0,95 m³/h.

Para el cálculo de la pérdida de carga de este tramo se deberá seguir el proceso de cálculo antes mencionado, aplicando las fórmulas obteniendo una pérdida de carga de 0 bar.



- **TRAMO TUBERÍA 2--2"**

Este tramo es otro de los tramos de las pistolas del lavadero.

- Este tramo posee una válvula de bola para la regulación del caudal de la tubería.

- Según los planos este tramos tendrá 3 codos, en el recorrido de las tuberías, con un ángulo de 90°.

- La temperatura media a la que fluirá el agua por las tuberías será de 20°.

- La rugosidad dependerá del material que se empleará, que en este caso será de 0,001, por tratarse de tuberías de PVC.

- La presión de actuación será de 4 bar

- En este tramo no existe ninguna bifurcación.

- El diámetro nominal de la tubería será de 50 mm.

- La tubería tendrá una longitud de 20,97 m , dato que puede verse reflejado en los distintos planos.

- Este tramo tendrá 1 salida y 1 entrada.

- El caudal de la tubería viene fijado por el sistema de rociadores, siendo en este caso de 0,95 m³/h.

Para el cálculo de la pérdida de carga de este tramo se deberá seguir el proceso de cálculo antes mencionado, aplicando las fórmulas obteniendo una pérdida de carga de 0 bar.



- **TRAMO TUBERÍA 2--3"**

Este tramo es otro de los tramos de las pistolas del lavadero.

- Este tramo posee una válvula de bola para la regulación del caudal de la tubería.

- Según los planos este tramo tendrá 3 codos, en el recorrido de las tuberías, con un ángulo de 90°.

- La temperatura media a la que fluirá el agua por las tuberías será de 20°.

- La rugosidad dependerá del material que se empleará, que en este caso será de 0,001, por tratarse de tuberías de PVC.

- La presión de actuación será de 4 bar

- En este tramo no existe ninguna bifurcación.

- El diámetro nominal de la tubería será de 50 mm.

- La tubería tendrá una longitud de 19,45 m , dato que puede verse reflejado en los distintos planos.

- Este tramo tendrá 1 salida y 1 entrada.

- El caudal de la tubería viene fijado por el sistema de rociadores, siendo en este caso de 0,95 m³/h.

Para el cálculo de la pérdida de carga de este tramo se deberá seguir el proceso de cálculo antes mencionado, aplicando las fórmulas obteniendo una pérdida de carga de 0 bar.



- **TRAMO TUBERÍA 2--3"**

Este tramo es otro de los tramos de las pistolas del lavadero.

- Este tramo posee una válvula de bola para la regulación del caudal de la tubería.

- Según los planos este tramos tendrá 3 codos, en el recorrido de las tuberías, con un ángulo de 90°.

- La temperatura media a la que fluirá el agua por las tuberías será de 20°.

- La rugosidad dependerá del material que se empleará, que en este caso será de 0,001, por tratarse de tuberías de PVC.

- La presión de actuación será de 4 bar

- En este tramo no existe ninguna bifurcación.

- El diámetro nominal de la tubería será de 50 mm.

- La tubería tendrá una longitud de 6,4 m , dato que puede verse reflejado en los distintos planos.

- Este tramo tendrá 1 salida y 1 entrada.

- El caudal de la tubería viene fijado por el sistema de rociadores, siendo en este caso de 0,95 m³/h.

Para el cálculo de la pérdida de carga de este tramo se deberá seguir el proceso de cálculo antes mencionado, aplicando las fórmulas obteniendo una pérdida de carga de 0 bar.



Como se puede apreciar la pérdida de carga producida a lo largo del sistema de tuberías no tiene una influencia importante en el sistema de abastecimiento, debido a que pérdida de carga total (**0,00061 bar**) que se producirá es demasiado pequeña en comparación con las presiones de trabajo, lo que implicará que no habrá problema para cumplir con las exigencias demandadas por los sistemas de expulsión de agua del lavado a presión.

La presión máxima que puede implementar la bomba es de 9 bar, pero al ser la pérdida de carga tan pequeña, sobraría con que la presión de la bomba fuera un tercio de su presión máxima. Fijando la presión de trabajo en **3 bar**, para que no se supere en más de un bar la presión necesaria en los servicios, que será de **2,4 bar**.

Presión entregada por la bomba = **3 bar**

Presión demanda por los sanitarios = **2,4 bar**

Pérdida de carga total producida = **0,00061 bar**

Pérdida disponible en el sistema = **2,9911 bar**

También será necesario fijar el caudal de la bomba, ya que su caudal máximo podrá ser **450 m³/h**. El caudal máximo necesario a suministrar por la bomba será la suma de todo el sistema contra incendios y el lavadero. El caudal necesario demandado por las BIES, según los datos de las tablas, deberá ser **3,8 m³/h**, correspondiendo esto al caso más desfavorable, con un uso a la vez de todas las BIES de las 2 naves.

La pérdida de carga de las mangueras de las bombas Karcher es demasiado pequeña para tener algún efecto en las bombas, pudiendo trabajar éstas con las mismas condiciones de caudal y presión.



13.1.11. Resultados Finales

Una vez obtenidos todos los datos del caudal y presión del sistema contraincendios y lavadero, se redimensionará los parámetros de la bomba eléctrica, para que no se sobrestime la presión y caudal de ésta dando problemas al diseño del sistema.

La presión necesaria será aquella que permita, contando con la pérdida de carga producida (ΔP_T), dotar al sistema de la presión necesaria, siendo en todos los casos de **2,4 bar**. Por lo que se dimensionará a la bomba para que varíe su presión de actuación de **9 bar** a **3 bar**. Y su caudal deberá ser la suma de todos los caudales necesarios para todo el sistema de contraincendios.

$$\Delta P_T = \Delta P_{T \text{ rociador}} + \Delta P_{T \text{ rociador sotano}} + \Delta P_{T \text{ lavadero}} + \Delta P_{T \text{ BIES}} = \mathbf{0,06749 \text{ bar}}$$

$$Q_T = Q_{T \text{ rociador}} + Q_{T \text{ rociador sotano}} + Q_{T \text{ lavadero}} + Q_{T \text{ BIES}} = \mathbf{504,75 \text{ m}^3/\text{h}}$$

Se puede apreciar que los **450 m³/h** no sería suficiente para dar servicio a todo el sistema contra incendios si éste exigiera operar a pleno rendimiento todo a la vez, pero esto resultaría muy complicado que ocurriera, por lo tanto la bomba que se establece sería suficiente para operar con ella. De darse el caso de tener que trabajar a pleno rendimiento, el único inconveniente es que el lavadero no podría realizarse el llenado de su depósito a la vez que funciona todos los rociadores y BIES.

Luego se concluye que las bombas elegidas son lo suficientemente válidas como para llevar a cabo todo el proceso de suministro de agua de la nave industrial.



14. PRESUPUESTO

En este apartado se ha generado un informe del presupuesto que significaría la adaptación de este proyecto a la realidad. Se ha elaborado un estudio de cada sistema incorporado adjuntando el montante económico que ello conllevaría.

Para realizar este presupuesto se ha dividido el informe en los distintos sistemas que sería necesario instalar, detallando de manera precisa las unidades consumidas y el importe económico que ello conllevaría.

Este importe económico ha sido extraído del PREOC 2009, cuyas siglas corresponden a la base de datos de Precios de Edificación y Obra Civil de 2009. Con estos precios se ha realizado el presupuesto total que implicaría la realización de toda la adecuación de la nave industrial englobada en el proyecto.

El presupuesto aparece reflejado en la **Tabla 6. Presupuesto** anexa al documento, la cual se ha descompuesto según la instalación a la que hace referencia, dando los valores de los precios de cada uno de los elementos necesarios.

En la primera columna se hace referencia la instalación a la que pertenecen los elementos descritos.

En la segunda columna aparece el código, según el PREOC, de cada partida de elementos, código que permite establecer una relación de cada aparato según la base de datos.

En la tercera columna se ha hecho una descripción del elemento al que se hace referencia.

En la cuarta, se ha expresado el importe por unidad de cada elemento. En este precio se incluye el precio del elemento más el precio de suministro y mano de obra, por unidad.

En la quinta columna aparecen el número de unidades, en el caso de elementos, que se han presupuestado. En el caso de las tuberías se denotan el número de metros lineales necesarios o que se van a presupuestar.



En la sexta columna aparece el importe total de toda la partida de elementos. Este precio es el precio sin IVA, reflejándose este precio en la siguiente columna.

Una vez calculado el precio total se le ha sumado un porcentaje de beneficio industrial correspondiente al 15% del precio total imputado, lo que sumado al precio final se ha obtenido el precio total de ejecución.

El importe total de ejecución asciende a 211.140,46 €, precio necesario para la adecuación de la nave industrial al proyecto diseñado.



15. CONCLUSIONES

Una vez realizado el proyecto es de obligada necesidad la realización de unas conclusiones que permitan la obtención de una idea general de los objetivos realizados y alcanzados a lo largo del documento.

El objetivo principal de este proyecto radicaba en la realización del cálculo y dimensionamiento de un sistema de protección con el que dotar a una nave industrial que tuviera como fin el tratamiento de procesos industriales con todo tipo de maquinaria.

Para la realización de este proyecto se ha decidido la llevar a cabo una breve descripción de todas las instalaciones necesarias, en la nave industrial, para llevar a cabo todos los procesos y funciones que en ella se van a realizar en un futuro, con la nave ya operativa. Esta descripción ha servido como referencia de una primera idea de los elementos de protección necesarios ha implantar en la nave, para garantizar la protección de ésta.

El grueso del proyecto engloba todo el cálculo y dimensionamiento del sistema de protección contra incendios, y para ello se ha decidido realizar una primera introducción “**SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS (apartado 7)**” donde se ha realizado una explicación de los componentes (BIES, rociadores, extintores, bombas impulsoras de agua, sistema de alarma, etc) con los que se debe dotar, según la norma, al sistema de protección para cumplimentar la norma vigente según las necesidades de la nave industrial.

Para la realización del cálculo del sistema contra incendios ha sido necesario el dimensionamiento de distintas partes que engloban en su conjunto dicho sistema, y las de las cuales se ha hecho un resumen a continuación, explicándose los parámetros obtenidos:

- *Cálculo de Sistema de Ventilación*

En el apartado del cálculo del sistema de ventilación se ha realizado un estudio detallado de los procesos a realizar en la nave industrial, dividiendo la nave en sectores según el riesgo que incorpore cada zona debido al proceso que en ella se vaya a realizar.



Se ha realizado un estudio de los ventiladores que serán necesario implantar para llevar a cabo la renovación de aire de cada sector. Para el diseño y cálculo de cada ventilador se ha tomado en cuenta dos parámetros:

- Caudal de renovación (fijado): $Q = 15 \text{ m}^3/\text{h por m}^2$
- Área de Sector

Los datos obtenidos indican que el sector con más área (dentro de los que deben llevar el sistema de ventilación) es el **Sector 4** con un área de $A = 1672,93 \text{ m}^2$, siendo como consecuencia el sector que debe incorporar un sistema de ventilación más potente, que pueda cumplir con los requisitos de renovación de caudal.

Los ventiladores elegidos pertenecen a la marca SODECA, por ser una de las marcas de ventiladores más conocida en el mundo de las instalaciones, y por permitir el suministro de una amplia gama de ventiladores con la que adaptar todos los sectores de la nave. De los ventiladores del catálogo se han elegido los más económicos, cumpliendo con la demanda de caudal, llegando en este caso concreto a la elección de 3 extractores tipo 45-2T-2 con un caudal máximo de $10.300 \text{ m}^3/\text{h}$.

La elección de este extractor, como ha ocurrido en el resto, viene acompañada de unas razones puramente económicas. Se podía haber elegido un extractor de mayor potencia, reduciendo su número a dos extractores, pero esto supondría tener 2 extractores demasiado grandes y pesados, dificultando su implantación y encareciendo el precio con respecto al otro modelo. Este razonamiento es el que se ha seguido para el dimensionamiento de todos los extractores.

- Sectores de Riesgo

En este apartado se ha estudiado el nivel de Riesgo de cada sector en los que se ha dividido la nave. Esta división se ha realizado atendiendo a los procesos que se llevarán a cabo en ellos.

Se ha realizado un estudio del nivel de protección de cada sector, para ello se ha obtenido el nivel de carga de fuego ponderada “**Qs**”, valor que ha permitido la evaluación del nivel de Riesgo de cada sector. El resultado obtenido, indicado en la **Gráfica 1**, muestra que el sector con más Riesgo de incendio ha sido el **Sector 11**, correspondiente al taller y almacenamiento de neumáticos. El valor obtenido era previsible, debido al alto grado de peligrosidad que encierran los neumáticos como fuente de incendio.



Una vez evaluado el nivel de riesgo de cada sector por separado se ha efectuado el cálculo del nivel de Riesgo Global de la nave Industrial, basándose para ello la expresión “**ecuación 2**” obteniéndose un resultado de $Q_e = 154,97 \text{ Mcal/m}^2$.

Este resultado da como respuesta, una vez se ha consultado la **Tabla .6**, un nivel de Riesgo Global **BAJO 2**. Este valor, como los valores individuales de cada sector han permitido diseñar y dimensionar todos los sistemas de protección contra incendios (BIES, rociadores, extintores) a incorporar en toda la superficie de la nave.

- *Cálculo de Aislamiento Acústico*

En este punto del proyecto se ha desarrollado todo el proceso de cálculo que permite obtener los valores de retención acústica proporcionado por los distintos elementos de delimitación de la nave (fachadas).

Para el cálculo de los niveles de ruido se han utilizado las **ecuaciones 3,4, 5 y 6**, que aparecen en dicho apartado, dando unos niveles de aislamiento acústico y emisión de ruido que quedan reflejados en las **gráficas 2 y 3** respectivamente.

En la conclusión de este punto se hace mención que los datos obtenidos en el proceso de emisión de ruido no exceden los valores límites impuestos por la norma, reflejados en la **tabla .7**. En el caso de haberse superado estos límites se debería haber utilizado otros materiales con mayor poder aislante para su adaptación a la norma.

- *Cálculo de Abastecimiento de Agua*

En el apartado del cálculo de abastecimiento de agua se han calculado todos los elementos necesarios para diseñar, dimensionar y calcular todo el sistema de abastecimiento de agua necesario para la dotación del sistema contra incendios.

El objetivo de este apartado es calcular todo el sistema de rociadores, BIES, abastecimiento de sanitarios y lavadero. Para ello se han diseñado los planos de cada sistema para obtener las dimensiones a cubrir por cada sistema, calculando las pérdidas de carga producida a lo largo de cada uno.

Estas pérdidas de carga se han calculado mediante la aplicación de la teoría de fluidos y transporte de fluidos por conductos cerrados, dando un resultado de pérdida de carga que se ha reflejado en las tablas adjuntas.



De estas tablas se deduce que la pérdida de carga originada en todos los sistemas no conlleva la necesidad de un rediseño de los elementos de protección. Dando como resultado aceptable los elementos (bombas, BIES, rociadores, extintores, válvulas y tuberías) diseñados en un principio.

Los elementos elegidos: materiales de tubería, caudal de bombas, válvulas, etc, han sido diseñados de una manera optimizada que permita el cumplimiento de las normas de protección contra incendios, disminuyendo el coste global de la instalación y dotando a la nave de la protección necesaria contra la aparición de un foco de incendio.



16. TRABAJOS FUTUROS

Tras la realización del proyecto se han estudiado distintos trabajos para realizar que permitan mejorar el diseño de los sistemas de protección, ventilación y aislamiento. Estos trabajos permitirían una optimización de los sistemas, disminuyendo el presupuesto final de la obra.

Uno de los trabajos a realizar sería considerar establecer el lavadero de máquinas dentro de la nave industrial, esto permitiría que las máquinas fueran lavadas directamente dentro de la nave, lo que supondría que el sistema de abastecimiento del lavadero sería el mismo que el sistema de la nave de rociadores, ahorrando el gasto de tuberías y el sistema de impulsión que se ha incorporado desde la nave hasta el lavadero situado en la campa.

Otro trabajo que podría disminuir el coste de las instalaciones sería la unión de las dos naves, lo que provocaría la consideración de la nave como toda una, al considerar la nave legalmente como una se ahorraría la puerta corta fuegos lateral, y el sistema de abastecimiento de agua se vería reducido al no tener que dividir la nave en dos zonas de protección, disminuyendo el número de rociadores. Todo esto repercutiría disminuyendo el coste del presupuesto.

Todos estos trabajos disminuirían la complejidad de los sistemas antes citados y disminuirá el coste del presupuesto, pero para su ejecución sería necesario la realización de un estudio detallado para ver su aplicabilidad a la nave industrial.