



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

**PROYECTO DE ALMACÉN DE PRODUCTOS
QUÍMICOS DE UNA INDUSTRIA DE
ELABORACIÓN DE CERVEZA EN LA
LOCALIDAD DE RIBARROJA DE TURIA
(VALENCIA)**

AUTOR: JORGE GARCÍA MARTÍNEZ

TUTOR: JOSE LUIS FUENTES BARGUES

Selección

Curso Académico: 2017-18

Proyecto de almacén de productos químicos de una industria de elaboración de cerveza en la localidad de Ribarroja del Turia (Valencia)

Alumno: Jorge García Martínez.
Tutor: Jose Luis Fuentes Bargues.

Valencia, Julio 2018

RESUMEN:

A lo largo del presente TFG se presenta un estudio sobre un proyecto de almacén de productos químicos de una empresa de fabricación de cerveza radicado en Ribarroja de Turia (Valencia).

Al amparo de la normativa legal vigente, los requerimientos de la empresa y criterios técnicos propios de este tipo de proyectos, se ha procedido al diseño de los sistemas e instalaciones necesarias para almacenar los productos químicos utilizados por la empresa.

Para su desarrollo, ha sido necesario profundizar, en el conocimiento y clasificación de los productos. El número de sustancias químicas identificadas en el proyecto es de ocho, con distintos niveles de riesgo en su almacenamiento individual y conjunto. En función de dicha clasificación y volúmenes de almacenamiento requeridos, se determina el número de depósitos que se eleva a diez, agrupados en cuatro cubetos con tamaños, tipologías y distancias entre aquellos acordes a la normativa. El resto de elementos de la instalación proyectada (pavimento de la planta, accesos, cerramientos, viales, etc.) garantizan, igualmente, el cumplimiento de las normas de seguridad.

Al objeto de minimizar tanto la probabilidad de ocurrencia de siniestros relacionados con el almacenamiento de los productos químicos como sus consecuencias sobre las personas y las cosas, se ha procedido a integrar en el diseño del proyecto las oportunas medidas de seguridad contra incendios así como un sistema de protección contra rayos.

Las instrucciones para el uso, conservación y seguridad de la instalación forman parte de la documentación fundamental que se entrega a la empresa junto con los planos del mismo y el presupuesto de ejecución, que en este caso se eleva a la cifra de 209.626,56 euros, IVA incluido, como montante total de la inversión proyectada.

Palabras Clave: Almacenamiento, productos químicos, riesgos químicos, ITC, depósitos, cubetos, seguridad.

RESUM:

Al llarg del present TFG es presenta un estudi sobre un projecte de magatzem de productes químics d'una empresa de fabricació de cervesa radicat a Riba-roja de Túria (València).

A l'empara de la normativa legal vigent, els requeriments de l'empresa i criteris tècnics propis d'este tipus de projectes, s'ha procedit al disseny dels sistemes i instal·lacions necessàries per a emmagatzemar els productes químics utilitzats per l'empresa.

Per al seu desenvolupament, ha sigut necessari aprofundir, en el coneixement i classificació dels productes. El nombre de substàncies químiques identificades en el projecte és de huit, amb diferents nivells de risc en el seu emmagatzemament individual i conjunt. En funció de la dita classificació i volums d'emmagatzematge requerits, es determina el nombre de depòsits que s'eleva a deu, agrupats en quatre cubetos amb grandàries, tipologies i distàncies entre aquells acordades a la normativa. La resta d'elements de la instal·lació projectada (paviment de la planta, accessos, tancaments, vials, etc.) garantixen, igualment, el compliment de les normes de seguretat.

A fi de minimitzar tant la probabilitat de sinistres relacionats amb l'emmagatzematge dels productes químics com les seues conseqüències sobre les persones i les coses, s'ha procedit a integrar en el disseny del projecte les oportunes mesures de seguretat contra incendis així com un sistema de protecció contra rajos.

Les instruccions per a l'ús, conservació i seguretat de la instal·lació formen part de la documentació fonamental que s'entrega a l'empresa junt amb els plans del mateix i el pressupost d'execució, que en este cas s'eleva a la xifra de 209.626,56 euros, IVA inclòs, com a muntant total de la inversió projectada.

Paraules Clau: Emmagatzemament, productes químics, riscos químics, ITC, depòsits, cubetos, seguretat.

ABSTRACT:

In this FDP, we present a study about a chemical products warehouse project of a brewery based in Ribarroja de Turia (Valencia).

Following the current legal framework, the brewer requirements and technical criteria typical of this type of projects, we have designed the systems and facilities necessary to store chemical products used by the company.

To develop the design, it has been necessary to go in depth into each product description and its classification. Eight chemical substances have been identified in the project, with different levels of risk related to their individual and joint storage. Based on this classification and the required storage volumes, ten containments have been deemed necessary, grouped into four deposits with sizes, typologies and distances between them according to the current regulations. The rest of the elements of the installation (slabs, accesses, enclosures, roads, etc.) also guarantee compliance with relevant health and safety regulations.

To minimize both the probability of occurrence of chemical products storage related accidents and their consequences on people and things, we have integrated in the project design the appropriate fire safety measures as well as a lightning protection system.

The instructions for the use, maintenance and safety of the installation are a fundamental part of the documentation delivered to the brewer together with the project drawings and the project budget, which in this case is estimate at 209.626,56 euros, including VAT, as the total amount of the projected investment.

Keywords: Storage, chemical products, chemical risks, ITC, containment, deposits, safety.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

RESUMEN GENERAL

A.- Memoria

B.- Presupuesto

C.- Planos

D.- Anejos

ÍNDICE MEMORIA

1. INTRODUCCIÓN.....	2
2. OBJETO Y ALCANCE	3
3. NORMAS DE APLICACIÓN	5
4. EMPLAZAMIENTO.....	6
5. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO Y PRODUCTOS QUÍMICOS A ALMACENAR.....	8
5.1. Descripción del proceso.....	8
5.2. Descripción de los productos químicos a almacenar	11
6. CLASIFICACIÓN DE LOS PRODUCTOS A ALMACENAR.....	19
7. COMPATIBILIDAD DEL ALMACENAMIENTO CONJUNTO	22
8. DISEÑO DEL SISTEMA DE ALMACENAMIENTO.....	24
8.1. Diseño de los tanques de almacenamiento	24
8.2. Diseño de los cubetos de retención	26
8.3. Medidas adicionales a instalar en los tanques de almacenamiento	34
8.4. Cálculo de las distancias de seguridad entre elementos de la instalación y de la planta industrial.....	34
8.5. Alternativas de Distribución en Planta	39
9. INSTALACIÓN DE ALMACENAMIENTO.....	44
9.1. Movimiento de tierras	44
9.2. cimentación de los tanques de almacenamiento.....	44
9.3. Pavimento.....	45
9.4. Cerramientos.....	45
9.4. Sistemas de venteo y alivio de presión.....	46
9.5. Instalaciones de carga y descarga	47
10. INSTALACIONES DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS	50
10.1. Evacuación	53
10.2. Extintores	54
10.3. Sistemas manuales de alarmas de incendios.....	56
10.4. Red de Bocas de Incendios Equipadas.....	57
10.4.1. Bocas de Incendios Equipadas.....	58
10.4.2. Red de tuberías de agua.....	59
10.4.3. Depósito para abastecimiento de agua	61
10.4.4. Grupo de bombeo.....	61
11. INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA EL RAYO.	66
11.1. Diseño del pararrayos con dispositivo de cebado	67
11.1.1. Características de las instalaciones de protección frente al rayo.....	71
12. INSTRUCCIONES PARA EL USO, CONSERVACIÓN Y SEGURIDAD DE LA INSTALACIÓN	75
13. CONCLUSIONES.....	76
14. BIBLIOGRAFÍA.....	77

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Requerimientos del cliente.....	3
Tabla 2. Clasificación de los productos corrosivos.....	20
Tabla 3. Peligros de los productos químicos	21
Tabla 4. Requisitos depósitos de almacenamiento.....	24
Tabla 5. Características depósitos de la empresa BioTanks	25
Tabla 6. Características depósitos de la empresa Miraplas.....	25
Tabla 7. Características depósitos a medida	26
Tabla 8. Características cubetos de retención	33
Tabla 9. Distancias, en metros, entre instalaciones fijas (ITC MIE APQ-1).....	35
Tabla 10. Coeficientes de reducción por capacidad	36
Tabla 11. Coeficientes multiplicadores	36
Tabla 12. Coeficientes reductores por protecciones adicionales	37
Tabla 13. Distancias de seguridad entre instalaciones de productos inflamables	37
Tabla 14. Distancias, en metros, entre instalaciones (ITC MIE APQ-7).....	38
Tabla 15. Distancias definitivas, en metros, entre instalaciones (ITC MIE APQ-7)	39
Tabla 16. Valores del coeficiente de peligrosidad por combustibilidad	51
Tabla 17. Parámetros para calcular la densidad de carga	52
Tabla 18. Nivel de riesgo intrínseco	52
Tabla 19. Salidas de evacuación de incendios	53
Tabla 20. Dotación de extintores portátiles por carga de fuego de clase B.....	55
Tabla 21. Tipo de BIE en función del nivel de riesgo intrínseco	58
Tabla 22. Parámetros para el cálculo del factor de fricción	64
Tabla 23. Determinación del coeficiente C_1	69
Tabla 24. Determinación del coeficiente C_2	70
Tabla 25. Determinación del coeficiente C_4	70
Tabla 26. Determinación del coeficiente C_5	71
Tabla 27. Determinación del nivel de protección en función de la eficiencia.....	71

ÍNDICE FIGURAS

Figura 1. Localización Geográfica.....	6
Figura 2. Plano zona industrial.....	6
Figura 3. Ubicación en detalle de la parcela.....	7
Figura 4. Etiquetado Ácido Fosfórico.....	12
Figura 5. Etiquetado Ácido Peracético.....	13
Figura 6. Etiquetado Agua oxigenada.....	14
Figura 7. Cloruro de calcio.....	16
Figura 8. Etiquetado Sosa caústica.....	17
Figura 9. Etiquetado Sulfato de cinc.....	18
Figura 10. Cubeto 1.....	28
Figura 11. Cubeto 2.....	31
Figura 12. Cubeto 3.....	32
Figura 13. Cubeto 4.....	33
Figura 14. Distribución en planta alternativa 1.....	40
Figura 15. Distribución en planta alternativa 2.....	41
Figura 16. Distribución en planta definitiva.....	43
Figura 17. Plano salidas de emergencias.....	54
Figura 18. Plano distribución de extintores.....	56
Figura 19. Plano sistema manual de alarmas contra incendios.....	57
Figura 20. . Plano red de Bocas de Incendios Equipadas.....	59
Figura 21. Diagrama de Moody para el cálculo del factor de fricción.....	63
Figura 22. Pararrayos con dispositivo de cebado.....	67
Figura 23. Mapa de densidad de impactos sobre el terreno para determinar Ng.....	68
Figura 24. Superficie de captura equivalente, Ae.....	69
Figura 25. Ubicación del pararrayos.....	73
Figura 26. Volumen protegido por pararrayos con dispositivo de cebado.....	74

A.- MEMORIA

1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de las distintas aplicaciones químicas desde el inicio de la revolución industrial, ha supuesto la generalización del uso de productos químicos en todos los ámbitos productivos, ya sea para incorporarlos como un input más o como productos auxiliares necesarios en procesos relacionados con el principal (mantenimiento, limpieza e higiene, etc.). Una primera consecuencia de esta realidad es la necesidad de disponibilidad de estos productos en función de los requerimientos de los distintos procesos industriales. Los volúmenes y tipologías de uso y almacenamiento de los mismos son muy diversos. Sin embargo, va a ser común para todas las empresas la necesidad de realizar un diseño de sus instalaciones que ofrezca seguridad durante todo el proceso de aprovisionamiento, conservación y tratamiento de estas sustancias. El almacenamiento de los productos químicos, en función de sus características, lleva consigo la existencia de distintos tipos de riesgos, pudiendo ocasionar siniestros que afecten a las personas, bienes y el entorno en general. Debido a esta potencial peligrosidad, está ampliamente regulado por distintas normas su diseño, pautas de funcionamiento y conservación tendentes a evitar los posibles siniestros y, en caso de que se produzcan, intentar minimizar las consecuencias, además de establecer los procedimientos de manipulación y contacto con los mismos.

El título de este TFG, “Proyecto de almacén de productos químicos de una industria de elaboración de cerveza en la localidad de Ribarroja de Turia (Valencia)”, explicita claramente el objetivo del mismo: llevar a cabo el diseño de las instalaciones de almacenamiento de productos químicos, conforme a la norma y a criterios técnicos y de eficiencia económica requeridos por la dirección de la empresa.

El diseño propuesto ha de garantizar la seguridad tanto del almacenamiento individual de cada producto químico como del que se realice colectivamente de varios de ellos, pues existen riesgos propios de cada compuesto y otros derivados del almacenamiento conjunto de distintas sustancias en una misma área. De igual forma, los volúmenes a conservar de cada una de ellas ha de ser suficiente, permitiendo a la empresa acumular los insumos químicos en las cantidades necesarias resultantes del balanceo de sus flujos de aprovisionamiento y de producción, con el fin de que no se vean interrumpidos sus procesos productivos por falta de capacidad de sus instalaciones diseñadas para este fin.

La seguridad ha de garantizarse desde la misma entrada de los productos químicos a la fábrica, hasta su almacenamiento e incorporación en el proceso productivo. La finalidad del proyecto es tanto la minimización del riesgo como el dotar a la instalación de las características necesarias para que caso de producirse algún siniestro de los aquí contemplados, entren en funcionamiento los planes de contingencia previstos y así lograr reducir o neutralizar las posibles consecuencias adversas.

2. OBJETO Y ALCANCE

El objeto de este Trabajo Fin de Grado es el diseño de las instalaciones de almacenamiento de productos químicos de una empresa cervecera radicada en Ribarroja de Turia cumpliendo la normativa legal existente, de cara a garantizar las condiciones de seguridad en las instalaciones de almacenamiento, con una propuesta que, además, cumpla con las especificaciones hechas por la empresa y con los criterios de profesionalidad esperables de un graduado en GITI en el diseño de estos proyectos.

Para poder conseguir el referido objetivo, se plantea la necesidad de conocer, al menos sucintamente, el proceso de fabricación de la cerveza, las materias primas implicadas en el mismo y, con mayor detalle, los productos químicos utilizados cuyo almacenaje es el fin último del proyecto. Para ello, se hace imprescindible disponer de información detallada sobre las características y riesgos de estos últimos.

Estos productos químicos a almacenar, dentro de los procesos organizativos e industriales de la empresa, cumplen básicamente dos grandes funciones:

- Su incorporación en las fases de elaboración, almacenamiento y conservación de la cerveza para mejorar tanto la eficiencia de los mismos como potenciar alguna característica del producto final, la cerveza (mejora del color, textura, sabor, espuma, estabilidad, etc.).
- Utilización de los productos químicos en las funciones de mantenimiento y limpieza de instalaciones, maquinaria, herramientas, botellas, recipientes, etc. y garantizar la higiene a lo largo de todo el proceso.

Las limitaciones respecto a los depósitos de almacenamiento son:

- Todos los depósitos serán en superficie
- El diámetro máximo de los depósitos verticales será de 5m.
- La altura máxima de los depósitos será de 8m.
- Por seguridad, se deben dimensionar los depósitos de forma que se alcance el volumen de almacenamiento requerido sin superar el 80% de nivel máximo de llenado de los mismos.

En la siguiente tabla se muestran los requisitos que ha establecido el cliente para el diseño del parque de almacenamiento de los distintos productos químicos.

Tabla 1. Requerimientos del cliente

	Agua oxigenada	Ácido peracético	Sosa cáustica	Ácido fosfórico	Sulfato de calcio	Carbonato de calcio	Sulfato de zinc	Cloruro de calcio
Nº Depósitos	1	1	1	2	1	1	1	2
Capacidad total almacenamiento depósito (m ³)	35	30	30	25	25	25	25	25
Disposición	Vertical	Vertical	Vertical	Horizontal	Horizontal	Horizontal	Horizontal	Horizontal

Fuente: elaboración propia en base a datos proporcionados por la empresa.

El alcance del presente documento lo podemos resumir en los siguientes grandes bloques de cara al cumplimiento de los objetivos fijados:

- a) El primero es introductorio, fijándose en él los objetivos, alcance, normativa aplicable y emplazamiento de la instalación.
- b) Un segundo bloque en el que se describe el proceso de elaboración de la cerveza, los productos químicos que se utilizarán, su clasificación y riesgos en su manipulación y almacenamiento, tanto individual como conjunto (dependiendo de la compatibilidad de los mismos).
- c) En el tercero se incluye el diseño de la planta de almacenamiento, sistemas de protección y seguridad así como las instrucciones de uso y conservación.
- d) El cuarto bloque recoge el presupuesto de la inversión y plazo de ejecución.
- e) En el quinto se integran los planos del proyecto que facilitan la visión del mismo.
- f) En el último bloque se recogen las principales conclusiones del referido proyecto y la bibliografía en la que se apoya.

El proyecto, además de dimensionar y diseñar los elementos destinados propiamente al almacenamiento (depósitos y cubetos), ha de prestar especial atención al diseño de las zonas de carga y descarga de los productos químicos, sus vías de acceso, amplitud de las mismas y distancias de seguridad cumpliendo las normativas exigidas.

En resumen, se pretende diseñar un parque de almacenamiento de productos químicos para una empresa industrial cervecera, al amparo de la normativa vigente, que satisfaga los requerimientos de la empresa bajo estrictos criterios técnicos y económicos.

3. NORMAS DE APLICACIÓN

La normativa legal más importante a aplicar en este tipo de instalaciones es la que emana del Real Decreto 656/2017, de 23 de junio, Reglamento de Almacenamiento de Productos Químicos y sus Instrucciones Técnicas Complementarias MIE APQ 0 a 10.

El reglamento contiene las normas de carácter general y unas Instrucciones Técnicas Complementarias que explicitan las exigencias técnicas para la seguridad de personas y bienes.

En el caso de nuestro parque de almacenamiento, tienen especial significación las siguientes Instrucciones Técnicas Complementarias:

- ITC MIE APQ-0 “Definiciones generales”
- ITC MIE APQ-1 “Almacenamiento de líquidos inflamables y combustibles en recipientes fijos”
- ITC MIE APQ-6 “ Almacenamiento de líquidos corrosivos en recipientes fijos”
- ITC MIE APQ-7 “ Almacenamiento de líquidos tóxicos en recipientes fijos”

Otras normativas que se han aplicado a lo largo del desarrollo del TFG para un correcto diseño de las distintas instalación son:

- *Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales*
- *Real Decreto 513/2017, de 22 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios.*
- *UNE 21186:2011, Protección contra el rayo: Pararrayos con dispositivo de cebado.*
- *Documento Básico de seguridad de utilización y accesibilidad, más concretamente la Sección 8, Seguridad frente al riesgo causado por la acción del rayo (SUA 8).*

4. EMPLAZAMIENTO

El almacén de productos químicos proyectado se construirá en una parcela de 7041,33m² ubicada en el Polígono Industrial Sector 13, radicado en el municipio de Ribarroja de Turia provincia de Valencia. En la siguiente figura se puede ver su localización geográfica.

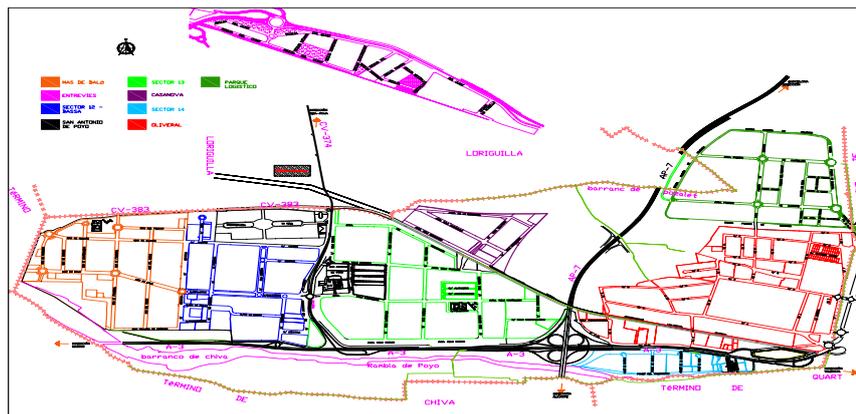
Figura 1. Localización Geográfica.



Fuente: Google Maps.

Dicho polígono se encuentra en el centro de un grupo de polígonos industriales de la zona, que alberga una red de 9 polígonos industriales, como se puede ver en la siguiente figura:

Figura 2. Plano zona industrial.



Fuente: Ayuntamiento Ribarroja.

La nave tiene su acceso rodado por la Av. Dels Fusters, cuyas principales vías de conexión por carretera son:

- CV 374 a una distancia de 560 metros.
- A3 a una distancia de 1,4 km.
- AP7 a una distancia de 2,8 km

Estos enlaces facilitan el rápido acceso a la red de carreteras para el transporte de mercancías y acceso a puntos logísticos clave como el tren, el barco y el avión en un radio máximo de 30 kilómetros desde la nave.

Figura 3. Ubicación en detalle de la parcela.



Fuente: elaboración propia

La distancia al Aeropuerto de Valencia es de 12,8 km desde las instalaciones de la empresa, aumentando a 22 km hasta la estación de mercancías de RENFE para el supuesto del transporte ferroviario y a 30 km al muelle de mercancías del puerto de Valencia para el marítimo.

5. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO Y PRODUCTOS

QUÍMICOS A ALMACENAR

5.1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

El diccionario de la RAE define cerveza como “Bebida alcohólica hecha con granos germinados de cebada u otros cereales fermentados en agua, y aromatizada con lúpulo, boj, casia, etc.”

La cerveza es la bebida resultante de la fermentación alcohólica, mediante levadura del mosto procedente de malta (principalmente de cebada), solo o mezclado con otros productos amiláceos transformables en azúcares por digestión, al cual se agrega lúpulo y/o sus derivados y se somete a un proceso de cocción.

Según la cervecera Mahou, la cerveza es uno de los productos más antiguos de la civilización, remontándose a hace unos 9.000 años en el Nilo Azul (Sudán) donde se han identificado restos de un tipo de cereal denominado “**sorgo**” con evidencias de fermentación. Siglos después, en el 4.000 a. C., se menciona el “**sikaru**”, bebida elaborada con granos fermentados, en unas tablillas sumerias. En el 3.000 a. C. en Mesopotamia, la cerveza jugó un importante papel ritual, comercial y medicinal. Los egipcios la denominaron “Zythum” y llegó a convertirse en bebida nacional. Esto permitió su rápida expansión por los países colindantes y la cuenca mediterránea. Los chinos, hace más de 4.000 años, también bebían un fermento de trigo, cebada, espelta, mijo y arroz que denominaron Kiu.

El proceso de elaboración de la cerveza, a partir de sus seis ingredientes principales, se divide, a grandes rasgos, en dos sub-procesos principales:

- Maltería.
- Elaboración de la cerveza propiamente dicha.

Los principales ingredientes de la cerveza son:

- **Malta:** Constituida por semillas de cereales (principalmente cebada) que han sido inducidas al proceso de germinación durante un período limitado, hasta que han brotado a unos dos o tres centímetros y posteriormente son retiradas y desecadas.
- **Agua:** Entre el 85% y el 92% de la cerveza es agua y las propiedades de ésta condicionan el resultado final del producto.
- **Lúpulo:** De sus flores, convenientemente secadas, se extrae la lupulina, un elemento esencial que aporta el sabor amargo y el aroma característicos de la cerveza. Además, el lúpulo hace que la espuma de la cerveza sea más estable y ayuda a conservar su frescor.
- **Levadura:** Organismos que transforman mediante fermentación los glúcidos y los aminoácidos de los cereales en alcohol etílico y dióxido de carbono (CO₂).
- **Grits:** Son otro tipo de cereales (trigo, avena, maíz e incluso centeno) que se incorporan en la elaboración de la cerveza para darle estabilidad a la misma además de sabor y estabilización de la espuma.
- **Azúcar:** A veces el azúcar se añade durante la fase de ebullición para aumentar la cantidad de alcohol en el producto final o incluso para diluirlo.

MALTERÍA

Proceso por el cual se lleva a cabo la elaboración de la malta, principal ingrediente de la cerveza y que condicionará gran parte de las futuras propiedades de la cerveza. La malta se elabora a partir de los granos de casi cualquier tipo de cereal (siempre que posea almidón y tenga la capacidad de germinar), principalmente cebada pero también suele verse cerveza en base al uso del trigo, el centeno, etc. El grano de cereal es sometido a un proceso de germinación y ulterior desecación. El proceso de la maltería se podría resumir en las siguientes **fases**:

- recepción de los cereales,
- almacenamiento en silos,
- limpieza y clasificación,
- remojo,
- germinación,
- secado/tostado,
- almacenamiento y
- expedición.

La primera fase significativa del proceso, desde un punto de vista práctico, es la de remojo del cereal. El motivo de germinar las semillas es para que se formen las enzimas necesarias y se realicen los cambios oportunos en la estructura molecular de los componentes de la semilla para obtener de ella la mayor cantidad de moléculas de azúcares fermentables y nutrientes básicos para la levadura. Para que el grano germine, éste es sometido a períodos de inmersión en agua y aireación alternativamente. Durante el primer remojo se suele añadir algo de cal con el objeto de desinfectar y limpiar el cereal. Otra técnica consistiría en someter al grano a un rociado intensivo. En ambos casos, se consigue reblandecerlo e hincharlo por la absorción del agua. Ambos procesos tienen como objeto conseguir el grado de humedad necesario para que tenga lugar el proceso de germinación. Un grano germina en el momento que de éste sale un brote verde (plúmula y la radícula) de unos centímetros de longitud. En este momento (previo a la aparición de la raíz), la planta emite un enzima que convierte el almidón en azúcar para alimentarse, momento en el que se ha de interrumpir el proceso. Esta fase suele durar unos días, removiendo continuamente el grano en germinación para que el resultado sea homogéneo. Durante la germinación el agua provocará, por hidrólisis, que las enzimas hidrolíticas conviertan el almidón en azúcar y las proteínas en aminoácidos (proteólisis) que servirán como nutrientes a la futura planta. Luego debe detenerse, con la eliminación del agua, esta germinación para que la planta que está creciendo no consuma los azúcares del grano. Este tostado confiere color, sabor y olor a la cerveza debido a que algunos azúcares se caramelizan, es decir, se oxidan, y otros reaccionan con las proteínas y aminoácidos. La malta poco tostada dará cervezas rubias, en cambio, la cerveza muy tostada dará cervezas negras.

PROCESO DE FABRICACIÓN

El proceso de fabricación de la cerveza, esquemáticamente, se descompone en las siguientes fases:

- Molienda: La finalidad de la molienda es la producción de partículas de pequeño tamaño que puedan ser rápidamente atacadas por los enzimas en la cuba de maceración.

- **Maceración:** El objetivo de esta fase es convertir el almidón presente en el grano en azúcares. En la mezcladora se mezclan el agua con la malta para lograr que se diluyan en el primero los componentes solubles de la malta molida. En este proceso, con un control preciso de temperaturas y tiempos de cocción, se convierten los almidones en azúcares fermentables. Las enzimas naturales presentes convierten las proteínas en los nutrientes necesarios para el posterior crecimiento de las levaduras.
- **Filtración del mosto:** El resultado de la maceración es filtrado en la cuba de filtración para separar las partes solubles de las insolubles, obteniendo por un lado el afrecho (básicamente cáscaras de la cebada) y por otro el líquido fermentable denominado mosto de la cerveza.
- **Cocción:** El mosto pasa a la olla de cocción al que se agregan, según el maestro cervecero, las distintas proporciones de lúpulo, maltosa y jarabe de azúcares.
- **Clarificación del mosto:** El resultado del proceso de cocción anterior es incorporado a un tanque en el que se clarifica el mosto. El siguiente proceso es el enfriamiento de este mosto.
- **Adición al mosto de la levadura:** El mosto, ya frío, es almacenado en otro tanque en el que se incorpora la levadura crecida y almacenada a temperatura controlada. Como todo ser vivo, la levadura necesita oxígeno para vivir. Éste es incorporado mecánicamente a los tanques de colección con lo que la levadura se mantiene en óptimas condiciones hasta su próxima utilización. Una vez agotada la vida útil de la levadura, se convierte en un subproducto alimentario.
- **Fermentación y maduración.** El producto obtenido en la fase anterior es depositado en grandes cubas donde la levadura comienza a fermentar los azúcares contenidos en el mosto generando el alcohol y el dióxido de carbono (que es extraído y almacenado para su posterior incorporación a la cerveza). Este proceso es controlado para obtener las características requeridas de sabor y grado de alcohol de la cerveza. La levadura es retirada al final de la fermentación y se inicia el proceso de maduración de la cerveza a temperaturas bajo cero, donde el proceso de fermentación continúa a mucho menor ritmo.
- **Filtración:** Es el último proceso en la elaboración de la cerveza, en el que se filtra el líquido obtenido en la fase anterior para asegurar la brillantez, claridad y aspecto burbujeante requeridos en la cerveza, pasando a ser almacenada en tanques de mayores dimensiones con sus correspondientes medidas de aislamiento.

5.2. DESCRIPCIÓN DE LOS PRODUCTOS QUÍMICOS A ALMACENAR

1. Ácido Fosfórico

Este ácido, (H_3PO_4) con masa molecular: 98,0, es utilizado en el proceso productivo de la cerveza, en la fase de maceración del cereal malteado, para obtener el pH necesario en este proceso. Además se utiliza para corregir el agua de lavado.

El aspecto físico del producto se corresponde con cristales higroscópicos, incoloros. Sus principales propiedades físicas son:

- Punto de fusión: 42°C
- Densidad (g/cm^3): 1,9
- Solubilidad en agua: Muy elevada
- Presión de vapor a 20°C: 4 Pa
- Se descompone por debajo del punto de ebullición a 213°C

Los principales peligros químicos son:

- Polimeriza violentamente bajo la influencia de compuestos azo, epóxidos y otros compuestos polimerizables.
- Por la combustión se forman humos tóxicos (óxidos de fósforo).
- Por descomposición en contacto con alcoholes, aldehídos, cianuros, cetonas, fenoles, ésteres, sulfuros, halogenados orgánicos, produciendo humos tóxicos.
- Reacciona violentamente con bases.
- Ataca a los metales formando gas inflamable de hidrógeno.

El almacenamiento del producto se debe hacer en lugar seco y bien cerrado, debiendo estar separado de alimentos y piensos.

La sustancia se puede absorber por inhalación del aerosol y por ingestión, siendo corrosiva para los ojos, la piel y el tracto respiratorio y por ingestión. Por evaporación de la misma a 20°C no se alcanza, o se alcanza sólo muy lentamente, una concentración nociva en el aire. Es un producto corrosivo para los ojos, la piel y el tracto respiratorio y por ingestión.

Tipos de peligros / exposición:

- Incendio: No combustible. En caso de incendio se desprenden humos (o gases) tóxicos e irritantes. En caso de incendio en el entorno, están permitidos todos los agentes extintores.
- Exposición:
 - Inhalación: Sensación de quemazón, tos, jadeo, dolor de garganta.
 - Piel: Enrojecimiento, dolor, ampollas, quemaduras.
 - Ojos: Enrojecimiento, dolor, quemaduras profundas graves.
 - Ingestión: Dolor abdominal, sensación de quemazón, shock o colapso.

Figura 4. Etiquetado Ácido Fosfórico



Fuente: Fichas Seguridad Química

2. Ácido Peracético (Estabilizado)

El Ácido peracético, Ácido peroxiacético, Ácido etanoperoxoico o Hidroperóxido de acetilo ($C_2H_4O_3$ / CH_3COOOH) con masa molecular: 76,1, es utilizado como desinfectante de los útiles y maquinaria utilizada en los procesos productivos y de almacenaje. Se trata de un líquido incoloro y de olor característico que resulta muy tóxico para los organismos acuáticos.

Sus principales propiedades físicas son:

- Punto de ebullición: 105°C
- Punto de fusión: 0°C
- Densidad relativa (agua = 1): 1,2
- Solubilidad en agua: miscible
- Presión de vapor, a 20°C: 2,6 kPa
- Densidad relativa de vapor (aire = 1): 2,6
- Punto de inflamación: 40,5°C
- Temperatura de autoignición: 200°C

Los principales peligros químicos son:

- Puede descomponerse con explosión por choque, fricción o sacudida.
- Puede explotar por calentamiento intenso.
- La sustancia es un oxidante fuerte y reacciona violentamente con materiales combustibles y reductores.
- La sustancia es un ácido débil. Ataca muchos metales incluyendo aluminio.

El almacenamiento debe realizarse, sólo si está estabilizado, a prueba de incendio con medidas para contener el efluente de extinción del mismo. Ha de estar separado de sustancias combustibles y reductoras en lugar fresco.

Este ácido se puede absorber por inhalación, a través de la piel y por ingestión. No puede indicarse la velocidad a la que se alcanza una concentración nociva en el aire por evaporación de esta sustancia a 20°C. Este producto es corrosivo para los ojos, la piel y el tracto respiratorio. Igualmente es corrosivo por ingestión. La inhalación puede originar edema pulmonar.

Tipos de peligros / exposición:

- Incendio: Inflamable y explosivo.
- Explosión: Por encima de 40,5°C pueden formarse mezclas explosivas vapor/aire.
- Exposición:
 - Inhalación: Sensación de quemazón, tos, dificultad respiratoria, jadeo, dolor de garganta. Síntomas no inmediatos
 - Piel: Puede absorberse por la piel. Quemaduras cutáneas, dolor, ampollas.

- Ojos: Enrojecimiento, dolor, quemaduras profundas graves.
- Ingestión: Dolor abdominal, sensación de quemazón, shock o colapso.

Figura 5. Etiquetado Ácido Peracético



Fuente: Fichas Seguridad Química

3. Agua oxigenada

El Agua oxigenada o Peróxido de hidrógeno en solución >60%, Hidroperóxido, Dióxido de hidrógeno, Dióxido de dihidrógeno (H_2O_2) con masa molecular: 34,0, es utilizada como desinfectante. Al igual que en el caso anterior, se trata de un líquido incoloro y que es tóxico para los organismos acuáticos.

Sus principales propiedades físicas son:

- Punto de ebullición: 141°C (90%), 125°C (70%)
- Punto de fusión: -11°C (90%), -39°C (70%)
- Densidad relativa (agua = 1): 1,4 (90%), 1,3 (70%)
- Solubilidad en agua: miscible
- Presión de vapor, a 20°C: 0,2 kPa (90%), 0,1 2 kPa (70%)
- Densidad relativa de vapor (aire = 1): 1
- Densidad relativa de la mezcla vapor/aire a 20°C (aire = 1): 1,0
- Coeficiente de reparto octanol/agua como log Pow: -1,36

Los principales peligros químicos son:

- Se descompone al calentarla suavemente o bajo la influencia de la luz, produciendo oxígeno, que aumenta el peligro de incendio.
- Es un oxidante fuerte y reacciona violentamente con materiales combustibles y reductores causando peligro de incendio o explosión particularmente en presencia de metales.
- Ataca a muchas sustancias orgánicas, como textiles y papel.

Su almacenamiento debe realizarse, sólo si está estabilizado, separado de sustancias combustibles y reductoras, alimentos y piensos, bases fuertes, metales, manteniéndose en lugar fresco y en la oscuridad. Ha de estar en contenedor con un sistema de venteo.

El agua oxigenada se puede absorber por inhalación del vapor y por ingestión. Por evaporación de esta sustancia a 20°C se puede alcanzar bastante rápidamente una concentración nociva en el aire. Es corrosiva para los ojos y la piel. El vapor irrita el tracto respiratorio. La ingestión de esta sustancia puede producir burbujas de oxígeno (embolia) en la sangre, dando lugar a shock. En los casos de exposición prolongada o repetida, los pulmones pueden resultar afectados por la inhalación de concentraciones altas y se puede producir una decoloración del cabello.

Tipos de peligros / exposición:

- Incendio: No combustible pero puede prender materiales combustibles. Muchas reacciones pueden producir incendio o explosión.
- Explosión: Riesgo de incendio y explosión en contacto con calor o catalizadores metálicos.
- Exposición:
 - Inhalación: Dolor de garganta, tos, vértigo, dolor de cabeza, náuseas, jadeo.
 - Piel: Corrosivo. Manchas blancas, enrojecimiento, quemaduras cutáneas, dolor.
 - Ojos: Corrosivo. Enrojecimiento, dolor, visión borrosa, quemaduras profundas graves.
 - Ingestión: Dolor de garganta, dolor abdominal, distensión abdominal, náuseas, vómitos.

Figura 6. Etiquetado Agua oxigenada



Fuente: Fichas Seguridad Química

4. Carbonato cálcico

El Carbonato cálcico, también denominado Sal cálcica del ácido carbónico o Calcita (CaCO_3) con una masa molecular: 100,09, es utilizado en el proceso de fabricación de la cerveza básicamente para controlar su nivel de acidez. El calcio reduce el pH y ayuda en el metabolismo y floculación de las levaduras, generando cervezas más clarificadas. Los carbonatos determinan la alcalinidad total y son el factor más crucial del agua para cerveza. Demasiado poco hará que el pH del macerado sea muy bajo. Demasiado contrarrestará el proceso de acidificación del ión calcio resultando pobres rendimientos de extracción del grano malteado.

El aspecto físico del producto se corresponde con un sólido blanco con distintas formas, según presentación, inodoro. Sus principales propiedades físicas son:

- Punto de fusión (se descompone): 825°C
- Densidad relativa (agua = 1): 2,7-2,9
- Solubilidad en agua: Ninguna

Los principales peligros químicos son:

- El carbonato cálcico se descompone al calentarlo intensamente a altas temperaturas, produciendo dióxido de carbono.
- Reacciona con ácidos formando dióxido de carbono.

Su almacenamiento debe realizarse separado de ácidos.

Las vías de exposición al producto y a través de las cuales se puede absorber son por inhalación, por ingestión y en contacto con los ojos. La evaporación a 20°C es despreciable; sin embargo, se puede alcanzar rápidamente una concentración molesta de partículas en el aire. Los efectos de una exposición de corta duración son la irritación de los ojos y del tracto respiratorio. No se han descrito efectos adversos en exposiciones prolongadas o repetitivas. Se encuentra en la naturaleza en forma de minerales de aragonita, calcita, vaterita, creta, mármol.

Tipos de peligros / exposición:

- Incendio: No combustible
- Exposición:
 - Inhalación: Tos.
 - Piel: Piel seca.
 - Ojos: Enrojecimiento

5. Cloruro de calcio

El cloruro de calcio (anhidro), (CaCl_2) con una masa molecular: 111,0, es un producto utilizado en el proceso de fabricación de la cerveza para realzar el carácter dulce de la malta. El calcio reduce el pH y ayuda en el metabolismo y floculación de las levaduras generando cervezas más clarificadas.

El aspecto físico del cloruro de calcio es un sólido constituido por cristales higroscópicos, incoloros e inodoros. Sus principales propiedades físicas son:

- Punto de ebullición: 1935°C
- Punto de fusión: 772°C
- Densidad relativa (agua = 1): 2,16
- Solubilidad en agua, a 20°C: 74,5g/100 ml.

Los principales peligros químicos que presenta son los siguientes:

- La sustancia se descompone al calentarla intensamente a altas temperaturas y al arder, produciendo humos tóxicos y corrosivos.
- La disolución en agua es una base débil. Ataca al cinc en presencia de agua, produciendo gas inflamable de hidrógeno.
- Se disuelve violentamente en el agua con liberación de gran cantidad de calor.

El almacenamiento del producto ha de hacerse por separado del cinc. Habrá de mantenerse en lugar seco, bien cerrado y bien ventilado.

La sustancia se puede absorber por inhalación del aerosol. La evaporación a 20°C es despreciable; sin embargo, se puede alcanzar rápidamente una concentración nociva de partículas en el aire cuando se dispersa. Los efectos de una exposición de corta duración son la irritación de la piel y el tracto respiratorio, agudizándose los mismos a causa de una exposición prolongada o repetida pudiendo producir dermatitis y ulceraciones de la mucosa nasal.

Tipos de peligros / exposición:

- Incendio: No combustible. En caso de incendio se desprenden humos (o gases) tóxicos e irritantes.
- Exposición:
 - Inhalación: Tos, dolor de garganta.
 - Piel: Piel seca, enrojecimiento.
 - Ingestión: Sensación de quemazón, náuseas, vómitos.

Figura 7. Cloruro de calcio



Fuente: Fichas Seguridad Química

6. Sosa cáustica

Sosa cáustica o Hidrato de sodio, (NaOH) con masa molecular: 40,0, es utilizada por sus propiedades intrínsecas para la limpieza y desinfección de herramientas, maquinaria, depósitos, etc.

El aspecto físico de la sosa cáustica es un sólido de color blanco higroscópico en diversas formas. Sus principales propiedades físicas son:

- Punto de ebullición: 1388°C
- Punto de fusión: 318°C
- Densidad: 2,1g/cm³
- Solubilidad en agua, a 20°C: 109g/100ml (muy elevada)

Los principales peligros químicos que presenta son los siguientes:

- La disolución en el agua es una base fuerte que reacciona violentamente con ácidos y es corrosiva con metales como aluminio, estaño, plomo, cinc, formando gas combustible (hidrógeno).
- Reacciona con sales de amonio, produciendo amoníaco.
- El contacto con el agua o la humedad genera calor.

El almacenamiento debe realizarse separado de alimentos y piensos, ácidos fuertes y metales, en el recipiente original. Debe mantenerse en lugar seco y bien cerrado, en un área sin acceso a desagües o alcantarillas.

La exposición al producto puede provocar efectos locales graves. Así el riesgo de inhalación puede alcanzarse rápidamente por una concentración nociva de partículas suspendidas en el aire cuando se dispersa. En una exposición de corta duración la sosa es corrosiva para los ojos, la piel y el tracto respiratorio. Además es corrosivo por ingestión. El efecto de una exposición prolongada o repetida por contacto con la piel puede ser producir dermatitis.

Tipos de peligros / exposición:

- Incendio: No combustible. El contacto con la humedad o con el agua, puede generar calor suficiente para provocar la ignición de materiales combustibles.
- Explosión: Riesgo de incendio y explosión en contacto con el agua.
- Exposición:
 - Inhalación: Tos, dolor de garganta, sensación de quemazón, jadeo.
 - Piel: Enrojecimiento, dolor, graves quemaduras cutáneas, ampollas.
 - Ojos: Enrojecimiento, dolor, visión borrosa, quemaduras graves.

- Ingestión: dolor abdominal, quemaduras en la boca y la garganta, sensación de quemazón en la garganta y el pecho, náuseas, vómitos, shock o colapso.

Figura 8. Etiquetado Sosa cáustica.



Fuente: Fichas Seguridad Química

7. Sulfato de calcio dihidratado

El sulfato de calcio dihidratado, Magnesia blanca o Sal cálcica dihidratada del ácido sulfúrico ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) con masa molecular: 172,2, se utiliza para reducir el pH y ayuda en el metabolismo y floculación de las levaduras, generando cervezas más clarificadas. El sulfato está relacionado con la calidad del amargor de la cerveza.

Su aspecto físico es de un polvo cristalino. Las principales propiedades físicas son:

- Punto de fusión: 100°C - 150°C
- Densidad: 2,32 g/cm³
- Solubilidad en agua, a 20°C : 0,2 g/100 ml (muy escasa).

Cuando se dispersa pueden alcanzarse rápidamente una concentración molesta de partículas suspendidas en el aire. Una exposición de corta duración puede causar irritación mecánica. Una exposición prolongada o repetida puede afectar a los pulmones por las partículas de polvo suspendidas

Tipos de peligros / exposición:

- Incendio: No combustible.
- Exposición:
 - Inhalación: Tos
 - Ojos: Enrojecimiento.

8. Sulfato de cinc

El sulfato de cinc, (ZnSO_4) con masa molecular: 161,4, es empleado a lo largo del proceso de producción para mejorar la acción de las levaduras en el proceso de fermentación.

El aspecto físico del producto se corresponde con cristales higroscópicos, incoloros. Sus principales propiedades físicas son:

- Punto de fusión (se descompone): 680°C
- Densidad: 3,8 g/cm³
- Solubilidad en agua, a 20°C : 22 g/100 ml (elevada)
- Coeficiente de reparto octanol/agua como log Pow: -0,07

Su principal peligro químico es que la disolución en agua es un ácido débil.

El almacenamiento ha de ser en lugar seco, con medidas para contener el efluente de extinción de incendios, en un área sin acceso a desagües o alcantarillas.

Se puede absorber por ingestión. El riesgo por inhalación proviene de la posibilidad de alcanzar rápidamente una concentración nociva de partículas suspendidas en el aire cuando se dispersa, especialmente si está en forma de polvo. La sustancia irrita gravemente los ojos e irrita el tracto gastrointestinal y el tracto respiratorio son los principales efectos a un corta exposición.

Tipos de peligros / exposición:

- Incendio: No combustible.
- Exposición:
 - Inhalación: Tos, dolor de garganta.
 - Piel: Enrojecimiento.
 - Ojos: Enrojecimiento, dolor.
 - Ingestión: Dolor abdominal, náuseas, vómitos.

Figura 9. Etiquetado Sulfato de cinc.



Fuente: Fichas Seguridad Química

6. CLASIFICACIÓN DE LOS PRODUCTOS A ALMACENAR

Las Fichas Internacionales de Seguridad Química, disponibles en la página web del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT), son la base para la clasificación de los productos citados en párrafos anteriores y que son almacenados en la fábrica de cerveza objeto de este TFG, en función de sus peligrosidades potenciales y guía para el diseño de un correcto y conveniente almacenamiento.

Una vez identificados los principales peligros de cada producto, a través de los pictogramas de riesgos químicos que aparecen en sus respectivas fichas de seguridad, se podrá determinar qué Instrucción Técnica Complementaria (ITC MIE APQ) del Reglamento de Almacenamiento de Productos Químicos es necesario aplicarles. Realizar una adecuada clasificación de los mismos es fundamental para el correcto desarrollo del proyecto ya que la idónea identificación y clasificación de riesgos son claves a la hora del almacenaje y condicionan su adecuado diseño:

- determinar qué productos pueden estar en el mismo cubeto,
- especificar qué distancias deben guardar unos tanques con otros,
- detallar las diferentes instalaciones del parque,
- elegir las medidas de seguridad a aplicar...

Los productos químicos a clasificar son:

1. Ácido fosfórico.
2. Ácido peracético.
3. Agua oxigenada.
4. Carbonato de calcio.
5. Cloruro de calcio.
6. Sosa cáustica.
7. Sulfato de calcio dihidratado.
8. Sulfato de zinc.

Una clasificación, más detallada y específica, a partir de las diferentes instrucciones técnicas por las que se rigen los productos según sus riesgos es:

- **Productos inflamables y combustibles:**
Éstos se guían según la ITC MIE APQ-1 «Almacenamiento de líquidos inflamables y combustibles en recipientes fijos». Hay que aclarar que no hay ningún producto que presente concretamente alguno de estos dos peligros, pero se va a trabajar con los líquidos comburentes según esta ITC MIE APQ-1 ya que esta clase de insumos no está recogida en ninguna ITC y según el artículo 2. *Ámbito de aplicación* del Reglamento de almacenamiento para productos químicos los líquidos comburentes con capacidad superior a 2.500 litros se han de desarrollar en la ejecución del proyecto. Al presentar estos productos características similares a los líquidos inflamables y combustibles, se decide realizar su almacenamiento según esta Instrucción Técnica. Por otro lado, al cumplir con las indicaciones de esta norma, se puede asegurar que los líquidos comburentes se almacenarán de forma segura ya que los líquidos inflamables y

combustibles son más peligrosos, por lo que las indicaciones y medidas de seguridad son más restrictivas.

Teniendo en cuenta las condiciones citadas, dentro de este apartado se encontrarán el ácido peracético y el agua oxigenada que se van a clasificar según el Artículo 4.

Clasificación de los productos.

- a) El ácido peracético, con capacidad de almacenamiento de 35.000 litros, se podría asimilar a la clase B2, que indica que éstos han de tener su punto de inflamación entre 38-55°C. En este caso, el ácido peracético lo tiene en 40,5°C.
- b) El agua oxigenada, cuya capacidad de almacenamiento es de 30.000 litros y no hay una ITC específica que la recoja, se asimila a un producto inflamable clase C debido a que es la menos restrictiva y ésta no presenta características adversas a la inflamación, por lo que al asimilarlo a un producto inflamable de clase C ya se está siendo lo suficientemente prudente.

Ambos productos tienen una presión absoluta de vapor a 15°C menor a 1 bar, por lo que no pertenecen a la clase A. En las fichas de seguridad se hace referencia a este dato a una temperatura de 20°C, a la cual el ácido peracético tiene una presión de vapor de 0,026 bar y el agua oxigenada de 0,002 bar. Si a una temperatura mayor a 15°C la presión de vapor es menor a 1 bar, a 15°C también lo será.

- **Productos corrosivos:**

Éstos se rigen según la ITC MIE APQ-6 «Almacenamiento de líquidos corrosivos en recipientes fijos». La identificación de los productos se lleva a cabo siguiendo el Artículo 3.

Tabla 2. Clasificación de los productos corrosivos

Clase de producto APQ	Indicación de peligro	Categoría CLP
1A	H314	1A Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves.
1B	H314	1B Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves.
1C	H314	1C Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves.
	H290	1 Puede ser corrosivo para los metales.

Fuente: RD 656/2017

Las Fichas Internacionales de Seguridad Química del INSHT no especifican ni la clase de producto corrosivo ni la indicación de peligro, salvo en el caso de la sosa cáustica que es catalogada como corrosiva para los metales por lo que será de la clase 1C.

Utilizando los catálogos de diferentes compañías de distribución de los productos químicos estudiados, se ha podido identificar el carácter corrosivo y, por lo tanto, la clase a la que pertenece cada uno de ellos. Así, tanto el agua oxigenada como el ácido peracético son muy corrosivos, clase 1A. Por su parte, el ácido fosfórico pertenece a la clase 1B, corrosivos. Dichos catálogos se pueden visitar a través de los enlaces que se especifican en la bibliografía final.

Hay que comentar que a lo largo de la MIE APQ-6 no se diferencian los productos corrosivos a la hora de aplicar las diferentes medidas de seguridad y condiciones de su almacenamiento, siendo todas éstas comunes para las tres clases. Esta clasificación no

tiene más repercusión que la de especificar su grado de peligrosidad y características corrosivas.

- **Productos tóxicos:**

La información sobre estos productos se encuentra recogida en la MIE APQ-7 «Almacenamiento de líquidos tóxicos en recipientes fijos». Al igual que con los corrosivos, su clasificación repercute principalmente en la identificación de los líquidos ya que en las diferentes medidas e instrucciones de esta MIE APQ-7, que afectan al desarrollo de este proyecto, no se hace referencia a ninguna clase específica, tratando a todos los productos tóxicos por igual.

En este caso vuelve a ocurrir que las fichas de seguridad del INSHT no especifican la indicación de peligro ni la categoría de toxicidad CLP de los productos estudiados, imprescindible para poder determinar la clase de líquidos tóxicos con los que trabajaremos. Esto último implica que se tenga que recurrir a las fichas de seguridad informadas por las empresas químicas cuyos enlaces se encuentran en la bibliografía final. A partir de éstas se determina que el sulfato de zinc es un líquido nocivo (clase 3, ya que presenta el índice de peligro H302). El cloruro de calcio presenta el mismo índice de peligrosidad el H302 por lo que también es nocivo (clase 3).

- **Productos sin riesgos:**

El carbonato de calcio y el sulfato de calcio dihidratado, al no presentar ningún peligro específico, no están recogidos en ninguna instrucción técnica. Su almacenamiento se va a desarrollar siguiendo las indicaciones de la MIE APQ-6 «Almacenamiento de líquidos corrosivos en recipientes fijos», ya que sus instrucciones son las menos restrictivas comparando con el resto de MIE APQ desarrolladas en este proyecto.

A su vez, los productos peligrosos para el medio ambiente y los peligrosos en general tampoco se encuentran dentro de ninguna instrucción técnica en concreto, pero los productos que se estudian en este proyecto no presentan ninguno de estos peligros solamente, sino que van acompañados de otros peligros citados anteriormente por lo que se regirán por las MIE APQ de éstos.

A modo de resumen, en la siguiente tabla se muestran la clase de peligros que presentan cada uno de los productos citados anteriormente:

Tabla 3. Peligros de los productos químicos

Riesgo	Ácido peracético	Agua oxigenada	Ácido fosfórico	Sosa cáustica	Cloruro de calcio	Sulfato de zinc	Sulfato de calcio	Carbonato de calcio
Inflamable	Clase B2	Clase C	No	No	No	No	No	No
Corrosivo	Tipo 1A	Tipo 1A	Tipo 1B	Tipo 1C	No	No	No	No
Tóxico	No	No	No	No	Clase 3 (Nocivo)	Clase 3 (Nocivo)	No	No
Otros peligros	Medio Ambiente	No	No	Peligros en general	No	Medio Ambiente	No	No

Fuente: elaboración propia

7. COMPATIBILIDAD DEL ALMACENAMIENTO

CONJUNTO

El presente apartado introduce en el diseño de la planta el análisis de la viabilidad técnica y económica de almacenar en un mismo cubeto los tanques de diferentes productos según los criterios establecidos en las diferentes instrucciones técnicas. De esta forma se pretende optimizar el coste y espacio ocupado, que son los objetivos fundamentales de este proyecto.

Comenzar el punto con la definición de cubeto de retención según aparece en el RD 656/2017: *“Cavidad capaz de retener los productos contenidos en los recipientes de almacenamiento en caso de vertido o fuga de los mismos”*.

Este apartado se aborda desde una doble perspectiva buscando el óptimo de seguridad y la eficiencia económica en el diseño de dichas instalaciones. El almacenaje conjunto de productos químicos incompatibles supone un riesgo para el proyecto que ha de tender a cero, siendo condición necesaria para la búsqueda de la eficiencia económica del mismo.

La determinación del número de cubetos que se pueden incorporar al proyecto en las que se agrupen depósitos de productos de almacenaje compatibles dentro de cada uno de los cubetos, se realiza atendiendo a los siguientes puntos, recogidos en los artículos relacionados con este tema, de las tres instrucciones técnicas complementarias citadas anteriormente y que se detallan a continuación:

- **ITC MIE APQ 1. Artículo 12. Almacenamiento conjunto.**
 1. En un mismo cubeto solo podrán almacenarse líquidos de la misma clase o subclase para la que fue proyectado o de otra de riesgo inferior, procurando agrupar aquellos que contengan productos de la misma clase.
 5. Los líquidos tóxicos se almacenarán preferentemente en cubeto diferente del de los inflamables y combustibles. En caso de almacenarse conjuntamente, se deberán tomar las medidas de protección adecuadas que se justificarán en el proyecto.
 6. Los líquidos combustibles no se almacenarán conjuntamente con productos comburentes (materias que tienen asignadas las indicaciones de peligro H270, H271 o H272).
- **ITC MIE APQ 6. Artículo 12. Distancias entre recipientes.**
 2. Los líquidos corrosivos que, además, sean inflamables o combustibles podrán almacenarse junto con otros líquidos inflamables o combustibles en las condiciones descritas en la ITC MIE APQ-1.
 3. Los líquidos corrosivos que no sean inflamables ni combustibles podrán almacenarse dentro de cubetos de líquidos inflamables o combustibles, siempre que los materiales, protecciones (excepto la protección con cámara de espuma), disposición y tipo de recipientes sean los exigidos en la ITC MIE APQ-1 a la clase de productos para los que se diseñó el cubeto.
- **ITC MIE APQ 7. Artículo 13. Distancias entre instalaciones.**
 3. Los líquidos tóxicos no combustibles se almacenarán preferentemente en cubeto diferente del de los líquidos inflamables y combustibles. En caso de almacenarse

conjuntamente, se deberá disponer, como mínimo, de una medida de protección de nivel 2 enumeradas anteriormente.

Atendiendo a los puntos citados se han organizado los distintos depósitos de la siguiente forma:

- 1) **Cubeto 1.** En éste se encuentran los depósitos de los productos nocivos, dos de sulfato de zinc y uno de cloruro de calcio. De esta forma se evita almacenarlos con líquidos inflamables.
- 2) **Cubeto 2.** Se han almacenado los productos corrosivos sosa cáustica y ácido fósfórico junto con el agua oxigenada que es corrosivo e inflamable clase C. Se ha decidido tomar esta opción ya que coinciden en que los tres son corrosivos y el agua oxigenada, según sus características, es un producto poco inflamable, lo que no causará complicaciones al estar junto a los otros.
- 3) **Cubeto 3.** Se encuentra solamente el depósito de ácido peracético, ya que es el más peligroso de todos al ser inflamable clase B2 y corrosivo. Este líquido es el que más riesgos podría presentar en contacto con el resto ya su vez es el que mayores restricciones presenta por eso se ha decidido almacenarlo en solitario.
- 4) **Cubeto 4.** Por último, se han reunido los depósitos de los productos sin peligros específicos en un mismo cubeto. Éstos son el sulfato de calcio dihidratado y el carbonato de calcio.

8. DISEÑO DEL SISTEMA DE ALMACENAMIENTO

Este apartado, fundamental para el desarrollo del TFG, incorpora al presente proyecto el diseño y selección de los depósitos de los productos químicos necesarios en el proceso productivo, los cubetos donde se colocarán y agruparán los mismos. Por último, se procederá a su ubicación en la parcela, cumpliendo estrictamente las medidas de seguridad, distancias entre las diferentes instalaciones, etc. Se representarán varias propuestas alternativas de la posible distribución, desarrollando en más profundidad la propuesta seleccionada y que se dará por definitiva.

8.1. DISEÑO DE LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO

La dirección de la empresa ha proporcionado los datos necesarios acerca de los productos químicos a almacenar para realizar el diseño del parque y ha establecido las siguientes condiciones y restricciones relacionadas con los tanques de almacenamiento:

- El diámetro máximo de los depósitos verticales será de 5m y la altura máxima será de 8m.
- Por seguridad, se deben dimensionar los depósitos de forma que se alcance el volumen de almacenamiento requerido sin superar el 80% de nivel máximo de llenado de los mismos.

La siguiente tabla resume el número de depósitos necesarios, la capacidad total de almacenamiento de cada depósito así como sus características y disposición en el suelo. Información imprescindible a la hora de abordar el diseño de esta parte de la instalación.

Tabla 4. Requisitos depósitos de almacenamiento

	Agua oxigenada	Ácido peracético	Sosa cáustica	Ácido fosfórico	Sulfato de calcio	Carbonato de calcio	Sulfato de zinc	Cloruro de calcio
Nº Depósitos	1	1	1	2	1	1	1	2
Capacidad total almacenamiento depósito (m ³)	35	30	30	25	25	25	25	25
Capacidad del depósito con nivel máximo (m ³)	43,75	37,5	37,5	31,25	31,25	31,25	31,25	31,25
Características del Depósito	Superficie	Superficie	Superficie	Superficie	Superficie	Superficie	Superficie	Superficie
Disposición	Vertical	Vertical	Vertical	Horizontal	Horizontal	Horizontal	Horizontal	Horizontal

Fuente: elaboración propia

Teniendo en cuenta las condiciones impuestas por la dirección de la empresa y las características de almacenamiento de los diferentes productos se ha procedido al diseño de los tanques de almacenamiento de dos formas diferentes:

1. Esta primera opción, que finalmente será la seleccionada a la hora de afrontar el diseño definitivo de los depósitos, ya que a similares niveles de seguridad tiene un coste sensiblemente menor. Los distintos tanques seleccionados son los que más se ajustan a los requisitos de almacenamiento anteriormente establecidos en función de la información disponible en el catálogo de una empresa dedicada a la fabricación y venta

de tanques de almacenamiento de entre las que se ha contactado. En este caso se ha decidido trabajar con la empresa BioTanks que ha proporcionado su catálogo (Anejo 1) y el precio de los depósitos seleccionados. En la siguiente tabla se observa los modelos de los tanques en que se almacenan los diferentes productos, sus características geométricas y el precio.

Tabla 5. Características depósitos de la empresa BioTanks

	Agua oxigenada	Ácido peracético	Sosa cáustica	Ácido fosfórico	Sulfato de calcio	Carbonato de calcio	Sulfato de zinc	Cloruro de calcio
Capacidad requerida (m ³)	43,75	37,5	37,5	31,25	31,25	31,25	31,25	31,25
Posición del depósito	Vertical	Vertical	Vertical	Horizontal	Horizontal	Horizontal	Horizontal	Horizontal
Modelo del depósito	DVA-450300	DVA-400300	DVA-400300	DHA-350	DHA-350	DHA-350	DHA-350	DHA-350
Volumen depósito (m ³)	45	40	40	35	35	35	35	35
Diámetro (m)	3	3	3	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4
Altura/ Longitud (m)	6,4	5,8	5,8	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9
Precio (euros)	8.500,00 €	7.300,00 €	7.300,00 €	9.700,00 €	9.700,00 €	9.700,00 €	9.700,00 €	9.700,00 €

Fuente: elaboración propia

También se ha contactado con Miraplas, otra empresa del sector, pero tiene unos precios sensiblemente superiores, unas características geométricas superiores y el trato no ha sido tan bueno como con la empresa BioTanks. De todas formas en la siguiente tabla, similar a la anterior, se indican las características de los modelos que se seleccionarían del catálogo de la empresa Miraplas (Anejo 2).

Tabla 6. Características depósitos de la empresa Miraplas

	Agua oxigenada	Ácido peracético	Sosa cáustica	Ácido fosfórico	Sulfato de calcio	Carbonato de calcio	Sulfato de zinc	Cloruro de calcio
Capacidad requerida (m ³)	43,75	37,5	37,5	31,25	31,25	31,25	31,25	31,25
Posición del depósito	Vertical	Vertical	Vertical	Horizontal	Horizontal	Horizontal	Horizontal	Horizontal
Modelo del depósito	VP060030	VP040030	VP040030	HZ035024	HZ035024	HZ035024	HZ035024	HZ035024
Volumen depósito (m ³)	60	40	40	35	35	35	35	35
Diámetro (m)	3,5	3	3	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4
Altura/ Longitud (m)	6,24	5,66	5,66	8,95	8,95	8,95	8,95	8,95

Fuente: elaboración propia

- Una segunda opción consiste en comprar directamente a una empresa especializada en la fabricación de tanques a medida los tanques personalizados a nuestro proyecto. La ventaja de esta alternativa, frente a la adquisición de depósitos estándar propuesta en el punto anterior radica en el perfecto ajuste de los mismos a los volúmenes requeridos en el proyecto ya que dispondríamos de libertad para determinar sus dimensiones. Sin embargo esta opción presenta el gran inconveniente del elevado coste, como han comunicado las empresas citadas anteriormente. Esta elección sería más beneficiosa en el caso en el cual se comprasen una gran cantidad de depósitos de las mismas dimensiones debido a que se podría optimizar el espacio ocupado por ellos, diseñándolos con las especificaciones propias y se podría mejorar su distribución.

A continuación se muestran los cálculos para obtener los depósitos a medida para cada producto por si el cliente se decantase por esta alternativa, ya que es fundamental a la hora de desarrollar un proyecto estudiar todas las posibles alternativas.

Se parte del volumen de almacenamiento del depósito cilíndrico requerido por cada producto (teniendo en cuenta la condición del nivel máximo de llenado del 80% por seguridad), que dependerá de si éste es cilíndrico vertical o cilíndrico horizontal.

$$V = \pi H \frac{D^2}{4} \quad [1]$$

$$V = \pi L \frac{D^2}{4} \quad [2]$$

De estas ecuaciones se conoce el volumen de llenado que han de tener los distintos tanques y son incógnitas el diámetro y la altura o longitud, dependiendo de si son depósitos verticales u horizontales respectivamente.

Para determinar ambas incógnitas se establecen las siguientes relaciones entre el diámetro y la altura o longitud, que permitirá diseñar unos depósitos eficientes:

$$\frac{H}{D} = 2.5 \quad [3]$$

$$\frac{L}{D} = 2.5 \quad [4]$$

En la siguiente tabla se muestran las características geométricas de los depósitos de almacenamientos hechos a medida para cada producto una vez aplicados los anteriores cálculos:

Tabla 7. Características depósitos a medida

	Agua oxigenada	Ácido peracético	Sosa cáustica	Ácido fosfórico	Sulfato de calcio	Carbonato de calcio	Sulfato de zinc	Cloruro de calcio
Capacidad requerida (m ³)	43,75	37,5	37,5	31,25	31,25	31,25	31,25	31,25
Posición del depósito	Vertical	Vertical	Vertical	Horizontal	Horizontal	Horizontal	Horizontal	Horizontal
Diámetro (m)	2,81	2,68	2,68	2,52	2,52	2,52	2,52	2,52
Altura/ Longitud (m)	7,06	6,68	6,68	6,27	6,27	6,27	6,27	6,27

Fuente: elaboración propia

8.2. DISEÑO DE LOS CUBETOS DE RETENCIÓN

A lo largo de este apartado se diseñan los distintos cubetos donde se posicionarán los tanques de almacenamiento de los productos químicos. Como ya se comentó anteriormente, la empresa seleccionada como proveedora de los depósitos ha sido BioTanks. Una vez realizada esta elección, se diseñarán los cubetos de retención teniendo en cuenta las características de aquellos así como las especificaciones para la organización de los mismos según se estableció en el punto 8 acerca de la compatibilidad del almacenamiento conjunto.

En la ITC MIE APQ-0 «Definiciones generales» se define al cubeto como una “cavidad capaz de retener los productos contenidos en los recipientes de almacenamiento en caso de vertido o fuga de los mismos”.

Para un correcto y seguro diseño de los cubetos de retención se han de seguir las instrucciones que hacen referencia a éstos en las diferentes ITCs sobre su capacidad, construcción, disposición, distancias entre los depósitos, etc.

Hay algunas indicaciones que aparecen en todas las instrucciones técnicas utilizadas en este proyecto, por lo que serán comunes para todos los cubetos de retención que se diseñen. Éstas son:

- Los cubetos se construirán de tal manera que se garantice la estanquidad del recinto, evitando especialmente la contaminación del suelo y de las aguas subterráneas.
- Las paredes y fondos de los cubetos deberán ser de un material que asegure la estanquidad de los productos almacenados durante el tiempo necesario previsto para su evacuación, con un tiempo mínimo de cuarenta y ocho horas, debiendo ser diseñadas para poder resistir la presión hidrostática debida a la altura total del líquido a cubeto lleno.
- En los cubetos deberán existir accesos normales y de emergencia señalizados, con un mínimo de dos en total y en número tal que no haya que recorrer una distancia superior a 50 metros hasta alcanzar un acceso desde cualquier punto del interior del cubeto. Se dispondrá de accesos directos a zonas de operación frecuente.
- Las paredes del cubeto deben tener una altura máxima de 1,8 metros con respecto al nivel interior, para lograr una buena ventilación.
- Las tuberías no deben atravesar más cubeto que el del recipiente o recipientes a los cuales estén conectadas. Únicamente, en casos debidamente justificados, deberán estar enterradas.
- El fondo del cubeto tendrá una pendiente mínima del 1%, de forma que todo el producto derramado escurra rápidamente hacia el punto de recogida y posterior tratamiento de efluentes.
- Como mínimo, la cuarta parte de la periferia del cubeto debe ser accesible por una vía de anchura de 2,5 m y una altura libre de 4 m como mínimo para permitir el acceso de vehículos de emergencia, y ha de permanecer libre de obstáculos en todo momento.
- Se prohíbe, en el interior de los cubetos, el empleo permanente de mangueras flexibles. Su utilización se limitará a operaciones de corta duración.
-

A continuación se van a desarrollar las características de los diferentes cubetos teniendo en cuenta la clase de peligros de los productos almacenados y siguiendo las instrucciones de sus respectivas ITCs.

Cubeto 1. En él se almacenan los dos depósitos horizontales de sulfato de zinc de 35m³ y el depósito horizontal de cloruro de calcio de 35m³. Al ser ambos productos nocivos, el diseño de este cubeto se regirá por las siguientes normas de la ITC MIE APQ-7:

- **Artículo 16. Cubetos de retención:**
 1. Los recipientes fijos para almacenamiento de líquidos tóxicos exteriores o dentro de edificios deberán disponer de un cubeto de retención, que podrá ser común a varios recipientes.
 3. La distancia mínima horizontal entre la pared mojada del recipiente y el borde interior de la coronación del cubeto, será igual o superior a 1 metro, para recipientes atmosféricos.

6. Capacidad del cubeto. La capacidad útil del cubeto será, como mínimo, igual a la mayor de entre las siguientes:

- La capacidad del recipiente mayor, considerando que no existe éste, pero sí todos los demás.
- El 10% de la capacidad global de los recipientes en el contenido, considerando que no existe ningún recipiente en su interior.

En el primer caso la capacidad del cubeto es 35m^3 y en el segundo será la resultante de sustituir valores en la siguiente ecuación:

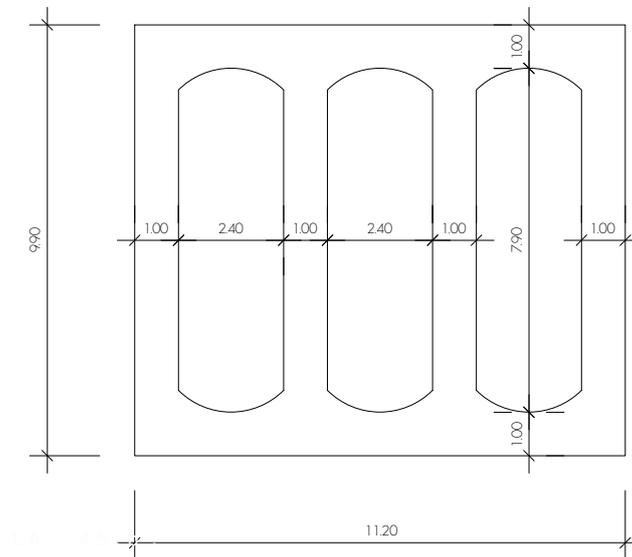
$$0,1 \times \sum \text{capacidad de los depósitos del cubeto [5]}$$

La ecuación 5 es la que se utiliza para el cálculo de la capacidad del cubeto de retención. En este caso la capacidad es $10,5\text{m}^3$, menor a la primera, por lo que la capacidad final del cubeto será 35m^3 .

- La distribución y medidas del cubeto se determinarán teniendo en cuenta el artículo 14. *Distancia entre recipientes*, que establece que la separación entre dos recipientes contiguos debe ser la suficiente para garantizar un buen acceso a los mismos, con un mínimo de 1 metro.

Teniendo en cuenta las indicaciones anteriores un posible diseño de este cubeto de retención sería el siguiente:

Figura 10. Cubeto 1.



Fuente: elaboración propia

Por último, hay que calcular la altura de las paredes del cubeto, que se obtiene al despejarla de la siguiente fórmula del volumen del cubeto de retención, que es un prisma rectangular:

$$V = \text{lado1} \times \text{lado2} \times \text{altura} \quad [6]$$

En la ecuación 6 conocemos los parámetros $V = 35\text{m}^3$, $\text{lado1} = 11,20\text{m}$, $\text{lado2} = 9,90\text{m}$, por lo que despejando se obtendrá una altura de cubeto igual a $0,32\text{m}$, que es menor a los 1.8 metros fijados como máxima altura permitida para las paredes de un cubeto.

Cubeto 2. Este cubeto está destinado a albergar el depósito vertical de sosa cáustica de 40m^3 (corrosivo), los dos tanques horizontales de ácido fósfórico de 35m^3 y el depósito vertical de agua oxigenada de 45m^3 (corrosivo e inflamable clase C).

Teniendo en cuenta los peligros de los productos almacenados, se tendrán que seguir las instrucciones acerca del diseño del cubeto de la ITC MIE APQ-1 y la ITC MIE APQ-6. La mayoría de las medidas coinciden en ambas ITCs y, en caso de que fuesen diferentes, siempre se seguirá la más restrictiva. Seguidamente se expone el diseño del cubeto de retención basándose en las siguientes indicaciones:

- En todos los cubetos los recipientes no deben estar dispuestos en más de dos filas. Es preciso que cada fila de recipientes tenga adyacente una calle o vía de acceso que permita la intervención de la brigada de lucha contra incendios (Artículo 20.1 de la ITC APQ-1).
- La distancia en proyección horizontal entre la pared del recipiente y el borde inferior del cubeto será como mínimo de 1 metro. (Artículo 20.1 de la ITC APQ-1 y 14.3 de la ITC MIE APQ-6.)
- Capacidad del cubeto (Artículo 20.3 de la ITC APQ-1 y 14.6 de la ITC APQ-6) : La capacidad útil del cubeto será, como mínimo, igual a la mayor de entre las siguientes:

La capacidad del recipiente mayor, considerando que no existe éste, pero sí todos los demás.

El 10% de la capacidad global de los recipientes en el contenido, considerando que no existe ningún recipiente en su interior.

En el primer caso la capacidad del mayor depósito es 45m^3 , que coincidirá con la del cubeto, y en la segunda opción será la resultante de sustituir valores en la ecuación 5 que determina la capacidad del cubeto.

$$0,1 \times \sum \text{capacidad de los depósitos del cubeto} \quad [5]$$

En este caso la capacidad es $15,5\text{m}^3$ que es menor que la primera, por lo que la capacidad definitiva del cubeto será 45m^3 .

Por último, hay que determinar la distancia entre los diferentes tanques en el interior del cubeto de retención. Para ello se siguen las siguientes indicaciones:

- Artículo 12. *Distancias entre recipientes.* (ITC APQ-6):
 1. La separación entre dos recipientes contiguos debe ser la suficiente para garantizar un buen acceso a los mismos, con un mínimo de 1 metro.
 3. Los líquidos corrosivos que no sean inflamables ni combustibles podrán almacenarse dentro de cubetos de líquidos inflamables o combustibles, siempre que los materiales, protecciones (excepto la protección con cámara de espuma),

disposición y tipo de recipientes sean los exigidos en la ITC MIE APQ-1 a la clase de productos para los que se diseñó el cubeto.

Si los líquidos corrosivos están en cubeto propio, deberán estar separados de los recipientes de líquidos inflamables o combustibles por una distancia igual o mayor de $0,25D$ (mínimo 1,5m). Si la capacidad de los recipientes que contengan líquidos inflamables o combustibles es inferior a 50m^3 , el mínimo de distancia de separación se reducirá a 1 metro.

- Artículo 18. Distancia entre recipientes de la ITC APQ-1. Hay que tener en cuenta la Nota 1, donde se explica cómo calcular D que será igual al diámetro del recipiente, salvo que su generatriz sea superior a 1,75 veces el diámetro, en cuyo caso se tomará D como la semisuma de generatriz y diámetro.

Teniendo en cuenta todos los puntos previos, se procede al diseño del cubeto de retención, que presenta como principal novedad la determinación de la distancia que debe haber entre un depósito corrosivo y uno inflamable.

Particularizando al cubeto diseñado se ha decidido colocar el depósito vertical de sosa cáustica (corrosivo, diámetro de 3m y altura de 5,8m) junto al de agua oxigenada (corrosivo e inflamable, diámetro de 3m y altura de 6,4m).

Para el cálculo de la D se tiene en cuenta el tanque con mayores dimensiones, en este caso es el de agua oxigenada.

En primer lugar se comprueba la relación entre la generatriz (la altura) y el diámetro,

$$\frac{\text{Generatriz}}{\text{Diámetro}} = \frac{6,4}{3} = 2,13 \quad [7]$$

de donde se obtiene que la generatriz es 2,13 veces superior al diámetro, mayor al límite máximo establecido de 1,75, por lo que D será la semisuma de ambos:

$$D = \frac{\text{generatriz} + \text{diámetro}}{2} = \frac{6,4 + 3}{2} = 4,7\text{m} \quad [8]$$

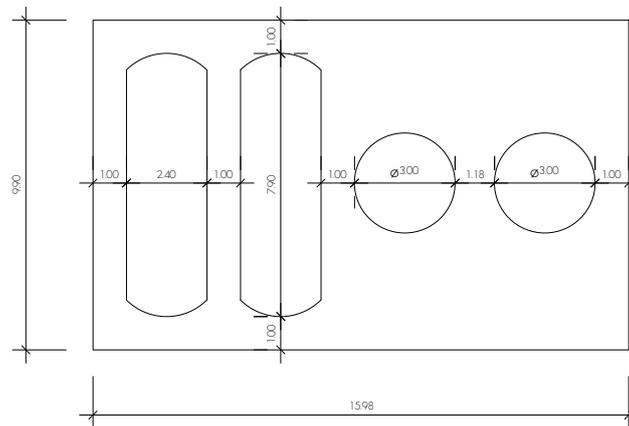
Por último se determina la distancia definitiva que deben guardar los dos depósitos:

$$\text{Distancia} = 0,25 \times D = 0,25 \times 4,7 = 1,18\text{m} \quad [9]$$

Esta distancia será válida ya que la capacidad del recipiente que contiene el líquido inflamable (agua oxigenada) es de 45m^3 , menor que el límite de 50m^3 , que establece que la distancia de separación mínima es de 1m.

Una vez calculada la distancia entre el recipiente corrosivo y el inflamable y aplicando las medidas comentadas, se obtiene el siguiente cubeto de retención:

Figura 11. Cubeto 2



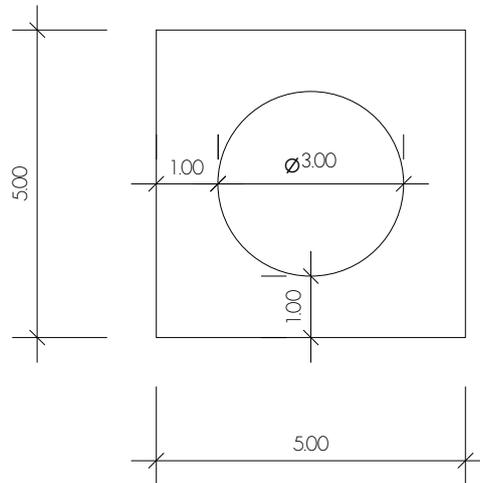
Fuente: elaboración propia

Por último, falta determinar la altura de las paredes que se calcula de la misma forma que en el cubeto 1. Sustituyendo en la ecuación del volumen de un cubeto los parámetros de éste, se obtiene una altura de las paredes igual a 0,28m.

Cubeto 3. Aquí se encuentra solamente el depósito de ácido peracético, que se considera inflamable clase B2, corrosivo y peligroso para el medio ambiente por lo que para su diseño se seguirán las mismas indicaciones que en el cubeto 2, con la salvedad del cálculo de la capacidad del cubeto al haber únicamente un tanque y se calculará según el apartado c del punto 4. *Prescripciones particulares* del artículo 20. *Cubetos de retención* de la ITC APQ-1, que apunta que para líquidos de las clases B y C cuyo cubeto contenga un solo recipiente, su capacidad será igual al 100% de la capacidad del mismo. Por lo tanto, la capacidad del cubeto será de 40m³.

Para obtener las dimensiones del cubeto, que se muestran en la siguiente figura, hay que considerar que la distancia en proyección horizontal entre la pared del recipiente y el borde interior inferior del cubeto será como mínimo de 1 metro.

Figura 12. Cubeto 3.



Fuente: elaboración propia

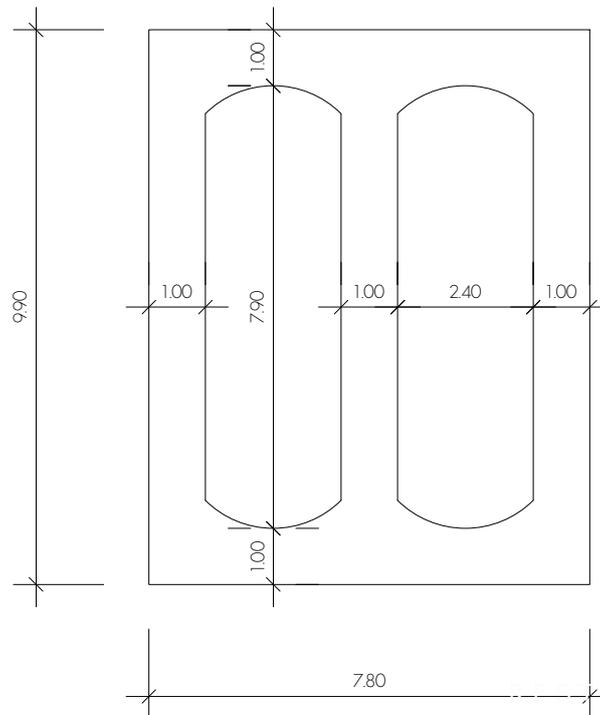
Como en el desarrollo de los dos cubetos previos, para finalizar el diseño falta por determinar la altura de las paredes del cubeto, que se calculará de la misma manera, aplicando la ecuación 6 del volumen de un cubeto de retención y sustituyendo la altura, que en este caso será 1,6m. Se puede observar que es muy superior a las anteriores y esto es debido a que este cubeto de retención tiene una capacidad similar pero al almacenar un solo depósito tanto el ancho como el largo son mucho menores por lo que la altura deberá ser mayor para obtener una capacidad similar.

Cubeto 4. En este último cubeto se almacenan los depósitos horizontales de sulfato de calcio y de carbonato de calcio, ambos sin ningún peligro específico y como ya se ha comentado no están contenidos en ninguna ITC. Para su diseño se seguirán los puntos comunes y menos estrictos de los citados anteriormente, que se recuerdan seguidamente:

- La distancia en proyección horizontal entre la pared del recipiente y el borde interior inferior del cubeto será como mínimo de 1 metro.
- La separación entre dos recipientes contiguos debe ser la suficiente para garantizar un buen acceso a los mismos, con un mínimo de 1 metro.
- La capacidad útil del cubeto será, como mínimo, igual a la mayor de entre las siguientes:
- La capacidad del recipiente mayor, considerando que no existe éste, pero sí todos los demás.
- El 10% de la capacidad global de los recipientes en el contenido, considerando que no existe ningún recipiente en su interior.
- En el primer caso valdrá 35m³, que será la definitiva ya que en el segundo caso al aplicar la ecuación 5. Capacidad del cubeto de retención resulta ser 7m³, mucho menor a la primera.

Aplicando estas medidas, el diseño del cubeto 4 será el siguiente:

Figura 13. Cubeto 4.



Fuente: elaboración propia

Finalmente como en los previos diseños se calcula la altura de las paredes del cubeto de igualmanera y se obtiene una altura de 0,45m.

En la siguiente tabla se resumen las principales características de los cuatro cubetos:

Tabla 8. Características cubetos de retención

	Capacidad (m ³)	Largo (m)	Ancho (m)	Altura (m)
Cubeto 1	35	9,9	11,2	0,32
Cubeto 2	45	9,9	15,98	0,28
Cubeto 3	40	5	5	1,6
Cubeto 4	35	9,9	7,8	0,45

Fuente: elaboración propia

8.3. MEDIDAS ADICIONALES A INSTALAR EN LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO

Las medidas adicionales se instalan con el fin principal de reducir las distancias que han de guardar los tanques de almacenamiento entre sí así como con el resto de instalaciones del parque del almacenamiento.

Como se puede comprobar a lo largo del desarrollo del apartado 8, en el diseño global del parque de almacenamiento se guardan perfectamente las distancias de seguridad sin necesidad de tener que aplicar ningún coeficiente reductor de distancias al aplicar medidas adicionales, por lo tanto en este proyecto no serán necesarias la instalación de medidas adicionales ya que con las medidas intrínsecas de los equipos y las distancias requeridas entre ellos se puede realizar un diseño perfectamente seguro y efectivo, como se comprueba en los siguientes puntos.

8.4. CÁLCULO DE LAS DISTANCIAS DE SEGURIDAD ENTRE ELEMENTOS DE LA INSTALACIÓN Y DE LA PLANTA INDUSTRIAL

A continuación se van a calcular y obtener las distancias que deben guardar las distintas instalaciones de la planta entre sí para asegurar una correcta seguridad global. Para ello se van a consultar los puntos de los artículos de las diferentes ITCs que hacen referencia a este apartado, ajustándolos a las instalaciones de este proyecto. Estas distancias de seguridad son fundamentales para poder desarrollar las distintas alternativas de la distribución en planta del parque de almacenamiento que se detallan en los próximos apartados. En los siguientes puntos se van a determinar estas distancias que dependerán de la peligrosidad de los productos que continen las distintas instalaciones.

Productos inflamables o combustibles:

Hay que destacar la importancia que tienen en este apartado las instalaciones de los productos inflamables, ya que son las que mayores restricciones presentan a la hora de establecer las medidas de seguridad en relación al resto de instalaciones. Éstas se obtienen atendiendo a las siguientes aclaraciones del Artículo 17. *Distancia entre instalaciones en general*:

1. Las distancias mínimas entre las diversas instalaciones que componen un almacenamiento y de éstas a otros elementos exteriores no podrán ser inferiores a los valores obtenidos por la aplicación del siguiente procedimiento:
 - a) En el cuadro III.1, obtener la distancia entre las dos instalaciones a considerar.
 - b) En el cuadro III.2, obtener el posible coeficiente de reducción con base en la capacidad global de almacenaje y aplicarlo a la distancia obtenida en 17.1.a).
 - c) En el cuadro III.3, obtener el posible coeficiente multiplicador, si procede, y aplicarlo a la distancia resultante en 17.1.b).
 - d) Aplicar los criterios del cuadro III.4 a la distancia resultante en 17.1.c).
 - e) Las distancias así obtenidas no podrán ser inferiores a 2 m, excepto las distancias entre instalaciones que puedan contener líquidos de clase B (recipientes, cargaderos y balsas separadoras) y los conceptos 6, 10 y 11 del cuadro III.1, que no podrán ser inferiores a:

Subclase B1 = 12m.

Subclase B2 = 8m.

Se va a proceder a la interpretación de este artículo para obtener las distancias de seguridad entre las distintas instalaciones del proyecto estudiado.

En primer lugar a partir del Cuadro III-1. Distancia en metros (11) entre instalaciones fijas de superficie en almacenamientos con capacidad superior a 50.000m³, se obtienen las distancias mínimas originales a las que se le aplicaran los correspondientes coeficientes.

Tabla 9. Distancias, en metros, entre instalaciones fijas (ITC MIE APQ-1)

1	(1)										
2	(3) 20	(2)									
3.1	60	(4) 30	(6)								
3.2	30	(4) 15	(6)	(6)							
3.3	30	(4) 15	(6)	(6)	(6)						
4.1	60	(5) 30	(7) 30	(7) 30	(7) 30	(7) 30	(2)				
4.2	30	(5) 20	(7) 30	(7) 20	(7) 15	(7) 15	(11) 30	(2)			
4.3	20	(5) 15	(7) 25	(7) 20	(7) 15	(7) 15	(2)	(2)	(2)		
5	30	(5) 15	30	20	15	30	20	15	(1)		
6	(1)	30	60	30	20	60	20	15	30	(1)	
7	(1)	20	60	30	20	40	20	15	20	(8)	
8	(1)	20	60	30	25	30	30	25	20	20	
9	(1)	15	30	20	15	30	20	15	20	(9)	(8)
10	(1)	20	60	30	25	60	(10) 40	(10) 20	20	(8)	
11	(1)	30	100	60	40	100	60	30	40	(8)	
	1	2	3.1	3.2	3.3	4.1	4.2	4.3	5	6	

Fuente: RD 656/2017

De esta tabla interesan las distancias entre las siguientes instalaciones:

- 1. Unidades de proceso.
- 3.2. Recipientes de almacenamiento. Clase B (Paredes del tanque).
- 3.3. Recipientes de almacenamiento. Clase C (Paredes del tanque).
- 4.2. Cargaderos. Clase B.
- 4.3. Cargaderos. Clases C.

- 7. Edificios administrativos y sociales, laboratorios, talleres, almacenes y otros edificios independientes.
- 8. Estaciones de bombeo de agua contra incendios.
- 9. Vallado de la planta.
- 10. Límites de propiedades exteriores en las que pueda edificarse y vías de comunicación públicas.

Seguidamente se calcula el coeficiente de reducción a partir del Cuadro III-2. Al tener el proyecto estudiado una capacidad global de almacenamiento de productos inflamables de 65m^3 (35m^3 de agua oxigenada y 30m^3 de ácido peracético), el coeficiente reductor será 0,40:

Tabla 10. Coeficientes de reducción por capacidad

Capacidad global de almacenamiento de la instalación m^3	Coeficiente para reducción de distancias del cuadro III-1
$Q \geq 50.000$	1
$50.000 > Q \geq 20.000$	0,95
$20.000 > Q \geq 10.000$	0,90
$10.000 > Q \geq 7.500$	0,85
$7.500 > Q \geq 5.000$	0,80
$5.000 > Q \geq 2.500$	0,75
$2.500 > Q \geq 1.000$	0,70
$1.000 > Q \geq 500$	0,65
$500 > Q \geq 250$	0,60
$250 > Q \geq 100$	0,50
$100 > Q \geq 50$	0,40
$50 > Q \geq 5$	0,30
$5 > Q$	0,20

Fuente: RD 656/2017

En el siguiente paso se comprueba que no será necesario un coeficiente multiplicador al no haber ningún producto almacenado con alguna de las características que se muestran en el Cuadro III-3. Coeficientes multiplicadores:

Tabla 11. Coeficientes multiplicadores

Características de los productos y/o de los almacenamientos	Coeficiente	Clases de líquidos a los que es aplicable
Líquidos inestables.....	2,0	A, B y C
Almacenamiento con venteos de emergencia que permitan el desarrollo de presiones superiores a 0,15 bares.....	1,5	B y C

Fuente: RD 656/2017

Por último, se decide no aplicar ningún coeficiente reductor del cuadro III-4. Reducciones de las distancias entre instalaciones fijas de superficie por protecciones adicionales a las obligatorias señaladas en el capítulo IV, ya que como se comprobará posteriormente se

puede realizar una distribución en planta del parque de almacenamiento segura sin la necesidad de tener que reducir más las distancias de seguridad al aplicar alguna de las siguientes protecciones adicionales.

Tabla 12. Coeficientes reductores por protecciones adicionales

Medidas o sistemas de protección adoptados		Coeficiente de reducción
Nivel	Cantidad	
0	–	No hay reducción
1	Una	0,75
1	Dos o más	0,50
2	Una	0,50
2	Dos o más	0,40

Fuente: RD 656/2017

Finalmente, en la siguiente tabla se muestran las distancias de seguridad definitivas, en metros, que deben guardar las instalaciones de los productos inflamables con el resto de instalaciones presentes en este proyecto, que se calculan multiplicando las distancias iniciales del cuadro III-3 por el coeficiente de reducción correspondiente de 0,4:

Tabla 13. Distancias de seguridad entre instalaciones de productos inflamables

	1	3.2	3.3	4.2	4.3	7	8	9	10
Paredes de tanque clase B (3.2)	12	X	2,35	8	8	12	12	8	12
Paredes de tanque clase C (3.3)	12	2,35	X	6	6	8	10	6	10
Cargadores de clase B (4.2)	12	8	6	X	Ninguna	8	12	8	16
Cargadores de clase C (4.3)	8	8	6	Ninguna	X	6	10	6	8

Fuente: elaboración propia

La distancia entre las paredes de los tanques de almacenamiento se calcula según el artículo 18. *Distancia entre recipientes*, que establece que la separación entre los depósitos de clase B y clase C ha de ser 0,5D. Ésta será como mínimo de un metro al ser la capacidad de ambos depósitos inferior a 50m³ (nota 5).

El valor de D se calcula para el depósito de mayores dimensiones, que vuelve a ser el de agua oxigenada y como ya se demostró anteriormente, basándose en las ecuaciones [7] y [8], la D valdrá 4,7m .

Para concluir se determina la distancia final entre ambos depósitos:

$$\text{Distancia} = 0,5 \times D = 0,5 \times 4,7 = 2,35m \quad [10]$$

Productos corrosivos:

Para estas instalaciones solamente se establecen las siguientes restricciones: la pared interior de los cubetos distará, como mínimo, 1,5 metros del vallado exterior de la planta. El resto de las

instalaciones del almacenamiento distarán al menos 3 metros de dicho vallado, según el artículo 11. *Distancia entre instalaciones* de la ITC APQ-6.

Productos tóxicos:

Para calcular las distancias de seguridad de estas instalaciones hay que obedecer al artículo 13. *Distancia entre instalaciones* de la ITC APQ-7.

En primer lugar se obtiene una primera distancia de seguridad entre las instalaciones de estos productos con el resto y posteriormente se multiplica por los correspondientes coeficientes de corrección, en ningún caso esta distancia será inferior a 1,5 metros. Matemática se expresa de la siguiente forma:

$$\text{Distancia (en metros)} = d \times F_A \times F_B \times F_C \quad [11]$$

Las d , que es la distancia base, se obtiene de la siguiente tabla:

Tabla 14. Distancias, en metros, entre instalaciones (ITC MIE APQ-7)

	Clase de almacenamiento		
	1	2	3
Unidades de proceso, edificios propios, hornos, calderas, estaciones contra incendios, bombas, balsas separadoras de inflamables y cargadero de inflamables (clases A y B).	15	8	4
Vallado de la planta.	10	5	3
Límites de propiedades exteriores en las que puedan edificarse y vías de comunicación pública (ver nota).	20	10	5
Locales y establecimientos exteriores de pública concurrencia (ver nota).	30	15	10

Fuente: RD 656/2017

Al ser todos los productos tóxicos de clase 3, hay que fijarse únicamente en la tercera columna.

Posteriormente se obtiene el factor de corrección F_A , con un valor igual a 0,75 al tener todos los productos tóxicos un punto de ebullición superior a 80°C, más concretamente el del sulfato de zinc es 740°C y el del cloruro de calcio 1935°C.

Por último comentar que no se van a emplear los factores de corrección F_B y F_C , por lo que se pueden suponer igual a 1 en la ecuación 10 con la que se calcula la distancia a instalaciones corrosivas. Esto es debido a que el diseño de estas instalaciones se van a hacer sin tener en cuenta posibles construcciones preventivas de emisiones (determina F_B) ni protecciones de emisiones en caso de incendios próximos (determina F_C).

Debido a las características del proyecto y aplicando la normativa vigente, no es necesario añadir ninguna medida preventiva suplementaria referente a distancias de seguridad.

Para concluir, en la siguiente tabla, que es una modificación de la anterior, se muestran las distancias finales, en metros, que deben de guardar las instalaciones de los productos tóxicos con el resto, una vez se han multiplicado por F_A :

Tabla 15. Distancias definitivas, en metros, entre instalaciones (ITC MIE APQ-7)

	Clase de almacenamiento		
	1	2	3
Unidades de proceso, edificios propios, hornos, calderas, estaciones contra incendios, bombas, balsas separadoras de inflamables y cargadero de inflamables (clases A y B).	15	8	3
Vallado de la planta.	10	5	2.25
Límites de propiedades exteriores en las que puedan edificarse y vías de comunicación pública (ver nota).	20	10	3.75
Locales y establecimientos exteriores de pública concurrencia (ver nota).	30	15	7.5

Fuente: elaboración propia basándose en el RD 656/2017

Como último detalle apuntar que entre las propias instalaciones de almacenamiento de líquidos tóxicos no se exigen requisitos específicos de distancias.

8.5. ALTERNATIVAS DE DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

Una vez seleccionados los depósitos de almacenamiento, diseñados los cubetos de retención y establecido las distancias mínima de seguridad entre las instalaciones de los diferentes productos con el resto, se puede proceder a organizar la distribución en planta de todas estas instalaciones en el parque de almacenamiento, respetando siempre las distancias calculadas en el apartado anterior.

Seguidamente se van a plantear tres posibles alternativas de esta distribución, profundizando sobre todo en la última opción que será la seleccionada de forma definitiva. En todo caso, cualquiera de las alternativas sería válida al cumplir con las distintas medidas de seguridad. Se van a adjuntar algunas imágenes de dichas distribuciones en las que aparecerán las cotas más importantes, con las que queda claro que se respetan todas las distancias de seguridad. Estos planos se podrán ver con más detalle en el documento Planos.

Antes de comenzar a desarrollar las distintas alternativas, comentar unos aspectos comunes para todas ellas:

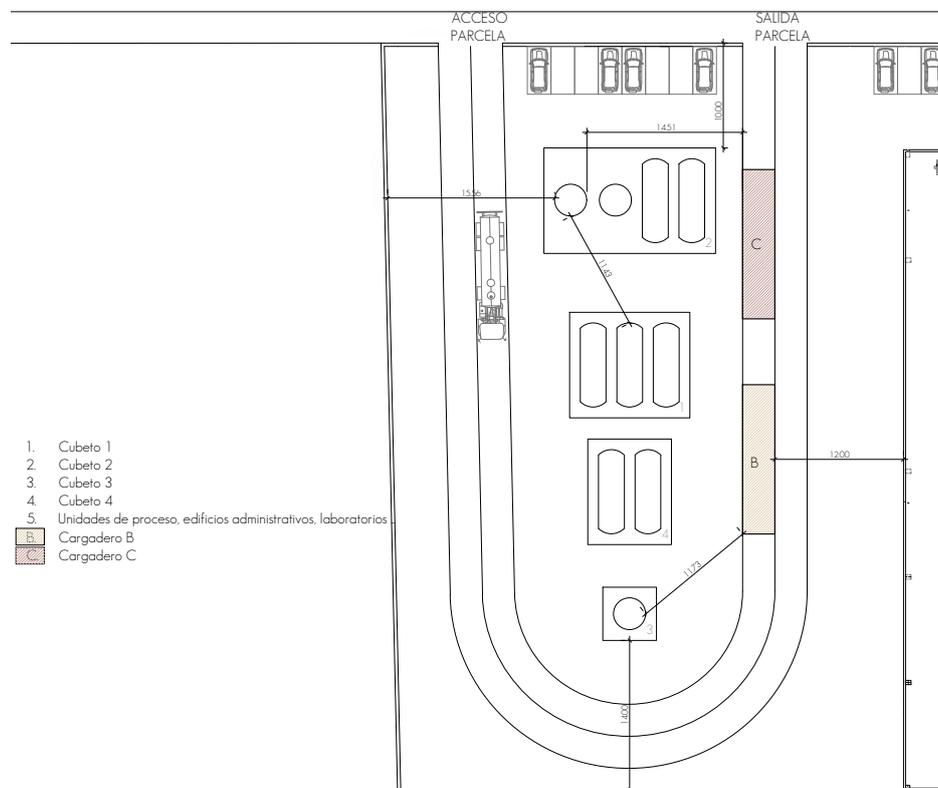
- A la derecha de la distribución del parque de almacenamiento se encuentra una nave donde se ubican el proceso industrial y los elementos auxiliares del mismo, como la parte administrativa y social, laboratorios, talleres, almacenes, servicio, etc.
- Se han diseñado dos zonas de carga y descarga, la B que abastecerá a los cubetos 3 y 4 y la zona C en la que se dispondrán los cubetos 1 y 2. Estas zonas son lo suficientemente grandes para que cualquier camión, dentro las medidas máximas establecidas por la Dirección General de Tráfico (DGT), longitud máxima de 12 metros y anchura máxima de 2,6, pueda alojarse sin ningún problema.
- Basándose en las medidas máximas de los camiones, se han diseñado las vías de circulación interna de la planta industrial, lo suficientemente grandes para que éstos puedan circular sin ninguna complicación dentro de la parcela.
- Los giros que realizan las vías de circulación cumplen con los radios de giro establecidos por la DGT para los vehículos pesados y éstos son 12,5 metros el exterior y 5,3 el interior.

1. Alternativa de distribución en planta 1:

Se puede observar en la imagen siguiente que se han plantados dos carriles, de 3 metros de ancho cada uno, en el mismo sentido con el fin de que los camiones que van a cargar/descargar circulen por el carril donde se encuentran los cargaderos, dejando de esta forma siempre libre el otro carril para que puedan circular comodamente el resto de vehículos que pudieran acceder al recinto.

Se han acotado las distancias de seguridad que se ajustan más a las mínimas establecidas y al cumplirse éstas, como por ejemplo los 12 metros entre el cargadero de productos inflamables clase B con la unidad de proceso o los 10 metros que distan las paredes del cubeto 2 con la vía pública, evidentemente, el resto de distancias de seguridad se cumplen en el diseño plantado.

Figura 14. Distribución en planta alternativa 1

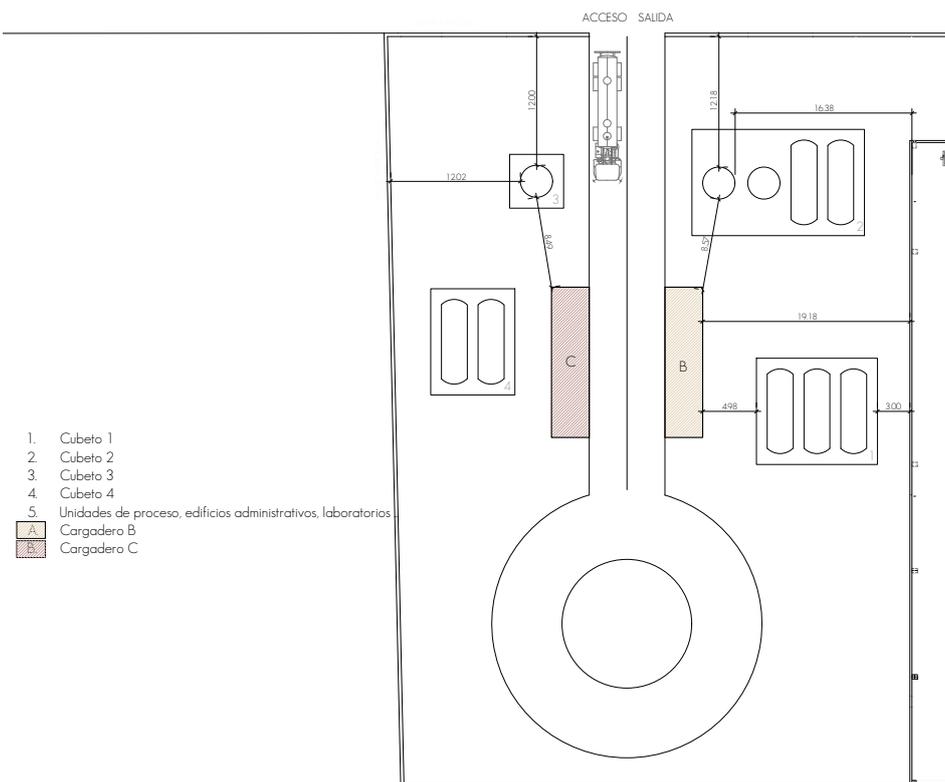


Fuente: elaboración propia

2. Alternativa de distribución en planta 2:

Esta alternativa opta por construir dos carriles contiguos con sentidos de circulación opuestos con el objetivo de juntar la entrada y la salida. Al ser sentidos contrarios, se ha incrementado la anchura de los carriles a 3,5 metros para aumentar la seguridad en la circulación. Para que los vehículos puedan realizar el cambio de sentido se ha diseñado una rotonda que cumple escrupulosamente con los radios de giros citados anteriormente. Respecto a las zonas de carga y descarga, en esta alternativa se han colocado fuera de los carriles, para que los camiones al acceder a ellas no estorben a la circulación del resto de vehículos, y se han ubicado de tal forma que los camiones no tengan que realizar maniobras complejas para poder estacionarse en ellos. De nuevo se muestran solamente las cotas de las distancias más críticas como es el caso de los 12 metros entre la pared del tanque de ácido peracético y la vía pública, o los 3 metros entre el cubeto de los productos tóxicos con la nave industrial.

Figura 15. Distribución en planta alternativa 2



Fuente: elaboración propia

3. Alternativa de distribución en planta 3 (y seleccionada definitivamente):

Ésta es una modificación con algunas mejoras de la primera alternativa, las cuales presentan las siguientes ventajas respecto a la alternativa 2:

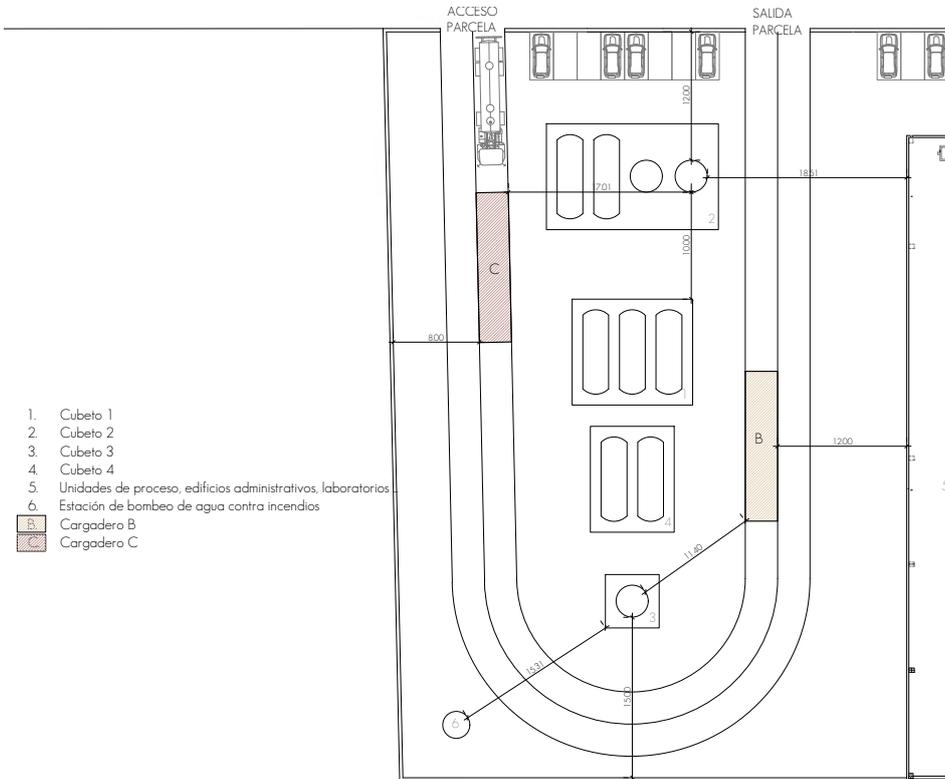
- Mejor circulación de los vehículos al contar con dos carriles en el mismo sentido y sin la necesidad de tener que acceder a una rotonda.
- Más facilidad para los camiones a la hora de acceder a los cargaderos al estar ubicados sobre el carril por el que circulan y a su vez se evitan posibles esperas del resto de vehículos que se podrían ocasionar en la alternativa 2 en caso de que los camiones tuviesen que maniobrar.
- Todos los cubetos se ubican en una misma zona delimitada por el recorrido de la carretera.

Por otro lado, la principal mejora de esta distribución frente a la primera alternativa es la ubicación de las zonas de carga y descarga en los diferentes lados. De esta forma se evitan posibles esperas en caso de que se diese la casualidad de que dos camiones tuviesen que acceder a la vez a los distintos cargaderos. A su vez, permitiría dividir el parque de almacenamiento en dos "zonas": una compuesta por los cubetos 1 y 2 y su cargadero C y otra compuesta por los cubetos 3 y 4 y el cargadero B.

En esta distribución, al ser ya la definitiva, se ha añadido la estación de bombeo de agua contra incendios a partir de la cual se desarrollará la red de tuberías contra incendios.

Finalmente, como en los dos anteriores casos, se indican las cotas de las distancias de seguridad que más se ajustan a las mínimas exigibles como los 8 metros entre el cargadero C con el vallado, los 15 metros entre las paredes del tanque de ácido peracético con la estación de bombeo o el vallado, o los 12 metros entre las paredes del tanque de agua oxigenada con la vía pública.

Figura 16. Distribución en planta definitiva.



Fuente: elaboración propia

9. INSTALACIÓN DE ALMACENAMIENTO

Este apartado aborda los diferentes procesos e instalaciones necesarias para poder llevar a cabo el desarrollo del parque de almacenamiento de forma correcta, eficiente y segura.

A su vez, las diferentes características y mediciones de cada elemento del proyecto influyen de manera importante en el desarrollo y volumen del presupuesto.

Su formulación se ha llevado a cabo de acuerdo a los diferentes requisitos establecidos en las Instrucciones Técnicas Complementarias contempladas en los apartados anteriores.

9.1. MOVIMIENTO DE TIERRAS

Este apartado comprende los trabajos de excavación de las zanjas del muro de contención de los depósitos de almacenamiento, así como de las zanjas donde se enterrarán las conducciones utilizadas para el transporte de agua de protección de incendios.

La excavación de zanjas se realizará mediante medios mecánicos hasta una profundidad máxima de 1,5m y 50cm de ancho. La tierra excavada se podrá aprovechar posteriormente para la cimentación de los tanques de almacenamiento, la pavimentación y el relleno de las zanjas donde se localizarán las conducciones de la red de tuberías de agua contra incendios .

9.2. CIMENTACIÓN DE LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO

Se aborda en este epígrafe la realización del muro de contención de los cubetos de retención, dicho elemento es pieza clave para garantizar la seguridad del parque ya que en caso de accidente o derrame de cualquier depósito de almacenamiento estos muros son los encargados de retener los productos químicos.

Para su correcto diseño hay que seguir las siguientes indicaciones, comunes para todos los cubetos del parque, según las respectivas ITCs correspondientes a los productos almacenados en los tanques de los distintos cubetos:

- Evitar la construcción de los muros de contención en los siguientes lugares:
 - Lugares en los que una parte de la cimentación quede sobre roca o terreno natural y otra parte sobre relleno, o con profundidades variables de relleno, o donde haya sido preciso una preconsolidación del terreno.
 - Lugares pantanosos o con material compresible en el subsuelo.
 - Lugares de dudosa estabilidad del suelo, como consecuencia de la proximidad de cursos de agua, excavaciones profundas o grandes cargas, o en fuerte pendiente.
 - Lugares en que los tanques queden expuestos a posibles inundaciones que originarían su flotación, desplazamiento o socavado.
- Al tratarse de tanques con fondo plano, la superficie sobre la que descansa el fondo del tanque deberá quedar a 30 centímetros, como mínimo, por encima del suelo del cubeto y deberá ser impermeable al producto a contener, de forma que las posibles fugas por el fondo salgan al exterior.
- Se debe realizar la prueba hidrostática (hidráulica) que consisten en una prueba de resistencia realizada al recipiente procediendo a su completo lleno de agua.

Hay diversos procedimientos de realizar dicha prueba, en este caso se describe uno de los posibles:

Marcar en la periferia de los tanques cuatro puntos simétricos que se usaran como referencia de niveles.

Cuando el terreno sea adecuado se puede llenar el tanque hasta la mitad rápidamente; se comprobarán entonces los niveles y si no se han producido asentamientos diferenciales, se puede llenar el tanque hasta las tres cuartas partes de su capacidad, repitiendo entonces la lectura. Si el tanque sigue nivelado se termina el llenado, repitiendo las lecturas. Se deja el tanque lleno durante cuarenta y ocho horas y si los niveles se mantienen constantes se puede vaciar el tanque, teniendo la precaución de abrir una entrada de aire suficiente para evitar la deformación del mismo por vacío. Si se han instalado tanques similares en terreno semejante, en las pruebas de aquellos se pueden omitir las paradas en la mitad y tres cuartos del llenado.

Los datos sobre resistencia al esfuerzo cortante del suelo y sobre espesor de los estratos permiten establecer alturas seguras para el llenado inicial.

Para realizar dicho procedimiento de prueba se debe disponer de un sistema adecuado para llenado y vaciado. Se debe evitar la descarga junto a la propia cimentación, para no dar lugar a la erosión y el reblandecimiento del terreno circundante.

Para finalizar se procede a detallar las características del muro de contención de los cubetos de retención:

- Se dispone de una capa de hormigón de limpieza de 10cm de espesor (hormigón en masa) que se ejecuta antes del montaje de la ferralla y vertido del hormigón. Las características de este hormigón son HM-20/P/40/I.
- La riostra de cimentación será de hormigón armado HA30/B/40/IIb con dimensiones 1,0m x 0,50m.

9.3. PAVIMENTO

Solo será necesaria la pavimentación del interior de los cubetos de retención y de los cargaderos ya que el resto de la parcela se encuentra correctamente pavimentada.

El pavimento consiste en una solera de hormigón continua, con partículas metálicas y una capa de cemento CEM II/B-M 32,5R.

9.4. CERRAMIENTOS

Al igual que ocurre con la pavimentación, la parcela ya cuenta con un correcto y seguro vallado que impide el paso a ella. La valla tiene una altura superior a 2.5m por lo que cumple perfectamente con los requerimientos de los artículos relacionados con este aspecto de las tres ITCs estudiadas.

Por otro lado en el apartado 8.5 sobre la distribución en planta se ha tenido en cuenta para el correcto diseño del parque de almacenamiento las exigencias que se establecen sobre las distancias que han de guardar las diferentes instalaciones del parque con el vallado.

Por lo tanto a la hora de realizar el presupuesto solo se tendrá que incluir en la unidad de obra dedicada al cerramiento las puertas de acceso a la parcela tanto peatonales como para vehículos.

El número y ubicación de las puertas para vehículos se ha determinado en la distribución de la planta definitiva y se observa que consta de dos puertas, una para la entrada y otra para la salida de los vehículos. Éstas son correderas de dimensiones 6,0m x 2,0m.

En cuanto a las puertas peatonales su ubicación se explica en el punto 10.1 sobre la evacuación en caso de incendio. Se decide instalar 3 puertas abatibles con las características necesarias para cumplir con la función de cortafuegos.

9.4. SISTEMAS DE VENTEO Y ALIVIO DE PRESIÓN

Los sistemas de venteo y alivio de presión vienen definidos en la MIE APQ-0 como *“Sistemas diseñados para prevenir los efectos de las alteraciones de la presión interna de un recipiente de almacenamiento”*.

Los sistemas de venteo o alivio de presión se instalan para prevenir la formación de vacío o presión interna, de tal modo que se evite la deformación de los recipientes como consecuencia de las variaciones de presión producidas por efecto de los llenados, vaciados o cambios de temperatura. A su vez éstos deberán ser dirigidos hacia un lugar seguro.

La instalación de éstos sistemas es obligatoria en todos los depósitos de almacenamiento debido a que así lo exigen las 3 ITCs que rigen las características de los distintos productos químicos almacenados y éstos deben de cumplir las siguientes condiciones:

- A la hora de dimensionar las canalizaciones de estos sistemas hay que tener en cuenta que deben tener como mínimo un diámetro igual al mayor de las tuberías de llenado o vaciado, y nunca ha de ser inferior a 35mm su diámetro interior.
- En todo momento deberá evitarse, en general, la emisión a la atmósfera de vapores de líquidos inflamables, corrosivos y tóxicos y, en todo caso, controlar los niveles de emisión para cumplir la normativa vigente.

En la MIE APQ-1, además de los requerimientos que se acaban de citar, se establecen otras indicaciones suplementarias en el artículo 10. El objeto que persiguen las mismas es el correcto diseño de los sistemas venteo y por consiguiente, el cumplimiento de su función de manera eficiente. Para ello diferencia entre un venteo normal y otro de emergencia:

- Venteo normal: éste se consigue por medio de válvulas de alivio de presión/vacío con o sin apagallamas. Éstas válvulas a su vez sirven para evitar la pérdida de producto y la contaminación ambiental.
- Venteo de emergencia: éste puede ser realizado por cualquiera de los siguientes métodos:
 - Un venteo libre mayor o venteos adicionales.
 - Válvula de alivio de presión / vacío mayor o adicionales.
 - Válvula de emergencia específica.
 - Una boca de hombre con función de apertura en caso de presión interna anormal.
 - Unión débil del techo.
 - Techo flotante.

- Discos de ruptura.

Este último venteo descrito permite aliviar el exceso de presión interna causado por un fuego exterior y junto con el venteo normal serán capaces de prevenir cualquier sobrepresión que pudiera provocar la ruptura del cuerpo o fondo del recipiente.

9.5. INSTALACIONES DE CARGA Y DESCARGA

Las operaciones de carga y descarga consisten en el trasiego de productos químicos desde las unidades de transporte a los recipientes de almacenamiento o unidades de proceso y viceversa. Estas operaciones se realizan en los cargaderos, cuyas características y requisitos se exponen a continuación teniendo en cuenta los requerimientos de las distintas ITCs.

En las tres ITCs estudiadas se citan las siguientes características respecto a los cargaderos terrestres:

- Su disposición será tal que cualquier derrame accidental fluya rápidamente hacia un sumidero, situado fuera de la proyección vertical del vehículo, el cual se conectará con la red de aguas contaminadas o a un recipiente o balsa de recogidas, sin que afecte a otros puestos de carga ni otras instalaciones. Deberá evitarse que los productos derramados puedan alcanzar las redes públicas de alcantarillado.
- Los cargaderos de camiones se situarán de forma que los camiones que a ellos se dirijan o de ellos procedan puedan hacerlo por caminos de libre circulación. Los accesos serán amplios y bien señalizados.
- Los camiones cisterna se dispondrán en el cargadero de forma que puedan efectuar su salida sin necesidad de maniobra
- Los camiones cisterna que se encuentren cargando o descargando estarán frenados por calzos, cuñas o sistemas similares.
- La carga y descarga de camiones cisterna deberá realizarse con el motor del camión parado.
- Antes de iniciar la operación de carga o descarga, el personal de la instalación efectuará una comprobación visual del estado de las mangueras y conexiones.
- Se dispondrá de toma de tierra, si hay otros productos inflamables en proceso de carga y descarga, para evacuar la carga electrostática.
- Junto a cada puesto de carga o descarga existirá un conductor flexible permanentemente conectado por un extremo a la citada red de puesta a tierra y por otro a una pieza de conexión de longitud suficiente para conectar la masa de la cisterna del camión o del vagón correspondiente con anterioridad y durante las operaciones de carga y descarga, estableciendo una indicación con alarma o enclavamiento que garantice el correcto contacto de la pieza de conexión al vehículo.

A continuación se procede al diseño de las dos zonas de carga y descargas que se han determinado en la distribución en planta definitiva y que se pueden observar con más detalle en la figura 17.

Como ya se comentó el cargadero C abastece a los tanques de almacenamiento de los cubetos de retención 1 y 2 y el cargadero B a los depósitos de los cubetos 3 y 4.

El aspecto fundamental del diseño de los cargaderos consiste en la determinación de las canalizaciones que parten de ellos hacia los depósitos. A cada tanque llegan tres tipos de canalizaciones:

1. Una canalización principal por donde se transporta el producto químico.

2. Una canalización igual a la anterior que se utilizaría para transportar el producto químico en caso de fallo de la primera.
3. La última de ellas es de seguridad, se encarga del venteo y alivio de presiones que se explica en el siguiente apartado.

Todos estos conductos transcurren por una estructura aérea.

Para determinar el diámetro de los conductos de transporte de productos químicos se realizan los cálculos para el supuesto más exigentes, el llenado del producto del cuál se requiere mayor cantidad, que para el proyecto realizado es el agua oxigenada con 35m^3 .

De acuerdo a esta información se supone un camión cisterna que va a descargar 35m^3 con una velocidad de flujo de 4.5 m/s . La velocidad del fluido se ha establecido según la *NTP 365: Condiciones de seguridad en la carga y descarga de camiones cisterna* que indica que la velocidad del flujo ha de estar comprendida entre 4 y 7 m/s . Para el cálculo del caudal se considera que el camión cisterna tardará aproximadamente dos horas y medias en descargar los 35m^3 .

$$Q = \frac{\text{Volumen}}{\text{Tiempo}} = \frac{35\text{m}^3}{9000\text{s}} = 0,00389 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \quad [12]$$

Como último paso para determinar el diámetro interior de estas conducciones se aplica la ecuación de continuidad y se despeja la D:

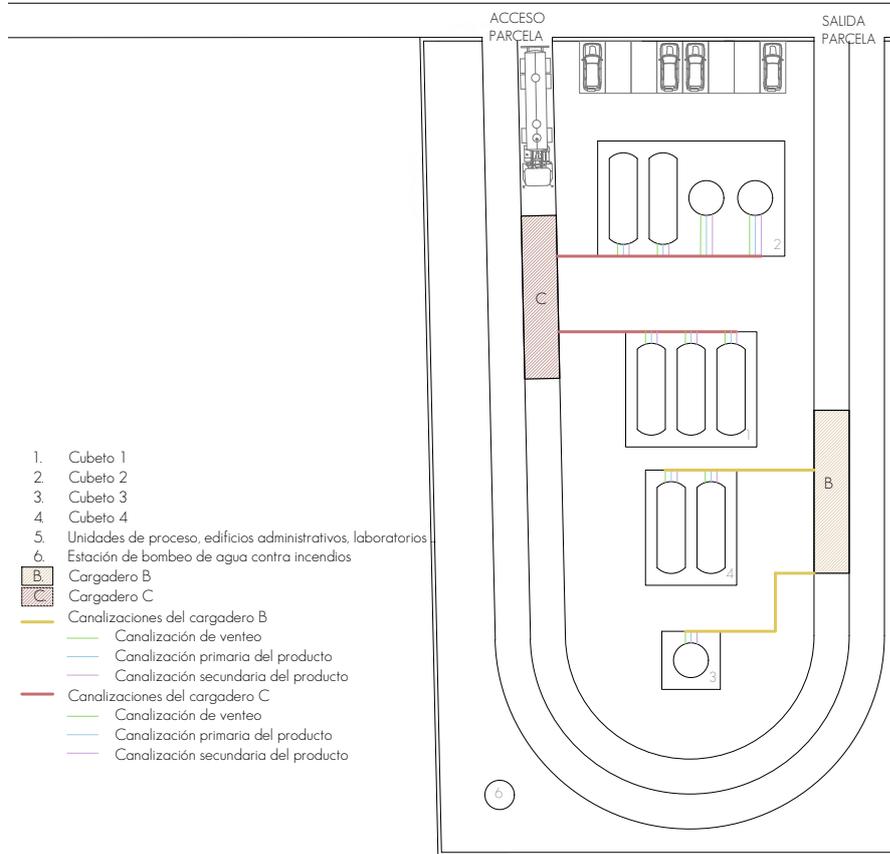
$$Q = v \times S = v \times \frac{\pi \times D^2}{4} \quad [13]$$

$$D = \sqrt{\frac{0,00389 \times 4}{\pi \times 4.5}} = 0,0332\text{m} \quad [14]$$

Definitivamente el diámetro interior comercial de estas canalizaciones, que se obtiene como el inmediatamente superior al calculado en la ecuación [14] a partir del catálogo de la empresa Tubasol, será de $39,8\text{mm}$, el cuál corresponde con el diámetro exterior de 42.4mm .

Respecto a las canalizaciones de venteo y alivio de presiones y tomando nota de lo comentado justo en el subapartado anterior, éstas tendrán un diámetro igual al de las tuberías de transporte de los productos.

Figura 17. Plano de las zonas de carga y descarga



Fuente: elaboración propia

10. INSTALACIONES DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

Este apartado aborda el diseño de las diferentes medidas de seguridad contra incendios atendiendo a lo estipulado en los siguientes Reales Decretos:

- *RD 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales*
- *RD 513/2017, de 22 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios.*

Por último consignar que también habrá que considerar ciertos requerimientos sobre la protección contra incendios de las diferentes Instrucciones Técnicas Complementarias del RD 656/2017 estudiadas a lo largo del proyecto.

Los puntos a desarrollar en los siguientes subapartados son:

- el sistema de evacuación en caso de incendio y
- las diferentes medidas necesarias para una correcta protección activa contra incendios, la cual está formada por los diferentes sistemas que permiten detectar o avisar de la existencia de un incendio, así como controlar, confinar o sofocar un incendio una vez se ha producido.

A la hora de determinar qué medidas son necesarias instalar en el parque de almacenamiento, hay que recurrir a las diferentes indicaciones que se recogen en las ITCs del RD 656/2017, estudiadas anteriormente. En éstas solo se hace referencia a la protección contra incendios en la ITC MIE APQ-1. Para realizar un diseño más completo y seguro se decide asimilar el parque de almacenamiento a un establecimiento que desarrolla su actividad en espacios abiertos en el cuál se realizan actividades de almacenamiento y aplicarle las medidas pertinentes establecidas en el RD 2267/2004, las cuales se determinan principalmente en función del nivel de riesgo intrínseco que se calcula seguidamente.

Comentar que se trataría de un proyecto específico que habría que presentar en el Servicio Territorial de Industria.

- **Nivel de riesgo intrínseco:**

Éste se obtiene en función de la densidad de carga de fuego ponderada y corregida, que se calcula mediante la siguiente fórmula, obtenida del Anexo I del RD 2267/2004, la cual es una particularización para las actividades de almacenamiento desarrolladas en el proyecto a tratar:

$$Q_s = \frac{\sum_i q_i \times C_i \times V_i \times \rho_i}{A} \times R_A \quad [15]$$

Siendo:

- Q_s : densidad de carga de fuego, ponderada y corregida, del sector o área de incendio, en MJ/m² o Mcal/m².

- q_i : poder calorífico, en MJ/kg o Mcal/kg, de cada uno de los productos (i) que existen en el sector de incendio.
- C_i : coeficiente adimensional que pondera el grado de peligrosidad (por la combustibilidad) de cada uno de los combustibles (i) que existen en el sector de incendio.
- V_i : capacidad de almacenamiento de cada uno de productos, (i), en m³.
- ρ_i : densidad, en kg/m³, de cada uno de los productos (i) que existen en el sector de incendio, obtenida de la ficha de seguridad química.
- RA: coeficiente adimensional que corrige el grado de peligrosidad (por la activación) inherente a la actividad industrial que se desarrolla en el sector de incendio, producción, montaje, transformación, reparación, almacenamiento, etc.
- A: superficie construida del sector de incendio o superficie ocupada del área de incendio, en m².

En este caso se va a considerar que todos los productos químicos almacenados afectan a la hora de calcular la densidad de carga de fuego, teniendo en cuenta las siguientes aclaraciones para la obtención de los diferentes parámetros que intervienen en la ecuación:

- La V_i es la capacidad de almacenamiento correspondiente a los depósitos de almacenamientos definitivos que se seleccionaron de la empresa BioTanks, como ya se comentó en anteriores apartados. Hay que tener en cuenta el número de depósitos de cada producto.
- q_i se determina a partir del calor calorífico que se puede encontrar en tabla 1.4 del Anexo I o en las fichas técnicas de seguridad de cada producto.
- ρ_i se obtiene de las fichas internacionales de seguridad química de cada producto.
- RA se obtienen de la tabla 1.2 del Anexo 1. Para ello se asociarán los productos químicos almacenados con los productos que intervienen en la fabricación de la cerveza, siendo RA=1
- El coeficiente de peligrosidad C_i se obtiene de la siguiente tabla. Respecto a los productos nocivos, corrosivos y sin peligros, que no aparecen especificados, se van a considerar que presenta un grado de peligrosidad bajo por lo que C_i valdrá 1.

Tabla 16. Valores del coeficiente de peligrosidad por combustibilidad

GRADO DE PELIGROSIDAD DE LOS COMBUSTIBLES

VALORES DEL COEFICIENTE DE PELIGROSIDAD POR COMBUSTIBILIDAD, C_i		
ALTA	MEDIA	BAJA
<ul style="list-style-type: none"> - Líquidos clasificados como clase A en la ITC MIE-APQ1 - Líquidos clasificados como subclase B₁, en la ITC MIE-APQ1. - Sólidos capaces de iniciar su combustión a una temperatura inferior a 100 °C. - Productos que pueden formar mezclas explosivas con el aire a temperatura ambiente. - Productos que pueden iniciar combustión espontánea en el aire a temperatura ambiente. 	<ul style="list-style-type: none"> - Líquidos clasificados como subclase B₂ en la ITC MIE-APQ1. - Líquidos clasificados como clase C en la ITC MIE-APQ1. - Sólidos que comienzan su ignición a una temperatura comprendida entre 100 °C y 200 °C. - Sólidos que emiten gases inflamables. 	<ul style="list-style-type: none"> - Líquidos clasificados como clase D en la ITC MIE-APQ1. - Sólidos que comienzan su ignición a una temperatura superior a 200 °C.
$C_i = 1,60$	$C_i = 1,30$	$C_i = 1,00$

Fuente: RD 2267/2004

- Por último la superficie ocupada del área de incendio se estima que es la parte de la parcela original que está vacía, donde en apartados anteriores se ha diseñado la distribución del parque de almacenamiento y abarca un área de 3.319,69 m².

Atendiendo a las anteriores aclaraciones, en la siguiente tabla se resumen los valores de los parámetros de los distintos productos:

Tabla 17. Parámetros para calcular la densidad de carga

Producto	C _i	q _i (Mcal/kg)	ρ (kg/m ³)	R _A	v _i (m ³)	Nº Depósitos
Agua oxigenada	1,3	6,3	1400	1	45	1
Ácido peracético	1,3	4	1200	1	40	1
Sosa cáustica	1	1,5	2130	1	40	1
Ácido fosfórico	1	1,5	1900	1	35	2
Sulfato de calcio	1	1,5	2320	1	35	1
Carbonato de calcio	1	1,5	2800	1	35	1
Sulfato de zinc	1	1,5	3800	1	35	1
Cloruro de calcio	1	1,5	2160	1	35	2

Fuente: Elaboración propia

A continuación se sustituyen estos valores en la ecuación [8] y se obtiene una densidad de carga de fuego, ponderada y corregida, del sector o área de incendio, Q_S, igual 538,6Mcal/m².

Por último se determina que el nivel de riesgo intrínseco del área de incendio es medio 5, según se establece en la tabla 1.3 del Anexo I del RD 2267/2004.

Tabla 18. Nivel de riesgo intrínseco

TABLA 1.3

Nivel de riesgo intrínseco	Densidad de carga de fuego ponderada y corregida		
	Mcal/m ²	MJ/m ²	
BAJO	1	Q _S ≤ 100	Q _S ≤ 425
	2	100 < Q _S ≤ 200	425 < Q _S ≤ 850
MEDIO	3	200 < Q _S ≤ 300	850 < Q _S ≤ 1275
	4	300 < Q _S ≤ 400	1275 < Q _S ≤ 1700
	5	400 < Q _S ≤ 800	1700 < Q _S ≤ 3400
ALTO	6	800 < Q _S ≤ 1600	3400 < Q _S ≤ 6800
	7	1600 < Q _S ≤ 3200	6800 < Q _S ≤ 13600
	8	3200 < Q _S	13600 < Q _S

Fuente: RD 2267/2004

Una vez obtenido el nivel de riesgo intrínseco del área de incendio y recordando que se trata de un establecimiento en espacio abierto, las medidas de protección activa contra incendios requeridas para este proyecto son las siguientes:

- Extintores
- Sistemas manuales de alarmas de incendios
- Red de Bocas de Incendios Equipadas, cuya instalación no es obligatoria pero se decide realizar para aumentar la seguridad.

10.1. EVACUACIÓN

El correcto desarrollo de este apartado es fundamental ya que en caso de incendio es crucial que las personas presentes en el establecimiento puedan desalojar la zona de una manera rápida y segura. Para ello hay que atender a las indicaciones del punto 6 del Anexo II, *Requisitos constructivos de los establecimientos industriales según su configuración, ubicación y nivel de riesgo intrínseco*, RD 2267/2004.

Al tratarse de un establecimiento que desarrolla su actividad en espacios abiertos (tipo D y E), a la hora de determinar el número y disposición de las salidas de emergencias se van a seguir las pautas marcadas para los establecimientos tipo B. En este caso el número de salidas viene fijado por el nivel de riesgo intrínseco, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 19. Salidas de evacuación de incendios

<i>Longitud del recorrido de evacuación según el número de salidas</i>		
Riesgo	1 salida recorrido único	2 salidas alternativas
Bajo(*)	35m(**)	50 m
Medio	25 m(***)	50 m
Alto	-----	25 m

Fuente: RD 2267/2004

Al haber un nivel de riesgo intrínseco medio se ha optado por disponer de 2 salidas de evacuación en la parcela por lo que la longitud máxima de recorrido de evación debe ser a lo sumo 50 metros. En total se instalan tres puertas peatonales y dos puertas correderas para los vehículos.

Dos de las puertas peatonales recaen directamente a la calle y la otra, para cumplir con los requisitos, recae a la nave industrial ya construida y sirve de salida de emergencia en caso de incendio. El emplazamiento de éstas se puede observar en la figura 8, en la que también se muestran algunos ejemplos de los recorridos de evacuación a seguir en caso de incendio, siempre menores a 50m.

Estas puertas deben de cumplir los siguientes condiciones establecidos por las distintas ITCs:

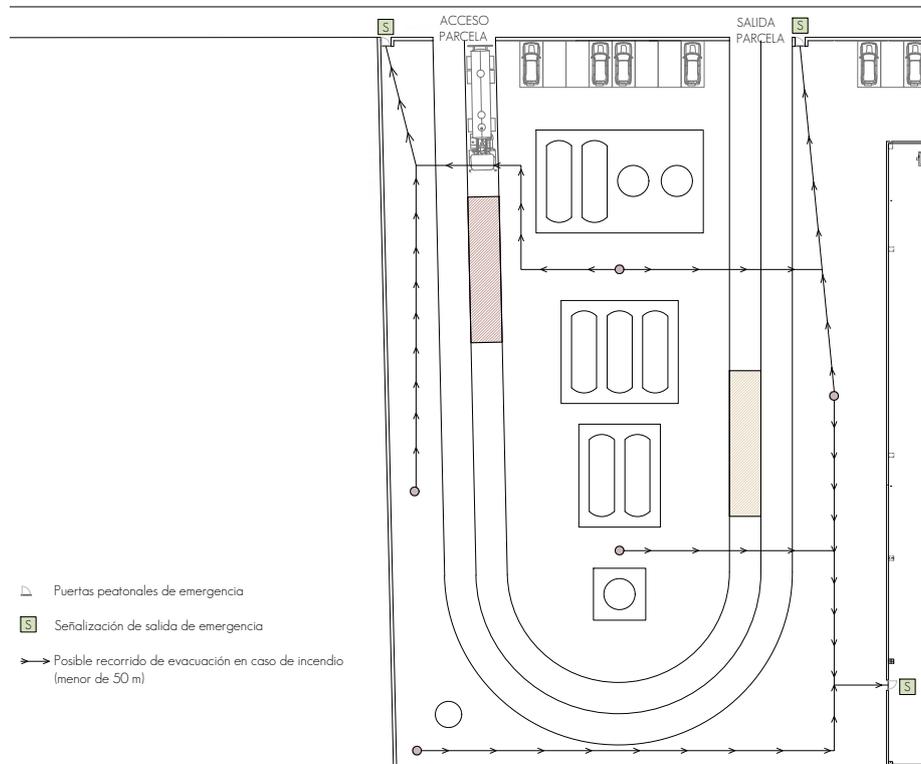
- Las puertas que se abran sobre vías exteriores deben tener un ancho suficiente o una zona adecuada de giro para que la entrada y salida de vehículos no exija maniobra. (Artículo 23 ITC MIE APQ-1)

- Las puertas se deben abrir hacia fuera, sin sobrepasar los límites de la propiedad (Artículo 15 ITC MIE APQ-6, Artículo 17 ITC MIE APQ-7)

Para finalizar, al tratarse de un establecimiento con actividad en espacios abiertos, se han de cumplir también los siguientes requisitos:

- Anchura de la franja perimetral: la altura de la pila y como mínimo 5m.
- Anchura para caminos de acceso de emergencia: 4,5m.
- Separación máxima entre caminos de emergencia: 65m.
- Anchura mínima de pasillos entre pilas: 1,5m.

Figura 18. Plano salidas de emergencias.



Fuente: Elaboración propia

10.2. EXTINTORES

Los extintores son definidos como medios de extinción manuales para intentar sofocar y controlar pequeños incendios que pueden ser utilizados por los usuarios de la planta industrial.

A continuación se va a determinar la clase, el número y la ubicación de los extintores en el parque de almacenamiento según los requerimientos exigidos por el punto 8 del Anexo III, *requisitos de las instalaciones de protección contra incendios de los establecimientos industriales*, del RD 2267/2004.

El primer paso es proceder a la identificación de la clase de fuego del sector de incendio. En este caso la clase de fuego es B, ya que sólo hay combustibles clase B (ácido peracético) y el agua oxigenada que es considerado clase C, no aporta ni mucho menos el 90% de la carga de fuego.

Una vez determinada la clase de fuego, se establece la dotación de los extintores. En este caso, al ser clase B, se realizará a través de la tabla 3.2 del Anexo III, la cuál reconoce la dotación en función del volumen de productos químicos combustibles almacenados. Particularizando a nuestro proyecto, se tiene un volumen de combustibles de 85m³, por lo que la dotación inicial de los extintores es 144B. Para obtener la definitiva hay que fijarse en la nota 1, que indica que cuando más del 50% del volumen de los combustibles líquidos, V, esté contenido en recipientes metálicos perfectamente cerrados, la eficacia mínima del extintor puede reducirse a la inmediatamente anterior de la clase B, según la Norma UNE-EN 3-7. Por lo que, finalmente, la eficiencia mínima de los extintores portátiles será 113B.

Tabla 20. Dotación de extintores portátiles por carga de fuego de clase B

VOLUMEN MÁXIMO, V (1), DE COMBUSTIBLES LÍQUIDOS EN EL SECTOR DE INCENDIO (1) (2)				
V ≤ 20				
20 < V ≤ 50				
50 < V ≤ 100				
100 < V ≤ 200				
EFICACIA MÍNIMA DEL EXTINTOR	113 B	113 B	144 B	233 B

Fuente: RD 2267/2004

Por otro lado los extintores elegidos son de polvo seco tipo ABC, ya que son los que más adecuados para la extinción de fuegos de clase B y pesarán como mínimo 6kg.

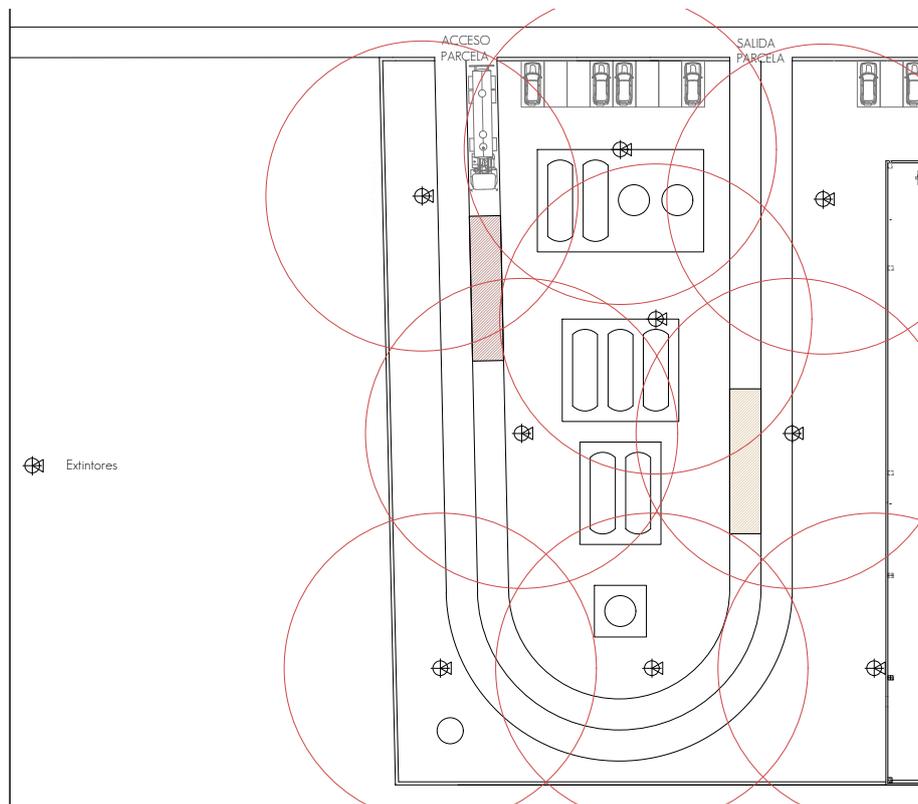
Por último se instalarán 9 extintores para cubrir perfectamente todo el área de incendio y sus ubicaciones se identifican en la figura 9. Para su correcta determinación se sigue lo establecido en el punto 8.5 del Anexo III que dice que el emplazamiento de los extintores

portátiles de incendio permitirá que sean fácilmente visibles y accesibles, estarán situados próximos a los puntos donde se estime mayor probabilidad de iniciarse el incendio y su distribución será tal que el recorrido máximo horizontal, desde cualquier punto del sector de incendio hasta el extintor, no supere 15m.

Los extintores irán anclados o en armarios dispuestos para tal anclados a los elementos constructivos y su parte superior no podrá superar 1,7 metros.

El diseño llevado a cabo de los extintores cumplen perfectamente con el artículo 29. *Extintores* de la MIE APQ-1 así como con el punto 4. *Extintores de incendio* del Anexo I. *Características e instalación de los equipos y sistemas de protección contra incendios* del RD 513/2017.

Figura 19. Plano distribución de extintores.



Fuente: Elaboración propia

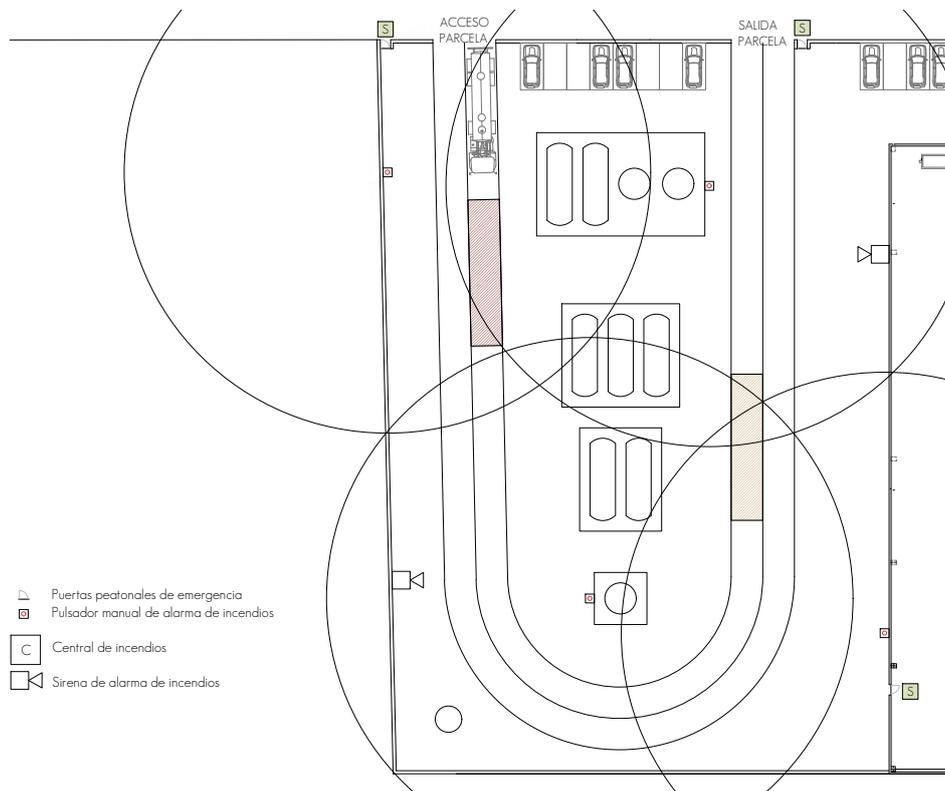
10.3. SISTEMAS MANUALES DE ALARMAS DE INCENDIOS

Los sistemas manuales de alarma de incendios están compuestos por pulsadores manuales, central de incendios y sirenas (óptico-acústicas) que comunican la alarma al sector/es de incendio.

Esta medida de protección se basa en el punto 4 del Anexo III del RD 2267/2004. Se realiza su instalación debido a que no son requeridos sistemas automáticos de detección de incendios.

Los pulsadores se situarán próximos a las salidas de evacuación del sector de incendio, y la distancia máxima a recorrer desde cualquier punto hasta alcanzar un pulsador no debe superar los 25m. En total se instalan 4 pulsadores y dos sirenas de incendios para que la señal sea audible y visual en toda la zona protegida. Su localización se puede observar en la siguiente figura:

Figura 20. Plano sistema manual de alarmas contra incendios.



Fuente: Elaboración propia

10.4. RED DE BOCAS DE INCENDIOS EQUIPADAS

La Red de Bocas de Incendios Equipadas tiene como objetivo controlar, confinar o sofocar un incendio una vez se ha producido. Para ello cuenta con los siguientes elementos, que se proceden a desarrollar en los siguientes subapartados:

- Bocas de Incendio Equipadas (BIE's)
- Red de tuberías de agua
- Depósito para abastecimiento de agua
- Grupo de bombeo

Esta instalación puede ser utilizada por el personal de la planta industrial cuando por su envergadura así se estime y/o los extintores se hayan agotado.

10.4.1. Bocas de Incendios Equipadas

Las BIE's están compuestas por un armario, una boquilla-lanza, una manguera y su respectivo soporte, un racor y un manómetro.

Se distinguen dos clases diferentes de BIE's en función del diámetro de las tuberías de alimentación, de 25mm y 45mm. Para determinar cuál de ellas se va a instalar hay que fijarse en el nivel intrínseco del establecimiento industrial según establece la siguiente tabla extraída del punto 9.2 del Anexo III del RD 2267/2004.

Tabla 21. Tipo de BIE en función del nivel de riesgo intrínseco

NIVEL DE RIESGO INTRÍNSECO DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL	TIPO DE BIE	SIMULTANEIDAD	TIEMPO DE AUTONOMÍA
BAJO	DN 25 mm	2	60 min
MEDIO	DN 45 mm*	2	60 min
ALTO	DN 45 mm*	3	90 min

Fuente: RD 2267/2004

Al presentar el establecimiento estudiado un nivel de riesgo intrínseco medio se deberán instalar BIE's de DN 45mm. El criterio de diseño será que haya 2 BIE's funcionando simultáneamente y con un tiempo de autonomía de 60 minutos. El diámetro equivalente mínimo será de de 13mm.

Para terminar de diseñar las BIE's y a la hora de determinar el número total a instalar y su ubicación se deben seguir las siguientes pautas expuestas en el punto 5. *Sistemas de bocas de incendio equipadas*, del Anexo I del RD 513/2017:

- El diámetro de 45mm condiciona que la manguera tenga que ser plana.
- Para asegurar los niveles de protección, el factor K será como mínimo de 85 al ser la manguera plana.
- La longitud máxima de la manguera plana es de 20 metros.

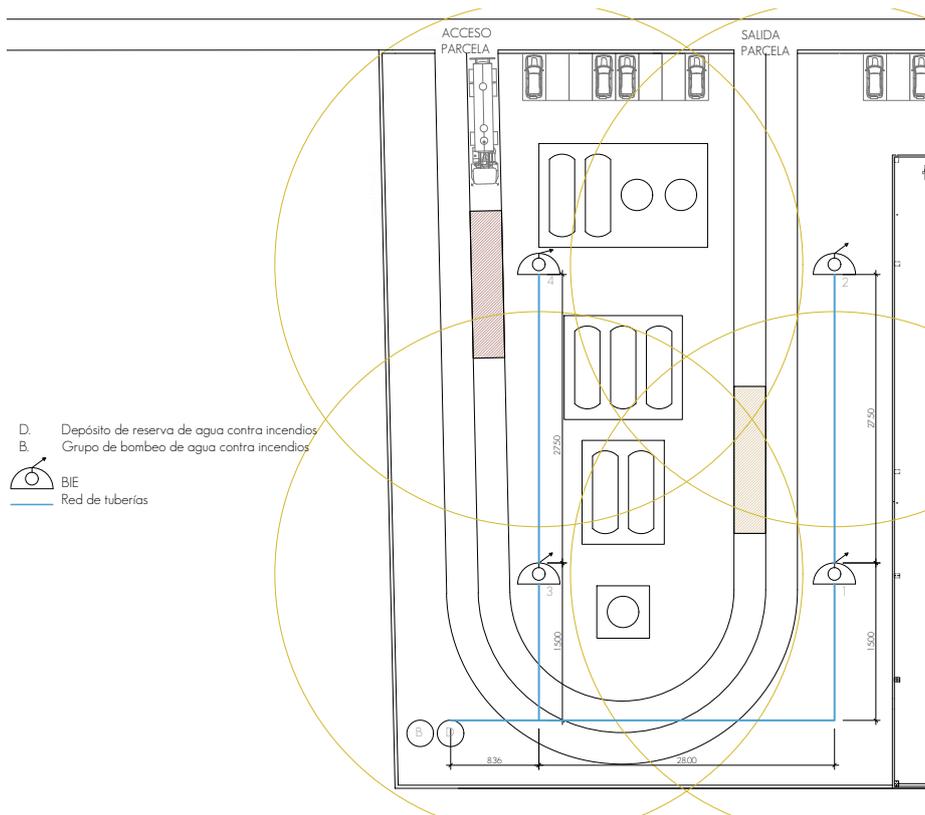
- Deberán montarse sobre un soporte rígido, de forma que la boquilla y la válvula de apertura manual y el sistema de apertura del armario, si existen, estén situadas como máximo a 1,50 m. sobre el nivel del suelo.
- El número total y distribución de las BIE's será tal que la totalidad de la superficie del sector de incendio en que estén instaladas quede cubierta por, al menos, una BIE, considerando como radio de acción de ésta la longitud de su manguera incrementada en 5m.

En este caso el radio de acción máximo será de 25m.

- La separación máxima entre cada BIE y su más cercana será de 50m.
- Se deberá mantener alrededor de cada BIE una zona libre de obstáculos que permita el acceso a ella y su maniobra sin dificultad.

Teniendo en cuenta todas las indicaciones anteriores será necesario instalar 4 BIE's para cubrir toda la superficie ocupada por el área de incendio y su localización se muestra en la Figura 11.

Figura 21. . Plano red de Bocas de Incendios Equipadas.



Fuente: Elaboración propia

10.4.2. Red de tuberías de agua

Para asegurar un correcto diseño de la red de tuberías se deberá realizar respecto a las dos BIE's hidráulicamente más desfavorables. Se ha de garantizar que estas dos funcionen correctamente durante una hora soportando una presión en punta de lanza de 2 bar como mínimo y de 5 bar como máximo, lo que supone en el circuito cerrado una presión entre 4 y 5 bar. A su vez al tratarse de BIE's de 45mm se ha de asegurar un caudal de 200 l/min en cada una de ellas.

La distancia que ha de recorrer el agua a lo largo de la red de tuberías para llegar a cada BIE es el aspecto clave para determinar cuáles son las BIE's hidráulicamente más desfavorables. Esto es debido a que cuanto más metros recorra el fluido más pérdidas de carga se generaran. En consecuencia las BIE's hidráulicamente más desfavorables serán la 1 y 2, y la distancia que el agua ha de recorrer para llegar a ellas es:

$$L_{D-1} = 8,36 + 28 + 15 = 51,36m \quad [16]$$

$$L_{1-2} = 27,50m \rightarrow L_{D-2} = 8,36 + 28 + 15 + 27,50 = 78,86m \quad [17]$$

Como último detalle respecto a la identificación de las BIE's hidráulicamente más desfavorables, no se ha tenido en cuenta la diferencia de cotas entre ellas ya que todas están a una altura de 1,5m respecto el suelo.

A continuación se procede a calcular el diámetro de las tuberías de los distintos tramos de la red, que se obtiene a partir de la ecuación de continuidad:

$$Q = v \times S = v \times \frac{\pi \times D^2}{4} \quad [18]$$

Siendo:

- Q : caudal, en m^3/s , que circula por cada BIE.
- v : la velocidad a la que circula el fluido por la tubería. Para instalaciones contra incendios se estima que está entre 1-3,5m/s, por lo que se supone una velocidad de 2,25m/s.

Aplicando estos cálculos a los diferentes tramos:

- Tramo D-1: es el que une el depósito de agua a la BIE 1 y por él circularán 400 L/min, ya que debe transportar el caudal de agua que tiene que llegar a las dos BIE's, que equivale a $0,00667m^3/s$. Por lo que su diámetro será:

$$D_{D-1} = \sqrt{\frac{0,00667 \times 4}{\pi \times 2,25}} = 0,0614m \quad [19]$$

- Tramo 1-2: es el que une las dos BIE's y por el que circularán 200l/min que equivale a $0,00333 \frac{m^3}{s}$. Por lo que su diámetro será:

$$D_{1-2} = \sqrt{\frac{0,00333 \times 4}{\pi \times 2,25}} = 0,0434m \quad [20]$$

Por último se procede a determinar el diámetro normalizado de las tuberías, que será el diámetro comercial inmediatamente superior a los calculados. Para ello se consulta el catálogo de la empresa Tubasol que nos proporciona los diámetros exteriores, a los cuales habrá que restarle el espesor ya que se ha trabajado con diámetros interiores. Finalmente éstos serán:

- $D_{D-1} = 76,1 - 3,6 = 72,5mm$ [21]
- $D_{1-2} = 48,3 - 3,2 = 45,1mm$ [22]

El resto de conducciones que transportan el agua hasta las BIE's 3 y 4 lo harán con un caudal máximo de 200 l/min, al no ser hidráulicamente desfavorables, y por lo tanto su diámetro interior será de 45,1mm como ya se ha explicitado anteriormente.

Para cerrar este apartado, comentar que la red de tuberías es subterránea debido a que cruza las vías de circulación de los vehículos y de esta forma se evitan posibles accidentes e inconvenientes con las tuberías.

10.4.3. Depósito para abastecimiento de agua

Es la fuente de abastecimiento de agua de las BIE's, por lo que se debe diseñar para que pueda aportar el caudal requerido por cada una, 200l/min, como mínimo durante 60 minutos, como ya se demostró anteriormente.

Para determinar su capacidad solamente habrá que sustituir valores en la siguiente fórmula, teniendo en cuenta que para que a la última BIE lleguen los 200l/min, deberá suministrar el depósito 400l/min, ya que al pasar por la primera BIE se disminuye el caudal en 200l/min.

$$\text{Capacidad}_{\text{depósito}} = Q_{\text{suministrado}} \times \text{tiempo}_{\text{funcionamiento}} = 400l/\text{min} \times 60\text{min} = 24.000l = 24m^3 \quad [23]$$

El último paso es determinar el depósito del catálogo de la empresa BioTanks. Se selecciona el modelo DVA-250300, que es un depósito vertical aéreo con una capacidad de 25.000l, diámetro 3m y altura 3,6m.

10.4.4. Grupo de bombeo

Para terminar con el diseño de la red de BIE's falta por concretar la bomba a instalar en el depósito que aporte la potencia necesaria para que el suministro de agua llegue a las BIE's sin problemas superando las diferentes pérdidas.

Para calcular la altura que debe proporcionar la bomba se aplica la ecuación de Bernoulli, entre el depósito de agua y la última BIE, que es el recorrido más largo y por lo tanto en el que más pérdidas habrá:

$$\frac{P_B}{\gamma} + z_B + \frac{v_B^2}{2g} + h_B = \frac{P_2}{\gamma} + z_2 + \frac{v_2^2}{2g} + h_p \quad [24]$$

Siendo:

- P_i : la presión en el punto i, en Pascal.
- γ : peso específico del fluido que, al ser agua, es 9810N/m³.
- z_i : la cota de altura en el punto i, en m.
- v_i : velocidad del fluido en el punto i, en m/s.
- g : aceleración de la gravedad, 9,81 m/s².
- h_B : altura aportada por la bomba, en mca.

- h_p : total de las pérdidas de carga generadas, en mca.

Se aplican las siguientes hipótesis:

- Al tratarse de un depósito atmosférico $P_B = 0$.
- Se supone igualdad de cotas en ambos puntos.
- La velocidad del agua en ambos puntos se considera igual.

Por lo que, finalmente, la altura que debe aportar la bomba se obtiene a partir de la siguiente simplificación de la ecuación de Bernoulli:

$$h_B = \frac{P_2}{\gamma} + h_p \quad [25]$$

Se procede a calcular las pérdidas totales, que se deben a la suma de:

- las de carga en las tuberías generadas por el roce del agua con las paredes de las mismas y
- las pérdidas de carga localizadas ocasionadas por los accesorios de la tubería.

En primer lugar se determinan las pérdidas de carga en la tubería para cada tramo y para ello se utiliza la ecuación de Darcy-Weisbach:

$$h_{fi} = \frac{8 \times f \times L}{\pi^2 \times g \times D^5} \times Q^2 \quad [26]$$

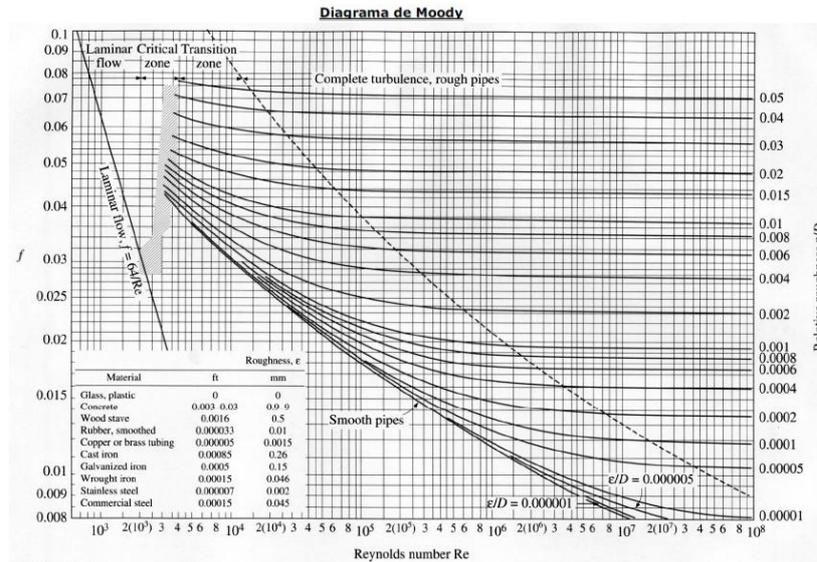
Siendo:

- h_{fi} : pérdidas de carga en cada tramo de tubería, en mca.
- L_i : longitud de cada tramo de tubería, en m.
- f_i : factor de fricción en cada tramo de tubería, adimensional.
- D_i : diámetro de cada tramo de tubería, en m.
- Q_i : caudal que circula por cada tramo de tubería, en m³/s.

Previamente ya se ha calculado la longitud, el diámetro y caudal de cada tramo. Solamente falta por calcular el factor de fricción que se va a determinar de dos formas: gráficamente a partir del diagrama de Moody y matemáticamente a través de la ecuación de Swamee y Jain.

- Cálculo de f por el diagrama de Moody.

Figura 22. Diagrama de Moody para el cálculo del factor de fricción.



Fuente: Libro "Introducción a la Mecánica de Fluidos"

El factor de fricción se representa en el eje de ordenadas. Para obtenerlo, hay que trasladar el punto de la intersección entre la curva correspondiente a la rugosidad relativa y el número de Reynolds (el cual está representado en el eje de abscisas) de cada tramo.

- La rugosidad relativa se obtiene del cociente entre la rugosidad de la tubería, ϵ , se considera 0,045mm al ser las tuberías de acero comercial, y el diámetro de cada tramo: $\frac{\epsilon}{D}$ [27]
- El número de Reynolds es un coeficiente adimensional que determina el régimen del flujo, que para conductos de sección circular se calcula como sigue:

$$Re = \frac{V \times D}{\nu} \quad [28]$$

Siendo:

- D_i : diámetro interior de cada tramo de tubería, en m.
- ν : viscosidad cinemática del fluido. Al ser agua valdrá 1csk que equivale a 1×10^{-6} m²/s.
- V_i : la velocidad media en el tramo de tubería, en m/s.

La velocidad se obtiene al sustituir en la ecuación de continuidad [11] los diámetros comerciales de cada tramo.

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\pi \times D^2} \quad [29]$$

- Cálculo de f por la ecuación de Swamee y Jain.

Ésta es una simplificación de la expresión general de Colebrook y White, que permite calcular directamente el factor de fricción. Hay que tener en cuenta que sólo es válida para flujos turbulentos (número de Reynolds superior a 400). La expresión es la siguiente:

$$f = \frac{0,25}{\left[\log \left(\frac{\varepsilon}{3,7 D} + \frac{5,74}{Re^{0,9}} \right) \right]^2} \quad [30]$$

Siendo:

- ε , rugosidad de la tubería, en m.
- D : diámetro interior de cada tramo de tubería, en m.
- Re , número de Reynolds de cada tramo de tubería, adimensional.

En la siguiente tabla se muestran los valores de los parámetros necesarios para calcular el factor de fricción en cada tramo de la red de tuberías por ambos métodos así como su valor final.

Tabla 22. Parámetros para el cálculo del factor de fricción

	ε (m)	D (m)	ε/D	Q (m ³ /s)	V (m/s)	v (m ² /s)	Re	f_{Moody}	$f_{\text{S-J}}$
Tramo B-1	$0,045 \cdot 10^{-3}$	0,0725	0,0006	0,00667	1,62	$1 \cdot 10^{-6}$	117.138	0,021	0,0205
Tramo 1-2	$0,045 \cdot 10^{-3}$	0,0451	0,001	0,00333	2,09	$1 \cdot 10^{-6}$	94.104,9	0,023	0,0225

Fuente: Elaboración propia

Se observa que la f de cada tramo es prácticamente igual por los dos métodos, para el cálculo final de la pérdidas de carga de la tubería se utiliza el de Swamee y Jain, ya que al calcularlo matemática será algo más exacto.

$$h_{fD-1} = \frac{8 \times f \times L}{\pi^2 \times g \times D^5} \times Q^2 = \frac{8 \times 0,0205 \times 51,36}{\pi^2 \times 9,81 \times 0,0725^5} \times 0,00667^2 = 1,93 \text{ mca} \quad [31]$$

$$h_{f1-2} = \frac{8 \times f \times L}{\pi^2 \times g \times D^5} \times Q^2 = \frac{8 \times 0,0225 \times 27,5}{\pi^2 \times 9,81 \times 0,0451^5} \times 0,00333^2 = 3,04 \text{ mca} \quad [32]$$

Una vez se han obtenido las pérdidas de carga de cada tramo de tubería se procede a calcular las pérdidas de carga localizadas, que en este caso se estima que son debidas a un total de 10 codos de 90° a lo largo del recorrido de la red de tuberías. Para ello se desarrolla la siguiente fórmula de pérdidas locales, producidas por un solo codo:

$$h_{L1} = K \times \frac{V^2}{2 \times g} \quad [33]$$

Siendo:

- h_L : las pérdidas de carga generadas por el codo de 90°, en mca.
- K : constante adimensional de pérdidas localizadas, para un codo de 90° de radio normal se estima en 0,8 según el libro de Mecánica de Fluidos.

- V : velocidad a la que circula el fluido a su paso por el codo

Sustituyendo valores en la ecuación se obtiene las pérdidas localizadas para cada codo:

$$h_{L1} = 0,8 \times \frac{1,61^2}{2 \times 9,81} = 0,11 \text{ mca} \quad [34]$$

En total, las pérdidas de carga generadas por los 10 codos serán:

$$h_L = 0,11 \times 10 = 1,1 \text{ mca} \quad [35]$$

Concluyendo, las pérdidas totales que se producen a lo largo del recorrido del agua desde el depósito a la BIE 2 son:

$$h_p = h_{fD-1} + h_{f1-2} + 10 \times h_L = 1,93 + 3,04 + 1,1 = 6,07 \text{ mca} \quad [36]$$

El último paso para obtener la altura que debe aportar la bomba para que el agua llegue sin problemas a la última BIE es sustituir valores en la ecuación simplificada de Bernoulli, teniendo presente que la presión de trabajo en la BIE se supone igual a 5 bar porque como ya se comentó anteriormente la presión de lanza ha de estar entre 2-5 bar y así se calcula para la situación más estricta.

$$h_B = \frac{P_2}{\gamma} + h_p = h_B = \frac{5 \times 10^5}{9,810} + 6,07 = 57,04 \text{ mca} \quad [37]$$

La potencia útil mínima que deberá aportar la bomba suministrando 400 L/min será:

$$P_{\text{útil}} = \gamma \times Q \times h_B = 9,810 \times 0,00667 \times 57,04 = 3,732,3 \text{ W} = 3,7323 \text{ kW} \quad [38]$$

Una vez determinada la altura y potencia mínima que debe aportar la bomba se elige el modelo AF 3M 32-200/11 del catálogo de la empresa Ebara Pumps Iberia, que se dedica a la fabricación de Equipos y Sistemas de Bombeo así como Grupos de Presurización de agua y Equipos Contra Incendios. Se ha seleccionado este modelo ya que se adapta perfectamente a las condiciones establecidas, aportando una altura manométrica de 60 mca con un caudal de 24m³/h.

11. INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA EL RAYO.

Un sistema de protección contra el rayo (SPCR) viene definido en la *UNE 21186:1996* como, *Protección de estructuras, edificaciones y zonas abiertas mediante pararrayos con dispositivo de cebado*, como un sistema completo que permite proteger estructuras, edificaciones y zonas abiertas contra los efectos del rayo. Consta de una instalación exterior y/o de una instalación interior de protección contra el rayo.

El artículo 24 de la MIE ITC APQ-1 establece que los almacenamiento fijos de superficie de productos inflamables deben disponer de instalación de protección contra el rayo para una segura protección en caso de descargas eléctricas atmosféricas, la cual se desarrolla y explica en este apartado.

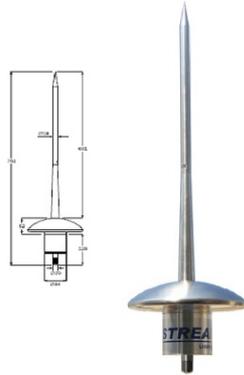
Para el correcto diseño del SPCR se han de seguir las indicaciones establecidas en la *UNE 21186:2011, Protección contra el rayo: Pararrayos con dispositivo de cebado*, así como los requerimientos del *Documento Básico de seguridad de utilización y accesibilidad*, más concretamente de la *Sección 8, Seguridad frente al riesgo causado por la acción del rayo* (SUA 8).

Comentar que hay varios métodos de SPCR que dependen de las posibilidades técnicas ofrecidas por cada sistema, el costo, lo estético de las realizaciones y la evaluación del riesgo del rayo. Por lo que hay diferentes tipos de pararrayos, de jaula de Faraday y con puntas. Dentro de los pararrayos con puntas se pueden diferenciar con dispositivos ionizantes o de cebado y sin dispositivos ionizantes.

Debido a que el establecimiento estudiado se trata de un área de almacenamiento de productos Inflamables o explosivos, dichos depósitos deben estar conectados a tierra, pero solo esta puesta a tierra no es suficiente para hacer frente a una correcta protección contra descargas atmosféricas. Por lo tanto, será necesario un pararrayos con dispositivos ionizantes. Por lo que se dispondrá de un SPCR mediante pararrayos con dispositivo de cebado.

Un pararrayos con dispositivo de cebado (PDC) está compuesto por una punta captadora, un dispositivo de cebado, un elemento de fijación y unas conexiones a los conductores de bajada. Los pararrayos con dispositivo de cebado encargados de proteger zonas abiertas, como el caso de la instalación se sitúan sobre mástiles, postes, pilares o cualquier estructura exterior al perímetro de seguridad, de manera que domine las instalaciones por proteger.

Figura 23. Pararrayos con dispositivo de cebado.



Fuente: Google

11.1. DISEÑO DEL PARARRAYOS CON DISPOSITIVO DE CEBADO

El primer paso consiste en verificar si es necesaria la instalación del pararrayos en el parque de almacenamiento, que lo será para cualquiera de las siguientes condiciones:

1. Cuando la frecuencia esperada de impactos (N_e) > el riesgo admisible (N_a)
2. Los edificios en los que se manipulen sustancias tóxicas, radioactivas, altamente inflamables o explosivas
3. Los edificios cuya altura sea superior a 43 m.

A la hora de diseñar el proyecto será obligatorio instalar un SPCR ya que en la instalación se almacenan sustancias inflamables y nocivas, pero se va a corroborar esta afirmación desarrollando seguidamente la primera condición

En primer lugar se determina la N_e y para ello se emplea la siguiente ecuación:

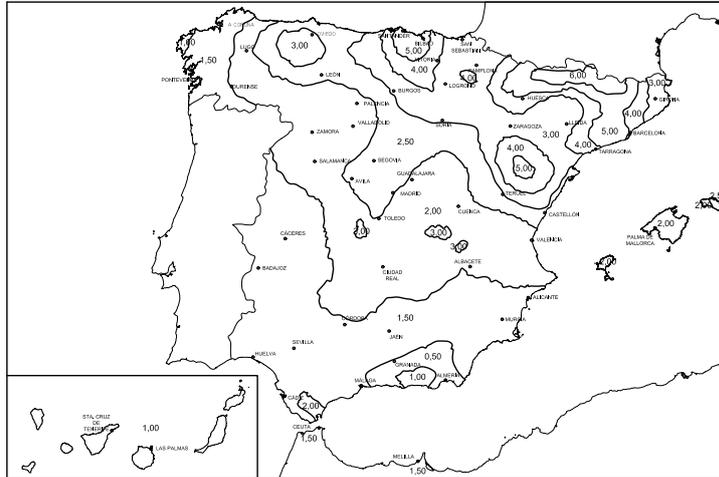
$$N_e = N_g \times A_e \times C_1 \times 10^{-6} \quad [39]$$

Siendo:

- N_g : densidad de impactos sobre el terreno (no impactos/año, km²), que depende de la situación geográfica del establecimiento y es obtenida del mapa de densidad de impactos sobre el terreno, figura 14 extraída de la SUA 8, que depende de la situación geográfica del establecimiento.

En este caso al ubicarse la parcela en en Valencia, más concretamente en Ribarroja del Turia, el valor de N_g será 2.

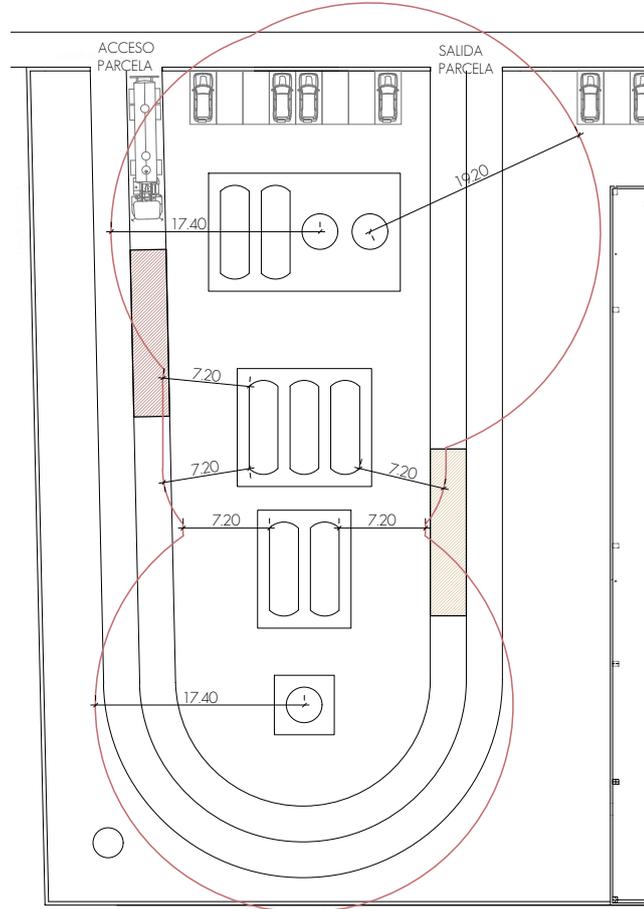
Figura 24. Mapa de densidad de impactos sobre el terreno para determinar N_g .



Fuente: SUA 8

- A_e : superficie de captura equivalente del edificio aislado en m^2 , que es la delimitada por una línea trazada a una distancia $3H$ de cada uno de los puntos del perímetro del edificio, siendo H la altura del edificio en el punto del perímetro considerado. En la siguiente figura se puede ver el plano a través del cual se ha calculado gráficamente esta superficie, igual a $2316,92m$, a través de aplicar radios de distancia $3H$ a las distintas instalaciones, teniendo en cuenta las diferentes aturas de los depósitos.

Figura 25. Superficie de captura equivalente, A_e .



Fuente: Elaboración propia

- C_1 : coeficiente relacionado con el entorno, que se obtiene a partir de la tabla 37. Toma el valor de 0,5 ya que la altura máxima del parque de almacenamiento es de 6,4m correspondiente al depósito vertical de agua oxigenada y los edificios próximos tienen una altura comprendida entre 10 y 15 metros.

Tabla 23. Determinación del coeficiente C_1

Tabla 1.1 Coeficiente C_1	
Situación del edificio	C_1
Próximo a otros edificios o árboles de la misma altura o más altos	0,5
Rodeado de edificios más bajos	0,75
Aislado	1
Aislado sobre una colina o promontorio	2

Fuente: SUA 8

Se procede a sustituir los valores en la ecuación:

$$N_e = N_g \times A_e \times C_1 \times 10^{-6} = 2 \times 2316,92 \times 0,5 \times 10^{-6} = 2,32 \times 10^{-3} \quad [40]$$

Por otro lado N_a se determina según la siguiente expresión:

$$N_a = \frac{5,5}{C_2 \times C_3 \times C_4 \times C_5} \times 10^{-3} \quad [41]$$

Siendo:

- C_2 : coeficiente en función del tipo de construcción, valdrá 0,5 al tratarse de estructuras y cubiertas metálicas, conforme a la tabla 38.

Tabla 24. Determinación del coeficiente C_2

	Cubierta metálica	Cubierta de hormigón	Cubierta de madera
Estructura metálica	0,5	1	2
Estructura de hormigón	1	1	2,5
Estructura de madera	2	2,5	3

- C_3 : coeficiente en función del contenido del edificio, al almacenar productos inflamables su valor será 3, según la tabla 39:

Tabla 25. Determinación del coeficiente C_3

Edificio con contenido inflamable	3
Otros contenidos	1

Fuente: SUA 8

- C_4 : coeficiente en función del uso del edificio, toma el valor de 1 al considerar el parque de almacenamiento en resto de edificios según la tabla 40:

Tabla 25. Determinación del coeficiente C_4

Edificios no ocupados normalmente	0,5
Usos Pública Concurrencia, Sanitario, Comercial, Docente	3
Resto de edificios	1

Fuente: SUA 8

- C_5 : coeficiente en función de la necesidad de continuidad en las actividades que se desarrollan en el edificio. En este caso vale 5 según la tabla 41, ya que un accidente con

los productos químicos tratados en la planta puede ocasionar un impacto ambiental grave.

Tabla 26. Determinación del coeficiente C_5

Edificios cuyo deterioro pueda interrumpir un servicio imprescindible (hospitales, bomberos, ...) o pueda ocasionar un impacto ambiental grave	5
Resto de edificios	1

Fuente: SUA 8

Por último se sustituyen valores en la ecuación [41] para obtener N_a :

$$N_a = \frac{5,5}{C_2 \times C_3 \times C_4 \times C_5} \times 10^{-3} = N_a = \frac{5,5}{0,5 \times 3 \times 1 \times 5} \times 10^{-3} = 7,33 \times 10^{-4} \quad [42]$$

Atendiendo a los valores obtenidos de N_e y N_a se reafirma que será necesario la instalación de un SPCR al cumplirse tanto la condición 3, como la condición 1:

$$N_e = 2,32 \times 10^{-3} > 7,33 \times 10^{-4} = N_a \quad [43]$$

Una vez se ha demostrado que se debe instalar un pararrayos se procede a determinar la eficiencia E y el correspondiente nivel de protección.

La eficacia E requerida para el SPCR se determina mediante la siguiente fórmula:

$$E = 1 - \frac{N_a}{N_e} = 1 - \frac{7,33 \times 10^{-4}}{2,32 \times 10^{-3}} = 0,68 \quad [44]$$

En función de la eficiencia se establece un nivel de protección 4, según establece la siguiente tabla.

Tabla 27. Determinación del nivel de protección en función de la eficiencia

Eficiencia requerida	Nivel de protección
$E \geq 0,98$	1
$0,95 \leq E < 0,98$	2
$0,80 \leq E < 0,95$	3
$0 \leq E < 0,80$ ⁽¹⁾	4

⁽¹⁾ Dentro de estos límites de eficiencia requerida, la instalación de protección contra el rayo no es obligatoria.

Fuente: SUA 8

11.1.1. Características de las instalaciones de protección frente al rayo

Para este apartado se siguen las indicaciones del Anejo B del Documento Básico SUA 8. En el cuál se explican las medidas a tomar para diseñar las diferentes partes de un SPCR, que son un sistema externo, un sistema interno y una red de tierra. Antes de empezar con el diseño de las partes recordar que se trata de un pararrayos con dispositivo de cebado, por lo que tendrá una requisitos específicos.

- **Sistema externo.** Lo constituyen unos dispositivos captadores y unos derivadores o conductores de bajada.

- Diseño de la instalación de dispositivos captadores:
El aspecto fundamental de este punto es determinar el volumen protegido por el pararrayos que se define como: bajo el plano horizontal situado 5 m por debajo de la punta, el volumen protegido es el de una esfera cuyo centro se sitúa en la vertical de la punta a una distancia D y cuyo radio es (en la figura:

$$R = D + \Delta L \quad [45]$$

Siendo

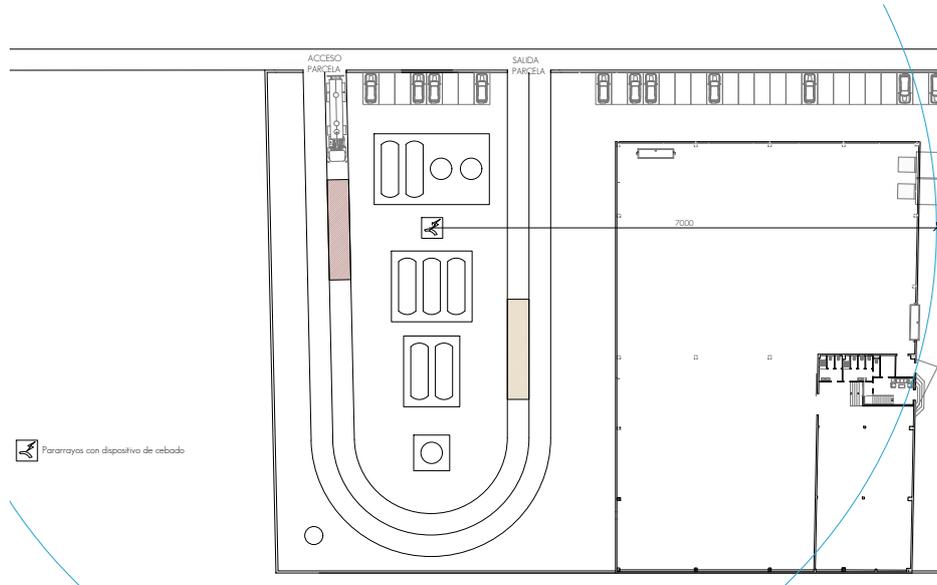
- R : el radio de la esfera, en metros, que define la zona protegida. Es el radio de protección.
- D : distancia de cebado, en metros. En este caso como las instalaciones a proteger son de escasa altura, se establece una D de 10m.
- ΔL : distancia, en metros, función del tiempo del avance en el cebado Δt del pararrayos en μs . Se adoptará $\Delta L = \Delta t$ para valores de Δt inferiores o iguales a $60\mu s$, y $\Delta L = 60m$ para valores de Δt superiores. Se adopta la situación máxima y se establece que $\Delta L = 60m$.

Finalmente se sustituyen valores en la ecuación [45] y se obtiene un radio de protección de:

$$R = D + \Delta L = 10 + 60 = 70m \quad [46]$$

En la siguiente figura se puede ver donde se ubica el pararrayos en el parque de almacenamiento con su respectivo radio de protección, quedando demostrado que se cubre toda la zona de riesgo.

Figura 26. Ubicación del pararrayos.

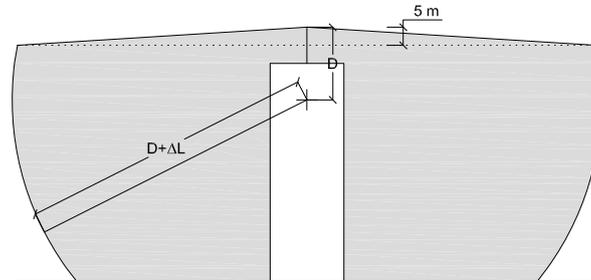


Fuente: Elaboración propia

El último aspecto a tratar referido al volumen protegido es el del volumen que quedaría por encima de este plano que sería el de un cono definido por la punta de captación y el círculo de intersección entre este plano y la esfera.

A continuación se muestra gráficamente el concepto del volumen protegido por el pararrayos para una mejor comprensión.

Figura 27. Volumen protegido por pararrayos con dispositivo de cebado.



Fuente: SUA 8

- Diseño de los derivadores o conductores de bajada
Los derivadores conducirán la corriente de descarga atmosférica desde el dispositivo captador a la toma de tierra, con el objetivo de evitar calentamientos y sin elevaciones de potencial que pudieran llegar a ser peligrosos, para que esto sea así a de tenerse en cuenta que:
 - a) al menos un conductor y un mínimo de dos cuando la proyección horizontal del conductor sea superior a su proyección vertical o cuando la altura de la estructura que se protege sea mayor que 28 m;
 - b) longitudes de las trayectoria sean lo más reducidas posible;
 - c) requiriéndose de conexiones equipotenciales entre los derivadores a nivel del suelo y cada 20 metros.
 Todos los elementos que constituyen la instalación han de estar adecuadamente protegidos y han de posicionarse por donde menor sea la probabilidad de electrocución.
- **Sistema interno**
 - El sistema interno está compuesto por todos aquellos dispositivos que reducen los efectos eléctricos y magnéticos provenientes de la corriente descargada por el impacto de un rayo en el perímetro de espacio que ha de proteger la instalación.
 - Este sistema interno habrá de unir la estructura metálica protegida, toda la instalación metálica, los elementos conductores externos disponibles, los circuitos eléctricos y de telecomunicación de la instalación y el sistema externo de protección si lo hubiera, con conductores de equipotencialidad o protectores de sobretensiones a la red de tierra.
- **Red de tierra**
La red de tierra será la adecuada para dispersar en el terreno la corriente de las descargas atmosféricas producida por los efectos de la caída de un rayo en las proximidades de la instalación industrial.

Basándose en todo lo desarrollado en este apartado se decide seleccionar el modelo PDC-S1 de la empresa PSR dedicada a la fabricación, venta, instalación y revisión de pararrayos y de sistemas de protección contra el rayo en toda su extensión. Este modelos tiene una altura de mástil de 6m, un radio de acción de 96m para un nivel de protección 4 (cumple perfectamente con el diseñado previamente) y una eficiencia del 80%. Dicho modelo se pueda observar en el catálogo que se adjunta en el Anejo 1.

12. INSTRUCCIONES PARA EL USO, CONSERVACIÓN Y SEGURIDAD DE LA INSTALACIÓN

En este apartado se establecen las normas que se han de seguir para que el parque de almacenamiento sea un lugar seguro y eficiente a la hora de trabajar así como para su correcta conservación y mantenimiento.

En las diferentes ITCs estudiadas a lo largo del TFG se establecen las principales instrucciones para conseguir los objetivos que se acaban de citar entre las que destacan principalmente las siguientes:

- Una correcta y específica formación del personal de la planta de almacenamiento sobre las propiedades de los productos químicos a almacenar y los riesgos que ellos conllevan, la manera de actuar en caso de accidente, derrame o fuga de los productos y la forma de usar las instalaciones de seguridad y los equipos de protección individual.
- Una correcta ventilación de los depósitos de almacenamiento y de las instalaciones de carga y descarga.
- Instalación de duchas y lavajos en las inmediaciones de los lugares de trabajo, sobre todo próximas a las zonas de carga y descarga.
- Se debe de llevar a cabo un adecuado plan de mantenimiento que incluya revisiones periódicas del buen estado y disponibilidad de las instalaciones de seguridad, instalaciones de almacenamiento, equipos de protección individual, equipos y sistemas de protección contra incendios y duchas y lavajos.
- Para las revisiones la empresa ha de designar un responsable, que puede ser un propio trabajador de la empresa o ajeno a ella.

13. CONCLUSIONES

A lo largo de este TFG, tras analizar las necesidades planteadas por la empresa, profundizar en el conocimiento de los productos químicos a albergar en las instalaciones y estudiar la normativa aplicable a este proyecto, se ha procedido a plantear distintas alternativas para la realización de un parque de almacenamiento de los referidos productos. Finalmente, atendiendo a la consecución de eficiencia y viabilidad en su ejecución y posterior mantenimiento y cumpliendo los requisitos técnicos y normativos de seguridad, se opta por la realización de un diseño cuyas instalaciones, planos e instrucciones de uso se detallan en este trabajo, siendo el presupuesto final de 209.626,56 euros.

Una vez finalizado el desarrollo de este TFG, me gustaría expresar, en primer lugar, algunas de mis opiniones respecto a este tipo de trabajos, que se han corroborado ampliamente a lo largo de su ejecución. Considero que es un muy buen vehículo para enlazar el mundo académico y el mundo de la actividad profesional, un folio en blanco en el que plasmar un trabajo de documentación, búsqueda de fuentes teóricas, prácticas y normativas, cálculos, diseños y contactos con profesionales en ejercicio. Por experiencia propia, he comprobado que este trabajo se complementa perfectamente con las prácticas en empresa y que ambos suponen un primer acercamiento a la nueva realidad a la que nos tendremos que enfrentar los estudiantes en fechas no muy lejanas.

14. BIBLIOGRAFÍA

Normativa consultada.

Real Decreto 656/2017, de 23 de junio, Reglamento de Almacenamiento de Productos Químicos y sus Instrucciones Técnicas Complementarias MIE APQ 0 a 10.

- ITC MIE APQ-0 “Definiciones generales”
- ITC MIE APQ-1 “Almacenamiento de líquidos inflamables y combustibles en recipientes fijos”
- ITC MIE APQ-6 “ Almacenamiento de líquidos corrosivos en recipientes fijos”
- ITC MIE APQ-7 “ Almacenamiento de líquidos tóxicos en recipientes fijos”

Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales

Real Decreto 513/2017, de 22 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios.

Monografías.

Guía para la Aplicación del Sistema de Análisis de Riesgos y Control de Puntos Críticos (ARCPC). Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) Junio, 1999.

Almacenamiento de productos químicos. Orientaciones para la identificación de los requisitos de seguridad en el almacenamiento de productos químicos peligrosos. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Sanz Albert, Fernando Centro Nacional de Nuevas Tecnologías (CNCT). INSHT

Recursos Web.

Monografías:

- Reglamento sobre vehículos pesados, prioritarios, especiales, de transporte de personas y mercancías y tramitación Administrativa. Ministerio del Interior. Dirección General de Tráfico. Subdirección Adjunta de Conocimiento Vial.
<http://www.dgt.es/Galerias/seguridad-vial/formacion-vial/cursos-para-profesores-y-directores-de-autoescuelas/XVIII-Curso-de-Profesores/Reglamentacion-vehiculos-pesados.pdf>
- Notas técnicas (BEI) Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT).
<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/NTP/NTP/Ficheros/1031a1042/NTP%201035.pdf>
- Inspección y Seguridad en el transporte. Ministerio de Fomento.
http://www.fomento.gob.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/DIRECCIONES_GENERALES/TRANSPORTE_TERRESTRE/IGT/PESO/medidas/ANCHURA_MAX.htm.
- Guía para la Aplicación del Sistema de Análisis de Riesgos y Control de Puntos Críticos (ARCPC). Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) Junio, 1999.

Tablas riesgo intrínseco:

- http://www.tecnifuego-aespi.org/recursos/arxiu/20100317_0955Anexo_IDES.pdf
- https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_iir-bc-inf-04-09.pdf

Cálculo de tuberías.

- http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/4917/fichero/PFC_JUAN_S_AGUILERA_BLANCO%252FTOMO+I%252FDOCUMENTO+1_MEMORIA+DESCRIPTIVA+Y+ANEXOS%252FANEXOS%252F1.2_ANEXO+B+CALCULO+BIE.pdf

Fichas internacionales de seguridad química. Ministerio de trabajo, migraciones y seguridad social. Instituto Nacional de Seguridad, Salud y Bienestar en el Trabajo.

- Ácido fosfórico:
<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/FISQ/Ficheros/1001a1100/nspn1008.pdf>
- Ácido peracético:
<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/FISQ/Ficheros/1001a1100/nspn1031.pdf>
- Agua oxigenada:
<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/FISQ/Ficheros/101a200/nspn0164.pdf>
- Carbonato cálcico:
<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/FISQ/Ficheros/1101a1200/nspn1193.pdf>
- Cloruro de Calcio:
<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/FISQ/Ficheros/1101a1200/nspn1184.pdf>
- Sosa Caústica (Hidrato de sodio):
<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/FISQ/Ficheros/301a400/nspn0360.pdf>
- Sulfato de calcio dihidratado:
<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/FISQ/Ficheros/1720a1742/icsc1734.PDF>
- Sulfato de cinc:
<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/FISQ/Ficheros/1680a1700/1698.pdf>

Páginas web de empresas proveedoras consultadas

Proveedores de Depósitos:

- <http://www.miraplas.com/images/catalogo-MIRAPLAS.pdf>
- <http://biotanks.es/wp-content/uploads/2016/12/catalogo-biotanks-2017.pdf>

Proveedores de extintores:

- <http://nosoloextintores.com/noticias/tipos-de-fuegos-y-diferencias-entre-extintores-abc-y-co2/>
- <https://www.comprarextintoresbaratos.es/precio-extintores-polvo-abc/extintor-12-kg-polvo-abc-52.html>

Proveedores de Bombas de agua.

- http://ebara.es/wp-content/uploads/2015/03/cat_incendio.pdf

Proveedores de Pararrayos

- http://psr.es/wp-content/uploads/2016/05/PSR-TARIFA-2016_Sin-Precios_v1.pdf

Proveedores de Tuberías

- [http://www.grupohastinik.com/catalogos/Catalogo_Tubasol_General-\(10-13\).pdf](http://www.grupohastinik.com/catalogos/Catalogo_Tubasol_General-(10-13).pdf)

BIES

- <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/NTP/NTP/Ficheros/1031a1042/NTP%201035.pdf>
- https://prevencion.asepeyo.es/wp-content/uploads/P1E08010-Gu%C3%ADa-Bocas-de-incendio-equipadas_Asepeyo.pdf

Fabricación de Cerveza:

- <http://elaboracionindustrialcerveza.blogspot.com/2009/02/elaboracion-industrial-de-cerveza.html>
- <https://www.mahou-sanmiguel.com/es-es/cultura-cervecera/historia-de-la-cerveza.html>
- http://www.nutricion.org/publicaciones/pdf/haccp_cerveza.pdf
- <http://www.bavaria.co/cerveza/clases-de-cerveza-bavaria>
- <http://www.cervezagregados.com/iniciacion-y-elaboracion-de-cerveza-artesana-limpieza-y-desinfeccion/>
- <https://www.impcerveceros.com.ar/adjuntos>
- <http://cerveceros-caseros.com/index.php>

B.- PRESUPUESTOS

IV - V Mediciones y Presupuesto

Proyecto de almacén de productos químicos de una industria de elaboración de cerveza en la localidad de Ribarroja del Turia (Valencia)

Proyecto: Proyecto de almacén de productos químicos de una industria de elaboraci...
Promotor:
Situació...

IV - V Mediciones y Presupuesto

Capítulo nº 1 MOVIMIENTO DE TIERRAS

Nº	Ud	Descripción	Medición			Precio	Importe	
1.1	1.1	M3 Excavación en zanja y/o pozos en roca, con medios mecánicos, incluso carga sobre camión de los productos resultantes de la excavación.						
			Uds.	Largo	Ancho	Profundidad	Parcial	Subtotal
		Excavación zanjas muro de contención del cubeto 1 [A*B*C*D]	1	42,200	0,500	1,100	23,210	
		Excavación zanjas muro de contención del cubeto 2 [A*B*C*D]	1	51,760	0,500	1,100	28,468	
		Excavación zanjas muro de contención del cubeto 3 [A*B*C*D]	1	20,000	0,500	1,100	11,000	
		Excavación zanjas muro de contención del cubeto 4 [A*B*C*D]	1	35,400	0,500	1,100	19,470	
		Excavación zanjas red de tuberías contra incendios [A*B*C*D]	1	93,360	0,300	0,500	14,004	
							96,152	96,152
		Total m3 :		96,152			24,18 €	2.324,96 €
1.2	1.2	M3 Relleno localizado en zanjas con productos seleccionados procedentes de la excavación y/o de prestamos, extendido, humectación y compactación en capas de 20 cm. de espesor, con un grado de compactación del 95% del proctor modificado.						
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
		Relleno de la zanja para red de tuberías de incendios [A*B*C*D]	1	93,360	0,300	0,500	14,004	
							14,004	14,004
		Total m3 :		14,004			2,75 €	38,51 €
Parcial nº 1 MOVIMIENTO DE TIERRAS :							2.363,47 €	

Proyecto: Proyecto de almacén de productos químicos de una industria de elaboraci...
Promotor:
Situació...

IV - V Mediciones y Presupuesto

Capítulo nº 2 CIMENTACIONES

Nº	Ud	Descripción	Medición			Precio	Importe	
2.1	2.1	M3 Hormigón en masa HM-20/B/40A, DE 20 N/mm2., consistencia blanda, T máx. 40 mm., para ambiente normal, elaborado en central en relleno de encepados de cimentación, incluso vertido por medios manuales, vibrado, curado y colocado. Según EHE.						
			Uds.	Largo	Ancho	Espe sor	Parcial	Subtotal
		Capa de hormigón de limpieza para el muro de contención del cubeto 1 [A*B*C*D]	1	42,200	0,500	0,100	2,110	
		Capa de hormigón de limpieza para el muro de contención del cubeto 2 [A*B*C*D]	1	51,760	0,500	0,100	2,588	
		Capa de hormigón de limpieza para el muro de contención del cubeto 3 [A*B*C*D]	1	20,000	0,500	0,100	1,000	
		Capa de hormigón de limpieza para el muro de contención del cubeto 4 [A*B*C*D]	1	35,400	0,500	0,100	1,770	
							7,468	7,468
		Total m3 :		7,468		55,51 €		414,55 €
2.2	2.2	M3 Hormigón armado HA-30/B/40/11a, de 30 N/mm2., consistencia blanda, T máx. 40 mm., para ambiente humedad alta, elaborado en central en relleno de encepados de pilotes de cimentación, incluso armadura (60 kg/m3.), encofrado y desencofrado, vertido con grúa, vibrado, curado y colocado. Según EHE.						
			Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
		Cimentación para el muro de contención del cubeto 1 [A*B*C*D]	1	42,200	0,500	1,000	21,100	
		Cimentación para el muro de contención del cubeto 2 [A*B*C*D]	1	51,760	0,500	1,000	25,880	
		Cimentación para el muro de contención del cubeto 3 [A*B*C*D]	1	20,000	0,500	1,000	10,000	
		Cimentación para el muro de contención del cubeto 4 [A*B*C*D]	1	35,400	0,500	1,000	17,700	
							74,680	74,680
		Total m3 :		74,680		263,27 €		19.661,00 €
Parcial nº 2 CIMENTACIONES :							20.075,55 €	

Proyecto: Proyecto de almacén de productos químicos de una industria de elaboraci...
Promotor:
Situació...

IV - V Mediciones y Presupuesto

Capítulo nº 3 PAVIMENTOS

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe		
3.1	E10CCT100	M2 Pavimento continuo con partículas metálicas en color gris sobre solera de hormigón o forjado, sin incluir éstos, con acabado monolítico incorporando 3 kg. de partículas metálicas y 1,5 kg. de cemento CEM II/B-M 32,5 R, i/replanteo de solera, encofrado y desencofrado, colocación del hormigón, regleado y nivelado de solera, fratasado mecánico, incorporación capa de rodadura, enlizado y pulimentado, curado del hormigón, aserrado de juntas y sellado con masilla de poliuretano de elasticidad permanente, medido en superficie realmente ejecutada.					
			Uds.	Largo	Ancho	Parcial	Subtotal
		Cimentación cubeto 1 [A*B*C]	1	11,200	9,900	110,880	
		Cimentación cubeto 2 [A*B*C]	1	15,980	9,900	158,202	
		Cimentación cubeto 3 [A*B*C]	1	5,000	5,000	25,000	
		Cimentación cubeto 4 [A*B*C]	1	7,800	9,900	77,220	
		Cimentación cargadero B [A*B*C]	1	14,000	3,000	42,000	
		Cimentación cargadero C [A*B*C]	1	14,000	3,000	42,000	
						455,302	455,302
		Total m2 :		455,302		5,98 €	2.722,71 €
							Parcial nº 3 PAVIMENTOS : 2.722,71 €

Proyecto: Proyecto de almacén de productos químicos de una industria de elaboraci...
Promotor:
Situació...

IV - V Mediciones y Presupuesto

Capítulo nº 4 CERRAMIENTO

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe	
4.1	4.1	Ud Puerta metálica cortafuegos de una hoja pivotante de 1,00x2,10 m., homologada RF-120, construida con dos chapas de acero electrozincado de 0,80 mm. de espesor y cámara intermedia de material aislante ignífugo, sobre cerco abierto de chapa de acero galvanizado de 1,20 mm. de espesor, con siete patillas para fijación a obra, cerradura embutida y cremallera de cierre automático, elaborada en taller, ajuste y fijación en obra, incluso acabado en pintura epoxi polimerizada al horno (sin incluir recibido de albañilería).				
			Total ud :	3,000	422,93 €	1.268,79 €
4.2	4.2	Ud Puertas para vehículos (correderas) de dimensiones 6,0 m x 2,0 m.				
			Total Ud :	2,000	853,58 €	1.707,16 €
						Parcial nº 4 CERRAMIENTO : 2.975,95 €

Proyecto: Proyecto de almacén de productos químicos de una industria de elaboraci...
Promotor:
Situació...

IV - V Mediciones y Presupuesto

Capítulo nº 5 CANALIZACIONES CARGADEROS

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
5.1	E03CPC010 M.	Tubería colgada de PVC liso de saneamiento, de unión en copa lisa pegada, de 40 mm. de diámetro interior, colocada colgada mediante abrazaderas metálicas, incluso con p.p. de piezas especiales en desvíos y con p.p. de medios auxiliares y de ayudas de albañilería.			
			Uds.	Largo	Parcial Subtotal
		Canalizaciones del cargadero C al primer depósito de Cloruro de Calcio del cubeto 1 [A*B]	3	8,900	26,700
		Canalizaciones del cargadero C al segundo depósito de Cloruro de Calcio del cubeto 1 [A*B]	3	12,300	36,900
		Canalizaciones del cargadero C al depósito de Sulfato de Zinc del cubeto 1 [A*B]	3	15,700	47,100
		Canalizaciones del cargadero C al primer depósito de Ácido Fosfórico del cubeto 2 [A*B]	3	6,660	19,980
		Canalizaciones del cargadero C al segundo depósito de Ácido Fosfórico del cubeto 2 [A*B]	3	10,060	30,180
		Canalizaciones del cargadero C al depósito de Sosa Cáustica del cubeto 2 [A*B]	3	16,260	48,780
		Canalizaciones del cargadero C al depósito de Agua Oxigenada del cubeto 2 [A*B]	3	20,440	61,320
		Canalizaciones del cargadero B al depósito de Ácido Peracético del cubeto 3 [A*B]	3	16,500	49,500
		Canalizaciones del cargadero B al depósito de Sulfato de Calcio del cubeto 4 [A*B]	3	9,900	29,700
		Canalizaciones del cargadero B al depósito de Carbonato de Calcio del cubeto 4 [A*B]	3	13,200	39,600
					389,760 389,760
		Total m. :	389,760	11,86 €	4.622,55 €
		Parcial nº 5 CANALIZACIONES CARGADEROS :			4.622,55 €

Proyecto: Proyecto de almacén de productos químicos de una industria de elaboraci...
Promotor:
Situació...

IV - V Mediciones y Presupuesto

Capítulo nº 6 DEPÓSITOS DE ALMACENAMIENTO

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
6.1	6.1	U Depósito atmosférico vertical de capacidad 45m3 para el almacenamiento de productos químicos.			
		Total U :	1,000	8.500,00 €	8.500,00 €
6.2	6.2	U Depósito atmosférico vertical de capacidad 4m3 para el almacenamiento de productos químicos.			
		Total U :	2,000	7.300,00 €	14.600,00 €
6.3	6.3	U Depósito atmosférico horizontal de capacidad 35m3 para el almacenamiento de productos químicos.			
		Total U :	7,000	9.700,00 €	67.900,00 €
Parcial nº 6 DEPÓSITOS DE ALMACENAMIENTO :					91.000,00 €

Proyecto: Proyecto de almacén de productos químicos de una industria de elaboraci...
Promotor:
Situació...

IV - V Mediciones y Presupuesto

Capítulo nº 7 INSTALACIONES DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
7.1	7.1	Ud Extintor de polvo químico ABC polivalente antibrasa de eficacia 34A/113B, de 6 kg. de agente extintor, con soporte, manómetro comprobable y boquilla con difusor. Medida la unidad instalada.			
		Total ud :	9,000	56,40 €	507,60 €
7.2	7.2	Ud Armario metálico para extintor 6/12 kgs., con marco fijo y cristal para romper. Medida la unidad instalada.			
		Total ud :	9,000	45,63 €	410,67 €
7.3	7.3	Ud Pulsador de alarma. Medida la unidad instalada.			
		Total ud :	4,000	36,49 €	145,96 €
7.4	7.4	Ud Sirena electrónica bitonal, con indicación óptica y acústica. Medida la unidad instalada.			
		Total ud :	2,000	100,22 €	200,44 €
7.5	7.5	Ud Central de detección y extinción automática de incendios, más módulo master 4 salidas, con cuatro zonas de detección y dos de extinción, con módulo de alimentación, rectificador de corriente y cargador, batería de 24 v. y módulo de control con indicador de alarma y avería, y conmutador de corte de zonas. Medida la unidad instalada.			
		Total ud :	1,000	454,92 €	454,92 €
7.6	7.6	Ud Boca de incendio equipada, B.I.E. compuesta por armario metálico de 650x500 mm., pintado en rojo bombero, válvula de barril de aluminio con manómetro, lanza variomatic, tres efectos, devanadera circular pintada, manguera tipo Superjet de 45 mm. de diámetro y 20 m. de longitud, racorada. Inscripción para usar sobre cristal US O EXCLUSIVO BOMBEROS, sin cristal. Medida la unidad instalada.			
		Total ud :	4,000	234,41 €	937,64 €
7.7	7.7	M. Tubería de acero galvanizado DIN 2440 de 1 1/2" (DN-040), sin calorifugar, colocada en instalación de agua induso p.p. de uniones, soportación, accesorios y prueba hidráulica. Medida la longitud instalada.			
		Total m. :	70,000	29,84 €	2.088,80 €
7.8	7.8	M. Tubería de acero galvanizado DIN 2440 de 3" (DN-080), sin calorifugar, colocada en instalación de agua induso p.p. de uniones, soportación, accesorios y prueba hidráulica. Medida la longitud instalada.			
		Total m. :	51,360	52,31 €	2.686,64 €
7.9	7.9	Ud Depósito reserva de agua contra incendios de 24.000 litros, colocado en superficie, en posición vertical, construido en PVC de alta resistencia. Medida la unidad instalada.			
		Total ud :	1,000	5.074,53 €	5.074,53 €

Proyecto: Proyecto de almacén de productos químicos de una industria de elaboraci...
Promotor:
Situació...

IV - V Mediciones y Presupuesto

Capítulo nº 7 INSTALACIONES DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe	
7.10	7.10	Ud Grupo de presión contra incendios para 24 m ³ /h a 60 m.c.a., compuesto por electrobomba principal de 15 CV., electrobomba de 2 CV., colector de aspiración con válvulas de seccionamiento, colector de impulsión con válvulas de corte y retención, válvula principal de retención y colector de pruebas en impulsión, manómetro y válvula de seguridad, acumulador hidroneumático de 25 l., bancada metálica de conjunto monobloc. Medida la unidad instalada.				
			Total ud :	1,000	4.796,01 €	4.796,01 €
7.11	7.11	Ud Señalización en poliestireno indicador vertical de situación extintor, de dimensiones 297x420 mm. Medida la unidad instalada.				
			Total ud :	9,000	8,61 €	77,49 €
Parcial nº 7 INSTALACIONES DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS :					17.380,70 €	

Proyecto: Proyecto de almacén de productos químicos de una industria de elaboraci...
Promotor:
Situació...

IV - V Mediciones y Presupuesto

Capítulo nº 8 INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA EL RAYO

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
8.1	E26P1040	Ud Pararrayos electrónico con dispositivo de cebado (PDC) realizado de acuerdo con la UNE 21.186, formado por cabezal de nivel 4 70 m., sobre mástil de 6 m. de acero galvanizado y 50 mm. de diámetro, sujeto por doble anclaje. De un sólo bajante de conductor de cobre trenzado de 50 mm ² de sección, sujeto por grapas adecuadas, tubo protector de 3 m. de altura, contador de rayos, puesta a tierra mediante placa de cobre electrolítico puro en arqueta registrable. Totalmente montado y conexionado.			
Total ud :			1,000	3.876,58 €	3.876,58 €
Parcial nº 8 INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA EL RA					3.876,58 €

Proyecto: Proyecto de almacén de productos químicos de una industria de elaboraci...
Promotor:
Situació...

IV - V Mediciones y Presupuesto

Capítulo nº 9 SEGURIDAD Y SALUD

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
9.1	9.1	Ud Toma de tierra para una resistencia de tierra $R \leq 80$ Ohmios y una resistividad $R=100$ Oh.m. formada por arqueta de ladrillo macizo de 38x38x30 cm., tapa de hormigón armado, tubo de PVC de D=75 mm., electrodo de acero cobrizado 14,3 mm. y 100 cm., de profundidad hincado en el terreno, línea de t.t. de cobre desnudo de 35 mm ² ., con abrazadera a la pica, totalmente instalado. MI BT 039.			
Total ud :			4,000	93,17 €	372,68 €
9.2	9.2	Ud Vigilancia de la salud obligatoria anual por trabajador que incluye: Planificación de la vigilancia de la salud; análisis de los accidentes de trabajo; análisis de las enfermedades profesionales; análisis de las enfermedades comunes; análisis de los resultados de la vigilancia de la salud; análisis de los riesgos que puedan afectar a trabajadores sensibles (embarazadas, postparto, discapacitados, menores, etc. (Art. 37,3 g del Reglamento de los Servicios de Prevención); formación de los trabajadores en primeros auxilios; asesoramiento al empresario acerca de la vigilancia de la salud; elaboración de informes, recomendaciones, medidas sanitarias preventivas, estudios estadísticos, epidemiológicos, memoria anual del estado de salud (Art. 23 d y e de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales); colaboración con el sistema nacional de salud en materias como campañas preventivas, estudios epidemiológicos y reporte de la documentación requerida por dichos organismos (Art. 38 del Reglamento de los Servicios de Prevención y Art. 21 de la ley 14/86 General de Sanidad); sin incluir el reconocimiento médico que realizará la mutua con cargo a cuota de la Seguridad Social.			
Total ud :			1,000	50,51 €	50,51 €
Parcial nº 9 SEGURIDAD Y SALUD :					423,19 €

Proyecto: Proyecto de almacén de productos químicos de una industria de elaboraci...
Promotor:
Situació...

IV - V Mediciones y Presupuesto

Presupuesto de ejecución material

1 MOVIMIENTO DE TIERRAS	2.363,47 €
2 CIMENTACIONES	20.075,55 €
3 PAVIMENTOS	2.722,71 €
4 CERRAMIENTO	2.975,95 €
5 CANALIZACIONES CARGADEROS	4.622,55 €
6 DEPÓSITOS DE ALMACENAMIENTO	91.000,00 €
7 INSTALACIONES DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS	17.380,70 €
8 INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA EL RAYO	3.876,58 €
9 SEGURIDAD Y SALUD	423,19 €
10 CONTROL DE CALIDAD	143,41 €
Total	<u>145.584,11 €</u>

Asciende el presupuesto de ejecución material a la expresada cantidad de CIENTO CUARENTA Y CINCO MIL QUINIENTOS OCHENTA Y CUATRO EUROS CON ONCE CÉNTIMOS.

RESUMEN DEL PRESUPUESTO

Presupuesto de ejecución material

1 MOVIMIENTO DE TIERRAS	2.363,47 €
2 CIMENTACIONES	20.075,55 €
3 PAVIMENTOS	2.722,71 €
4 CERRAMIENTO	2.975,95 €
5 CANALIZACIONES CARGADEROS	4.622,55 €
6 DEPÓSITOS DE ALMACENAMIENTO	91.000,00 €
7 INSTALACIONES DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS	17.380,70 €
8 INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA EL RAYO	3.876,58 €
9 SEGURIDAD Y SALUD	423,19 €
10 CONTROL DE CALIDAD	143,41 €
Total	145.584,11 €

Asciende el presupuesto de ejecución material a la expresada cantidad de CIENTO CUARENTA Y CINCO MIL QUINIENTOS OCHENTA Y CUATRO EUROS CON ONCE CÉNTIMOS.

Presupuesto de ejecución material (PEM) = 145.584,11€

13% de gastos generales = 18.925,93€

6% de beneficio industrial = 8.735,05€

Presupuesto de ejecución por contrata (PEC=PEM+GG+BI) = 173.245.09€

21% IVA = 36.381.47€

Presupuesto de ejecución por contrata con IVA(PEC=PEM+GG+BI+IVA) = 209.626,56

Asciende el presupuesto de ejecución por contrata con IVA a la expresada cantidad de DOSCIENTOS NUEVE MIL SEISCIENTOS VEINTE Y SEIS EUROS CON CINCUENTA Y SEIS CÉNTIMOS.

C.- PLANOS

ÍNDICE PLANOS

Plano 1. Situación.

Plano 2. Planta de la parcela.

Plano 3. Alzados y secciones de la nave industrial

Plano 4. Cubetos de retención.

Plano 5. Distribución en planta alternativa 1.

Plano 6. Distribución en planta alternativa 2.

Plano 7. Distribución en planta definitiva.

Plano 8. Distribución en planta definitiva acotado.

Plano 9. Zonas de carga y descarga.

Plano 10. Salidas de emergencia.

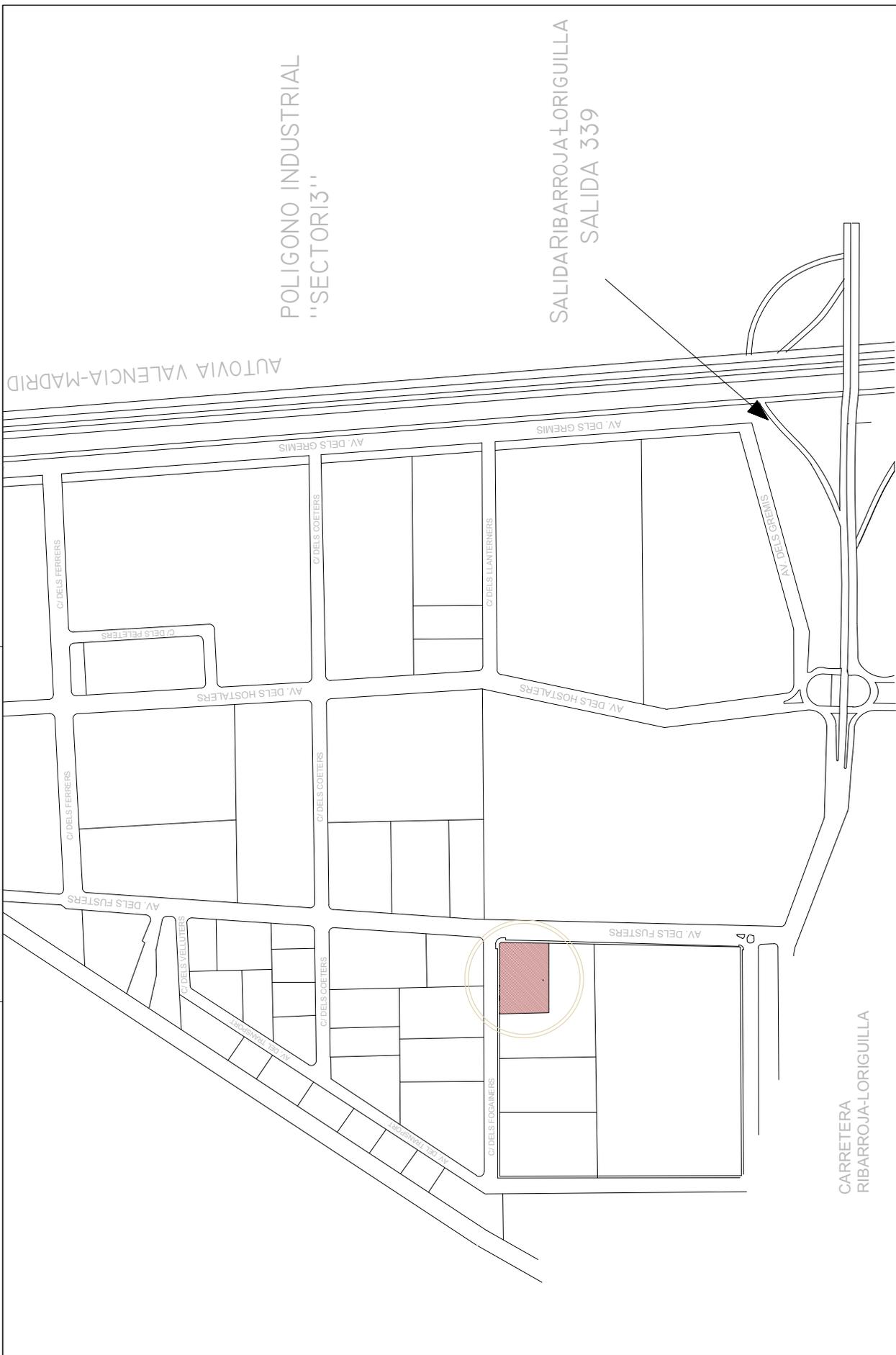
Plano 11. Distribución de extintores.

Plano 12. Sistema manual de alarmas de incendios.

Plano 13. Red de bocas de incendios equipadas.

Plano 14. Superficie de captura equivalente, A_e , del sistema de protección contra rayos.

Plano 15 Pararrayos y su radio de protección.



POLIGONO INDUSTRIAL
"SECTOR13"

SALIDA RIBARROJA-LORIGUILLA
SALIDA 339

CARRETERA
RIBARROJA-LORIGUILLA

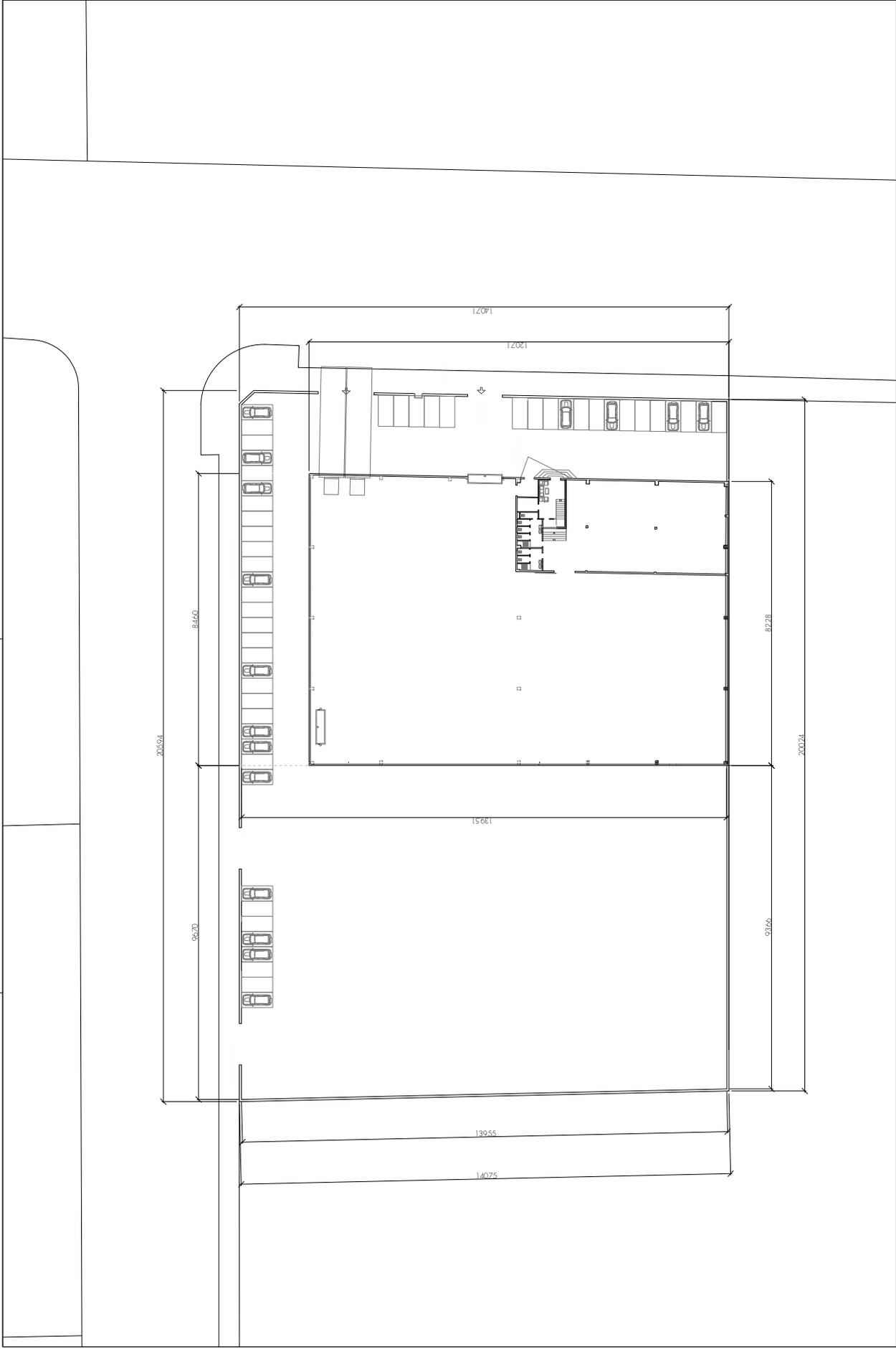
Proyecto: Proyecto de almacén de productos químicos de una industria de elaboración de cerveza en la localidad de Ribarroja de Turia (Valencia)	Plano: Situación	Fecha: JULIO 2018	Nº Plano:
	Autor: Jorge García Martínez	Escala: 1: 5000	1

TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERIA EN TECNOLOGIAS INDUSTRIALES
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

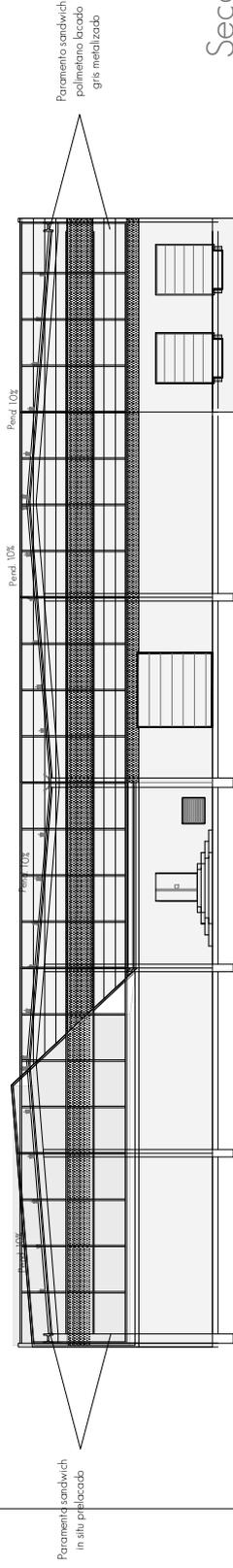


ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES VALENCIA





<p>TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERIA EN TECNOLOGIAS INDUSTRIALES</p> <p>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA</p> 	<p>Proyecto: Proyecto de almacén de productos químicos de una industria de elaboración de cerveza en la localidad de Ribarroja de Turia (Valencia)</p> <p>Plano: Planta de la parcela</p> <p>Autor: Jorge Garcia Martínez</p>	<p>Fecha: JULIO 2018</p> <p>Escala: 1: 500</p>	<p>Nº Plano: 2</p>
--	---	--	--------------------



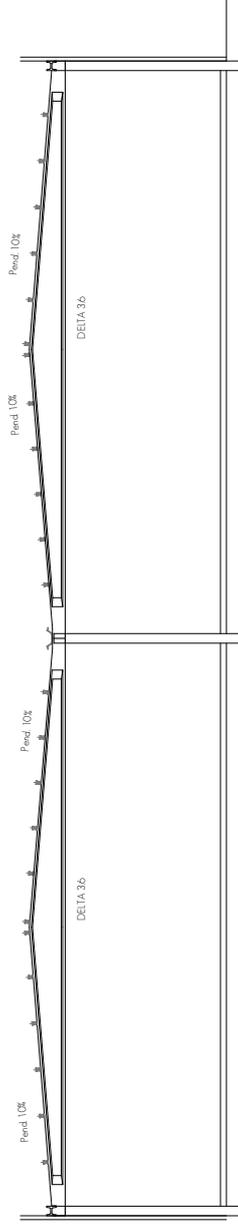
Sección 1

POLIGONO INDUSTRIAL
"SECTOR13"

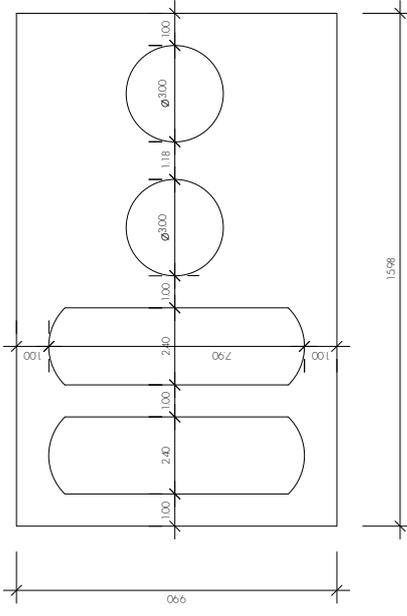
Alzado norte



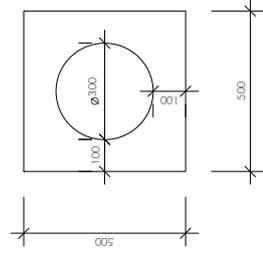
Alzado sur



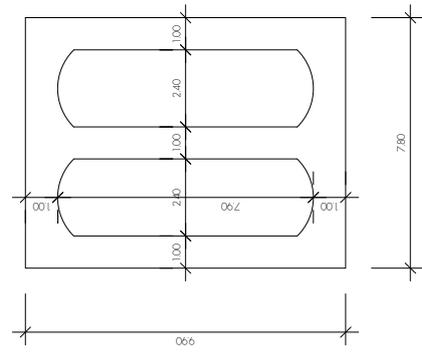
Sección 2



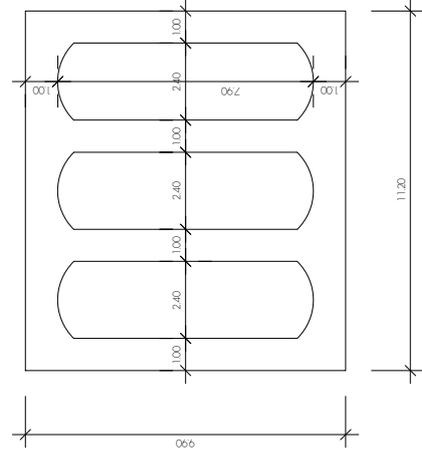
Cubeto 2



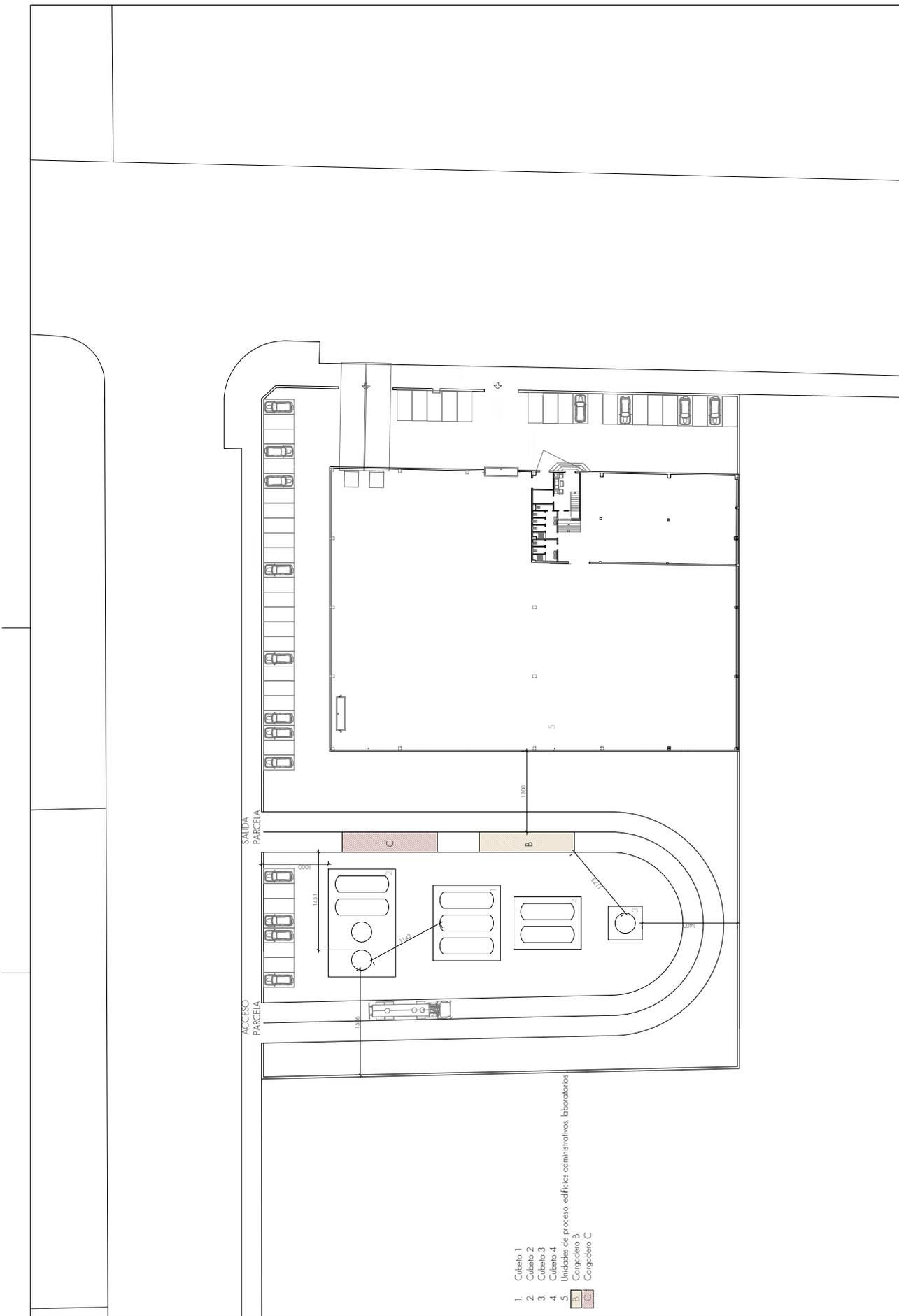
Cubeto 3



Cubeto 4



Cubeto 1

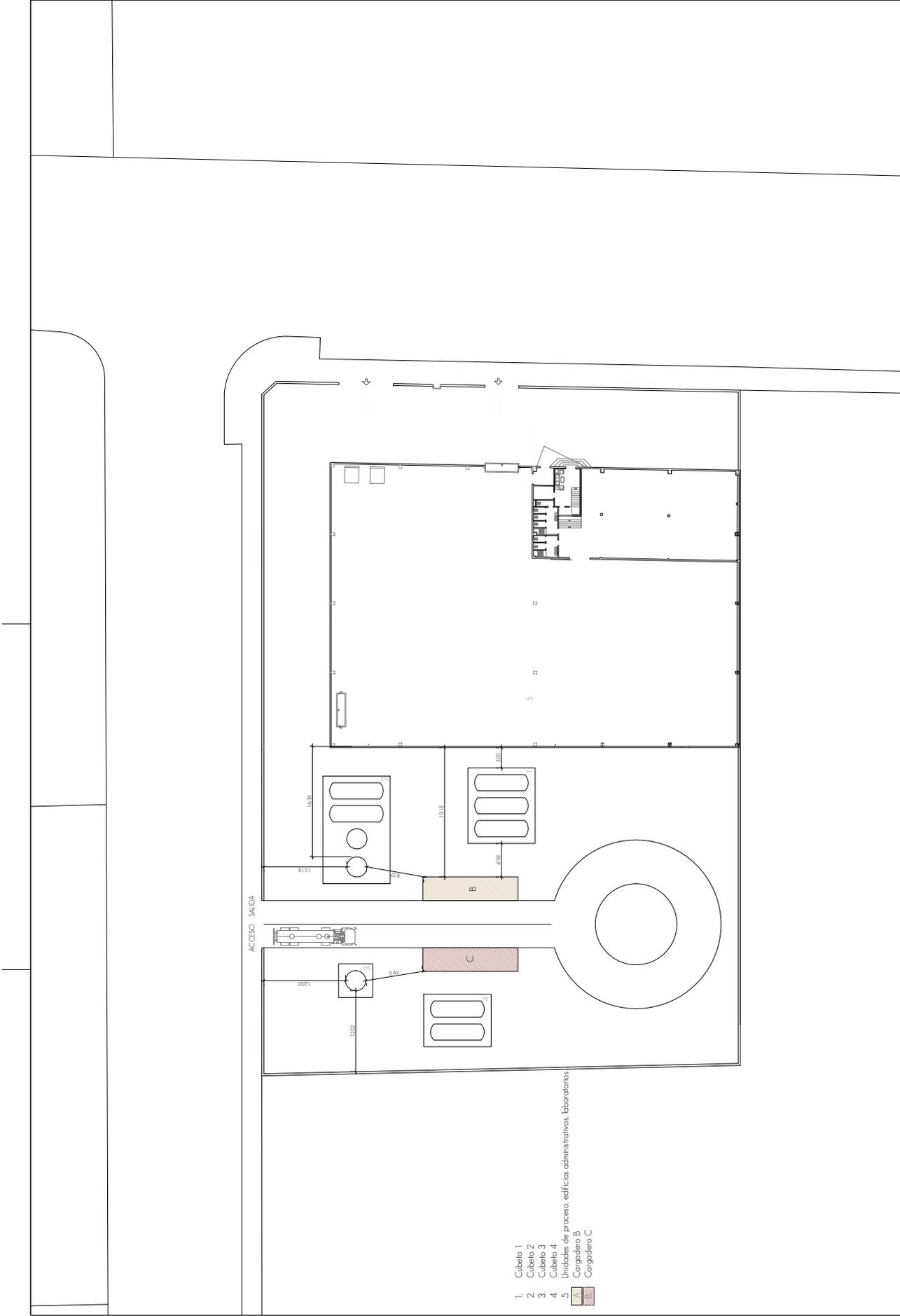


- 1. Cubeto 1
- 2. Cubeto 2
- 3. Cubeto 3
- 4. Cubeto 4
- 5. Unidades de proceso, edificios administrativos, laboratorios
-  Cargadero B
-  Cargadero C

Proyecto: Proyecto de almacén de productos químicos de una industria de elaboración de cerveza en la localidad de Ribarroja de Turia (Valencia)	Plano: Distribución en planta alternativa 1	Fecha: JULIO 2018	Nº Plano: 5
	Autor: Jorge García Martínez	Escala: 1: 500	

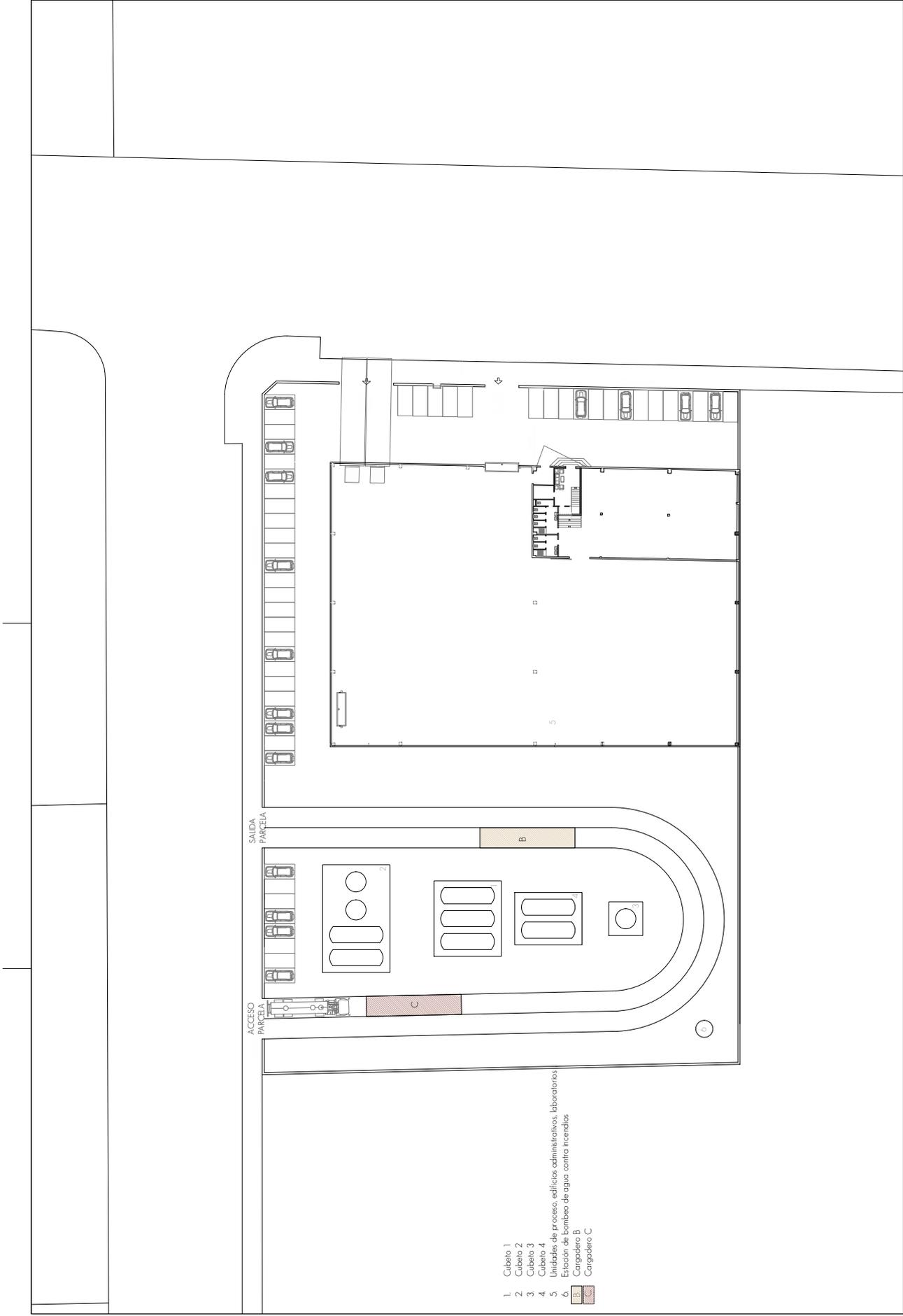
TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERIA EN TECNOLOGIAS INDUSTRIALES
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA


 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES VALENCIA



1. Cubelo 1
 2. Cubelo 2
 3. Cubelo 3
 4. Cubelo 4
 5. Unidades de proceso, edificios administrativos, laboratorios
- A Cargadero B
B Cargadero C

Proyecto: Proyecto de almacén de productos químicos de una industria de elaboración de cerveza en la localidad de Ribarroja de Turia (Valencia)	Plano: Distribución en planta alternativa 2	Fecha: JULIO 2018	Nº Plano: 6
	Autor: Jorge García Martínez	Escala: 1: 500	



- 1. Cubelo 1
- 2. Cubelo 2
- 3. Cubelo 3
- 4. Cubelo 4
- 5. Unidades de proceso, edificios administrativos, laboratorios
- 6. Estación de bombeo de agua contra incendios
- A. Cargadero A
- B. Cargadero B
- C. Cargadero C

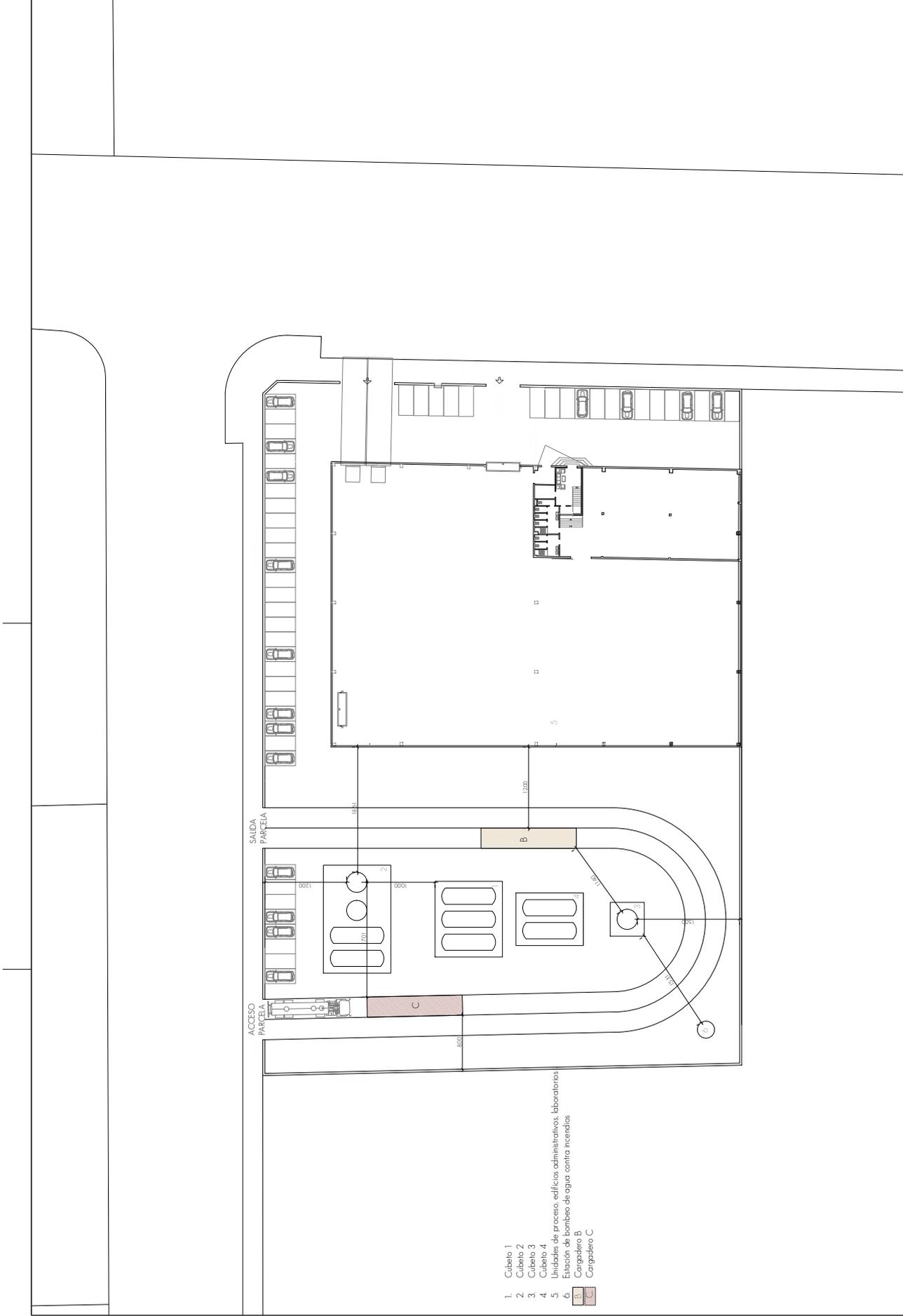
Proyecto: Proyecto de almacén de productos químicos de una industria de elaboración de cerveza en la localidad de Ribarroja de Turia (Valencia)	Fecha: JULIO 2018	Nº Plano: 7
	Autor: Jorge García Martínez	Escala: 1: 500

TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERIA EN TECNOLOGIAS INDUSTRIALES
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

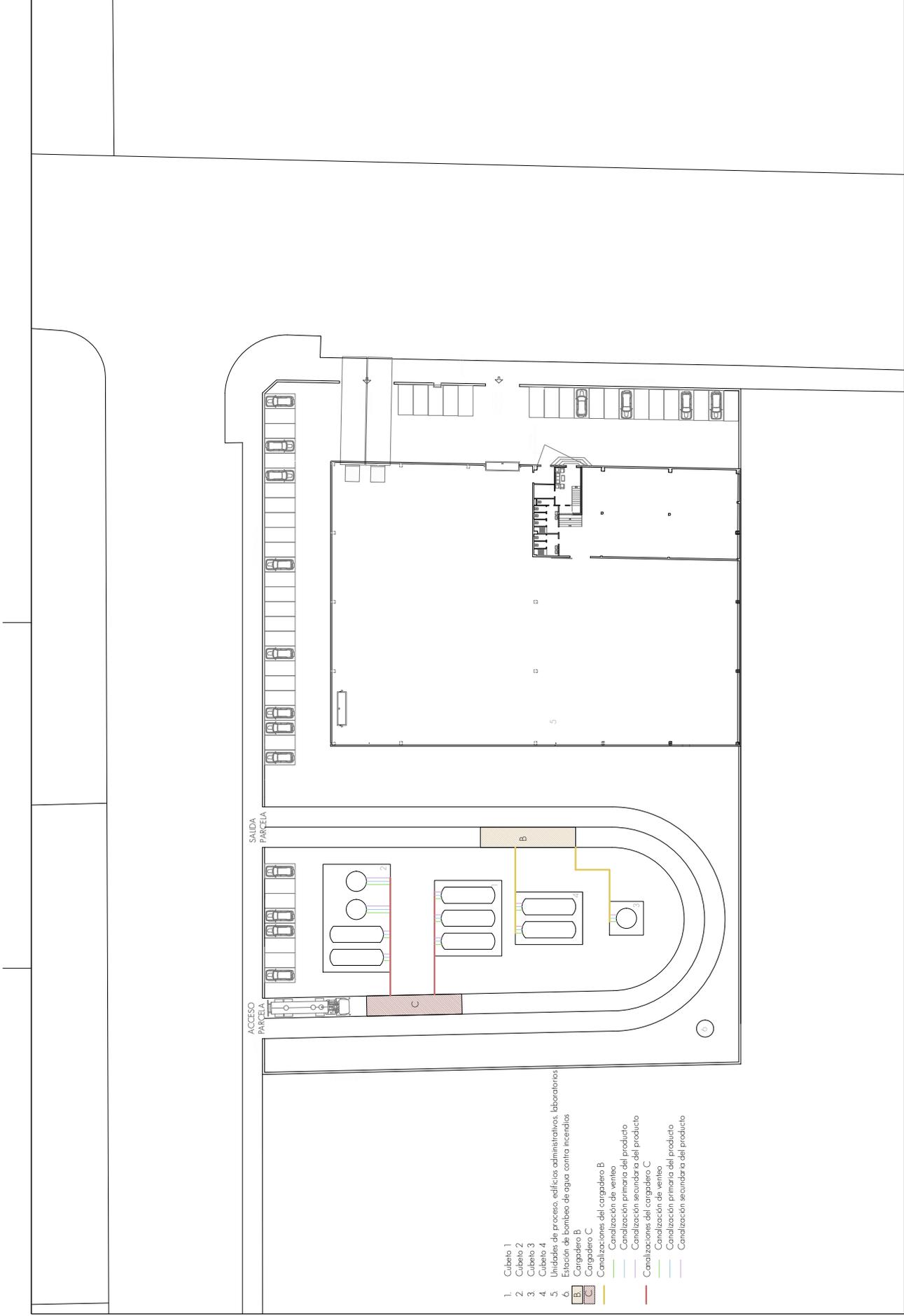


ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES VALENCIA

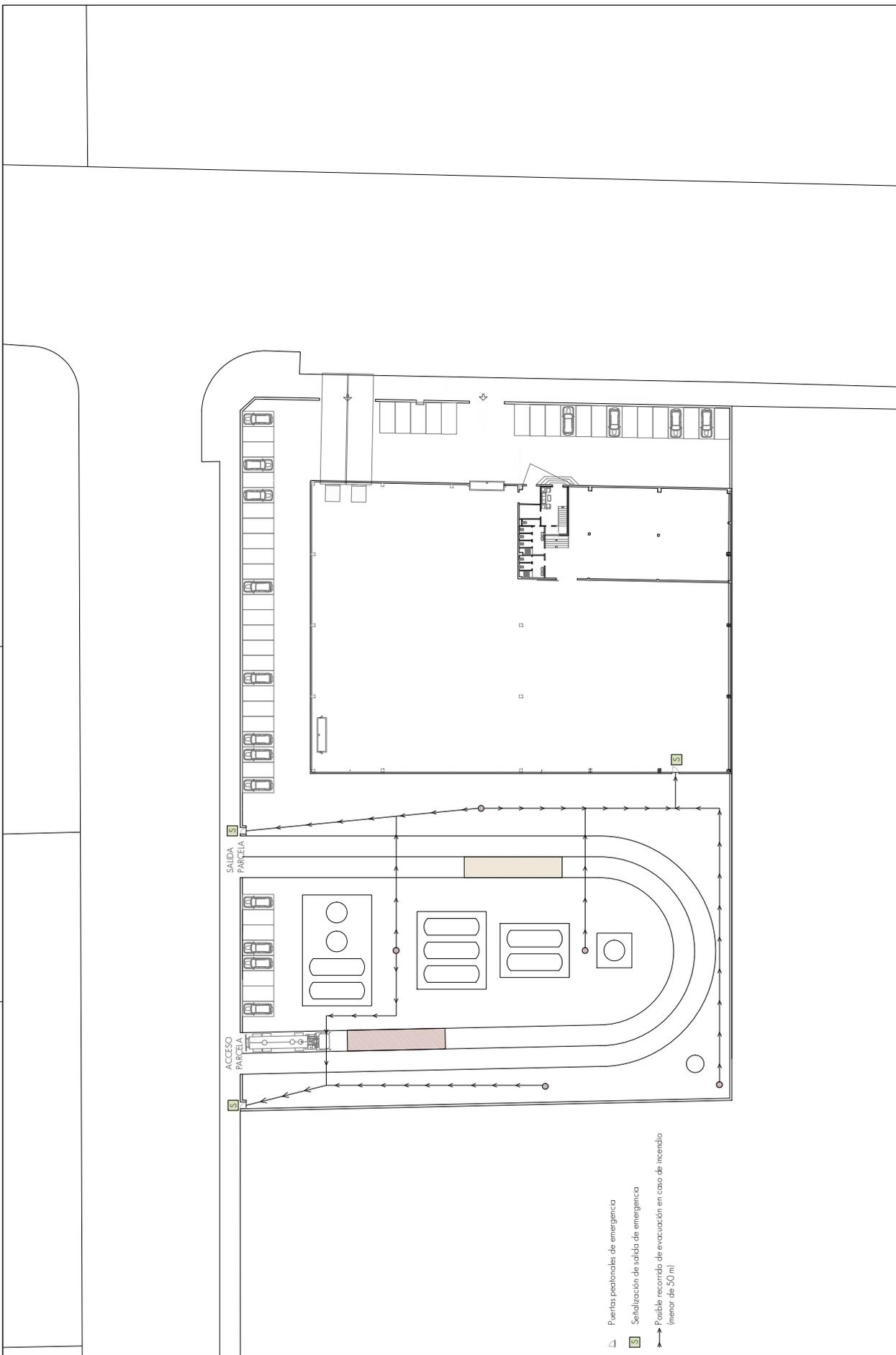




- 1. Cubelo 1
- 2. Cubelo 2
- 3. Cubelo 3
- 4. Cubelo 4
- 5. Unidades de proceso, edificios administrativos, laboratorios
- 6. Estación de bombeo de agua contra incendios

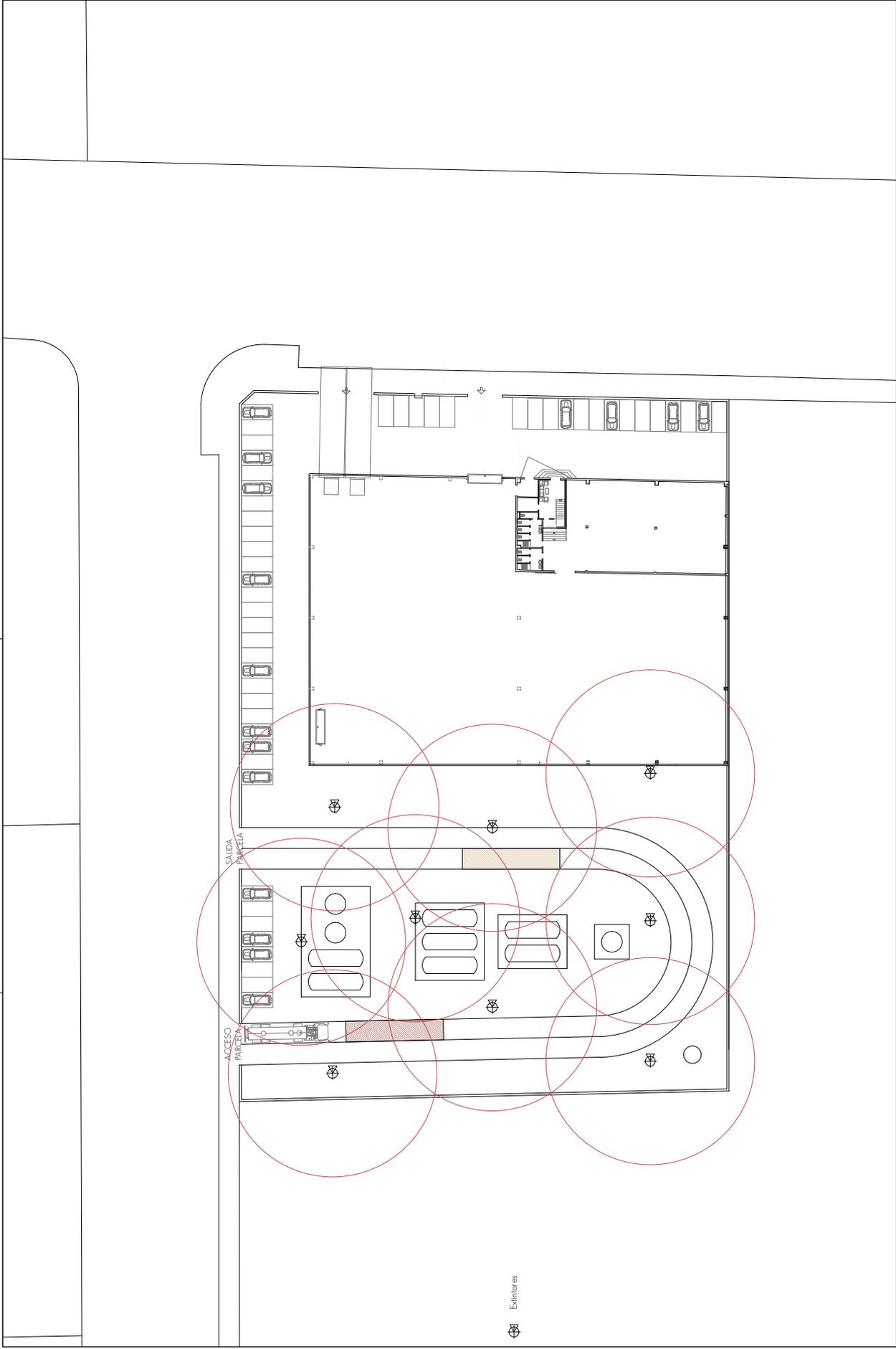


- 1. Cubelo 1
- 2. Cubelo 2
- 3. Cubelo 3
- 4. Cubelo 4
- 5. Unidades de proceso, edificios administrativos, laboratorios
- 6. Estación de bombeo de agua contra incendios
- 7. Cargadero B
- 8. Cargadero C
- 9. Canalizaciones del cargadero B
- 10. Canalización de venteo
- 11. Canalización primaria del producto
- 12. Canalización secundaria del producto
- 13. Canalizaciones del cargadero C
- 14. Canalización de venteo
- 15. Canalización primaria del producto
- 16. Canalización secundaria del producto

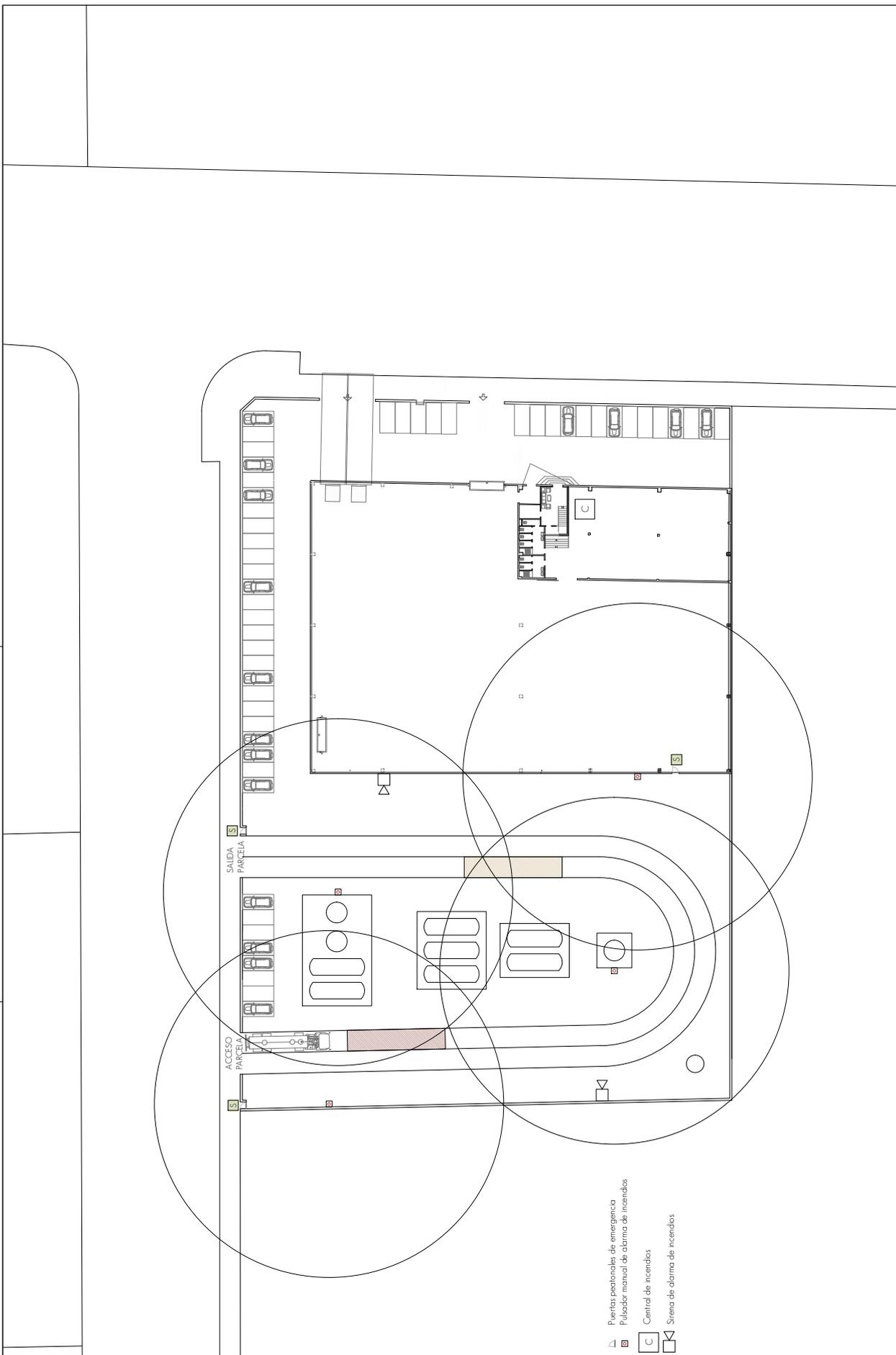


- △ Puertas peatonales de emergencia
- S Señalización de salida de emergencia
- Posible recorrido de evacuación en caso de incendio (radio de 50 m)

Fecha: JULIO 2018 Escala: 1: 500	Nº Plano: 10
Plano: Salidas de emergencia Autor: Jorge García Martínez	Proyecto: Proyecto de almacén de productos químicos de una industria de elaboración de cerveza en la localidad de Ribarroja de Turia (Valencia)
TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERIA EN TECNOLOGIAS INDUSTRIALES UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES VALENCIA



<p>TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERIA EN TECNOLOGIAS INDUSTRIALES</p>	<p>Plano: Distribución de extintores</p>	<p>Nº Plano: 11</p>
<p>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA</p>	<p>Fecha: JULIO 2018</p>	<p>Escala: 1: 500</p>
<p>ESCUOLA TÉCNICA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES VALENCIA</p>	<p>Autor: Jorge García Martínez</p>	<p>Proyecto: Proyecto de almacén de productos químicos de una industria de elaboración de cerveza en la localidad de Ribarroja de Turia (Valencia)</p>

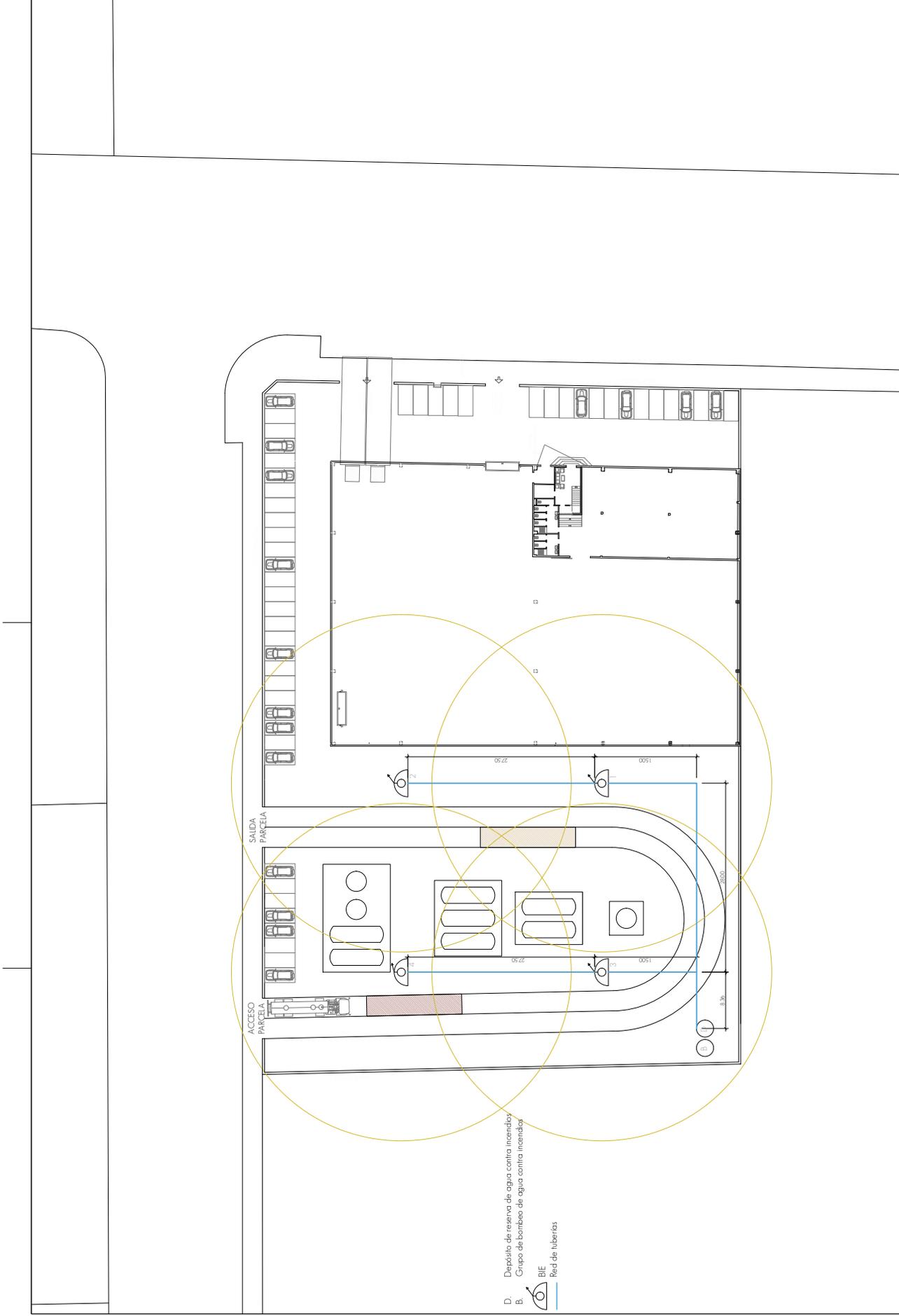


- Puertas peatonales de emergencia
- Pulsador manual de alarma de incendios
- Central de incendios
- Sirena de alarma de incendios

Proyecto: Proyecto de almacén de productos químicos de una industria de elaboración de cerveza en la localidad de Ribarroja de Turia (Valencia)	Plano: Sistema manual de alarmas de incendios	Fecha: JULIO 2018	Nº Plano: 12
	Autor: Jorge García Martínez	Escala: 1: 500	

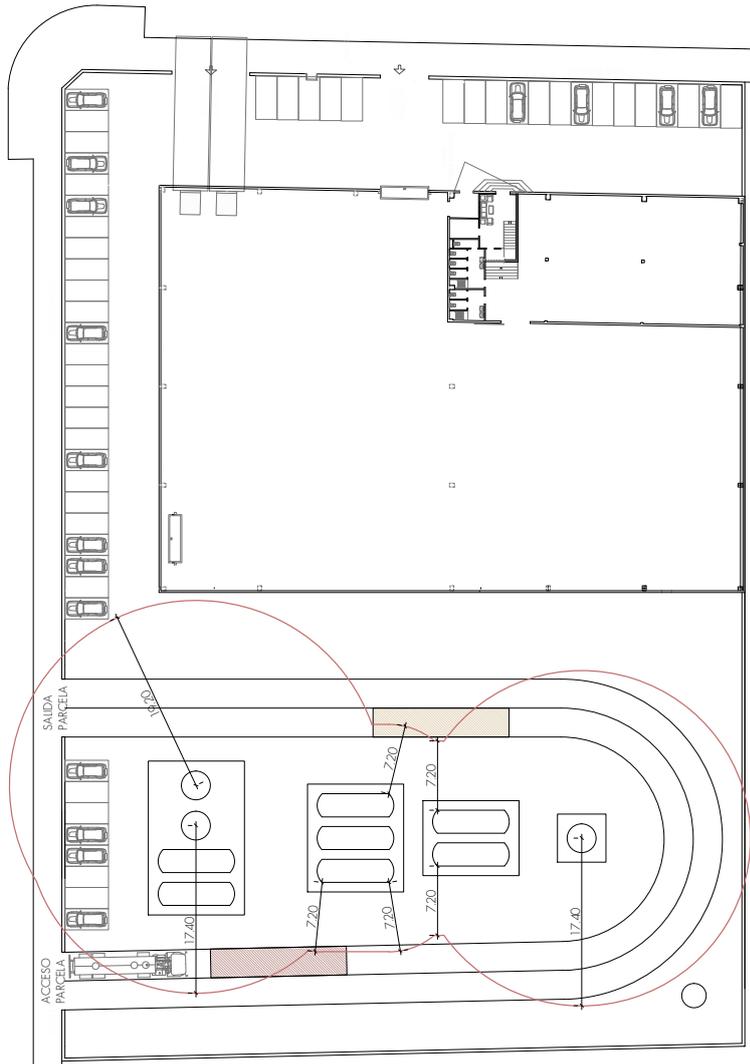
TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERIA EN TECNOLOGIAS INDUSTRIALES
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

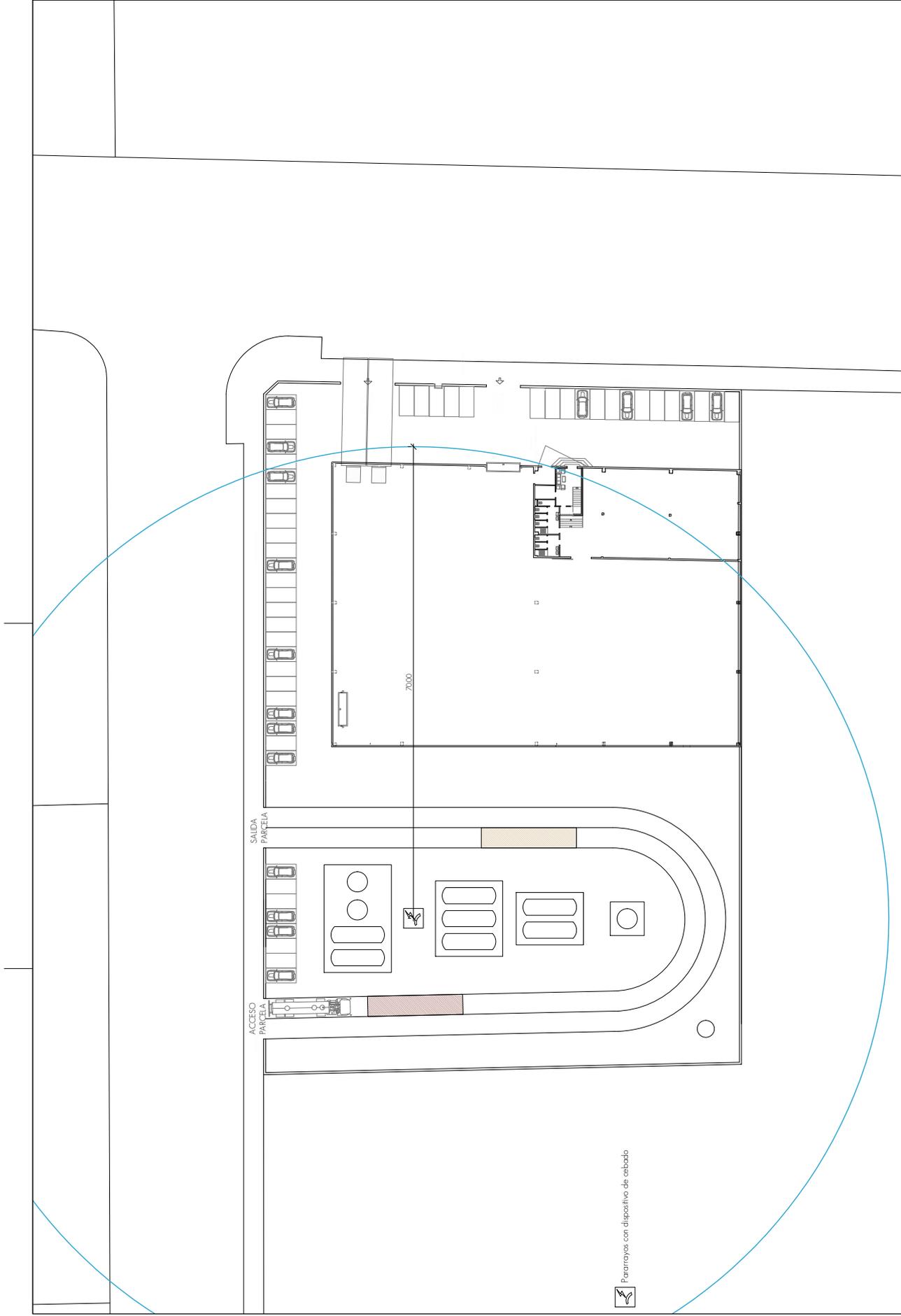

 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES VALENCIA



- D. Depósito de reserva de agua contra incendios
- B. Grupo de bombeo de agua contra incendios
- BIE Red de tuberías

Nº Plano: 13	Fecha: JULIO 2018	Plano: Red de Bocas de Incendios Equipadas
Escala: 1: 500	Autor: Jorge García Martínez	Proyecto: Proyecto de almacén de productos químicos de una industria de elaboración de cerveza en la localidad de Ribarroja de Turia (Valencia)
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA		 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES VALENCIA





Pararrayos con dispositivo de esbado

<p>TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERIA EN TECNOLOGIAS INDUSTRIALES</p>	<p>Proyecto de almacén de productos químicos de una industria de elaboración de cerveza en la localidad de Ribarroja de Turia (Valencia)</p>	<p>Plano: Pararrayos y su radio de protección</p>
	<p>Autor: Jorge García Martínez</p>	<p>Fecha: JULIO 2018 Escala: 1: 500</p>
<p>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA</p>	<p>ESCUOLA TÉCNICA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES VALENCIA</p>	<p>Nº Plano: 15</p>

D.- ANEJOS

Depósito Vertical Aéreo

Código	Vol. (l.)	Med. (mm.)		Brida PRFV
		Ø	Altura	
DVA-10100	1.000	1000	1300	DN 50
DVA-20120	2.000	1200	1750	DN 50
DVA-30120	3.000	1200	2600	DN 50
DVA-30140	3.000	1400	2000	DN 50
DVA-40140	4.000	1400	2600	DN 50
DVA-40160	4.000	1800	1600	DN 50
DVA-50180	5.000	1800	2000	DN 65
DVA-50200	5.000	2000	1600	DN 65
DVA-60200	6.000	2000	1900	DN 65
DVA-60240	6.000	2400	1350	DN 65
DVA-70200	7.000	2000	2200	DN 65
DVA-70240	7.000	2400	1550	DN 65
DVA-80200	8.000	2000	2550	DN 65
DVA-80240	8.000	2400	1750	DN 65
DVA-90240	9.000	2400	2000	DN 65
DVA-90280	9.000	2800	1450	DN 65
DVA-100240	10.000	2400	2200	DN 65
DVA-100280	10.000	2800	1650	DN 65
DVA-120240	12.000	2400	2600	DN 65
DVA-120280	12.000	2800	1900	DN 65
DVA-150240	15.000	2400	3300	DN 65
DVA-150280	15.000	2800	2450	DN 65
DVA-180240	18.000	2400	4000	DN 65
DVA-180280	18.000	2800	2950	DN 65
DVA-200240	20.000	2400	4400	DN 80
DVA-200280	20.000	2800	3250	DN 80
DVA-220280	22.000	2800	3600	DN 80
DVA-220300	22.000	3000	3000	DN 80
DVA-250280	25.000	2800	4200	DN 80
DVA-250300	25.000	3000	3600	DN 80
DVA-300280	30.000	2800	4900	DN 80
DVA-300300	30.000	3000	4300	DN 80
DVA-350300	35.000	3000	5000	DN 80
DVA-400300	40.000	3000	5800	DN 80
DVA-450300	45.000	3000	6400	DN 80
DVA-500300	50.000	3000	7100	DN 80

"Nuevas referencias"

* Consultar para depósitos de mayor capacidad.



Depósitos fabricados en Poliéster Reforzado con Fibra de Vidrio (PRFV) para instalación en superficie.

Aplicaciones:

- Almacenamiento de **Agua Potable**.
- Almacenamiento de vino o productos alimenticios.
- Almacenamiento de abonos líquidos y productos químicos. (Consultar)

Características:

- Alta resistencia química y mecánica.
- Alta resistencia a la corrosión y a la intemperie. Larga durabilidad.
- No necesitan mantenimiento.
- Ligeros y fáciles de transportar.
- Posibilidad de fabricación a medida.

Accesorios incluidos:

- 1 Boca de hombre superior DN450.
- 1 Brida de aspiración PRFV.
- Rebosadero, refuerzo para flotador y franja de nivel.
- Pintura Top Coat color gris con tratamiento anti-UV.

Accesorios opcionales:

- Boca hermética lateral.
- Flotador con boya PE
- Boyas de nivel
- Visor de nivel exterior



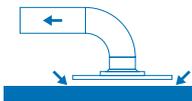
Depósito Contra Incendios

Vertical				
Código	Vol. (l.)	Med. (mm.)		Brida PRFV
		Ø	Altura	
DCI-60200	6.000	2000	2000	DN 65
DCI-60240	6.000	2400	1400	DN 65
DCI-120240	12.000	2400	2700	DN 80
DCI-120280	12.000	2800	2000	DN 80
DCI-240280	24.000	2800	3950	DN 80
DCI-240300	24.000	3000	3450	DN 80

Horizontal con patas				
Código	Vol. (l.)	Med. (mm.)		Brida PRFV
		Ø	Largo	
DCIH-60	6.000	1600	3400	DN 65
DCIH-120	12.000	2000	4300	DN 80
DCIH-240	24.000	2400	5750	DN 80

* Consultar para depósitos de mayor capacidad.

✱ Sistema Anti-Vórtice (opcional)



Cumple con la norma UNE-23500-2012

Depósito Horizontal Aéreo

Código	Vol. (l.)	Med. (mm.)		Brida PRFV
		Ø	Altura	
DHA-30	3.000	1200	2650	DN 50
DHA-50	5.000	1600	2600	DN 65
DHA-80	8.000	1600	4200	DN 65
DHA-100	10.000	2000	3400	DN 65
DHA-120	12.000	2000	4300	DN 65
DHA-150	15.000	2400	3800	DN 65
DHA-180	18.000	2400	4200	DN 65
DHA-200	20.000	2400	4600	DN 80
DHA-220	22.000	2400	5200	DN 80
DHA-250	25.000	2400	5800	DN 80
DHA-300	30.000	2400	6800	DN 80
DHA-350	35.000	2400	7900	DN 80
DHA-400	40.000	3000	6100	DN 80
DHA-450	45.000	3000	6800	DN 80
DHA-500	50.000	3000	7500	DN 80

* Consultar para depósitos de mayor capacidad.



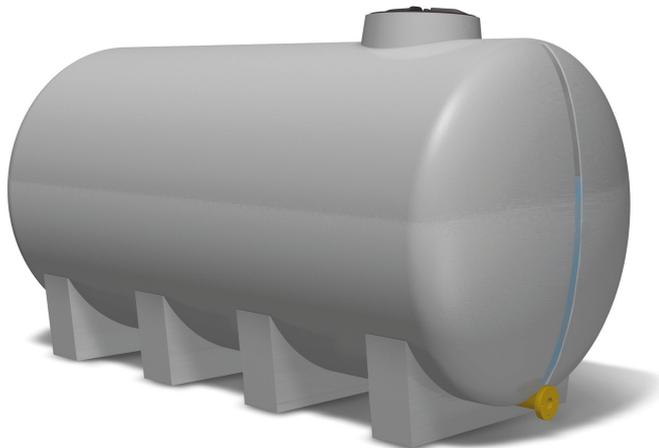
Depósitos de superficie para instalaciones contra incendios.

Accesorios incluidos:

- 1 Boca de hombre superior DN450.
- 1 Brida de aspiración PRFV.
- Rebosadero, refuerzo para flotador y franja de nivel.
- Pintura Top Coat color rojo con tratamiento anti-UV.

Accesorios opcionales:

- Boca hermética lateral.
- Flotador con boya PE
- Boyas de nivel
- Visor de nivel exterior



Depósitos horizontales con patas para instalación en superficie.

Aptos para el almacenamiento de agua potable.

Accesorios incluidos:

- 1 Boca de hombre superior DN 450 (altura 150 mm.)
- 1 Brida de aspiración PRFV.
- Franja de nivel.
- Cuna de soporte en PRFV.
- Pintura Top Coat color blanco con tratamiento anti-UV.

DEPÓSITOS VERTICALES

DEPÓSITO VERTICAL SUPERFICIE (VP ó VB)

FUNCIÓN

Almacenamiento de líquidos y sólidos, en superficie.

CARACTERÍSTICAS

- Marca Miraplas | Modelo VP ó VB | Instalación vertical en superficie.
- Equipo fabricado en PPRV.

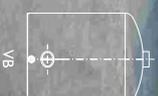
Fabricado mediante "Filament Winding".

- Tapa superior plana (VP) o bombeadá (VB).
- Tapa de registro superior de polietileno Ø454mm.
- Salida en brida de PPRV. Diámetro a concretar.
- Accesorios recomendados: boca hermética lateral, acabado exterior top coat, placas de anclaje, orejas de elevación.

REFERENCIA VOLUMEN MEDIDAS (m)

REFERENCIA	VOLUMEN (m ³)	MEDIDAS (m)	
		Ø	x H
VP002012	2.000	1,20	x 1,76
VP006020	6.000	2,00	x 1,91
VP006024		2,40	x 1,33
VP010024	10.000	2,40	x 2,12
VP010028		2,80	x 1,62
VP012024	12.000	2,40	x 2,67
VP012028		2,80	x 1,95
VP024028	24.000	2,80	x 3,90
VP024030		3,00	x 3,40
VP024035		3,50	x 2,50
VP040028	40.000	2,80	x 6,50
VP040030		3,00	x 6,66
VP040035		3,50	x 4,16
VP060030	60.000	3,00	x 8,49
VP060035		3,50	x 6,24

* Para otros modelos o formatos consultenos.



MIRAPLAS 

Depósitos - Referencia



REFERENCIA	VOLUMEN (L)	MEDIDAS (m)
		Ø x L
HZ003012	3.000	1,20 x 3,13
HZ003015	5.000	1,50 x 3,44
HZ008015	8.000	1,50 x 5,14
HZ008020	10.000	2,00 x 3,41
HZ010015	10.000	1,50 x 6,27
HZ010020	12.000	2,00 x 4,04
HZ012015	12.000	1,50 x 7,41
HZ012024	15.000	2,40 x 3,65
HZ015015	15.000	1,50 x 9,10
HZ015024	20.000	2,40 x 4,20
HZ020024	25.000	2,40 x 5,50
HZ020034	30.000	2,40 x 6,65
HZ030034	30.000	2,40 x 7,80
HZ030024	35.000	2,40 x 8,95
HZ040024	40.000	2,40 x 10,11
HZ050028	50.000	2,80 x 9,02
HZ050030	50.000	3,00 x 8,23

* Para otras medidas o firmas consultar.

DEPÓSITO HORIZONTAL

DEPÓSITO HORIZONTAL PARA ENTERRAR

FUNCIÓN

Almacenamiento de líquidos y sólidos, enterrado o semienterrado.

CARACTERÍSTICAS

- Marca Miraplas | Modelo HZ | Instalación horizontal enterrada.
- Equipo fabricado en PRFV.
- Equipo reforzado para su instalación bajo tierra.
- Fondos bombados.
- Tapa de registro superior de polietileno Ø454mm. ó PRFV Ø500mm. sobre cuello de PRFV.
- Manguito de aspiración y entrada en PVC.
- Opcional: bridas y/o bocas adicionales.





Tubos de acero soldados para conducciones (extremos, lisos, roscados ó ranurados)

Clase: negro, galvanizado o pintado

EN 10255 tipo L2 (serie extraligera ISO 65)

DIN	Designación de la rosca	Diámetro exterior			Espesor mm	Peso Kg/m
		D mm	Máx. mm	Mín. mm		
10	3/8	17,2	17,3	16,7	1,8	0,67
15	1/2	21,3	21,4	21,0	2,0	0,94
20	3/4	26,9	26,9	26,4	2,3	1,38
25	1	33,7	33,8	33,2	2,6	1,98
32	1 1/4	42,4	42,5	41,9	2,6	2,54
40	1 1/2	48,3	48,4	47,8	2,9	3,23
50	2	60,3	60,3	59,6	2,9	4,08
65	2 1/2	76,1	76,1	75,2	3,2	5,71
80	3	88,9	88,9	87,9	3,2	6,72
90	3 1/2*	101,6	—	—	3,2	7,87
100	4	114,3	114,3	113,0	3,6	9,75
125	5*	139,7	—	—	3,75	11,60
150	6*	165,1 (168,3)	—	—	3,75	14,20
Tolerancia:					- 12,50%	± 7,5% (> 10t)

* Estos pasos nominales no corresponden a la norma.

EN 10255 Serie media M (serie media DIN 2440)

DIN	Designación de la rosca	Diámetro exterior			Espesor mm	Peso Kg/m
		D mm	Máx. mm	Mín. mm		
10	3/8	17,2	17,5	16,7	2,3	0,83
15	1/2	21,3	21,8	21,0	2,6	1,21
20	3/4	26,9	27,3	26,5	2,6	1,56
25	1	33,7	34,2	33,3	3,2	2,41
32	1 1/4	42,4	42,9	42,0	3,2	3,10
40	1 1/2	48,3	48,8	47,9	3,2	3,56
50	2	60,3	60,8	59,7	3,6	5,03
65	2 1/2	76,1	76,6	75,3	3,6	6,42
80	3	88,9	89,5	88,0	4,0	8,36
100	4	114,3	115,0	113,1	4,5	12,20
125	5	139,7	140,8	138,5	5	16,60
150	6	165,1 (168,3)*	166,5	163,9	5	19,80
Tolerancia					- 12,50%	± 7,5% (> 10t)

* Estos pasos nominales no corresponden a la norma.

CONDICIONES DE SUMINISTRO

Longitud: Los tubos se suministran en longitudes comerciales de 6 metros según norma. A petición se pueden suministrar otras longitudes.

Tolerancias: De acuerdo con la norma correspondiente.

Material: S195T (1.0026)

Acabado: Los tubos se suministran en negro o galvanizados (EN ISO 1461 y EN 10240), con extremos lisos, roscados (EN 10226-1) o ranurados.

Contra incendios: Material en stock pintado en túnel de 5 etapas (desengrase, enjuague, fosfatado, enjuague y pasivado con agua desmineralizada). Acabado rojo RAL 3000.

Bajo demanda se pueden suministrar con aplicación de granallado y pintados con óxido de Fe, silicato de zinc o epoxi con el color deseado según RAL. Igualmente suministramos aislamiento térmico en coquillas, planchas o rollos.



EBARA

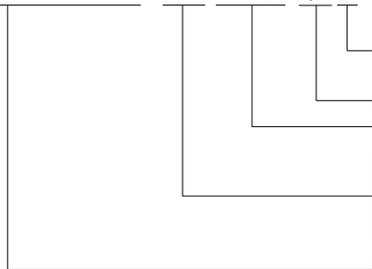
UNE EN 12845

www.ebara.es

TABLA DE SELECCIÓN

	CAUDAL TOTAL (m ³ /h)										
	12	24	36	48	60	72	84	100	120	150	
ALTURA MANOMÉTRICA TOTAL (m.c.l.)	40	AF ENR 32-200/5,5	AF ENR 40-200/7,5	AF ENR 50-200/11	AF ENR 50-200/11	AF ENR 65-200/15	AF ENR 65-200/15	AF ENR 65-200/18,5	AF ENR 80-200/18,5	AF ENR 80-200/22	AF ENR 100-200/30
	45	AF ENR 32-200/5,5	AF ENR 40-200/11	AF ENR 40-200/11	AF ENR 50-200/15	AF ENR 65-200/15	AF ENR 65-200/18,5	AF ENR 65-200/18,5	AF ENR 80-200/22	AF ENR 80-200/30	AF ENR 100-200/37
	50	AF ENR 32-200/7,5	AF ENR 40-200/11	AF ENR 40-200/11	AF ENR 50-200/15	AF ENR 65-200/18,5	AF ENR 65-200/22	AF ENR 65-200/22	AF ENR 80-200/30	AF ENR 80-200/30	AF ENR 100-200/37
	55	AF ENR 32-200/7,5	AF ENR 40-200/15	AF ENR 40-200/15	AF ENR 50-250/18,5	AF ENR 65-200/22	AF ENR 65-200/22	AF ENR 65-200/30	AF ENR 80-200/30	AF ENR 80-200/37	AF ENR 80-200/37
	60	AF ENR 32-200/7,5	AF ENR 32-200/11	AF ENR 40-200/15	AF ENR 50-200/18,5	AF ENR 65-200/30	AF ENR 65-200/30	AF ENR 65-250/30	AF ENR 80-200/37	AF ENR 80-200/37	AF ENR 100-250/45
	65	AF ENR 32-200/11	AF ENR 40-200/15	AF ENR 40-200/15	AF ENR 50-250/18,5	AF ENR 65-250/30	AF ENR 65-250/30	AF ENR 65-250/30	AF ENR 80-250/37	AF ENR 80-250/45	AF ENR 100-250/55
	70	AF ENR 32-250/11	AF ENR 40-250/15	AF ENR 50-250/18,5	AF ENR 50-250/22	AF ENR 65-250/30	AF ENR 65-250/30	AF ENR 65-250/37	AF ENR 80-250/45	AF ENR 80-250/45	AF ENR 100-250/55
	75	AF ENR 32-250/11	AF ENR 40-250/15	AF ENR 50-250/22	AF ENR 50-250/22	AF ENR 65-250/37	AF ENR 65-250/37	AF ENR 65-250/37	AF ENR 80-250/45	AF ENR 80-250/45	AF ENR 100-250/75
	80	AF ENR 32-250/11	AF ENR 40-250/15	AF ENR 50-250/22	AF ENR 50-250/30	AF ENR 65-250/37	AF ENR 65-250/37	AF ENR 65-250/37	AF ENR 65-250/45	AF ENR 80-250/55	AF ENR 100-250/75
	85	AF ENR 32-250/15	AF ENR 40-250/18,5	AF ENR 50-250/30	AF ENR 50-250/30	AF ENR 65-250/45	AF ENR 65-250/45	AF ENR 65-250/45	AF ENR 65-250/45	AF ENR 80-250/55	AF ENR 100-250/75
	90	AF ENR 40-250/18,5	AF ENR 40-315/22	AF ENR 50-315/37	AF ENR 50-315/37	AF ENR 65-315/45	AF ENR 65-315/45	AF ENR 65-250/45	AF ENR 80-250/55	AF ENR 80-315/75	AF ENR 80-315/75
	95	AF ENR 40-315/18,5	AF ENR 40-315/22	AF ENR 50-315/37	AF ENR 50-315/37	AF ENR 65-315/45	AF ENR 65-315/45	AF ENR 65-315/45	AF ENR 80-315/75	AF ENR 80-315/75	AF ENR 80-315/75
	100	AF ENR 40-315/22	AF ENR 40-315/30	AF ENR 50-315/37	AF ENR 50-315/37	AF ENR 65-315/45	AF ENR 65-315/55	AF ENR 65-315/55	AF ENR 65-315/55	AF ENR 80-315/75	AF ENR 80-315/90
PRESTACIONES SUPERIORES BAJO CONSULTA											

EBARA AQUAFIRE AFU-EN - ENR 32-200/7,5 EJ



Composición del grupo:
EJ: Eléctrica + Jockey
DJ: Diesel + Jockey
EDJ: Eléctrica + Diesel + Jockey
EEJ: Eléctrica + Eléctrica + Jockey

KW

Tamaño de bomba

Serie bomba principal:

ENR
ENI
PQ
3M
3P

Norma:

AFU-EN: UNE EN 12845

Composición de Grupo ver pág. 35

Dimensiones ver págs. 36 a 39

Modelo bomba Jockey ver págs. 36 a 39

PARARRAYOS / LIGHTNING CONDUCTOR



PARARRAYOS CON DISPOSITIVO DE CEBADO (AT) PDC UNE 21.186/NF-C 17.102/NP 4.426 LIGHTNING CONDUCTOR WITH STREAMER DEVICE (AT) PDC

Ref.	Modelo Model	"h" Altura Mástil Shaft Height	Radio Acción Nivel 1 Protection Level 1	Radio Acción Nivel 2 Protection Level 2	Radio Acción Nivel 3 Protection Level 3	Radio Acción Nivel 4 Protection Level 4	€
1001	PDC-S1	6 m.	40 m.	50 m.	60 m.	70 m.	
1002	PDC-S2	6 m.	50 m.	60 m.	70 m.	80 m.	
1003	PDC-S3	6 m.	65 m.	73 m.	80 m.	90 m.	
1004	PDC-S4	6 m.	80 m.	86 m.	93 m.	107 m.	
EFICACIA DE LA PROTECCIÓN / PROTECTION EFFECTIVENESS			98%	95%	90%	80%	

NIVELES SEGÚN EL CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN (SOLO ESPAÑA) PROTECTION LEVELS ACCORDING TO THE CTE (SPAIN ONLY)

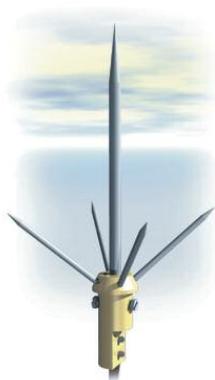
Ref.	Modelo Model	"h" Altura Mástil Shaft Height	Radio Acción Nivel 1 Protection Level 1	Radio Acción Nivel 2 Protection Level 2	Radio Acción Nivel 3 Protection Level 3	Radio Acción Nivel 4 Protection Level 4	€
1001	PDC-S1	6 m.	56 m.	66 m.	81 m.	96 m.	
1002	PDC-S2	6 m.	65 m.	75 m.	90 m.	105 m.	
1003	PDC-S3	6 m.	77 m.	87 m.	102 m.	117 m.	
1004	PDC-S4	6 m.	88 m.	98 m.	113 m.	128 m.	
EFICACIA DE LA PROTECCIÓN / PROTECTION EFFECTIVENESS			98%	95%	90%	80%	

Descripción:

Pararrayos certificados con la marca Bureau Veritas, conforme a las normas CTE, UNE 21186:2011 Anexo "C", 50164, NF-C 17.102 y NP 4.426. Para conseguir una protección eficaz se recomienda proyectar sobre el Nivel 1. Los valores (ΔL) deben estar comprendidos entre 5 y 50 μ s como indican los gráficos de la Norma UNE 21.186:2011. El aumento de estos valores (ΔL) no son significativos dado que en ningún caso se pueden sobredimensionar los radios de acción máximos que contempla la norma.

Description:

Certified lightning arrestors with Bureau Veritas brand, according to UNE 21186:2011 annex "C", 50164, NF-C 17.102 and NP 4.426. In order to get an optimum protection, it is recommended to base any project on Level 1. The (ΔL) values must be included between 5 and 50 μ s showed in the standard UNE 21.186:2011 graphics. The increase of these values (ΔL) is of no significance, aMax. radius of action, as stated in UNE 21.186:2011 Standard, cannot be increased.



PUNTA FRANKLIN / FRANKLIN ROD

Ref.	Modelo Model	Radio de Protección Medio (m) Medium Protection Level	€
13001	Acero Inox. / Stainless Steel	No dispone / None	
13002	Cobre / Copper	No dispone / None	

Descripción:

Punta formada por pieza central, vástago principal y cuatro laterales. Es de tipo semi-pasivo. Fabricado en acero inoxidable. Norma Internacional AISI 316 (18/8/2). Norma Española UNE-36-016-75. Medidas: 430mm. Idem de punta. Fabricado en bronce-níquel UNE C-6440.

Description:

One central rod and four laterals form it and it is of a semi-passive type. Manufactured: Stainless Steel International Standard AISI 316. Spanish Standard UNE-36-016-75. Size: 430 mm. Idem rod. Manufactured: Brass-Nickel UNE C-6440.