

(08-011) - Design of a storage system for hazardous chemical products in a company supplying industrial products.

Lleches Padilla, Gemma ¹; Garcia Fayos, Beatriz ¹; Arnal Arnal, José Miguel ¹; Ruiz Reche, Valle ¹

¹ Universitat Politècnica de València

The storage of chemical products represents a potential safety risk for companies due to the hazardous characteristics of the products it contains. This paper presents the case of a company specialized in the supply of industrial products that has decided to redistribute its liquid and gaseous chemical products in different locations. This paper presents the design carried out as well as the difficulties faced in the realization of the design taking into account the current regulations regarding the storage of chemical products, Spanish Royal Decree 656/2017.

The design carried out includes an indoor warehouse for chemical products packaged in mobile containers with a total volume of 130 cubic meters, grouped on pallets and located on shelves, and an outdoor warehouse for refrigerant gases. The indoor warehouse, with a surface area of approximately 300 square meters, contains flammable and non-flammable liquid chemicals and aerosols. The outdoor warehouse for the storage of refrigerant gases (ammonia, flammable, compressed and mobile containers) occupies an area of approximately 50 square meters.

The design includes aspects of safety, fire protection, spill protection and containment of extinguishing water, among others.

Keywords: storage; chemicals; design; regulations; safety

Diseño de un almacenamiento de productos químicos peligrosos en una empresa de suministro de productos de uso industrial

El almacenamiento de productos químicos supone un riesgo de seguridad potencial para las empresas por las características de peligrosidad de los productos que contiene. Este trabajo presenta el caso de una empresa especializada en suministro de productos de uso industrial que ha decidido redistribuir los productos químicos que dispone tanto de tipo líquido como gaseoso ubicados en distintos emplazamientos. El presente trabajo presenta el diseño realizado así como las dificultades enfrentadas en la realización del diseño teniendo en cuenta la normativa vigente respecto a almacenamiento de productos químicos, el Real Decreto 656/2017.

El diseño realizado incluye un almacén interior de productos químicos envasados en recipientes móviles con un volumen total de 130 metros cúbicos, agrupados en pallets y ubicados en estanterías, y un almacén exterior de gases refrigerantes. El almacén interior de superficie aproximada de 300 metros cuadrados contiene los productos químicos líquidos y aerosoles, inflamables y no inflamables. El almacén exterior para el almacenamiento de gases refrigerantes incluye (amoníaco, inflamables, comprimidos y recipientes móviles) y ocupa una superficie aproximada de 50 metros cuadrados.

El diseño incluye aspectos de seguridad, de protección contra incendios, protección frente a derrames y la contención de aguas de extinción, entre otros.

Palabras clave: almacenamiento; productos químicos; diseño; normativa; seguridad

Correspondencia: beagarfa@iqn.upv.es



©2024 by the authors. Licensee AEIPRO, Spain. This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

1. Introducción

El proyecto objeto de la presente comunicación se centra en el diseño de un almacenamiento para una empresa dedicada al almacenamiento, distribución y venta de productos de uso industrial, como herramientas, material eléctrico, material de construcción, accesorios para montaje y anclaje, productos químicos, etc. La empresa almacena todos los materiales nombrados juntos dentro de la nave, simplemente ordenados por familias.

Después de muchos años se han planteado separar los productos químicos peligrosos y almacenarlos en un área concreta de la nave, adecuándola para cumplir los requisitos y medidas necesarias de seguridad en el entorno de trabajo.

1.1. La industria química

En el ámbito nacional, la industria química es un sector de gran importancia, con presencia significativa en la economía del país. La disponibilidad de materias primas y recursos naturales la sitúan con una base sólida y fuerte en la investigación y el desarrollo.

La siguiente Figura 1 muestra la evolución de la cifra de negocios de la industria química en España desde el año 2007 hasta el 2021.

Figura 1: Evolución cifra de negocios del sector químico en España desde el año 2007 (FEIQUE, 2023)



Además, en cuanto a la distribución dentro del país, la industria química se concentra principalmente en áreas como Cataluña o Madrid, con gran cantidad de empresas y centros de investigación, y son las dos principales regiones del país en cuanto a población y concentración de zonas industriales (FEIQUE, 2023).

Pese a su importancia y presencia, la industria química también puede tener consecuencias perjudiciales para la salud humana y el medio ambiente si no se aplican las medidas adecuadas para controlar la emisión de sustancias nocivas y la correcta gestión de residuos.

1.2. Industria del suministro de productos de uso industrial

La industria de productos de uso industrial se refiere a la producción y el suministro de bienes que se utilizan en la fabricación otros productos, en varios procesos industriales y en la construcción de infraestructuras. Estos productos incluyen materiales de construcción, maquinaria y equipos, productos químicos, productos metálicos y productos electrónicos.

1.3. Siniestralidad relacionada con almacenamientos de productos químicos

La normativa APQ no busca solo evitar y garantizar la seguridad, sino también minimizar las consecuencias ante un incidente en un almacenamiento de productos químicos.

Desafortunadamente, ha habido varios accidentes graves en el pasado en instalaciones de almacenamiento de productos químicos, algunos de los cuales han causado pérdidas humanas y daños ambientales significativos. A continuación, se presentan algunos ejemplos:

- Explosión en el puerto de Beirut, El Líbano, en 2020: dos explosiones en serie dejaron más de 178 víctimas mortales. Unos fuegos artificiales provocaron un primer incendio que desencadenó la segunda y más fuerte explosión en un almacén de nitrato de amonio de 2.750 toneladas que llevaba 6 años almacenado (Sivaraman & Varadharajan, 2021).
- Incendio en la planta de almacenamiento de productos químicos en Tianjin, China, en 2015. Un incendio, seguido de una serie de explosiones, dejaron 114 víctimas mortales y más de 700 personas heridas. La principal causa se establece en la reacción de productos químicos peligrosos incompatibles almacenados conjuntamente (Liu et al., 2020).

Es importante destacar que hay accidentes que no se pueden evitar, pero sí minimizar sus consecuencias. Muchos accidentes, como en Chernobyl en 1986, se relacionan con la reducción de costos en seguridad. Otros accidentes, como el de Piper Alpha en 1988, se atribuyó a la seguridad deficiente de sus instalaciones o el accidente de Enschede en el 2000, donde la falta de comunicación desencadenó la principal explosión (Hailwood & Gyenes, s/f). Por todo ello, la seguridad industrial tiene que estar en el foco de cualquier establecimiento, y aún más, en almacenamientos de productos químicos, como en el presente trabajo.

2. Objetivos

El objetivo principal del trabajo es diseñar un almacenamiento de productos químicos peligrosos de uso industrial de una capacidad potencial aproximada de 130 m³, en una nave industrial de una empresa de Paterna (Valencia).

Teniendo en cuenta las necesidades productivas por parte de la empresa y la normativa vigente respecto al almacenamiento de productos químicos, el Real Decreto 656/2017, la finalidad del trabajo es optimizar el almacén minimizando el impacto de las instalaciones sobre la seguridad y salud de las personas, los bienes y el medio ambiente, reduciendo las consecuencias en caso de un vertido accidental, de un incendio, o de cualquier otro accidente (España, 2017).

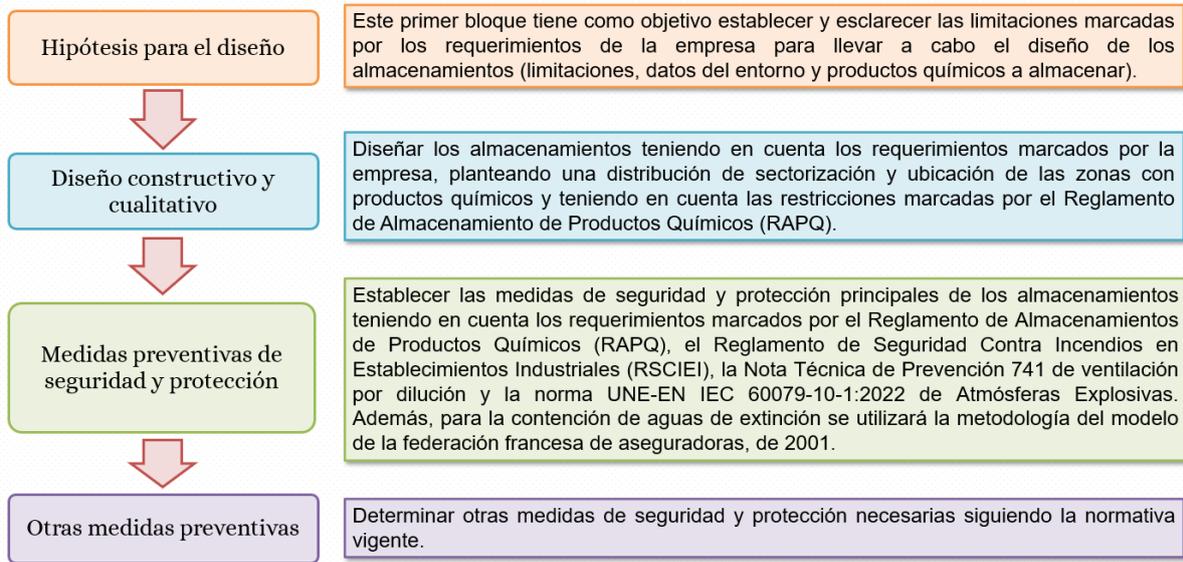
Para conseguir esta meta se necesitan objetivos secundarios como:

- Estudiar los datos de partida, las especificaciones establecidas por la empresa para el diseño del almacenamiento y sus necesidades de almacenamiento.
- Estudiar las propiedades de los productos químicos de interés, seleccionar la normativa a aplicar y realizar el diseño constructivo y cualitativo del almacenamiento.
- Determinar las medidas preventivas de seguridad y protección principales y secundarias para establecer todas las características técnicas, legales y de seguridad necesarias.
- Abordar el presupuesto económico del diseño planteado, siempre siguiendo los criterios establecidos por la empresa y la normativa vigente.

3. Metodología para el diseño del almacenamiento

La metodología se estructura en cuatro grandes bloques, como indica la siguiente Figura 2.

Figura 2: Esquema de la metodología para el desarrollo del trabajo



4. Diseño Del Almacenamiento

4.1. Hipótesis para el diseño

Únicamente se comentarán los aspectos constructivos del almacenamiento interior, puesto que, el almacén exterior será de nueva construcción:

- El almacenamiento interior donde se ubicarán los productos químicos líquidos y aerosoles consiste en un local situado dentro de la nave de almacén general, en una de las esquinas de esta. Poseerá una superficie rectangular de aproximadamente 294 m².

Además de estas restricciones, la empresa marcó el tipo de estanterías que se utilizarían y el volumen aproximado máximo a almacenar por estante de estantería.

Para poder estudiar las limitaciones del almacenamiento se tienen que conocer los productos químicos a almacenar y sus cantidades. Desde un primer momento se diferenciaron por su estado. Por un lado, estarán los productos químicos líquidos y aerosoles, que se almacenarán en el interior de la nave, y por otro lado se encuentran los productos químicos gaseosos, que se ubicarán en el exterior de la nave.

Se ha calculado, mediante el volumen del recipiente y su stock máximo, un total de 12.223,16 L de productos químicos a almacenar en el interior de la nave, y 2.400 Nm³ de gases variables, y 900 kg de amoníaco máximo para el almacén exterior.

4.2. Diseño constructivo y cualitativo del almacenamiento según la normativa correspondiente

4.2.1. Peligrosidad de las sustancias

Se han estudiado los principales peligros de las sustancias, según la FDS de cada producto, destacando los productos químicos inflamables líquidos y aerosoles que posteriormente se ubicarán en el almacenamiento interior de inflamables. Se observa que existen líquidos y aerosoles de (49 inflamables, y 18 no inflamables). En el almacenamiento exterior, únicamente se ubicarán gases a presión móviles tanto inertes como inflamables.

4.2.2. Determinación de la normativa a aplicar

Gracias a la clasificación de los productos químicos y su peligrosidad se ha determinado que en los almacenamientos interiores de inflamables y otros productos químicos se aplicará la ITC-10 de almacenamientos en recipientes móviles. En cuanto al almacenamiento exterior de gases refrigerantes se aplicará la ITC-5, de gases en recipientes a presión móviles (España, 2017).

4.2.3. Exigencias técnicas y constructivas

Tal y como se especifica en la ITC-10 de almacenamiento en recipientes móviles, los productos químicos inflamables, correspondientes a las frases de peligrosidad H222, H223, H220, H221, H224, H225, H226 y H228, han de constituir un sector independiente. Por tanto, se sectoriza el espacio disponible en la nave industrial, de 294 m², en dos almacenamientos independientes, uno para inflamables y otro para el resto de productos químicos.

Por ello, existen tres almacenamientos independientes, tal y como muestra la Figura 3, dos ubicados en el interior de la nave industrial y uno emplazado al exterior.

Figura 3: Situación general de los almacenamientos de la nave



El almacén exterior consiste en un recinto abierto. La pared trasera pertenece a la nave industrial, las paredes laterales y cubierta serán de nueva construcción y carece de pared frontal. Cuenta con una superficie rectangular aproximada de 46,15 m², cumpliendo todas las distancias de seguridad y eliminando el menor número de plazas de aparcamiento.

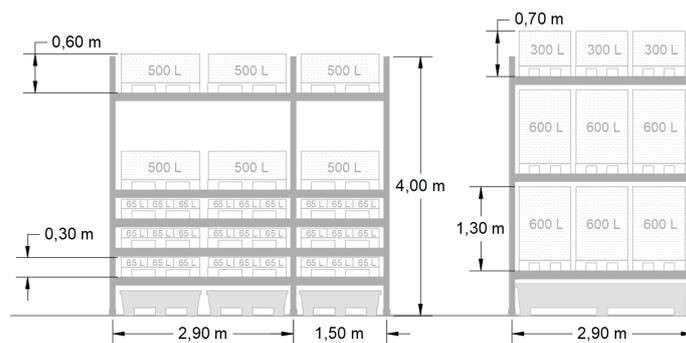
4.2.4. Distribución y capacidad del almacenamiento

Para los ALMACENAMIENTOS INTERIORES, los productos químicos irán almacenados en palés estándares de medida 1.200 mm de anchura y 800 mm de fondos. Existen dos tipos de estanterías según el modo de ubicación de los palés:

- Estanterías con acceso por el lado corto del palé: son estanterías de aproximadamente 2.900 mm de anchura y 1.300 mm de fondo, donde se pueden situar tres palés con acceso por el lado corto. Dichas estanterías poseen tres alturas, las dos primeras alturas con palés de 1,30 m de alto y máximo 600 L por palé, y una tercera altura con palés de 0,70 m de alto y máximo 300 L por palé.
 - En el almacenamiento de los productos químicos no inflamables, se permite, tal y como se justificará más adelante, una cuarta altura con palés de 0,70 m de alto y máximo 300 L por palé, que se ubicarán en la zona central, debido a la altura de la nave.
- Estanterías con acceso por el lado largo del palé: son estanterías de aproximadamente 1.500 mm de anchura y 800 mm de fondo, donde se puede situar un palé con acceso por el lado largo. También se ubicarán estanterías dobles, con espacio para dos palés. Dichas estanterías poseen cinco alturas, las tres primeras alturas con palés de 0,30 m de alto y máximo 200 L por palé, y dos alturas con palés de 0,70 m de alto y máximo 500 L por palé.

La Figura 4 muestra la planta y alzado de las diferentes estanterías.

Figura 4: Estantería con acceso por el lado largo doble y simple, y estantería por el lado largo del palé con 3 alturas, respectivamente.



Según la distribución planteada, se ubicarán como máximo:

- En el almacenamiento interior de productos químicos inflamables: 10 estanterías con acceso por el lado corto del palé y 7 estanterías simples (o en dobles/simples correspondientes) con acceso por el lado largo del palé. Dicha distribución, realizando los cálculos necesarios, hacen un total de 56.095 L de capacidad total.
- En el almacenamiento interior del resto de productos químicos: 9 estanterías con acceso por el lado corto del palé, de las cuales hay 2 con tres alturas (laterales) y 7 con cuatro alturas (centrales), y 4 estanterías simples con acceso por el lado largo del palé. Dicha distribución hace un total de 57.895 L de capacidad total.

El almacenamiento de productos químicos inflamables conforma un único sector, con superficie útil aproximada de 144,50 m² y superficie construida aproximada de 150 m². El almacenamiento de productos químicos no inflamables, con una superficie útil de aproximadamente 151,90 m², compone un sector junto con la zona de recogida en estantería, compuesta por materiales de ferretería principalmente, resultando una superficie construida total de aproximadamente 400 m².

En cuanto al almacenamiento exterior de gases a presión móviles, no utilizará palés, puesto que no se utilizarán estanterías, se almacenarán a ras del suelo, en los recipientes originales.

4.2.5. Clasificación del almacenamiento

Los almacenamientos del interior de la nave se clasifican como almacenamientos cerrados de tipo C según el RSCIEI (RSCIEI, El almacenamiento de gases se clasifica como un almacenamiento abierto de tipo D, puesto que carece completamente de pared frontal. Además, según las cantidades almacenadas de cada gas, la categoría del almacenamiento es categoría 3 (España, 2004).

4.2.6. Almacenamiento conjunto

Tras el estudio de ambas fases, la “fase a” respecto a la Tabla I de la ITC-MIE APQ 10 y las frases H, y la “fase b”, estudiando y recabando toda la información de incompatibilidades recogida de las fichas de seguridad (FSD) de cada uno de los productos químicos a almacenar, tanto entre medios de extinción como entre sustancias, se obtiene que:

- En el almacenamiento de otros productos químicos existen sustancias ácidas y básicas, por ello no compartirán cubeta de retención y se almacenarán en estanterías diferentes.
- El medio de extinción incompatible en los productos químicos a almacenar es el agua a chorro. Por lo tanto, se evitará el uso de bocas de incendio equipadas, puesto que, el agua puede dispersar el producto químico, o que continúe quemándose al ser menos denso.
- En ambos almacenamientos interiores que hay productos que son incompatibles con bases o bases fuertes, y otras que presentan pH básico, y viceversa. Por ello, dichos productos no podrán compartir cubeta de retención.
- Además, en el almacén de otros productos químicos el Brillo Blanca Bebin se almacenará en una estantería diferentes a bases y ácidos, al ser incompatible.
- También se observa que existen productos incompatibles con oxidantes, puesto que no hay ningún producto químico donde la FDS y las frases de peligrosidad lo clasifican como oxidante, no habrá ningún problema de incompatibilidad.

Para el caso de los recipientes a presión móviles, se consultan las incompatibilidades en la Tabla III del Artículo 6 de la ITC-MIE APQ 5 para gases inflamables. Por ello, se instalará un muro de separación con resistencia al fuego mínima de 60 minutos que sobrepase en proyección a los recipientes 1 metro, entre los gases inflamables e inertes. La altura de este tendrá que ser 0,5 metros más alto que los recipientes, por lo cual tendrá que disponer como mínimo de una altura de 2,7 metros.

Por seguridad, se han estudiado las incompatibilidades según las FDS, como en los almacenamientos interiores. Tras su análisis, no han surgido problemas de incompatibilidades entre agentes extintores ni entre materiales, por lo tanto, no hay problemas de incompatibilidad de almacenamiento.

Todas las incompatibilidades quedarán claramente indicadas en las estanterías, mediante la señalización. La siguiente Figura 5 muestra la ubicación de dichas incompatibilidades:

4.3. Medidas preventivas de seguridad y protección

4.3.1. Requisitos de seguridad: justificación de alturas, volumen de pila y distancias

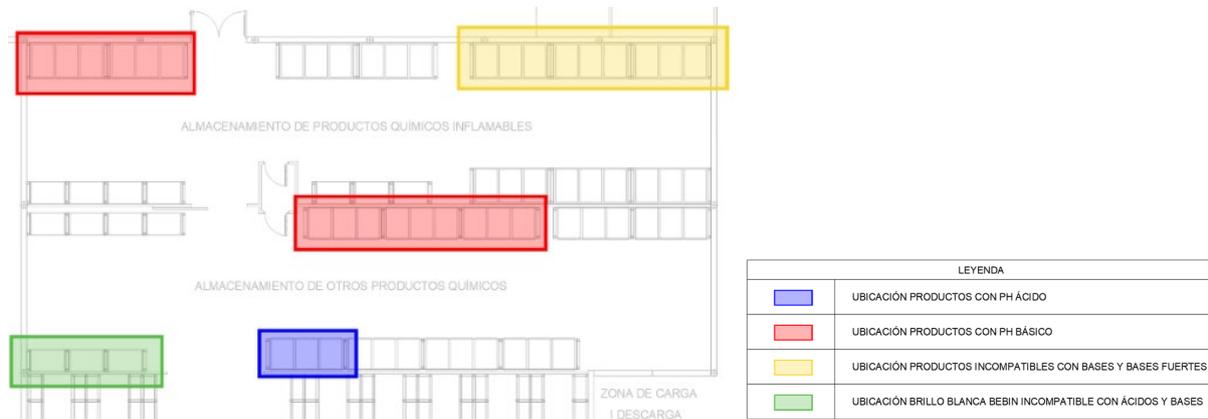
Para el almacenamiento de productos químicos inflamables, y siguiendo las instrucciones establecidas por la ITC-MIE APQ-10, según las frases H, se restringe una altura máxima de 3,6 metros, volumen de pila máximo de 25.000 L y distancias de seguridad máximas correspondientes.

Teniendo en cuenta la altura de pila de cada palé, se calcula la altura máxima en ambos tipos de estanterías y se observa que se cumple la restricción. De forma análoga, conociendo el

volumen de cada palé, se ha calculado el volumen por pila, y en ambos tipos de estanterías, se cumple la condición, siempre que se distribuya máximo:

- Tres estanterías de acceso por el lado corto del palé juntas.
- Cuatro estanterías simples de acceso por el lado largo del palé juntas.

Figura 5: Incompatibilidades en los almacenamientos interiores



Para que las distancias de seguridad puedan reducirse a cero, los muros del almacenamiento de inflamables dispondrán como mínimo de una pared con resistencia al fuego igual a la exigida para los sectores de incendio/muros colindantes, y como mínimo de 120 minutos.

Para el almacenamiento de otros productos químicos no proceden restricciones de altura, volumen de pila, o distancias de seguridad, puesto que no se almacenan productos químicos inflamables, pirofóricos, que experimentan calentamiento espontáneo, que desprendan gases inflamables en contacto con el agua, o tóxicos.

La Figura 6 muestra la distribución final de los almacenamientos interiores:

Figura 6: Distribución estanterías almacenamientos interiores



Por último, para el almacenamiento de gases a presión móviles, se han seguido las restricciones establecidas por el ITC-MIE APQ-5 para altura de pila y volumen de pila máximo, estableciendo un máximo de dos alturas para los depósitos de 450 kg de NH₃.

En cuanto a las distancias de seguridad se establecen tres:

- Distancia entre gases inflamables y gases inertes se reduce a cero al construir un muro de resistencia al fuego 60 minutos, tal y como se justificaba anteriormente.
- Distancia entre gases inflamables y otros gases, no procede.
- Distancia entre gases inflamables y cualquier foco de ignición: más de 6 m.

La siguiente Figura 7 muestra las distancias de seguridad comentadas:

Figura 7: Distancias de seguridad caseta exterior



Además, se cumplen todas las distancias establecidas para almacenamientos en área abierta.

4.2.7. Protección frente a derrames

El material de las cubetas de retención será:

- Sustancias inflamables: Acero galvanizado.
- Sustancias corrosivas: Plástico como el polietileno, o con revestimientos de este.

La siguiente Tabla 1 recoge los resultados de las dos condiciones establecidas por la ITC-MIE APQ 10 para escoger la más restrictiva, es decir, la mayor de las dos.

Tabla 1: Resultados almacenamientos interiores

Almacenamiento interior de productos químicos inflamables			
Tipo de estanterías	100% de la capacidad del recipiente mayor	10% de la capacidad total almacenada	Volumen mínimo de la cubeta
Lado de manipulación del palé por CORTO	30 L	450 L	450 L
Lado de manipulación del palé por LARGO	30 L	158,5L	158,5L
Almacenamiento interior de otros productos químicos			
Tipo de estanterías	100% de la capacidad del recipiente mayor	10% de la capacidad total almacenada	Volumen mínimo de la cubeta
Lado de manipulación del palé por CORTO - CENTRAL	25 L	540 L	540 L
Lado de manipulación del palé por CORTO - LATERAL	25 L	450 L	450 L
Lado de manipulación del palé por LARGO	25 L	158,5 L	158,5 L

La última restricción que se debe tener en cuenta para escoger las cubetas de retención adecuadas es el espacio disponible para ubicarlas. Las cubetas de retención elegidas que cumplen todas las condiciones se recogen en la Tabla 2:

Tabla 2: Cubetas de retención para los almacenamientos interiores (Denios, 2023)

Almacenamiento de productos químicos inflamables – acero inoxidable	
Acceso lado corto 	Acceso lado largo 
Almacenamiento de otros productos químicos – polietileno	
Acceso lado corto 	Acceso lado largo 

4.2.8. Protección contra incendios

Para el almacenamiento interior de productos químicos inflamables se ha obtenido un Nivel de Riesgo Intrínseco ALTO 6. Se exponen las condiciones a destacar de la protección pasiva:

- Estabilidad al fuego mínima de R120/EI120. Por lo tanto, el muro interior que compartimenta los dos almacenamientos interiores será resistencia y estabilidad 120 minutos. Franja de sectorización en cubierta de 1 m EI 60.

El almacenamiento de otros productos químicos ha resultado un Nivel de Riesgo Intrínseco de MEDIO 4. Las medidas de producción pasiva a destacar son:

- Estabilidad al fuego mínima R60/EI60. Franja de sectorización en cubierta de 1 m EI 30.

Medidas de protección activa a instalar en ambos almacenamientos interiores:

- Sistemas manuales de alarma de incendio.
- Sistemas de comunicación de alarma de incendio junto a cada pulsador.
- Extintores de incendios de polvo ABC de eficacia mínima 34 A - 233 B – C.
- Alumbrado de emergencia: aunque no procede se instalarán por seguridad.

Para el almacenamiento exterior de gases a presión móviles se ha obtenido un NRI MEDIO, según la ITC-MIE APQ 5. Las medidas de protección activas a destacar son:

- Sistemas manuales de alarma de incendio: La distancia a recorrer desde cualquier punto del almacenamiento hasta el pulsador tendrá que ser inferior a 25 m.
- Sistema de comunicación de alarma: Se dispondrá de una sirena junto a cada pulsador.
- Se instalarán 4 extintores de pulso ABC de eficacia mínima 89B.
- Sistema de boca de incendio equipada (BIE): No procede pero se dispondrá de una BIE como suministro de agua para poder enfriar los recipientes.
- Alumbrado de emergencia: Sí que procede.

4.2.9. Contención de aguas de extinción

Siguiendo la metodología comentada anteriormente, se ha obtenido un volumen de aguas de extinción a contener de 42.798 L para los dos almacenamientos interiores. Como sistema de contención se utilizarán barreras de contención de aguas contaminadas. Se ubicarán barreras de contención en la puerta que da al exterior, en la puerta que da acceso en la zona de recogida en estantería y una tercera y última barrera en el muelle de carga y descarga. Teniendo en cuenta la superficie de ambos almacenamientos, se ha obtenido una altura de barrera mínima de 0,15 m. Además, hay que destacar la necesidad de impermeabilizar el suelo de los almacenamientos, para impedir infiltraciones al subsuelo.

4.2.10. Requisitos mínimos de ventilación

Tras los cálculos correspondientes, y escogiendo el resultado más restrictivo, el requisito mínimo de ventilación para el almacenamiento interior de inflamables es de 958 m³/h con una superficie mínima aerodinámica de 0,5 m². Los equipos que se instalan tendrán que cumplir estas condiciones. Además, se tendrá que estudiar la posibilidad de necesitar equipos con marcados ATEX según la zona donde se instalan y la clasificación de zonas ATEX.

Por otro lado, el requisito mínimo de ventilación para el almacenamiento de otros productos químicos es de 2.394 m³/h con una superficie mínima aerodinámica de 0,5 m². Los equipos que se instalan tendrán que cumplir estas condiciones.

Por último, requisito mínimo de área de ventilación para el almacenamiento exterior es de 2,27 m². Dicha condición queda comprobada tras los cálculos necesarios teniendo en cuenta el área de la chapa microperforada, del tipo R5 T8 para cumplir la condición de ventilación.

4.2.11. Estudio de atmósferas explosivas

Se ha realizado el estudio tanto al almacenamiento interior de productos químicos inflamables como al almacenamiento exterior de gases a presión móviles. Los resultados del almacenamiento interior de productos químicos se muestran en la siguiente Tabla 3.

Tabla 3: Resultados clasificación de zonas ATEX para el almacenamiento interior de inflamables

Zona 0	Zona 1	Zona 2	Sin clasificar
-	Todo el interior del almacén de inflamables	1 m alrededor de la Puerta corredera de sectorización	Alrededor de las puertas del vestíbulo de independencia siempre que se mantengan cerradas
-	El interior de los conductos de extracción	1 m alrededor puerta exterior	
-	0,5 m alrededor de la boca de descarga de la extracción	0,5 m alrededor de la Zona 1 de la boca de descarga de la extracción	

Marcado ATEX de los equipos eléctricos y equipos no eléctricos capaces de generar una chispa o alta temperatura, que no se puedan instalar fuera de las zonas clasificadas:

- Categoría 2 para Zona 1 y 3 para Zona 2. Grupo de gases IIB y clase de temperatura T3.

En cuanto al almacén exterior, la caseta de gases a presión móvil se desclasifica. Tal y como especifica la normativa, una zona 2 ED indica una zona teórica que en condiciones normales es de extensión despreciable. Si se aumentaron los productos químicos inflamables se tendría que repetir el estudio para determinar la necesidad o no de clasificar las zonas.

4.4. Otras medidas de seguridad

Para los almacenamientos interiores la ITC-MIE APQ 10 establece que se instalarán un total de tres duchas de emergencia, proveídas de lavaojos, a una distancia inferior a los 10 metros, y estarán libres de obstáculos y debidamente señalizadas.

Para la caseta exterior de gases, como el gas amoníaco es corrosivo, existirá una ducha de emergencia que cumpla las normas UNE-EN 15154, sobre duchas y lavaojos de seguridad.

Se dispondrá de señalización de acceso restringido y la prohibición de encender fuego o fumar. Además, cada uno de los almacenes tendrá que disponer de señalización de los medios de protección contra incendios, señalización de la ducha lavaojos y señalización de local ATEX, según proceda en cada caso.

Se especificarán las medidas complementarias y organizativas, así como los equipos de protección individual a utilizar, la formación e información necesaria para las y los trabajadores y las especificaciones de las instalaciones de carga y descarga.

5. Conclusiones

El objetivo del trabajo descrito en la presente comunicación era diseñar un almacenamiento de productos químicos peligrosos de uso industrial, tanto líquidos y aerosoles como gases, de una capacidad potencial aproximada de 130 m³. El diseño ha resultado en tres almacenamientos diferentes, dos interiores para almacenamiento de líquidos y aerosoles en recipientes móviles, y un exterior donde se ubicarán los gases en presión móviles.

El almacenamiento de productos químicos inflamables tendrá una superficie útil de 144,50 m², ubicado a un lado del interior de la nave industrial. Según la clasificación ATEX se poseerá una zona 1 en el interior de este y una zona 2 de 1 metro alrededor de las aperturas generales. El estudio ATEX se ha realizado aplicando la norma UNE-EN IEC 60079-10-1:2022 y los requisitos mínimos de ventilación se han diseñado de acuerdo con la NTP número 741, estará dotado de un sistema de ventilación forzada con un caudal mínimo de 958 m³/h para ubicarse por debajo de los valores límites de exposición laboral. Por lo tanto, el interior de los conductos y 0,5 m alrededor de la boca de descarga de estos serán una zona 1 y se añadirá una zona 2 de 0,5 m alrededor de la zona 1 de la boca descarga.

En cuanto al almacenamiento otros productos químicos, se ubica junto al almacenamiento de inflamables, en el interior de la nave industrial y ocupa una superficie útil de 151,90 m². No necesita clasificación de zonas ATEX puesto que no se contempla su uso para sustancias inflamables, pero se deberá tener en cuenta las zonas que puedan afectarle del almacenamiento confrontado. Este almacenamiento poseerá un sistema de ventilación forzada con un caudal mínimo de 2.394 m³/h, diseñado según la NTP número 741.

En cuanto la caseta exterior de gases refrigerantes es un almacenamiento abierto de gases a presión móviles de nueva construcción, con una superficie útil de 46,15 m² y ubicado junto en el aparcamiento. Se ubicarán gases inertes e inflamables, por eso se dispondrá de un muro separador con una resistencia al fuego mín. de 60 min, para cumplir con los requisitos de seguridad necesarios. Por último, el estudio ATEX ha resultado que, debido al bajo volumen de sustancias inflamables y la ventilación natural del local, se puede desclasificar este.

En los almacenamientos interiores, se han contemplado sistemas de contención de aguas de extinción con barreras de contención en las puertas que dan al exterior o al resto de la nave, para evitar la filtración y vertido de aguas contaminadas a aguas subterráneas.

Todos los almacenamientos poseen un sistema de extinción de incendios diseñados de acuerdo con el Real Decreto 2267/2004, del 3 de diciembre, por cual se aprueba el Reglamento de Seguridad Contra incendios en Establecimientos Industriales. Además, todos

los almacenamientos diseñados cumplen con el Real Decreto 656/2017 de Almacenamiento de Productos Químicos, que permite a la empresa cumplir con la legislación vigente, así como ampliar sus instalaciones de forma segura de acuerdo con el crecimiento de negocio.

6. Referencias

Denios. (2023). Catálogo en línea. Datos recuperados del 3 de junio de 2023 desde: https://epaper.denios.com/catalogue_es/index.html?_gl=1*1fmfccp*_gcl_au*NTY2NTM4OTE0LjE3MTcxNTUyMjU.#0

España. Real Decreto 2267/2004, del 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de Seguridad Contra Incendios en Establecimientos Industriales. [Internet] *Boletín Oficial del Estado*, 17 de diciembre de 2004, núm. 303, pp. 41194-41255 [consultado 10 marzo 2024]. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2004-21216>

España. Real Decreto-ley 656/2017, del 23 de junio, por el que se aprueba el Reglamento de Almacenamiento de Productos Químicos y sus Instrucciones Técnicas Complementarias MIE APQ 0 a 10. [Internet] *Boletín Oficial del Estado*, 25 de julio de 2017, núm. 176 [consultado 10 marzo 2024]. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/pdf/2017/BOE-A-2017-8755-consolidado.pdf>

FEIQUE, F. E. (2023). *Radiografía del Sector Químico Español*. Obtenido de: <https://www.feique.org/wp-content/uploads/2024/03/Radiografia-del-sector-quimico-espanol-2023.pdf>

Hailwood, M., & Gyenes, Z. (s/f). *Safety Culture and Major Accidents*. Obtenido el 18 de mayo de 2024, desde: https://minerva.jrc.ec.europa.eu/EN/content/minerva/113fdcd8-a30a-4b58-991c-d5a9d268e92a/201609mjbv_safety_culture_nlsafety_culture_and_accidents

Liu Y, Feng K, Jiang H, Hu F, Gao J, Zhang W, Zhang W, Huang B, Brant R, Zhang C, Yan H. (2020). Characteristics and treatments of ocular blast injury in Tianjin explosion in China. *BMC Ophthalmol*, 20, 185. doi: 10.1186/s12886-020-01448-3

Sivaraman, S., & Varadharajan, S. (2021). Investigative consequence analysis: A case study research of beirut explosion accident. *Journal of loss prevention in the process industries*, 69, 104387. doi: 10.1016/j.jlp.2020.104387

**Comunicación alineada con los
Objetivos de Desarrollo Sostenible**

