



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA QUÍMICA

**APLICACIÓN DE LAS INSTRUCCIONES
TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS PARA LA
DISTRIBUCIÓN DEL ALMACENAMIENTO DE
SUSTANCIAS QUÍMICAS EN UNA PLANTA DE
PRODUCCIÓN DE ACETATO DE ETILO**

AUTOR: ENRIC BOSCH SANCHIS

TUTOR: MIGUEL ARNAL ARNAL

COTUTOR: MARÍA PINO SANCHO FERNÁNDEZ

Curso académico: 2013 - 14

AGRADECIMIENTOS

Mis agradecimientos, aunque estén aquí incluidos, responden no solo a los años de carrera y a los meses del Trabajo Final de Grado, sino a toda una vida de apoyos y confianza recibidos por parte de personas cercanas y no tan cercanas, sin los cuales no estaría escribiendo esto ahora mismo.

En el ámbito personal, tengo que agradecer a mis padres, Adela y Quique, su exigencia y persistencia en la mejora de mi futuro, siendo parte, a mi entender, del resultado conseguido en mis estudios y en todo reto que acarreo en mi vida.

A Jéssica le agradezco estar ahí siempre que la necesito, motivándome y tranquilizándome en aquellos momentos en que las cosas se tuercen un poco.

En el ámbito académico, aunque también un poco personal, es completamente necesario agradecer su participación directa en el proyecto a Sebastià, Belén, Adrián, Joaquín, Alba, Aina y Andrés, por el trabajo conjunto que hemos realizado en el Laboratorio Integrado de Ingeniería Química y que tanto me ha servido en este Trabajo de Final de Grado. También debo agradecer las lecciones recibidas de Alex y Joan, que me han permitido reforzar las áreas que menos domino, a cambio de unas cañas y un par de abrazos.

A María y a Miguel, mis tutores del Trabajo Final de Grado, les agradezco la gran ayuda que me han prestado, así como el trato familiar recibido y los conocimientos que me han sabido transmitir, y aprovecho para disculparme por mi tozudez y por mi pesadez.

Agradecer finalmente, porque no, a todos aquellos, compañeros o no, que me han ayudado de alguna forma a sacar lo mejor de mí y que seguramente no han sido compensados como realmente merecen.

“Recibir ayuda de alguien no quiere decir que hayas fracasado, solo quiere decir que no estás solo”

PRÓLOGO

En el presente Trabajo de Final de Grado, se analizará la distribución, ubicación y condiciones de almacenamiento de las sustancias químicas en una planta de producción de acetato de etilo.

Este trabajo se basa en el Laboratorio Integrado de Ingeniería Química, donde se desarrolló el proceso de obtención de acetato de etilo a escala de laboratorio, y donde se hizo hincapié en los procedimientos necesarios para procurar el uso adecuado y seguro de las sustancias químicas correspondientes a dicho proceso. Se explica a continuación tanto el proceso experimental seguido en el laboratorio como los materiales utilizados y los resultados obtenidos.

Una vez descrita la parte experimental del Laboratorio Integrado de Ingeniería Química, el trabajo se centra en el estudio de las condiciones de seguridad y de almacenamiento de las sustancias químicas que intervienen en el proceso mencionado. Se estudia el almacenamiento de los productos químicos según las condiciones de seguridad que presentan como producto en sí, y también con relación a los otros productos. Para ello se utiliza como base la normativa establecida en las Instrucciones Técnicas Complementarias (ITCs) que se presentan en el Real Decreto 379_2001, por el que se aprueba el Reglamento de almacenamiento de productos químicos y sus instrucciones técnicas complementarias MIE-APQ-1, MIE-APQ-2, MIE-APQ-3, MIE-APQ-4, MIE-APQ-5, MIE-APQ-6 y MIE-APQ-7. BOE núm. 112 de 10 de mayo de 2001 BOE nº 112 10-05-2001.

Finalmente, se realiza el diseño final del recinto de almacenamiento de la planta al que se ha llegado como conclusión de los estudios realizados en este trabajo.

ÍNDICE DE DOCUMENTOS

Documento 1: Memoria descriptiva

Documento 2: Presupuesto

Documento 3: Planos



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

DOCUMENTO 1

**MEMORIA
DESCRIPTIVA**

ÍNDICE DE LA MEMORIA

1. Justificación.....	9
2. Objetivos.....	11
3. Introducción.....	13
3.1 Descripción del producto.....	13
3.1.1 Definición y origen.....	13
3.1.2 Síntesis del acetato de etilo.....	13
3.1.3 Propiedades.....	14
3.2 Estudio de mercado.....	15
3.2.1 Estudio de empresas productoras.....	15
3.2.2 Análisis de producción, importaciones y exportaciones en el sector químico.....	17
3.3 Aplicaciones.....	22
4. Localización.....	25
5. Proceso de obtención.....	27
5.1 Desarrollo experimental a escala de laboratorio.....	27
5.1.1 Materias primas y reacción.....	27
5.1.2 Descripción del proceso de esterificación.....	29
5.1.3 Descripción del proceso de purificación.....	31
5.1.4 Análisis de pureza y cálculo de rendimientos.....	34
5.2 Estudio del proceso productivo general.....	36
6. Importancia de la seguridad y riesgos químicos de las sustancias.....	39
7. Diseño del almacenamiento.....	47
7.1 Almacenamiento de materias primas y producto final.....	49
7.2 Almacenamiento de residuos.....	59

7.3	Dimensionado de los cubetos de retención	68
7.4	Señalización de tanques, tuberías y cubetos	77
8.	Distribución general del almacén	81
9.	Bibliografía	85

ANEXOS DE LA MEMORIA

Anexo 1:	Diagrama de bloques	91
Anexo 2:	Diagrama de flujo	92

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: Propiedades físicas y químicas del acetato de etilo.....	14
TABLA 2: Principales exportadores e importadores de productos químicos a nivel global.....	17
TABLA 3: Importaciones y exportaciones de acetato de etilo en España.....	22
TABLA 4: Datos de absorbancia para cada porcentaje de Acetato de Etilo en disolución.....	35
TABLA 5: Resultados de absorbancia y porcentaje de acetato de etilo.....	36
TABLA 6: Tablas de seguridad de los productos químicos que intervienen en el proceso.....	42
TABLA 7: Factores de riesgo de las sustancias.....	46
TABLA 8: Cantidad de materia prima necesaria para la producción en una semana.....	47
TABLA 9: Volumen de cada materia prima necesario para la producción de una semana.....	48
TABLA 10: Dimensiones reales de los depósitos de almacenaje.....	49
TABLA 11: Resumen de las restricciones principales impuestas por la legislación para materias primas y producto final.....	57
TABLA 12: Productos componentes del residuo de la reacción de esterificación.....	59
TABLA 13: Productos componentes del residuo de la neutralización.....	60
TABLA 14: Productos componentes del residuo de la separación de fases.....	61
TABLA 15: Productos componentes del residuo de la deshidratación.....	61
TABLA 16: Productos componentes del residuo de la destilación.....	62
TABLA 17: Cantidad de residuos que se producen en laboratorio y en industria.....	62
TABLA 18: Tamaño de los depósitos de residuos.....	63
TABLA 19: Resumen de las restricciones principales impuestas por la legislación para los residuos.....	67

TABLA 20: Cálculo de las dimensiones del cubeto de retención de inflamables.....	69
TABLA 21: Cálculo de las dimensiones del cubeto de retención de materias primas corrosivas.....	70
TABLA 22: Cálculo de las dimensiones del cubeto de retención de residuos inflamables.....	71
TABLA 23: Cálculo de las dimensiones del cubeto de retención de residuos irritante.....	72
TABLA 24: Cálculo de las dimensiones del cubeto de residuos corrosivos.....	73
TABLA 25: Cálculo de las dimensiones del cubeto de retención de residuos no peligrosos.....	74
TABLA 26: Cálculo de las dimensiones del cubeto de retención de agua.....	75
TABLA 27: Medidas de cada cubeto y de los tanques.....	76
TABLA 28: Colores de las tuberías y de la franja de los depósitos.....	78
TABLA 29: Colores y símbolos de identificación para cada sustancia.....	78

ÍNDICE DE LAS FIGURAS

Figura 1: Reacción de esterificación de Fischer.....	14
Figura 2: Distribución sectorial de la producción en el sector químico.....	18
Figura 3: Distribución sectorial de la importación del sector químico en España.....	19
Figura 4: Distribución sectorial de la exportación del sector químico en España.....	20
Figura 5: Importaciones y exportaciones de productos farmacéuticos.....	20
Figura 6: Importaciones y exportaciones de pinturas y barnices.....	21
Figura 7: Importación y exportación de jabones, detergentes, pinturas y cosméticos.....	21
Figura 8: Ubicación de la planta objeto del TFG.....	25
Figura 9: Reacción de esterificación de Fischer con etanol y ácido acético.....	28
Figura 10: Mecanismo de reacción esterificación de Fischer.....	28
Figura 11: Reactor de esterificación.....	29
Figura 12: Diagrama de bloques parcial del proceso de esterificación.....	31
Figura 13: Diagrama de bloques parcial del proceso de purificación.....	33
Figura 14: Espectrofotómetro de absorción.....	34
Figura 15: Recta de calibrado.....	35
Figura 16: Dimensiones de tanques y cubetos.....	36
Figura 17: Normas para la elaboración de los diamantes de señalización.....	77

1. JUSTIFICACIÓN.

1.1. Justificación Académica

El presente Trabajo de Final de Grado supone la culminación de los estudios del Grado en Ingeniería Química.

A través del mismo se aplican y desarrollan algunos de los contenidos académicos aprendidos durante cuatro años, con el fin de demostrar la capacitación del futuro ingeniero para integrarse en el mundo laboral.

1.2. Justificación Técnica

Un accidente es un suceso estrechamente relacionado con el azar, a veces considerado inevitable en muchos ámbitos de la vida. No obstante, existen otros entornos en los cuales se puede reducir el número de aspectos que confiamos al azar, y uno de estos es el entorno laboral.

Así pues, se antoja de gran importancia establecer medidas de seguridad que minimicen las probabilidades de accidente o las consecuencias en caso de que tenga lugar en todos los lugares de trabajo. Pero más aún si cabe en aquellos entornos considerados potencialmente peligrosos. Sin duda la industria química es uno de estos sectores.

Es por ello que se acometen proyectos como el que engloba el presente Trabajo de Final de Grado, cuya importancia reside en dos factores principales:

En primer lugar, es completamente necesario que un trabajador se sienta seguro en su lugar de trabajo, en este caso en un almacén de una planta de acetato de etilo, y que se haga todo lo posible para evitar cualquier tipo de lesión o accidente laboral.

Y en segundo lugar, se ha de tener en cuenta además las posibles consecuencias medioambientales que podría tener un accidente, y que, directa o indirectamente, afectarían a los seres vivos.

Se concluye pues que un diseño óptimo en materia de seguridad en un almacén de una planta de acetato de etilo será totalmente necesario y de gran importancia.

2. OBJETO.

El objetivo principal de este Trabajo de Final de Grado es la distribución adecuada de las sustancias químicas en el recinto de almacenamiento de una empresa productora de acetato de etilo, así como la definición del modo óptimo de almacenamiento de cada sustancia química.

Todo ello siempre con objeto de evitar cualquier tipo de accidente relacionado con las sustancias utilizadas en la producción del acetato de etilo y de disponer de las medidas preventivas adecuadas.

Para alcanzar dicho objetivo general, se deberán conseguir los siguientes objetivos específicos:

- 1) Descripción del método de producción y las condiciones de operación a escala de laboratorio, en el que está basado el diseño de este almacén.
- 2) Traslado a escala industrial del proceso realizado en el laboratorio.
- 3) Estudio de seguridad de las sustancias químicas a almacenar.
- 4) Análisis de la documentación relativa a seguridad en el almacenamiento de sustancias químicas.
- 5) Diseño del almacén de la planta de acetato de etilo de acuerdo con la documentación analizada.

3. INTRODUCCIÓN.

3.1 Descripción del producto

3.1.1 Definición y origen

El etanoato de etilo, también llamado acetato de etilo es un éster de fórmula $\text{CH}_3\text{-COO-CH}_2\text{-CH}_3$. Su nombre antiguo es éter de vinagre, en alemán "Essig-Äther", de donde proviene el término "esther" o éster.

El acetato de etilo es un líquido incoloro (característico de los ésteres) no residual. Es miscible con hidrocarburos, cetonas, alcoholes y éteres, y poco soluble en agua.

El proceso de fabricación de acetato de etilo en España empieza en las décadas posteriores a la Guerra Civil española, como resultado de los convenios de colaboración entre España y Alemania y posteriores participaciones de empresas españolas en inversiones extranjeras.

3.1.2 Síntesis del acetato de etilo

Se estudia en este apartado los procesos existentes para la obtención del acetato de etilo a escala industrial. Existen varios procesos de obtención, entre los cuales se pueden distinguir dos procesos de alta importancia, la reacción Tischenko y la Esterificación de Fischer.

a) Reacción de Tischenko

Se utiliza como catalizador una disolución de alcoholato de aluminio en una mezcla de etanol/acetato de etilo con iones de Zn^+ y Cl^- como promotores. En esta disolución y con enfriamiento a $0\text{-}5^\circ\text{C}$ se produce la reacción exotérmica del acetaldehído a acetato de etilo. Para una transformación del 95% se alcanza una selectividad del 96% (etanol).

Como subproducto se forma aldol, que fácilmente se deshidrata. El agua así producida da lugar a la hidrólisis del catalizador, el alcoholato de aluminio, que produce su desactivación rápidamente.

En España, inicialmente se utilizaba la reacción Tischenko, siendo importada esta técnica desde Alemania a través de los convenios de participación entre ambos países. Por tanto existía poca información acerca de este proceso en España, solamente en países del este, por lo que la mejora del proceso era un camino angosto para los fabricantes españoles, que vieron complicado mejorar el rendimiento del proceso.

b) Esterificación

Posteriormente, apareció la esterificación de Fischer, un método relativamente más sencillo y más global, del cual se disponía la suficiente información como para poder realizar pruebas empíricas en el proceso que permitieran una mejora de éste. Es el proceso que se ha utilizado desde los años 70 hasta la actualidad de forma mayoritaria en España.

En la *Figura 1*, se presenta la reacción que tiene lugar en la esterificación de Fischer, es decir, la esterificación directa mediante ácido acético y etanol en presencia de un catalizador.

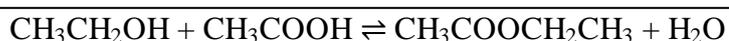


Figura 1: Reacción de esterificación de Fischer

Será esta forma de obtención la que se llevará a cabo a lo largo de este trabajo y por tanto se profundizará más en ella en el apartado correspondiente.

c) Otros procesos de síntesis

- Empleo del cloruro del ácido. El etanoato de etilo se puede obtener por la acción del alcohol sobre el cloruro del ácido etanoico.
- Reacción de las sales de plata de los ácidos con halogenuro de alquilo. El etanoato de etilo se puede preparar en presencia de etanoato de plata y yoduro de etilo, reaccionando con el agua para formar ácido acético y etanol, una reacción que es catalizada por la presencia de ácidos.
- Procesos de transesterificación, en los que un éster con un alcohol forman un alcohol unido en forma de éster, para lo cual se debe emplear un catalizador como el GeCl_4 .

3.1.3 Propiedades

En la *TABLA 1* se presentan las propiedades tanto físicas como químicas del acetato de etilo.

TABLA 1: Propiedades físicas y químicas del acetato de etilo

PROPIEDADES FÍSICAS	
Estado de agregación	Líquido incoloro, de olor característico.
Densidad	900 kg/m ³ ; 0,9 g/cm ³
Masa molar	88,11 g/mol
Punto de fusión	189 K (-84 °C)
Punto de ebullición	350 K (77 °C)
Viscosidad	0,45 cP a 20 °C
Índice de refracción	1,3724 a 20 °C
PROPIEDADES QUÍMICAS	
Solubilidad en agua	8,7% a 20 °C
Momento dipolar	1,88 a 25 °C D

En el proceso de esterificación llevado a cabo experimentalmente, adquirirá elevada importancia la información relativa al punto de ebullición del acetato de etilo, que como se observa en la *TABLA 1* es de 77°C, debido a que se realizó una destilación del

producto obtenido alrededor de esta temperatura para obtener una producción máxima de acetato de etilo.

Es importante también mencionar las propiedades del acetato de etilo respecto al agua. Se observa también en la *TABLA 1* que la densidad de este producto es menor que la del agua. En esta misma tabla, se aprecia también que la solubilidad del acetato de etilo en agua no es elevada, lo cual es una ventaja para la purificación del producto y cuando se pretende realizar una destilación.

3.2 Estudio de mercado

3.2.1 Estudio de empresas productoras

En este apartado se nombrará algunas de las empresas más importantes de España y a nivel mundial que basan su capacidad de negocio en la fabricación de acetato de etilo.

Se pretende con este estudio dar a conocer la amplitud económica del sector de empresas productoras de acetato de etilo.

a) Empresas fabricantes en España

En primer lugar, se indican los principales productores de Acetato de Etilo en España, destacando sus principales mercados, zonas de distribución y plantas.

- Ercos Industrial S.A

Esta empresa posee varios centros de producción localizados en toda España, la mayoría de ellos situados en la zona de Cataluña y Aragón. Además de producir AcEt y otros productos químicos, se dedican también al tratamiento de aguas y al desarrollo de bioplásticos.

Las exportaciones representan el 47% de las ventas de Ercros. La Unión Europea, que absorbe un 29% de la cifra de negocios, es su principal mercado en el exterior, principalmente Francia, Italia, Portugal y Alemania.

El 6% de las ventas se realiza en países de la OCDE ajenos al ámbito comunitario, entre los que destacan Turquía y EE.UU, y el 12% restante de la cifra de negocios se obtuvo en países del resto del mundo, principalmente China, India y Marruecos.

- Cor Química, S.L.

La central de esta empresa está situada en Valdemoro (Madrid). En Andalucía posee una delegación comercial. Se dedican tanto a la fabricación de productos químicos, entre ellos el acetato de etilo, como a la distribución de productos que incluyen tanto los fabricados como los importados.

- Quality Chemicals, S.L.

Los almacenes de la empresa se hallan en la fábrica de Esparreguera, cerca de Barcelona. Desde allí salen todas las mercancías con destino a los distintos mercados en

los que la empresa es activa sales inorgánicas, ácidos y también disolventes, como el acetato de etilo.

b) Empresas fabricantes a nivel mundial

Se indican a continuación algunos de los productores más importantes de acetato de etilo en el mundo, cuyos nombres están generalmente asociados a multinacionales.

- Alfa Aesar GmbH & Co. KG (Alemania)

La línea de productos de esta empresa está formada por diferentes compuestos inorgánicos, orgánicos y organometálicos; elementos y metales puros; catalizadores y compuestos de metales preciosos; productos relacionados con las pilas de combustible; nanomateriales; tierras raras; productos de análisis y material de laboratorio selecto. Respaldados por la red global de fabricación de Johnson Matthey, gran parte de su negocio se basa en el suministro a laboratorios de I+D de las industrias farmacéutica y electrónica, así como de instituciones académicas y otros.

- Celanese Chemicals Europe GmbH (Alemania)

La compañía tiene su sede principal en Dallas, Texas (EE.UU). Celanese Corporation trabaja en la producción de productos químicos diferenciados y materiales especiales para industrias y bienes de consumo.

- Lateen Chemical Co., Ltd (China)

Fundada en 2007, Shijiazhuang Lateen Chemical Co., Ltd. es una empresa que se especializa en la fabricación de productos químicos básicos y el suministro de materia prima. Sus principales productos son el ácido acético y el acetato de etilo. Sus mercados principales se sitúan en el sudeste de Asia, especialmente en Tailandia y Corea.

- Red Triangle International Trading Co., Ltd (China)

Tianjin Red Triangle International Trading Co., Ltd. trabaja en la producción y el comercio internacional de todo tipo de materiales químicos que se extienden a los inorgánicos, orgánicos, aditivos alimentarios, farmacéuticos, químicos, etc Los productos se exportan a Asia, América del Sur, América del Norte, África, Oceanía y Europa.

A continuación, se profundiza en el estudio de mercado analizando los movimientos que se realizan en el sector químico.

3.2.2 Análisis de producción, importaciones y exportaciones en el sector químicoa) *Nivel Mundial*

En este apartado se realiza un estudio de mercado de los productos químicos en general, a nivel mundial, caracterizando los principales países presentes en este mercado en base a importación y exportación del producto.

Según un estudio de la Organización Mundial del Comercio (<http://www.wto.org>), las cifras de los principales exportadores e importadores mundiales de productos químicos, son los que se reflejan en la *TABLA 2*.

TABLA 2: Principales exportadores e importadores de productos químicos a nivel global

(fuente: Organización Mundial del Comercio)

Región	Valor (miles de millones de USD)	Parte en las exportaciones/importaciones mundiales (porcentajes)	
	2011	2000	2011
Exportadores			
Unión Europea	973	53,9	48,7
exportaciones extra-UE	352	18,7	17,6
Estados Unidos	207	14,1	10,4
China	115	2,1	5,7
Japón	85	6,0	4,2
Suiza	84	3,7	4,2
Importadores			
Unión Europea	833	43,7	41,3
importaciones extra-UE	212	10,5	10,5
Estados Unidos	202	12,2	10,0
China	181	4,9	8,9
Japón	76	4,2	3,7
Corea, República de	48	2,2	2,4

Como era de esperar, en la *TABLA 2* se observa que las grandes potencias económicas copan tanto los mercados de importación como los de exportación de productos químicos.

Para cuantificar la magnitud de estas cifras, se compararán con el PIB de diferentes países.

- USA 15,680 Billones USD
- China 8,227 Billones USD
- Francia 2,613 Billones USD
- Italia 2,013 Billones USD
- España 1,349 Billones USD

Se aprecia claramente la elevada importancia del sector químico en la economía mundial si se compara con los datos del PIB de estos países.

Para profundizar en la investigación, en la *Figura 2* se desglosa el sector químico en función de la distribución sectorial de producción.

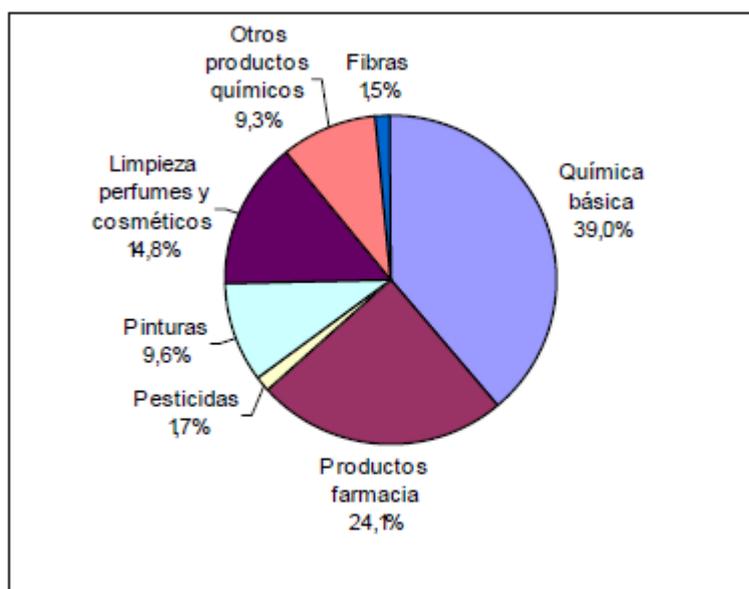


Figura 2: Distribución sectorial de la producción en el sector químico

(fuente: Ministerio de Economía y Competitividad)

Como se observará en el apartado (1.3), las principales aplicaciones del acetato de etilo están relacionadas con el sector de pinturas, que según se observa en la *Figura 2* corresponde a un 9,6% del global; con el sector de perfumes y cosméticos, 14,8% en la *Figura 2*, y con la industria farmacéutica (24,1%).

Por lo que se deduce que el mercado de Acetato de Etilo influye en gran medida en estos sectores y por tanto en la actividad química global en general.

b) España

Se centran ahora los estudios en la producción, importaciones y exportaciones en España. A través del *Ministerio de Economía y Competitividad* se han obtenido los siguientes datos: importaciones y exportaciones del sector químico en general, importación y exportación por subsectores (entre los cuales se destacarán el subsector de pinturas y disolventes, el farmacéutico y el de cosméticos y perfumes), y finalmente importación y exportación de acetato de etilo.

En primer lugar, en la *Figura 3* se presentan las importaciones en el sector químico en España.

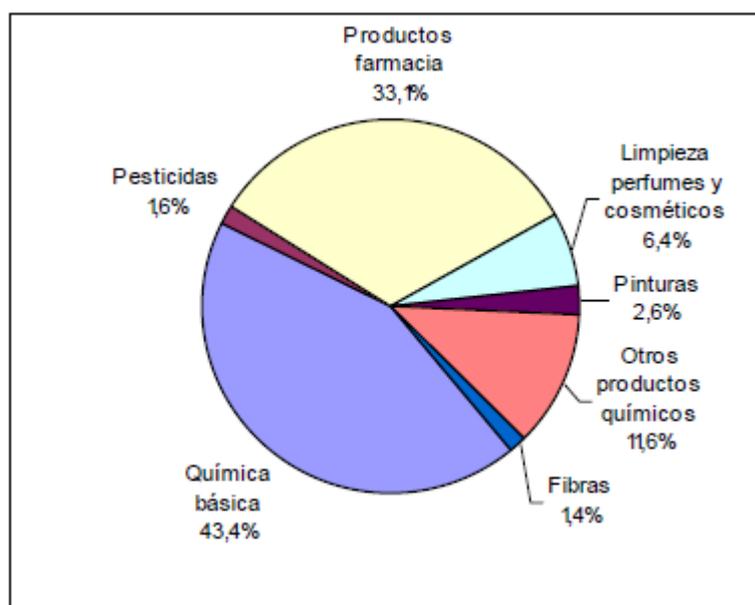


Figura 3: Distribución sectorial de la importación del sector químico en España

(fuente: Ministerio de Economía y Competitividad)

Se observa en la *Figura 3* que las importaciones en el sector químico están destinadas mayoritariamente a la química básica, aunque adquieren gran importancia los productos farmacéuticos, sector que, como se ha indicado anteriormente, está estrechamente relacionado con la industria del acetato de etilo. Pinturas y perfumes y cosméticos, presentan cifras menores que a nivel global.

En la *Figura 4* se muestran los porcentajes de exportación.

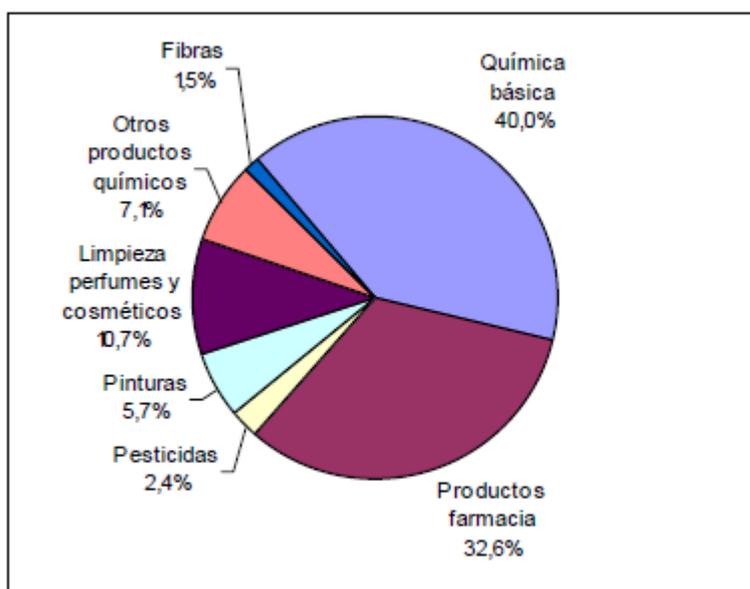


Figura 4: Distribución sectorial de la exportación del sector químico en España

(fuente: Ministerio de Economía y Competitividad)

En la Figura 4 se observa que aproximadamente el 50% de las exportaciones de España en el sector químico corresponden a los tres subsectores relacionados con el acetato de etilo, destacando las importaciones de productos farmacéuticos respecto a los otros dos. A continuación, se profundizará en estos tres subsectores:

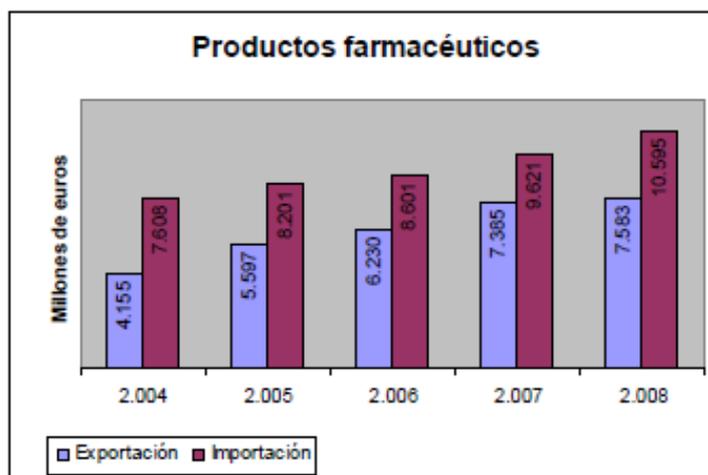


Figura 5: Importaciones y exportaciones de productos farmacéuticos.

(fuente: Ministerio de Economía y Competitividad)

Se aprecia en la Figura 5 que se importa más que se exporta, es decir, que aunque la exportación es elevada, existe un déficit en estos productos.

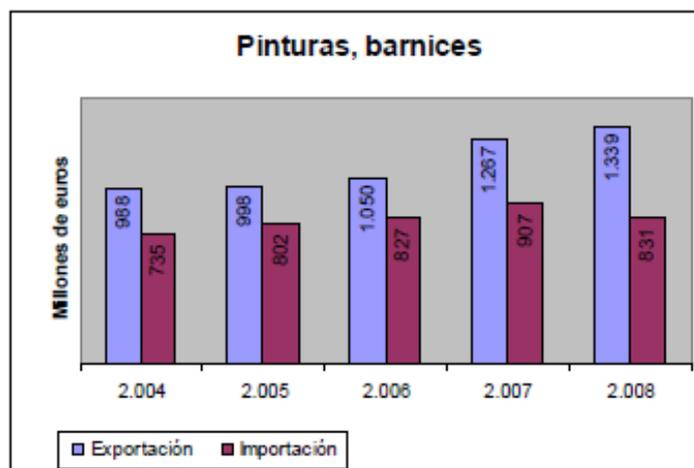


Figura 6: Importaciones y exportaciones de pinturas y barnices.

(fuente: Ministerio de Economía y Competitividad)

Al contrario que en el subsector de los farmacéuticos, se puede observar en la *Figura 6* que existe un superávit en el sector de pinturas y barnices, es decir, se exporta más de lo que se importa.

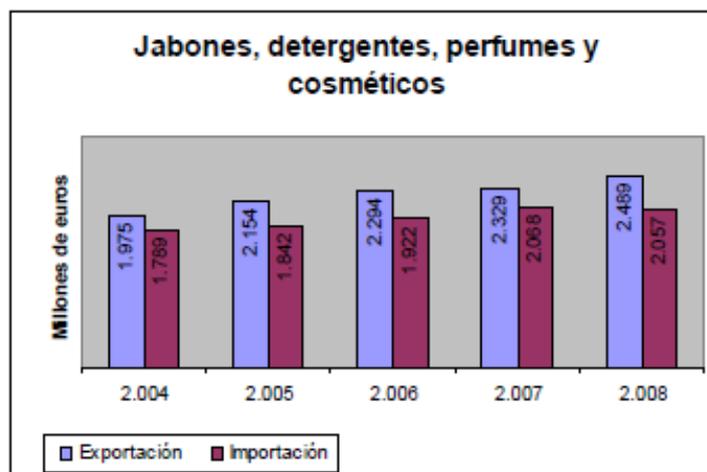


Figura 7: Importación y exportación de jabones, detergentes, pinturas y cosméticos.
(fuente: Ministerio de Economía y Competitividad)

La *Figura 7*, al igual que la anterior, presenta un superávit en el mercado de perfumes y cosméticos, aunque ligeramente más reducido que en el anterior subsector estudiado.

Finalmente, en la *TABLA 3* se analizan los datos obtenidos de importación y exportación para el acetato de etilo en España:

TABLA 3: Importaciones y exportaciones de acetato de etilo en España

(fuente: Ministerio de Economía y Competitividad)

Acetato de Etilo (millones de euros)							
2010		2011		2012		2013	
<i>Import</i>	<i>Export</i>	<i>Import</i>	<i>Export</i>	<i>Import</i>	<i>Export</i>	<i>Import</i>	<i>Export</i>
8,018	28,120	8,665	31,591	9,848	32,723	7,698	33,937

En la TABLA 3 se observa una tendencia creciente tanto de las importaciones como de las exportaciones del acetato de etilo, salvo en 2013, cuando las importaciones presentan un acusado descenso, aunque se mantienen las exportaciones. Puede significar que se aumenta la producción en España de acetato de etilo y se necesita importar menos producto del extranjero.

3.3 Aplicaciones

En este apartado se describen las múltiples aplicaciones del acetato de etilo, más allá de las comentadas o mencionadas en apartados anteriores, lo cual da una visión global de los sectores en los que se puede utilizar este producto y de la magnitud de dichos sectores.

Las aplicaciones más importantes del Acetato de Etilo son las siguientes:

1) *Producción de tintas de impresión para la industria gráfica.*

Se emplean para solubilizar las resinas sólidas de forma que se obtenga un líquido con la viscosidad apropiada para el proceso de impresión.

2) *Producción de tóneres y disolvente en industria de pinturas.*

Es empleado como disolvente en la industria de tintas y barnices, y pegamentos. También en la preparación de tóneres, sustancias eliminadoras de pintura y sustancias para la dilución de tintas del sector flexo-gráfico.

3) *Industria de adhesivos y colas derivados de la celulosa.*

Se utiliza tanto como disolvente en derivados de celulosa como para la fabricación de acetato de celulosa o acetato polivinílico, constituyentes principales de la cola.

4) *Eliminación de sustancias resinosas en la industria del caucho.*

5) *Elaboración de cueros artificiales y para revestir y decorar artículos de cuero.*

- 6) *Disolvente de compuestos utilizados para revestir y decorar objetos de cerámica.*
- 7) *Disolvente para la elaboración de varios compuestos explosivos.*
- 8) *En la industria fotográfica, como disolvente para la fabricación de películas a base de celulosa.*
- 9) *Ingrediente de preparaciones cosméticas (perfumes, esmaltes, tónicos capilares) y farmacéuticas.*

Una de las aplicaciones más importantes del acetato de etilo es su utilización en productos farmacéuticos.

- 10) *En la industria del papel, se emplea para la elaboración de papeles aprestados y para recubrir y decorar objetos de papel.*
- 11) *En la industria textil, se emplea para la preparación de tejidos de lana para teñido y en procesos de limpieza.*

4. LOCALIZACIÓN

La ubicación de la planta, como se observa en el mapa de la *Figura 8*, estará establecida en uno de los polígonos industriales de la ciudad de Barcelona, en Cataluña (España). Concretamente en el polígono industrial “La Pedrosa” de la Zona Franca. Por consiguiente, se encuentra emplazada en el noreste peninsular, limita al este con el mar Mediterráneo, al oeste con la cordillera litoral (Serra de Collserola), meridionalmente limita con el río Llobregat y septentrionalmente con el río Besos.

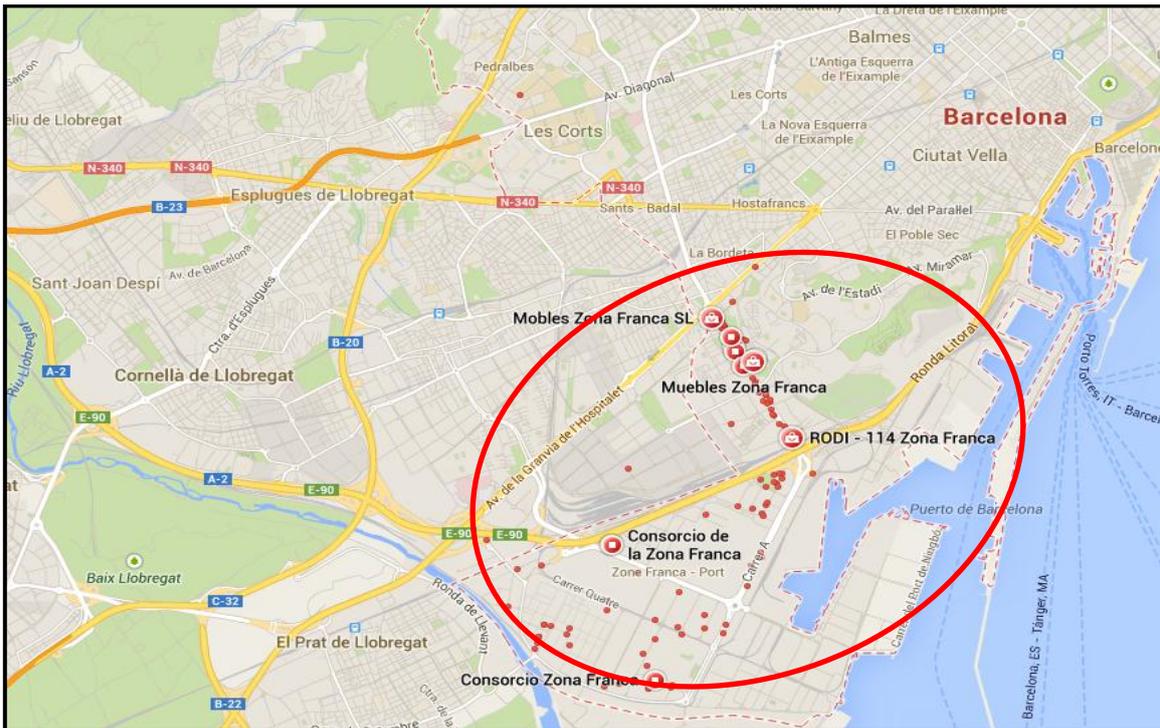


Figura 8: Ubicación de la planta objeto del TFG

(<https://www.google.es/maps/place/Po1%C3%ADgon+Industrial+de+la+Pedrosa/@41.3607725,2.1600646,12z/data=!4m2!3m1!1s0x12a498b652141229:0xd30e9b60389bb6e>)

En cuanto a los accidentes geográficos de la región, resalta la escasa altitud de la zona respecto al nivel del mar.

Además, el clima es claramente mediterráneo, es decir, temperaturas suaves en invierno y calurosas en verano. Los periodos estivales son especialmente secos, con temperaturas rondando los 30 grados centígrados mientras que la estación invernal presenta unas temperaturas que no suelen bajar de los cuatro grados. Desde el punto de vista industrial esta información orienta sobre las posibles inclemencias ambientales que se pueden sufrir a lo largo del año y, por tanto, se tendrán en cuenta a la hora de diseñar equipos y accesorios, sobre todo aquellos que permanezcan a la intemperie.

El principal motivo para elegir esta zona es su posición logística privilegiada, especialmente el polígono de la zona Franca, el cual es uno de los mejor comunicados del mundo debido a su proximidad a importantes infraestructuras de transporte y nudos

de comunicaciones, teniendo a escasamente dos kilómetros tanto el puerto (de los más notables del Mediterráneo) como el aeropuerto, además de una vía terrestre importante, excelente para abastecer tanto a la península como al resto de clientes europeos. Además, se prevé la construcción de una planta de producción de ácido acético en un polígono cercano, lo que favorecerá el abastecimiento de materias primas.

En cuanto a la normativa, según defiende la Ley de Industria del 16 de julio de 1992, en el artículo 11:

“Las instalaciones industriales de alto riesgo potencial, contaminantes o nocivas para las personas, flora, fauna, bienes y medio ambiente que reglamentariamente se determinen deberán adecuar su actividad y la prevención de los riesgos a los que establezcan los correspondientes planes de seguridad que habrán de someterse a la aprobación y revisión periódica de la Administración competente. En el supuesto de zonas de elevada densidad industrial, los planes deberán considerar el conjunto de las industrias, sus instalaciones y procesos productivos”.

Como la planta está situada en una zona industrial, será necesario considerar el conjunto de industrias de la zona para la ubicación.

Por otro lado, la administración competente (en este caso la de Cataluña) establece que *“las instalaciones industriales deberán situarse a una distancia mínima de 2.000 metros de cualquier núcleo urbano, considerándose como tal aquellos que presenten una población de 10.000 habitantes o superior”*. Por descontado queda que la zona Franca de Barcelona cumple esta medida, por lo que será posible ubicar la planta allí.

Por último, cabe señalar que dentro de la propia zona Franca, será necesario cumplir unas condiciones de seguridad como la distancia entre depósitos o a los límites de propiedad de otras industrias. Esto queda señalado en el Real decreto REAL DECRETO 379/2001, de 6 de abril y sus instrucciones técnicas complementarias (APQ-1 a 7).

El emplazamiento detallado de la planta se puede observar en los PLANOS P0-1, P0-2 y P0-3 que se presentarán en el Documento 3: PLANOS.

5. PROCESO DE OBTENCIÓN

5.1 Desarrollo experimental a escala de laboratorio

En este apartado se explicará detalladamente el proceso llevado a cabo en el laboratorio a partir del cual se definirá la obtención y purificación del acetato de etilo a escala industrial.

Se dividirá esta parte en cuatro subapartados:

- 1) Materias primas y reacción
- 2) Descripción del proceso de esterificación
- 3) Descripción del proceso de purificación
- 4) Análisis de la pureza y cálculo de rendimientos
- 5) Estudio del proceso productivo general

5.1.1 Materias primas y reacción

En primer lugar se procede a enumerar y explicar las materias primas que se utilizarán para la obtención del acetato de etilo a escala industrial mediante la esterificación de Fischer, proceso que se ha realizado a pequeña escala en el laboratorio.

La esterificación de Fischer es un proceso de formación de ésteres empleando un ácido orgánico y un alcohol, para lo cual se necesita un catalizador ácido. Mientras que para la reacción vale cualquier ácido carboxílico, los alcoholes deben ser primarios o secundarios, es decir, no se pueden emplear alcoholes terciarios ni fenoles, ya que ofrecen un rendimiento muy bajo.

Así pues el esquema de la reacción que tendrá lugar será el siguiente:



Donde el ácido utilizado será el ácido acético, el alcohol será el etanol, y por supuesto el éster obtenido será el acetato de etilo.

El ácido acético es un ácido orgánico presente en el vinagre. En disolución acuosa se ioniza, lo cual le convierte en un ácido débil.

El etanol es un alcohol orgánico incoloro e inflamable. Está presente en todas las bebidas alcohólicas y cabe destacar que forma una mezcla azeotrópica con el agua cuando su concentración es aproximadamente el 95%.

El catalizador utilizado será el ácido sulfúrico.

Así, la reacción concreta que se da en el proceso se establece en la *Figura 9*:

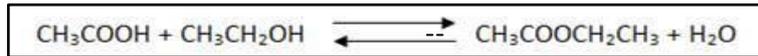


Figura 9: Reacción de esterificación de Fischer con etanol y ácido acético

El mecanismo que tiene lugar cuando se da la reacción viene esquematizado por la Figura 10:

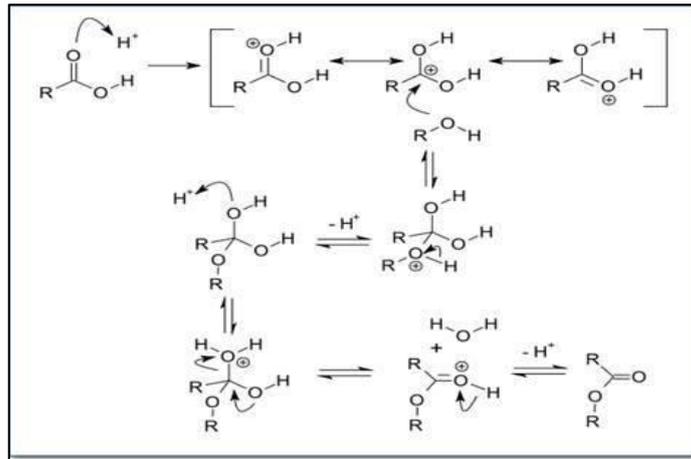


Figura 10: Mecanismo de reacción esterificación de Fischer

Uno de los protones del ácido pasa al oxígeno del ácido carboxílico, siendo posteriormente atacado por un oxígeno del alcohol. Un protón sale del catión hidroxonio a otra molécula de alcohol, con lo que se forma un complejo activado. Se protoniza un grupo hidroxilo y se forma un nuevo ion oxonio que pierde la molécula agua, y se forma el éster.

Las reacciones de esterificación se caracterizan por tener velocidades de reacción lentas, necesitando la presencia de un catalizador y la aplicación de calor para mejorar su cinética.

La reacción avanza hasta que se alcanza el equilibrio entre la reacción directa de formación del éster y la reacción inversa de hidrólisis del éster. La composición en el equilibrio depende de la constante de equilibrio de acuerdo con la Ecuación 1:

$$K = \frac{[\text{acetato de etilo}] * [\text{agua}]}{[\text{ácido acético}] * [\text{etanol}]} \quad (\text{Ec. 1})$$

Las variables del proceso, que pueden influir tanto en la constante cinética como en la constante de equilibrio, y por lo tanto en la composición alcanzada en el equilibrio son: la concentración de catalizador, la proporción de reactivos, la temperatura de reacción y la concentración inicial de agua.

Así pues, este procedimiento presenta una condición desfavorable, y es que el equilibrio químico suele desplazarse hacia los reactivos. Para solucionar esta condición se pueden llevar a cabo varios procedimientos:

- 1) Añadir reactivos en exceso: se suele disponer en exceso el reactivo económicamente más barato por razones lógicas. Dicho exceso provocará que, por el principio de Le Chatelier, el equilibrio tienda a desplazarse más hacia los productos.
- 2) Eliminar agua: añadiendo por ejemplo sulfato magnésico anhidro de forma que absorba el agua que en esta reacción es un producto. Esto facilitaría el desplazamiento de la reacción hacia los productos.
- 3) Destilar según se produce la reacción: si la reacción tiene lugar a altas temperaturas y se controla dicha temperatura de forma muy meticulosa, se puede llevar a cabo la destilación del acetato de etilo según se va formando, evitando de esta forma que reaccione con el agua para dar lugar de nuevo a los productos.

5.1.2 Descripción del proceso de esterificación

En este apartado se explicará el proceso mediante el cual se lleva a cabo en el laboratorio la reacción de esterificación y el control de ésta, donde el equipo utilizado, el cual se representa en la *Figura 11*, puede ofrecer una idea de cómo sería el reactor de esterificación a escala industrial.

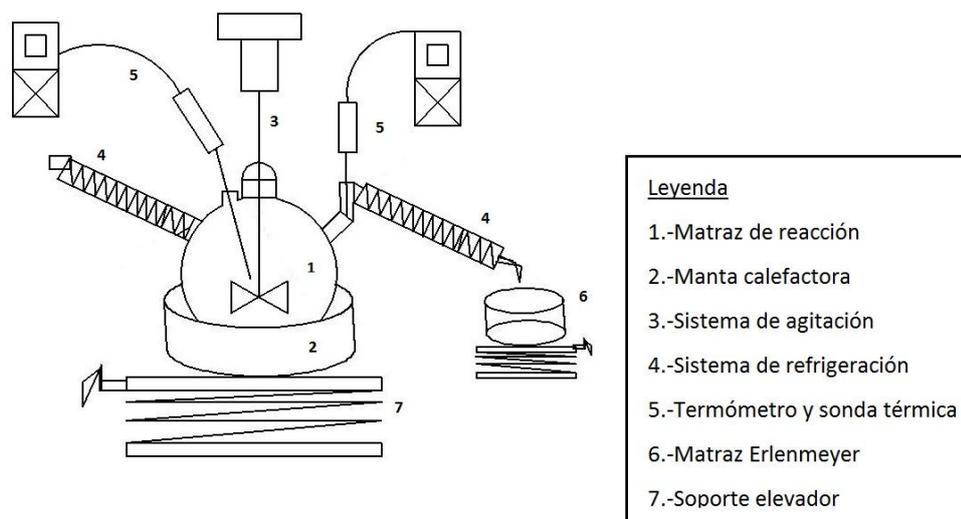


Figura 11: Reactor de esterificación

Previamente a la utilización del equipo experimental que se presenta en la *Figura 11*, se ha realizado un estudio de las condiciones de seguridad y funcionamiento de los equipos, de forma que se asegure que el equipo funciona correctamente y que no existen restricciones en éste que puedan suponer algún riesgo.

Se observan detenidamente también las tablas de seguridad (*TABLA 6*) de las sustancias químicas que se van a utilizar, de forma que se llega a conocer los factores de riesgo de dichas sustancias y se toman las medidas preventivas adecuadas para su correcta manipulación.

Las sustancias químicas a utilizar, como se analizará más detalladamente en apartados posteriores, se caracterizan por ser inflamables, corrosivas e irritantes, por lo que se recomienda, para la manipulación de estas sustancias y con el fin de minimizar el peligro, la utilización de una vitrina de gases con campana de extracción.

Además se recomienda el uso de EPI's como guantes y gafas protectoras, así como un control exhaustivo de las fuentes de calor.

En cuanto al equipo, se han realizado las siguientes comprobaciones:

- Funcionamiento adecuado del sistema de refrigeración mediante agua.
- Correcto funcionamiento de la manta calefactora.
- Comprobación del movimiento óptimo de los sistemas de elevación para, en caso de ser necesario, permitir retirar la manta calefactora de forma rápida y segura.
- Ausencia de contacto entre el sistema de agitación y cualquier otro elemento en el interior del reactor.

Una vez realizadas estas comprobaciones, se pudo comenzar con el procedimiento experimental del trabajo, el cual se explica a continuación.

Se introdujeron en la unidad de reacción 213mL de ácido acético del 80% de pureza, de forma que este sea el reactivo limitante, ya que, como se ha explicado anteriormente, el reactivo en exceso será el etanol por ser más barato.

Se añadió un determinado volumen de ácido sulfúrico concentrado, que actúa como catalizador, aproximadamente 1mL.

A continuación, se conectó el agitador y se abrió el agua de refrigeración de los condensadores, evitando sacudidas bruscas y la posible rotura de los mismos. Por último, se conectó la manta calefactora.

Cuando se alcanzó la temperatura a la cual se lleva a cabo la reacción (75°C), se introdujo cuidadosamente el etanol en exceso, 465mL, a través de un embudo de dosificación.

Una vez vertido todo el etanol en el sistema, se empezó a medir el tiempo de reacción para un mejor control de ésta.

Durante el desarrollo de la reacción se debe procurar que los productos se mantengan a temperatura constante, lo más próxima posible a 75°C. Para ello, se debe poseer un sistema eficiente de control de temperatura, de carácter anticipativo, ya que un aumento de la temperatura causaría el comienzo de la destilación de los productos, o, en mayor medida, la destilación de los reactivos, lo cual sería un factor desfavorable en la pureza del acetato de etilo obtenido.

La reacción se llevó a cabo a reflujo durante aproximadamente 1 hora y transcurrido ese tiempo, se empezó la destilación.

Durante la misma, la temperatura se debe mantener a 77 °C.

Una vez terminada la destilación, el producto no es puro, sino que posee cierta cantidad de etanol, ya que su punto de ebullición es 78,37 °C, muy cercano al del acetato de etilo.

También se destilan trazas de ácido acético y de agua aunque sus puntos de ebullición sean relativamente más altos, debido a las condiciones de arrastre que existen dentro del reactor y a que el comportamiento de las sustancias en una mezcla es diferente al comportamiento de éstas por separado.

Se obtuvo un volumen final de mezcla destilada de 198mL.

A continuación, en la *Figura 12*, se expone el diagrama de bloques parcial del proceso de esterificación, incluyendo la entrada de materias primas.

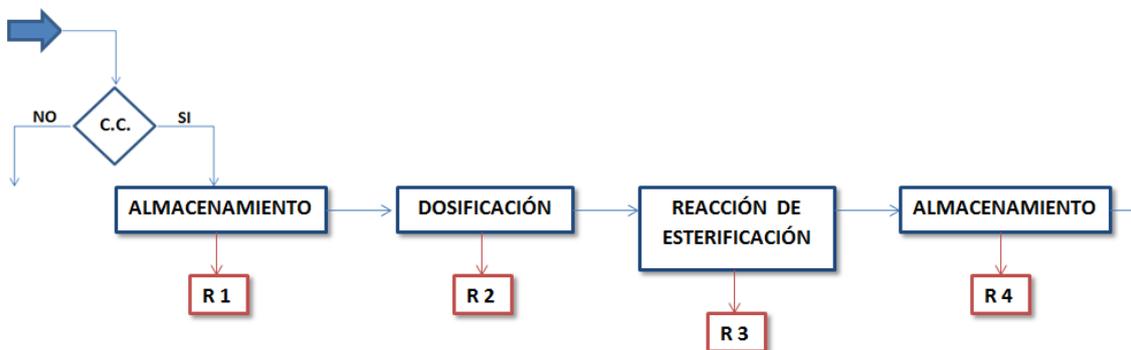


Figura 12: Diagrama de bloques parcial del proceso de esterificación

5.1.3 Descripción del proceso de purificación

Una vez finalizada la reacción de esterificación, se debe analizar el producto destilado obtenido, para evaluar el rendimiento de la misma, y someter dicho producto a la etapa de purificación.

Para ello se siguieron las cuatro etapas que se describen a continuación.

a) Etapa de neutralización

En primer lugar se midió el pH de la mezcla producto de la práctica de esterificación, obteniéndose un pH de carácter ácido, y posteriormente se procede a su neutralización añadiendo una disolución de carbonato sódico al 10-15%.

Al neutralizar esta mezcla se puede observar un sobrenadante clarificado y un lodo o precipitado.

Para facilitar la separación del sobrenadante, la neutralización se realizó en un embudo de decantación. Una vez añadido el carbonato, se agitó y se abrió la parte superior del embudo para dejar salir el dióxido de carbono formado. Este procedimiento se repitió hasta que el pH del sobrenadante fue neutro (entre 7 y 8), abriéndose posteriormente la llave inferior del embudo de decantación para eliminar el precipitado, que se llevó a un bidón de residuos.

Al sobrenadante se le sometió al resto de etapas de purificación.

b) Etapa de separación de fases

Al sobrenadante obtenido en la etapa anterior se le adicionó una disolución de cloruro cálcico al 80%, y se trasvasó de nuevo a un embudo de decantación. Se observó la formación de dos fases, una orgánica en la parte superior y una acuosa con precipitado en la parte inferior, se desechó la fase acuosa de forma adecuada, es decir, depositándola en un bidón de residuos para su posterior almacenamiento y tratamiento (o recogida por parte de la empresa contratada para el tratamiento de residuos).

La purificación continuó con la fase orgánica que quedaba en la parte superior.

c) Etapa de deshidratación

La fase orgánica obtenida en la etapa de separación anterior se mezcló con sulfato magnésico anhidro, durante aproximadamente media hora, en un vaso de precipitados con agitación. A continuación, se filtró el líquido para eliminar el sulfato magnésico.

El sulfato magnésico anhidro se hidrata con las moléculas de agua presentes en la disolución, permitiendo la deshidratación de ésta.

La filtración se llevó a cabo con un sistema de kitasatos con bomba de vacío.

d) Etapa de destilación

Finalmente, el líquido obtenido en la etapa anterior se destiló, para intentar conseguir una pureza total.

Para ello, se recogieron diferentes fracciones de destilado entre 75°C y 78°C, que es la temperatura de ebullición que corresponde al acetato de etilo.

El instrumental necesario para realizar la destilación a pequeña escala es muy similar al reactor de esterificación, pero en lugar de un agitador mecánico se utiliza un agitador magnético.

Previamente, se habían realizado las comprobaciones previas y medidas preventivas que se han comentado para la reacción de esterificación, teniendo en cuenta el funcionamiento de la manta, el soporte elevador y el sistema de refrigeración.

Es muy importante el control de la temperatura en la etapa de destilación, ya que pueden tener lugar la formación de distintos azeótropos entre las sustancias presentes en la disolución.

Un azeótropo es una mezcla líquida de dos o más componentes que poseen un único punto de ebullición constante y fijo, y que al pasar al estado vapor se comporta como un líquido puro, es decir, como si se tratase de un solo componente. Éste puede hervir a una temperatura superior, intermedia o inferior a la de los constituyentes de la mezcla, permaneciendo el líquido con la misma composición inicial, al igual que el vapor, por lo que no es posible separarlos por destilación simple. El posible azeótropo que se puede formar es:

- Mezcla binaria: acetato de etilo-etanol. (Punto de ebullición 71.8°C)

El diagrama de bloques parcial del proceso de purificación se expone a continuación en la *Figura 13*.

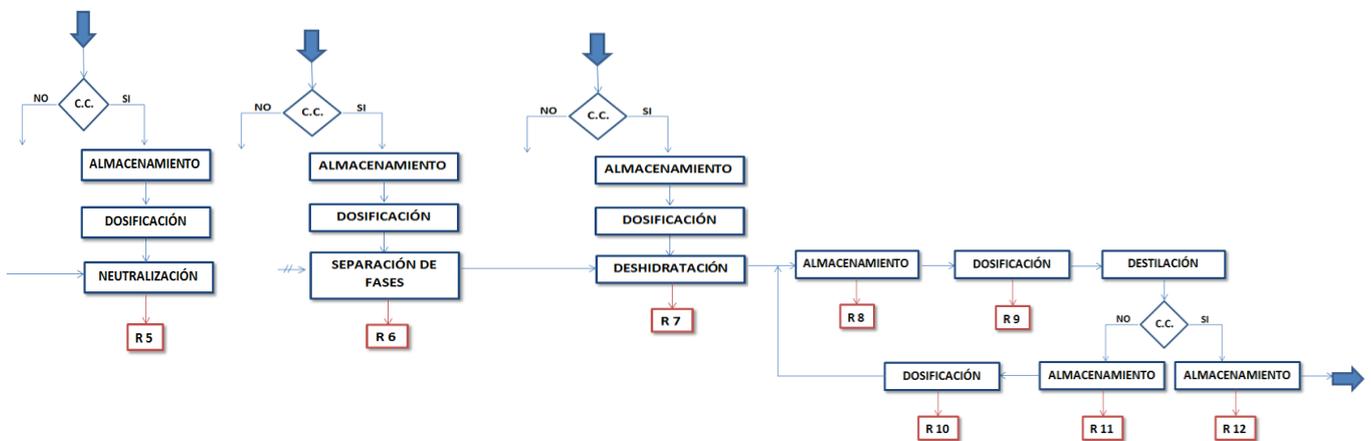


Figura 13: Diagrama de bloques parcial del proceso de purificación

5.1.4 Análisis de la pureza y cálculo de rendimientos

Para analizar la pureza del producto obtenido se empleó la espectrofotometría.

La espectrofotometría de absorción ultravioleta-visible (UV/V) se basa en la absorción de radiación por la materia en el rango de longitudes de onda comprendido entre el ultravioleta cercano y el infrarrojo cercano (180-1100 nm).

Cuando una especie química absorbe radiación pasa a un estado excitado que posteriormente elimina ese exceso de energía en forma de calor.

a) Instrumentación

El equipo utilizado para realizar espectros de absorción es un espectrofotómetro, como el que se puede observar en la *Figura 14*.

Los componentes básicos son: una fuente de radiación, un sistema que permita seleccionar una banda estrecha de longitudes de onda, una cubeta o recipiente que contenga la muestra, un detector, y un sistema de tratamiento y lectura de la señal.



Figura 14: Espectrofotómetro de absorción

b) Resultados obtenidos

Se disponía de una recta de calibrado, la cual se adjunta como *Figura 15*, que fue obtenida mediante los datos presentados en la *TABLA 4*, que contiene las medidas de absorción para diferentes concentraciones conocidas de la disolución en acetato de etilo, por lo que, a partir de la medida de absorción de una nueva disolución se pudo obtener la concentración de ésta.

TABLA 4: Datos de absorbancia para cada porcentaje de Acetato de Etilo en disolución

Porcentaje de acetato de etilo	Absorbancia
10	0,06599
20	0,22575
30	0,38126
40	0,51882
50	0,67671
60	0,83150
70	0,96142
80	1,11960
90	1,25800
100	1,41910

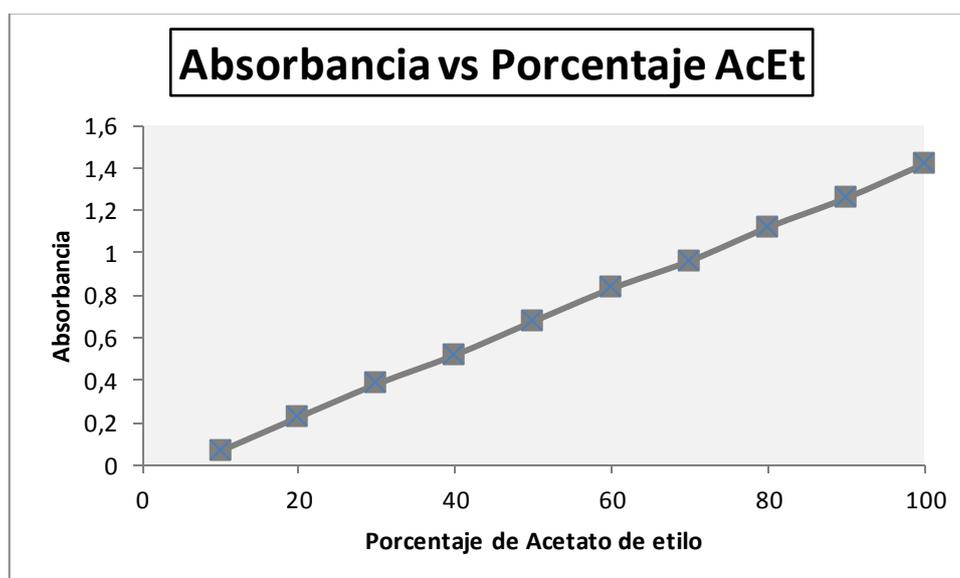


Figura 15: Recta de calibrado

Se analizó la absorbancia para:

- Primeras gotas obtenidas del proceso de destilación
- Fracción media de destilado obtenido
- Últimas gotas de destilado final

Y se obtuvieron los resultados que se presentan en la *TABLA 5*.

TABLA 5: Resultados de absorbancia y porcentaje de acetato de etilo.

ETAPA	Primeras gotas de destilado	Volumen de destilado	Últimas gotas de destilado
ABSORBANCIA	1,0218	0,8282	0,7035
% AcEt	73,82	59,79	51,73

En la TABLA 5 se observa que, una vez llevada a cabo la destilación, la pureza es mayor en las primeras gotas de destilado, más concentrado que el volumen que se obtiene después, ya que la mezcla se va empobreciendo en el componente más volátil, en este caso, el Acetato de Etilo.

En conclusión, se puede afirmar que el valor de pureza obtenido no es muy elevado, debido entre otras cosas al tiempo de reacción limitado y a los arrastres que tuvieron lugar en las etapas de destilación y purificación.

5.2 Estudio del proceso productivo general

A continuación se analizará el diagrama de bloques que representa el proceso de producción del acetato de etilo, desde que las materias primas entran en la planta productiva hasta que el producto final llega a los compradores, y que se adjunta como ANEXO 1 en el apartado Anexos de la Memoria.

5.2.1 Descripción del proceso de producción

Como en todo proceso industrial, el primer paso del proceso es la adquisición de las materias primas. Estas deberán ser sometidas a un control de calidad (CC) que, si no logran superar, implicará que sean devueltas al proveedor. Si superan dicho control, se ordenarán en el *Almacén de Materias Primas*.

Según sea la necesidad, se irán dosificando en el reactor de Esterificación, donde como se ha explicado en puntos anteriores, se produce la esterificación de Fischer obteniéndose acetato de etilo junto a etanol, ácido acético y agua. Estos productos de reacción se depositarán en un almacén intermedio para su posterior purificación.

Se llevará a cabo en primer lugar la neutralización, adicionando NaCO_3 para la regulación del pH, posteriormente se aplicará la separación de fases al sobrenadante resultante. Mediante la adición de CaCl_2 se conseguirá separar la disolución en una fase orgánica y una inorgánica, continuando la purificación con la fase orgánica. Se procederá pues a la deshidratación, mezclándose la fase orgánica con MgSO_4 y posteriormente a la filtración, la disolución resultante será llevada de nuevo al almacén intermedio.

La siguiente etapa en el proceso será la destilación del acetato de etilo. Posteriormente el destilado será sometido a un nuevo control de calidad desde donde, si no lo logra superar será enviado al almacén intermedio y a una segunda destilación.

Si supera el control de calidad se depositará el acetato de etilo en el *Almacén de Productos Finales*, desde donde se producirá la expedición del producto.

En este TFG las etapas objeto serán el Almacén de materias primas y el Almacén de producto final, complementando con el Almacén de residuos producidos.

5.2.2 Residuos producidos en el proceso

En este apartado se explicará la naturaleza de los residuos representados en la *Figura 13*, considerando la existencia de éstos en todas las etapas del proceso, ya sean sustancias químicas o utensilios de trabajo.

R1: Típicos residuos de cualquier almacenaje de materias primas en planta: envases, utensilio etc. Deben ser tratados adecuadamente.

R2: Residuos similares a los de almacenamiento: utensilios de dosificación, materia prima retenida etc. Deberán ser tratados también como el propio residuo.

R3: Etanol, ácido acético, ácido sulfúrico (que no han reaccionado) y también agua y acetato de etilo (que no han destilado). Se gestionarán según indique la legislación.

R4: Residuos de almacenaje del destilado obtenido en el proceso de esterificación. Contendrá acetato de etilo, etanol, agua y ácido sulfúrico.

R5: Lodo o precipitado que se obtiene en el proceso de neutralización y que deberá ser gestionado adecuadamente acorde con la legislación una vez se hayan realizado las comprobaciones (pH, sólidos, etc.) correspondientes. Contendrá mayoritariamente acetato sódico y también agua, junto a trazas de etanol y acetato de etilo.

R6: Fase acuosa de la etapa de separación de fases, con cloruro cálcico como componente mayoritario y con agua, conteniendo etanol y acetato de etilo en trazas. Gestionar adecuadamente.

R7: Sulfato de magnesio filtrado en la fase de deshidratación. También con agua y trazas de etanol y acetato de etilo. Se comprobarán sus factores de peligrosidad y se actuará en consecuencia.

R8: Residuos de almacenaje del producto obtenido de la deshidratación, que se compondrá de acetato de etilo y etanol.

R9: Residuos de la dosificación que se compondrán de acetato de etilo y etanol, y deberán ser tratados adecuadamente.

R10: (Ver R9)

R11: (Ver R8)

R12: No se cataloga realmente como residuo, ya que se trata de etanol puro que se podrá reutilizar.

Se profundiza en el análisis y el almacenamiento de los residuos químicos en el apartado 8.3., donde se identifican adecuadamente los componentes y características de cada residuo y se estudia su adecuado almacenamiento de acuerdo con la legislación vigente.

En el Diagrama de Flujo que se adjunta como ANEXO 2 en el apartado ANEXOS DE LA MEMORIA se puede apreciar la instalación industrial para la producción de acetato de etilo con su correspondiente leyenda.

6. SEGURIDAD Y RIESGOS DE LAS SUSTANCIAS QUÍMICAS

6.1 Importancia de la seguridad

En este apartado se justificará la importancia de la seguridad y la prevención de riesgos en los puestos de trabajo en general, profundizando posteriormente en las exigencias de seguridad en la manipulación y almacenamiento de sustancias químicas, ya que es este entorno laboral el que se pretende regularizar en este TFG.

La **LEY 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales. BOE nº 269 10-11-1995**, cita los siguientes párrafos que reflejan la importancia de la prevención de riesgos laborales:

“El artículo 40.2 de la Constitución Española conlleva la necesidad de desarrollar una política de protección de la salud de los trabajadores mediante la prevención de los riesgos derivados de su trabajo y encuentra en la presente Ley su pilar fundamental. En la misma se configura el marco general en el que habrán de desarrollarse las distintas acciones preventivas, en coherencia con las decisiones de la Unión Europea que ha expresado su ambición de mejorar progresivamente las condiciones de trabajo y de conseguir este objetivo de progreso con una armonización paulatina de esas condiciones en los diferentes países europeos.”

“El ámbito de aplicación de la Ley incluye tanto a los trabajadores vinculados por una relación laboral en sentido estricto, como al personal civil con relación de carácter administrativo o estatutario al servicio de las Administraciones públicas, así como a los socios trabajadores o de trabajo de los distintos tipos de cooperativas...”

“La planificación de la prevención desde el momento mismo del diseño del proyecto empresarial, la evaluación inicial de los riesgos inherentes al trabajo y su actualización periódica a medida que se alteren las circunstancias, la ordenación de un conjunto coherente y globalizador de medidas de acción preventiva adecuadas a la naturaleza de los riesgos detectados y el control de la efectividad de dichas medidas constituyen los elementos básicos del nuevo enfoque en la prevención de riesgos laborales que la Ley plantea. Y, junto a ello, claro está, la información y la formación de los trabajadores dirigidas a un mejor conocimiento tanto del alcance real de los riesgos derivados del trabajo como de la forma de prevenirlos y evitarlos, de manera adaptada a las peculiaridades de cada centro de trabajo, a las características de las personas que en él desarrollan su prestación laboral y a la actividad concreta que realizan.”

Así pues, se refleja en la LEY 31 la importancia y necesidad de la planificación de la prevención de los riesgos laborales.

El **REAL DECRETO 374/2001, de 6 de abril sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo. BOE nº 104 01-05-2001** expone el siguiente texto en referencia a la seguridad en la industria química:

“La Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado

nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo, en el marco de una política coherente, coordinada y eficaz.”

“Así, son las normas de desarrollo reglamentario las que deben fijar las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre ellas se encuentran las destinadas a garantizar la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo.”

“...para cada agente químico para el que se establece a nivel comunitario un valor límite de exposición profesional indicativo, los Estados miembros deben establecer un valor límite de exposición profesional nacional, determinándose su naturaleza de conformidad con la legislación y la práctica nacional. De acuerdo con ello, el Real Decreto remite, en ausencia de valores límite ambientales...” “... a los valores límite ambientales, publicados por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, como valores de referencia para la evaluación y el control de los riesgos originados por la exposición de los trabajadores a dichos agentes”

En el Artículo 3 del presente Real Decreto, se especifica que el empresario debe evaluar los riesgos de los agentes químicos existentes en el lugar de trabajo, y adoptar las medidas de seguridad consecuentes. Para ello, se deberán analizar las Fichas De Seguridad (FDS) de dichos agentes químicos, de forma que se extraigan los principales factores de riesgo de las sustancias, las consecuencias que podrían tener y las medidas de prevención a adoptar. La evaluación de los riesgos de la planta objeto del presente Trabajo de Final de Grado se realiza a continuación en el apartado 6.2.

El REAL DECRETO 379/2001, de 6 de abril por el que se aprueba el Reglamento de almacenamiento de productos químicos y sus instrucciones técnicas complementarias MIE-APQ-1, MIE-APQ-2, MIE-APQ-3, MIE-APQ-4, MIE-APQ-5, MIE-APQ-6 y MIE-APQ-7. BOE núm. 112 de 10 de mayo de 2001 BOE nº 112 10-05-2001, complementa al Real Decreto 374/2001 expuesto previamente.

“...la evolución de la técnica y la experiencia que se ha ido acumulando en la aplicación de las instrucciones técnicas complementarias, ha puesto de manifiesto la necesidad de reelaborar todas ellas, adaptándolas al progreso técnico.”

“...el presente Real Decreto contempla definiciones nuevas, amplía el campo de aplicación a los almacenamientos en recintos comerciales y de servicio, indica unos límites por debajo de los cuales no de aplicación esta reglamentación, establece la necesidad de disponer de una póliza de seguros que cubra la responsabilidad civil que pudiera derivarse del almacenamiento y establece condiciones para el almacenamiento conjunto.

Las principales modificaciones en las instrucciones técnicas complementarias se concretan en la introducción de normas para la prevención de fugas o vertidos incontrolados que puedan dañar el medio ambiente, exigiéndose dispositivos anti-rebose, recogida de derrames y la instalación de sistemas de contención y detección de fugas en los recipientes enterrados.”

Así pues, los Reales Decretos exponen aquello que se va a regular con la legislación, a modo de introducción y orientación, explicando el ámbito y condiciones de aplicación, mientras que las instrucciones técnicas complementarias, como su nombre expone, presentan un carácter técnico y son de aplicabilidad directa.

Las ITCs mencionadas en el RD 379/2001, regulan las condiciones de almacenamiento que deben cumplirse para cada tipo de productos químicos. Existen las siguientes: MIE APQ-1 «almacenamiento de líquidos inflamables y combustibles», MIE APQ-2 «almacenamiento de óxido de etileno», MIE APQ-3 «almacenamiento de cloro», MIE APQ-4 «almacenamiento de amoníaco anhidro», MIE APQ-5 «almacenamiento de botellas y botellones de gases comprimidos licuados y disueltos a presión», MIE APQ-6 «almacenamiento de líquidos corrosivos», MIE APQ-7 «almacenamiento de líquidos tóxicos», MIE APQ-8 «almacenamiento de fertilizantes a base de nitrato amónico con alto contenido en nitrógeno» y MIE APQ-9 «almacenamiento de peróxidos orgánicos».

6.2 Riesgos químicos de las sustancias

En este apartado del trabajo se realizará un estudio de los factores de riesgo y consecuencias de uso de las sustancias químicas que intervendrán en la producción del acetato de etilo.

Se expondrá una tabla de seguridad, la *TABLA 6*, en la que se explica la función de la sustancia en el proceso, los factores de riesgo, las consecuencias y las medidas preventivas que han de tomarse cuando se trabaja con estas sustancias.

TABLA 6: Seguridad de los productos químicos que intervienen en el proceso

MATERIAL	FUNCIÓN	FACTORES DE RIESGO	CONSECUENCIAS	MEDIDAS PREVENTIVAS
<p>Etanol</p>   <p>CAS [64-17-5]</p> <p>Pureza: 100%</p>	<p>- Reactivo utilizado en exceso en la producción de acetato de etilo mediante una reacción de esterificación en condiciones de presión atmosférica y temperatura y agitación moderadas.</p> <p>- Producto obtenido de la destilación cuyo punto de ebullición es 78.5°C</p>	<p>-Fácilmente inflamable.</p> <p>- Irritante.</p>	<p>- Líquido y vapores muy inflamables. H225.</p> <p>- Provoca irritación ocular grave. H319.</p> <p>- La exposición repetida puede provocar sequedad o formación de grietas en la piel. EUH066.</p> <p>- Puede provocar somnolencia o vértigo. H336.</p>	<p>-Mantener alejado de fuentes de ignición, llama abierta o superficies calientes. No fumar. P210.</p> <p>-Mantener el recipiente hermético cerrado. P233.</p> <p>- Conectar a tierra / enlace equipotencial del recipiente y del equipo de recepción. P240.</p> <p>- Utilizar un material eléctrico, de ventilación o de iluminación /.../ antideflagrante. P241.</p> <p>- Utilizar herramientas que no produzcan chispas. P424.</p> <p>- Eliminar el contenido/el recipiente según Directive 94/62/CE o 2008/98/CE. P501.</p> <p>- Asegurar una buena ventilación y renovación de aire del local.</p> <p>- Utilizar EPI's e indumentaria adecuados.</p>

TABLA 6 (Continuación)

MATERIAL	FUNCIÓN	FACTORES DE RIESGO	CONSECUENCIAS	MEDIDAS PREVENTIVAS
<p>Ácido acético al 80%</p>  <p>CAS [64-19-7] Pureza: 80%</p>	<p>- Reactivo utilizado en la producción de acetato de etilo mediante una reacción de esterificación en condiciones de presión atmosférica y temperatura y agitación moderadas.</p>	<p>- Corrosivo.</p>	<p>- Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves. H314.</p>	<p>- No respirar el polvo/el humo/el gas/la niebla/los vapores/el aerosol. P260.</p> <p>- Lavarse tras la manipulación. P264</p> <p>- Asegurar una buena ventilación y renovación de aire del local.</p> <p>- Utilizar EPI's e indumentaria adecuados.</p>
<p>Ácido sulfúrico</p>  <p>CAS [7664-93-9] Pureza: 96%</p>	<p>- Catalizador de la reacción de esterificación</p>	<p>- Corrosivo.</p>	<p>- Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves. H314.</p>	<p>- No respirar el polvo/el humo/el gas/la niebla/los vapores/el aerosol. P260.</p> <p>- Lavarse tras la manipulación. P264</p> <p>- Eliminar el contenido/el recipiente según Directive 94/62/CE o 2008/98/CE. P501</p> <p>- Asegurar una buena ventilación y renovación de aire del local.</p> <p>- Utilizar EPI's e indumentaria adecuados.</p>

TABLA 6 (Continuación)

MATERIAL	FUNCIÓN	FACTORES DE RIESGO	CONSECUENCIAS	MEDIDAS PREVENTIVAS
<p>Acetato de etilo</p>   <p>CAS [141-78-6]</p> <p>Pureza: 100%</p>	<p>- Producto obtenido en la esterificación de ácido acético y el etanol.</p> <p>- Producto obtenido en la destilación.</p>	<p>- Fácilmente inflamable.</p> <p>- Irritante.</p>	<p>- Líquido y vapores muy inflamables. H225.</p> <p>- Provoca irritación ocular grave. H319.</p> <p>- La exposición repetida puede provocar sequedad o formación de grietas en la piel. EUH066.</p> <p>- Puede provocar somnolencia o vértigo. H336.</p>	<p>- Mantener alejado de fuentes de calor, chispas, llama abierta o superficies calientes. No fumar. P210.</p> <p>- Mantener el recipiente hermético cerrado. P233.</p> <p>- Conectar a tierra / enlace equipotencial del recipiente y del equipo de recepción. P240</p> <p>- Utilizar un material eléctrico, de ventilación o de iluminación /.../ antideflagrante. P241</p> <p>- Utilizar herramientas que no produzcan chispas. P424.</p> <p>- Eliminar el contenido/el recipiente según Directive 94/62/CE o 2008/98/CE.</p> <p>- Asegurar una buena ventilación y renovación de aire del local.</p> <p>- Utilizar EPI's e indumentaria adecuados.</p>

TABLA 6 (Continuación)

MATERIAL	FUNCIÓN	FACTORES DE RIESGO	CONSECUENCIAS	MEDIDAS PREVENTIVAS
<p>Carbonato sódico</p>  <p>CAS [6132-02-1]</p>	<p>- Disolución empleada para la neutralización de la mezcla producto de la esterificación.</p>	<p>- Muy irritante.</p>	<p>- Provoca irritación ocular grave. H319.</p>	<p>- Lavarse concienzudamente tras la manipulación. P264.</p> <p>- Utilizar EPI's adecuados.</p> <p>- Indumentaria adecuada.</p>
<p>Cloruro cálcico</p>  <p>CAS [10043-52-4]</p>	<p>- Disolución empleada para separar la fase acuosa de la fase orgánica del sobrenadante obtenido en la neutralización.</p>	<p>- Irritante.</p>	<p>- Provoca irritación ocular grave. H319.</p>	<p>- Lavarse concienzudamente tras la manipulación. P264</p> <p>- Utilizar EPI's e indumentaria adecuados.</p>
<p>Sulfato de magnesio anhidro</p> <p>CAS [7487-88-9]</p>	<p>- Deshidratación final de la mezcla orgánica.</p>	<p>- Sustancia no peligrosa según Reglamento (CE) 1272/2008.</p> <p>- Sustancia no peligrosa según Clasificación (67/548/CEE o 1999/45/CE).</p> <p>- Sólido en polvo.</p>	<p>- En caso de polvo, puede producir irritación en la piel y vías respiratorias.</p>	<p>- No ventilar para no dispersar el polvo.</p> <p>- En caso de polvo, utilizar equipo respiratorio adecuado.</p> <p>- Utilizar EPI's e indumentaria adecuados.</p>

Se puede extraer de la TABLA 6 los factores de riesgo de cada sustancia, los cuales se presentarán para una visualización más directa en la TABLA 7.

TABLA 7: Factores de riesgo de las sustancias

PRODUCTO	FACTOR DE RIESGO
Etanol	Inflamable e irritante
Ácido acético	Corrosivo
Ácido sulfúrico	Corrosivo
Acetato de etilo	Inflamables e irritante
Carbonato sódico	Irritante
Cloruro cálcico	Irritante
Sulfato de magnesio	Sustancia no peligrosa

Así pues, se utilizarán la *TABLA 6* y la *TABLA 7* para estudiar las condiciones de seguridad en el almacenamiento y elaborar el diseño del almacén, ya que serán dichos factores de riesgo los que determinarán la ITC a utilizar.

En este caso se utilizarán la MIE-APQ-1 para inflamables y la MIE-APQ-6 para sustancias corrosivas.

7. CONDICIONES DE SEGURIDAD EN ALMACENAMIENTO

En este apartado, se pretende establecer las condiciones de almacenamiento que se requieren para los diferentes productos químicos que intervendrán en el proceso de producción del Acetato de Etilo, de forma que se pueda dimensionar adecuadamente el almacén de la planta estudiada.

La parte de seguridad desde el punto de vista de extinción de incendios, ubicación de equipos de intervención en caso de incendio (bomberos, protección civil etc.), las distancias de evacuación etc. no se contemplan en el presente Trabajo Final de Grado. Se realizaría la ampliación en el correspondiente Trabajo Final de Máster.

En principio se tomará como tiempo de stock siete días laborales, que, considerando que la planta no detendrá su producción en fin de semana, corresponderá a una semana natural.

El objetivo de producción de la planta a estudiar será de 30 Ton diarias de acetato de etilo, es decir, 210 Ton en una semana.

En la *TABLA 8*, se exponen las cantidades necesarias de materia prima para una reacción de esterificación, considerando que se realiza una reacción al día, y las cantidades de materias primas necesarias para una semana de producción. Estos valores se han obtenido teniendo en cuenta las proporciones empleadas en el proceso experimental llevado a cabo en el laboratorio.

TABLA 8: Cantidad de materia prima necesaria para la producción en una semana

Producto químico	Cantidad diaria (kg)	Cantidad semanal (kg)
Acetato de Etilo	30000	210000
Etanol	122847	859927
Ácido acético	74800	523595
Ácido sulfúrico	616	4307
Cloruro cálcico	6689	46823
Sulfato de Magnesio	1673	11705
Carbonato sódico	502	3511

A continuación, a partir de las cantidades de materia prima en kg y las densidades de los productos líquidos se calculan los volúmenes tanto de las materias primas como del acetato de etilo que se va a producir, y se presentan en la *TABLA 9*. El cloruro cálcico, el sulfato de magnesio y el carbonato sódico se almacenarán en fase sólida.

TABLA 9: Volumen de cada materia prima necesario para la producción de una semana

Producto químico	Densidad (kg/m³)	Volumen (m³)
Acetato de Etilo	897	234,2
Etanol	789	1089,8
Ácido acético	1050	498,6
Ácido sulfúrico	1840	2,4
Cloruro cálcico	2150	21,8
Sulfato de Magnesio	2660	4,5
Carbonato sódico	2540	1,4

Los sólidos son productos poco peligrosos como se ha podido observar en la *TABLA 6*, y además los volúmenes son relativamente reducidos, por lo que se diseñan sus tanques de almacenamiento para un tiempo de stock mayor.

Se ha decidido que el tiempo de stock para estos sea de 1 mes (30 días). Aunque sí es una sustancia peligrosa, el reducido volumen de ácido sulfúrico que se utiliza en una semana, permite también una ampliación del tiempo de stock, que, puesto que no existe ninguna restricción que lo impida, se ha decidido que sea también de 30 días.

Estas decisiones se han tomado desde el punto de vista económico, ya que al comprar en mayores cantidades se consiguen mejores precios de materias primas y se ahorra en transporte.

En cuanto al agua, se dimensionará solamente el volumen de agua de proceso necesaria, es decir, el volumen de agua destilada que se utilizará para elaborar las disoluciones de los sólidos. Dicho volumen se calcula sabiendo que se han de realizar diluciones de carbonato sódico (10%) y cloruro cálcico (80%). Puesto que el agua destilada debe permanecer pura, no se recomienda la utilización de un tiempo de stock muy elevado, por lo que se establecerá en 1 semana.

Conociendo el volumen de estos dos compuestos que se necesita en 1 semana, se obtendrá el volumen de agua a almacenar para operar durante este tiempo de stock.

Una vez calculado, este volumen resulta aproximadamente 20 m³.

Una vez expuesto el volumen semanal en la *TABLA 9*, se procede a dimensionar los tanques de almacenamiento. Para ello se consulta el catálogo de la empresa AIQSA, fabricante de depósitos para productos químicos.

Se ha de tener en cuenta también que cada depósito deberá poseer un volumen libre del 25% aproximadamente, por cuestiones de seguridad (derrames, acumulación de vapores, etc.).

En la *TABLA 10* se refleja la capacidad real de cada depósito una vez aplicado el 25% al volumen de producto, así como sus dimensiones (Diámetro y Altura). El tamaño de tanque seleccionado en cada caso se ha ajustado a la disponibilidad comercial, ya que la fabricación de depósitos está estandarizada y se incurriría en mayores costes en la fabricación de un depósito a medida que en la adquisición de uno de mayor capacidad. Se tiene en cuenta la ampliación del stock temporal para los sólidos y para el ácido sulfúrico.

TABLA 10: Dimensiones reales de los depósitos de almacenaje

Producto químico	Volumen de producto (m ³)	Volumen incluido el 25% libre	Capacidad real (m ³)	Diámetro (m)	Altura (m)
Acetato de Etilo	234,2	292,89	300	5	13,17
Etanol	1089,8	1362,3	1500	10	18,64
Ácido acético	498,6	623,3	700	8	14,58
Ácido sulfúrico	10,28	12,85	13	2,25	3,24
Cloruro cálcico	93,5	116,9	120	9	14,15
Sulfato de Magnesio	19,3	24,2	25	5	10,19
Carbonato sódico	6	7,5	10	3	7,36
Agua	20	25	25	2,5	5,4

7.1 Almacenamiento de materias primas y producto final

Para conocer qué tipo de almacenamiento y las respectivas restricciones para cada una de las sustancias empleadas, se ha recurrido al RD 379_2001.

7.1.1 Almacenamiento del etanol según la ITC MIE-APQ-1

En la TABLA 9 se ha advertido de los factores de riesgo del Etanol, los cuales indican que es una sustancia fácilmente inflamable e irritante. Sabiendo además que su punto de inflamación es de 13°C, será considerada una sustancia de la subcategoría B1 dentro de los inflamables, por lo que se le aplicará la **ITC MIE-APQ-1** particularizando para esta subcategoría. A continuación se detallan las condiciones de almacenamiento de acuerdo a dicha ITC.

a) *Formas de almacenamiento*

A partir del Artículo 6 de la ITC MIE-APQ-1 se obtiene que el almacenamiento se puede realizar en recipientes fijos de superficie o enterrados, o bien en recipientes móviles. Se recomienda utilizar recipientes fijos, dada la elevada cantidad de material que se almacenará (notablemente mayor de 3000L).

Según el artículo 8 de esta misma ITC, los recipientes para almacenamiento de líquidos inflamables o combustibles podrán ser de los siguientes tipos:

1. Tanques atmosféricos.
2. Tanques a baja presión.
3. Recipientes a presión.

Los tanques atmosféricos no se usarán para almacenar líquidos a su temperatura de ebullición o superior. No obstante, la temperatura de ebullición del etanol es de 78,5°C,

que no será superada en ningún momento si, como es el caso, el recipiente está solamente sometido a condiciones ambientales, por lo que se utilizarán dichos tanques atmosféricos, que soportan una presión interna de hasta 0,15 bar.

b) Emplazamiento del tanque y distancias

Dichos tanques se pueden situar en el exterior, en el interior de edificios o en sótanos si están enterrados. La Ley impera que, salvo problemas respecto a las condiciones físicas o meteorológicas, este tipo de recipientes deben situarse en espacios abiertos, es decir, en el exterior de los edificios.

-Como se pretende utilizar el mismo cubeto para el recipiente que contiene etanol y el que contendrá acetato de etilo, se ha de calcular la distancia mínima entre ambos recipientes. A partir de una serie de tablas y parámetros establecidos en los artículos 17 y 18 esta se calcula como $0,5 \cdot D_{\text{tanque}}$, y debe ser como mínimo de 1,5m. Puesto que el tanque de etanol es el de mayor diámetro, se calcula la distancia entre tanques sobre este, y resulta un valor de 5m.

-El recipiente se deberá situar como mínimo a 21m de los edificios administrativos y a 14m del vallado de la planta, a 21m de las vías de comunicación públicas y a 42m de locales exteriores. Estas distancias se han calculado aplicado las correcciones correspondientes en función de la capacidad de los depósitos (al estar la capacidad del depósito entre $2500 > Q > 1000 \text{ m}^3$ se aplica un factor de corrección de 0,7), de la estabilidad de los líquidos (estable) y de los sistemas de protección adicionales adoptados (ninguno). Las distancias respecto a estas instalaciones aparecen acotadas en los planos correspondientes.

c) Medidas de protección

-Venteos

Todo recipiente de almacenamiento que contenga sustancias inflamables, como es el caso del etanol, dispondrá de sistemas de venteo para prevenir la deformación del mismo como consecuencia de llenados, vaciados o cambios de temperatura ambiente.

Los venteos de los recipientes que almacenen líquidos de clase B1, estarán equipados con un sistema que evite la penetración de chispas o llamas (apaga-llamas, cierre hidráulico, etc.).

-Tuberías y protección frente a la corrosión

Los sistemas de tuberías por los que circulen líquidos de la clase B tendrán continuidad eléctrica con puesta a tierra y se soldarán todas las uniones situadas en lugares ocultos o inaccesibles dentro de edificios o estructuras.

Los sistemas de tuberías para líquidos inflamables o combustibles, tanto enterrados como de superficie, deberán estar pintados o protegidos, cuando estén sujetos a corrosión exterior.

-Cubetos de retención

Los recipientes de superficie para almacenamientos de líquidos inflamables y combustibles deberán disponer de un cubeto de retención.

La distancia entre la pared del recipiente y el borde interior del cubeto será, como mínimo, de 1 metro.

Según la legislación, la capacidad neta del cubeto deberá ser como mínimo el 100% de la capacidad del depósito mayor, es decir, en el cálculo de dicho volumen se deberá tener en cuenta el volumen que ocupan los otros tanques. No obstante, se ha decidido por seguridad dimensionar estos cubetos de forma que puedan retener la totalidad del volumen de los tanques que contienen. Los cubetos se dimensionan en el apartado 7.3. del presente TFG.

Los cubetos que posean varios recipientes dispondrán de un dique interior de 0,15 metros de altura entre los tanques.

-Inundaciones

Además de sistemas de relleno con agua de los depósitos, estos deberán presentar unas guías que permitan la flotabilidad controlada de dichos depósitos.

Deberán ser de un material no combustible y diseñado para resistir un esfuerzo horizontal en cualquier dirección equivalente.

-Electricidad estática

La electricidad estática representa un desequilibrio temporal en la repartición de las cargas en la superficie de dos materiales en contacto por transferencia de electrones, creando un campo eléctrico y una diferencia de potencial entre aquellos que puede ser muy elevada.

Cuando cuerpos conductores están separados por un aislante o incluso por el aire constituyen un condensador al quedar cargados uno con una carga positiva y otro con otra carga igual pero negativa. Al establecer una vía conductora se libera tal energía almacenada descargándose y produciendo posiblemente una chispa.

Todas las instalaciones, equipos y materiales eléctricos cumplirán las exigencias de los reglamentos eléctricos de alta y baja tensión que les afecten. Además, la protección contra los efectos de la electricidad estática y las corrientes eléctricas accidentales deberá efectuarse mediante las puestas a tierra de todas las masas metálicas.

La conexión equipotencial será entre el recipiente a vaciar, el equipo de bombeo y sus conducciones, y el recipiente a llenar.

La conexión debe hacerse antes de proceder a la apertura de la boca de carga, debiendo mantenerse hasta en tanto no se haya cerrado aquella, una vez completada la carga.

-Protección contra incendios

Debido a la elevada cantidad de etanol almacenada en el tanque, éste habrá de poseer obligatoriamente una red de agua contra incendios. La red de agua deberá tener varias tomas para incendios que aseguren de forma inmediata y continua el caudal de agua requerido durante 1,5 horas, como mínimo, a 100 m³/h de caudal.

Por otra parte, los tanques de almacenamiento de líquidos de subclase B1 de capacidad unitaria igual o superior a 200 m³, como es el caso, deberán estar dotados de protección con espuma y los cubetos que contengan recipientes que cumplan estas condiciones, deberán estar dotados de protección de incendios con espuma contra derrames en cubetos. Para el depósito el caudal de espuma requerido será de 4 litros por minuto y metro cuadrado de superficie, durante al menos 55 min y para el cubeto, un caudal de 11,4 m³/h durante 20 min.

En las instalaciones del almacenamiento y en todos los accesos a los cubetos deberá haber extintores de clase adecuada al riesgo, que en este caso serán de agua, CO₂, polvo seco o espuma. En las zonas de manejo de líquidos inflamables donde puedan existir conexiones de mangueras, válvulas de uso frecuente etc., estos extintores se encontrarán distribuidos de manera que no haya que recorrer más de 15 m desde el área protegida para alcanzar el extintor.

La capacidad del tanque obliga también a que existan puestos para el accionamiento de la alarma que estén a menos de 25 m de los accesos a los cubetos, bombas o estaciones de carga y descarga.

Por último, será necesaria la disposición de los siguientes equipos auxiliares:

- En la proximidad de puestos de trabajo, como estaciones de carga y descarga, se colocarán una manta ignífuga y una estación de agua para ducha y lavaojos.
- En los lugares accesibles, y para uso en todo momento, se colocarán un equipo analizador de atmósfera explosiva y sesenta metros de manguera, con boquillas para chorro y pulverización.

-Otras

- Se dispondrá de duchas y lavaojos en todos los lugares en los que el producto sea susceptible de causar problemas (cargaderos, planta de tratamiento, etc.)

- Será obligada la utilización de los elementos de protección individual (EPIs) que se especifican para el etanol en la Ficha de Datos de Seguridad.

- El personal del almacenamiento recibirá información acerca de propiedades del etanol, consecuencias y peligros del mal uso, función y uso adecuado de las instalaciones.

- Los elementos de protección contra incendios, EPIs, duchas y lavaojos serán sometidos a una revisión periódica para asegurar el funcionamiento adecuado. También se comprobará el estado de tuberías, depósitos, cubetos, vallado y sistemas de venteo.

- Se establecerán planes de emergencia que considerarán las emergencias que pueden producirse, la forma precisa de controlarlas por el personal del

almacenamiento y la posible actuación de servicios externos, teniéndose en cuenta la aplicación del Real Decreto 1254/1999, por el que se aprueban medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas.

7.1.2 Almacenamiento de acetato de etilo según la ITC MIE-APQ-1

Para el almacenamiento del acetato de etilo al igual que se ha hecho para el etanol, se debe establecer la clasificación de la sustancia en función de su punto de inflamación. Dicho valor es de -4°C , por lo que el acetato de etilo pertenece también a la subcategoría B1.

a) Formas de almacenamiento

Como en el caso del etanol, se recomienda utilizar recipientes fijos debido a la elevada cantidad de producto a almacenar.

La temperatura de ebullición del acetato de etilo es de 77°C , que no será superada en ningún momento si, como es el caso, el recipiente está solamente sometido a condiciones ambientales, por lo que se utilizarán tanques atmosféricos.

b) Emplazamiento del tanque y distancias

Como se ha observado para el etanol, será preferible el emplazamiento en el exterior de los edificios.

-La distancia mínima entre este recipiente y el de etanol dentro del mismo cubeto ya se ha calculado de antemano. La distancia mínima entre ambos tanques será de $0,5 \cdot D_{\text{tanque}}$, habiéndose calculado ya respecto al tanque de etanol y resultado en 5m.

-El recipiente se deberá situar como mínimo a 18m de los edificios administrativos y a 12m del vallado de la planta, a 18m de las vías de comunicación públicas y a 36m de locales exteriores. Estas distancias se han calculado con las mismas correcciones que para el etanol salvo la del volumen, que al estar entre $500 < Q < 250 \text{ m}^3$ generará un factor de corrección de 0,6.

c) Medidas de protección

Las medidas de protección se establecen en base a la categoría o subcategoría de inflamable a la que pertenece el líquido y al volumen almacenado. Como se ha mencionado, el acetato de etilo pertenece a la subcategoría B1, al igual que el etanol, y aunque existe gran diferencia entre los volúmenes almacenados de ambas sustancias, ésta no cambia las medidas a utilizar para el acetato de etilo respecto a las que se han establecido para el etanol. Por tanto, se aplican las mismas medidas de protección que para el etanol, ya indicadas en el apartado correspondiente.

7.1.3 Almacenamiento de ácido acético según la ITC MIE-APQ-6

Del mismo modo que se han caracterizado las dos sustancias anteriores, los factores de riesgo del ácido acético indican que es una sustancia corrosiva, por lo que se aplicará la **ITC MIE-APQ-6**. En esta ITC, las sustancias corrosivas se clasifican según su grado de corrosión decreciente en las categorías A, B y C. El ácido acético pertenecerá a la categoría B, con lo que se le aplicará la normativa específica de esta categoría.

a) *Forma de almacenamiento.*

Se decidirá de nuevo recurrir a depósitos de tipo fijo por el elevado volumen. Los recipientes podrán ser de los tres tipos vistos anteriormente, utilizándose de nuevo los tanques atmosféricos ya que no existe restricción que sugiera lo contrario según el Artículo 8.

b) *Emplazamiento del tanque y distancias*

El Artículo 6 de esta ITC, como en el caso de las dos sustancias anteriores, explica que el ácido acético podrá almacenarse en exteriores e interiores. Se decidirá de nuevo proceder a un almacenamiento exterior por una mayor seguridad y facilidad.

En cuanto a las distancias respecto a las diferentes instalaciones se establecen las siguientes conclusiones:

-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.

-La separación entre dos recipientes de líquidos corrosivos contiguos debe ser la suficiente para garantizar un buen acceso a los mismos, con un mínimo de 1 metro.

-La distancia de este recipiente frente a los recipientes de etanol y acetato de etilo será de $0,5 \cdot D$, y deberá ser como mínimo de 1,5m. Puesto que el tanque de etanol es el de mayor diámetro se calculará la distancia tomando este tanque como referencia y el resultado es que el recipiente que contenga el ácido acético distará al menos 5m del de etanol.

c) *Medidas de protección*

-Venteos

Los recipientes deberán poseer también sistemas de venteo. Los venteos normales de un tanque atmosférico se dimensionarán de acuerdo con códigos de reconocida solvencia o, como mínimo, tendrán un tamaño igual al mayor de las tuberías de llenado o vaciado y, en ningún caso, inferior a 35 milímetros de diámetro interior.

-Tuberías y protección frente a la corrosión

Las tuberías se construirán del material adecuado para que no se produzca corrosión ni en estas ni en sus juntas. Según el Artículo 11, las paredes del recipiente y dichas tuberías se protegerán contra la corrosión exterior mediante uno de estos métodos:

- a) Uso de pinturas o recubrimientos.
- b) Protección catódica.
- c) Empleo de materiales resistentes a la corrosión.

Se utilizará este último método, puesto que los recipientes estarán fabricados con acero inoxidable de tipo AISI 316L de alta resistencia a la corrosión, y las tuberías serán del mismo tipo. Los cubetos se construirán con Polietileno resistente a la corrosión para optimizar costes.

-Cubetos de retención

Según el Artículo 15 de esta ITC, la mínima distancia entre el recipiente y la pared interior del cubeto será de 1m, y la capacidad útil de dicho cubeto, teniendo en cuenta que se pretende situar también en él el recipiente de almacenamiento de ácido sulfúrico, deberá ser como mínimo la capacidad del recipiente mayor, entendiendo como capacidad útil el volumen del cubeto restando el volumen sumergido del depósito de carga menor.

La normativa no impera que exista separación ninguna entre los dos recipientes dentro del cubeto salvo, como se ha comentado anteriormente, 1m de distancia para permitir operaciones de mantenimiento y similares.

Este cubeto deberá distar al menos 2,5m de los demás cubetos, y los accesos, normales y de emergencia, deberán estar señalizados a 25m de distancia.

-Otras

-Se dispondrá de duchas y lavaojos en todos los lugares en los que el producto sea susceptible de causar problemas (cargaderos, planta de tratamiento, etc.)

-Será obligada la utilización de los elementos de protección individual (EPIs) que se especifican para el etanol en la Ficha de Datos de Seguridad.

-El personal del almacenamiento recibirá información acerca de propiedades del etanol, consecuencias y peligros del mal uso, función y uso adecuado de las instalaciones.

-Los elementos de protección contra incendios, EPIs, duchas y lavaojos serán sometidos a una revisión periódica para asegurar el funcionamiento adecuado. También se comprobará el estado de tuberías, depósitos, cubetos, vallado y sistemas de venteo.

-Se establecerán planes de emergencia que considerarán las emergencias que pueden producirse, la forma precisa de controlarlas por el personal del almacenamiento y la posible actuación de servicios externos, teniéndose en cuenta la aplicación del Real Decreto 1254/1999, por el que se aprueban

medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas.

7.1.4 Almacenamiento de ácido sulfúrico según la ITC MIE-APQ-6

El almacenamiento del ácido sulfúrico, según se observa en la *TABLA 6* presenta, al igual que el ácido acético, el factor de riesgo de corrosión, con lo que se le aplicará también la normativa impuesta por la **ITC MIE-APQ-6**. El ácido sulfúrico, en el grupo de corrosivos, pertenecerá a la subcategoría A.

No obstante, en la **ITC MIE-APQ-6** no existen variaciones significativas en cuanto a las subcategorías A o B ni tampoco en cuanto al volumen almacenado, por lo que las características de almacenamiento y medidas de protección que se establecerán para el ácido sulfúrico coincidirán con las del ácido acético, vistas anteriormente.

Se colocará este recipiente en el mismo cubeto que el de ácido acético, y separado 1m del otro recipiente, como ya se ha indicado.

7.1.5 Almacenamiento de sustancias irritantes según ITC MIE-APQ-6

Tanto el cloruro de calcio como el carbonato sódico son sustancias irritantes según se indica en la Ficha de seguridad, por lo que no existe una ITC específica para caracterizar su modo de almacenamiento. No obstante, podrá aproximarse la caracterización de estas sustancias como una corrosivos de menor nivel, es decir, de tipo D, con lo que se le aplicaría la **ITC MIE-APQ-6**. Como se ha indicado ya, esta ITC no presenta variaciones en función de las subcategorías ni volumen almacenado, con lo que se establecerán las mismas restricciones que para el ácido acético con una excepción, no será necesario un cubeto de retención al tratarse materiales sólidos.

7.1.6 Almacenamiento de sulfato de magnesio anhidro

El sulfato de magnesio anhidro no se considera peligroso y por tanto, no existen especificaciones ni restricciones para su almacenamiento. Se utilizará un silo de sólidos al igual que para los materiales irritantes, teniéndose en consideración las distancias mínimas entre tanques.

7.1.7 Almacenamiento de agua

En este caso, el agua no se considera una sustancia peligrosa, ya que, en ningún momento está en contacto con el sodio ni otras sustancias reactivas y por tanto no requiere técnicas de almacenamiento especiales. Se dimensionará un depósito de agua con la capacidad establecida al principio del apartado (25 m³) y, aunque no se trata de una sustancia peligrosa, se utilizará un cubeto para evitar derrames sobre el terreno que puedan derivar en desplazamientos de tierras o problemas similares. La distancia mínima respecto a otros tanques o al vallado será de 1 m.

A continuación se estructuran las restricciones principales impuestas por la legislación a modo de resumen en la *TABLA 11*.

TABLA 11: Resumen de las restricciones principales impuestas por la legislación para materias primas y producto final.

	Acetato de etilo	Etanol	Ácido Acético	Ácido Sulfúrico
Peligrosidad	Inflamable	Inflamable	Corrosivo	Corrosivo
ITC a aplicar	MIE-APQ-1	MIE-APQ-1	MIE-APQ-6	MIE-APQ-6
Tanque	Atmosférico	Atmosférico	Atmosférico	Atmosférico
Situación	Exterior	Exterior	Exterior	Exterior
Cubeto	Si	Si	Si	Si
Venteos	Si	Si	Si	Si
Material de construcción de tuberías	AISI 304	AISI 304	AISI 316L	AISI 316L
Distancia al vallado (m)	12	14	1,5	1,5
Distancia a vías urbanas (m)	18	21	-	-
Distancia a otros locales (m)	36	42	-	-
Distancia entre cubetos (m)	5	5	2,5	2,5
Distancia a edificios administrativos (m)	18	21	-	-
Protección con espuma contra incendios	Si	Si	No	No

TABLA 11 (Continuación)

	CaCl₂	MgSO₄	NaCO₃	Agua
Peligrosidad	Irritante	No peligroso	Irritante	No peligroso
ITC a aplicar	MIE-APQ-6	-	MIE-APQ-6	-
Tanque	Atmosférico	Atmosférico	Atmosférico	Atmosférico
Situación	Exterior	Exterior	Exterior	Exterior
Cubeto	No	No	No	Si
Venteos	No	No	No	Si
Material de construcción de tuberías	-	-	-	Plástico
Distancia al vallado (m)	1	1	1	1
Distancia a vías urbanas (m)	-	-	-	-
Distancia a otros locales (m)	-	-	-	-
Distancia entre cubetos (m)	1	1	1	1
Distancia a edificios administrativos (m)	-	-	-	-
Protección con espuma contra incendios	No	No	No	No

7.2 Almacenamiento de residuos

Como se ha explicado en el apartado 6.2, se producen residuos en prácticamente todas las etapas del proceso productivo.

En este apartado se diseñará el almacén de productos residuales, es decir, de los residuos químicos que se producen directamente en las etapas de esterificación y purificación y del agua residual producto de la limpieza de reactores y utensilios varios.

Para ello en primer lugar se caracterizarán los residuos existentes, de forma que se conozcan sus factores de peligrosidad, y posteriormente se analizarán, como se ha hecho en el apartado 7.1, las ITCs correspondientes para dimensionar de forma correcta el almacenaje de los residuos.

Para cuantificar de forma aproximada la proporción de cada sustancia en el residuo se ha establecido una escala de clasificación en la cual se diferenciará entre:

- Componente mayoritario: Con una proporción del 50% o mayor en el residuo
- Componente secundario: Con una proporción entre el 10% y el 50% en el residuo
- Componente minoritario: Con una proporción entre el 1% y el 10% en el residuo
- Trazas: Con una proporción del 1% o menor en el residuo

7.2.1 Identificación de los residuos

a) *R1: Esterificación*

En la reacción de esterificación se obtendrá como residuo etanol y acetato de etilo en mayor cantidad, debido a que es el etanol es el reactivo limitante. También contendrá agua, ácido acético y ácido sulfúrico en bajas cantidades. En la *TABLA 12* se especifican las proporciones orientativas de cada producto en el residuo, la justificación y los factores de riesgo. Dichas proporciones se obtienen a partir de análisis realizados a los residuos, aunque se trata claramente de aproximaciones.

TABLA 12: Productos componentes del residuo de la reacción de esterificación.

Componentes	Proporción	Justificación	Factores de riesgo
Etanol	Secundario	Reactivo en exceso	Inflamable
Acetato de etilo	Secundario	Producto de la reacción de esterificación. Gran parte es destilado.	Inflamable Irritante
Agua	Secundario	Producto de la reacción.	Sustancia no peligrosa
Ácido acético	Secundario	Reactivo no reaccionado.	Corrosivo
Ácido sulfúrico	Trazas	Catalizador. No se consume.	Corrosivo

Así pues, se observa en la *TABLA 12* que existe casi una elevada cantidad de sustancias inflamables en este residuo, aunque también de agua, con lo que no es seguro afirmar que la mezcla se puede catalogar como una sustancia inflamable. La empresa debe realizar pruebas de inflamabilidad para obtener esta información.

No obstante, se ha comprobado que el pH del residuo es muy bajo, con lo que éste será altamente corrosivo y se le catalogará como tal. Se utilizarán los materiales adecuados para evitar la corrosión, es decir, el tanque y las tuberías estarán diseñados con acero inoxidable AISI 316 L, y los cubetos con Polietileno resistente a la corrosión.

b) R2: Neutralización

Al igual que en apartado anterior, en primer lugar se descompone el residuo en todos sus componentes y se analiza su peligrosidad en la *TABLA 13*. Las proporciones establecidas son de carácter orientativo.

TABLA 13: Productos componentes del residuo de la neutralización.

Componentes	Proporción	Justificación	Factores de riesgo
Acetato Sódico	Mayoritario	Producto de la neutralización del ácido acético con carbonato sódico	Sustancia no peligrosa
Agua	Secundario	Producto de la esterificación	Sustancia no peligrosa
Etanol	Trazas	Reactivo de la esterificación	Muy inflamable
Acetato de Etilo	Trazas	Producto de la esterificación	Muy inflamable Irritante

Como en el apartado de esterificación, el residuo total contendrá sustancias inflamables e irritantes, pero en muy baja proporción. Por lo cual se tratará al residuo de la fase de neutralización como un residuo no peligroso.

En cuanto al CO₂ producido, se debería intentar reducir las emisiones, por lo que se recomienda un tratamiento con carbón activo.

c) R3: Separación de fases

El residuo de la de separación de fases estará formado por los componentes expuestos en la *TABLA 14*. Se sabe que prácticamente la totalidad del residuo está conformado por cloruro cálcico y agua, aunque existen trazas de etanol y acetato de etilo.

TABLA 14: Productos componentes del residuo de la separación de fases.

Componentes	Proporción	Justificación	Factores de riesgo
Cloruro cálcico hidratado	Mayoritario	Sal hidratada disuelta o actuando como absorbente	Irritante
Agua	Secundario	Se disuelve la sal de cloruro cálcico favoreciendo la separación	Sustancia no peligrosa
Etanol	Trazas	Disuelto	Muy inflamable
Acetato de etilo	Trazas	Disuelto	Muy inflamable Irritante

Mayoritariamente el residuo de la separación de fases presenta sustancias irritantes, por lo que se deberá tratar como un corrosivo de clase D, ya que, como se ha especificado en el apartado 7.1.5, las sustancias irritantes pueden ser clasificadas de esta forma.

d) R4: Deshidratación

En la TABLA 15 se especifican los compuestos que forman el residuo y su proporción aproximada.

TABLA 15: Productos componentes del residuo de la deshidratación.

Componentes	Proporción	Justificación	Factores de riesgo
Sulfato de Magnesio	Mayoritario	Sal que absorbe el agua	Irritante
Agua	Secundario	Producto que se absorbe	Sustancia no peligrosa
Etanol	Trazas	Disuelto en el agua	Muy inflamable
Acetato de Etilo	Trazas	Disuelto en el agua	Muy inflamable Irritante

De nuevo, el residuo de la deshidratación presentará mayoritariamente sustancias irritantes. Como se ha explicado en el apartado anterior será almacenado como corrosivo clase D.

e) R5: Destilación

El análisis de la pureza obtenida en la destilación permite la aproximación de las proporciones de etanol y acetato de etilo que forman el residuo de esta etapa, que quedan reflejadas en la TABLA 16.

TABLA 16: Productos componentes del residuo de la destilación.

Componentes	Proporción	Justificación	Factores de riesgo
Etanol	Mayoritario	Producto que no se quiere extraer (menos volátil)	Inflamable
Acetato de Etilo	Secundario	Producto que no se podrá separar (más volátil)	Inflamable Irritante

Como se observa en la TABLA 16, el residuo de la fase de destilación está formado solamente por etanol y acetato de etilo, ambas sustancias inflamables e irritantes, y por tanto el residuo será tratado como un inflamable.

7.2.2 Cuantificación de residuos y dimensionamiento de depósitos

Como se ha explicado en la introducción de este apartado 8, se pretenden obtener 30 Ton de acetato de etilo al día, lo cual representa un volumen de 33,5 m³ diarios. Teniendo en cuenta que se lleva a cabo una reacción de esterificación cada día, se ha podido calcular, tomando como base la experiencia del laboratorio, la cantidad de residuo existente en cada fase.

En la TABLA 17 se exponen la cantidad que se obtiene de acetato de etilo en laboratorio y en industria, y los consecuentes residuos que se generan en cada etapa, para un día y para una semana, que será el tiempo establecido para que el gestor contratado recoja los residuos.

TABLA 17: Cantidad de residuos que se producen en laboratorio y en industria

Producto	Laboratorio (mL)	Industrial 1 Día (m ³)	Industrial 1 semana (m ³)
Residuo de la Esterificación	360	120,6	844,2
Residuo de la Neutralización	50	16,8	117,3
Residuo de la Separación de fases	60	20,1	140,7
Residuo de la Deshidratación	15	5,1	35,2
Residuo de la Destilación	90	30,15	211,1

A continuación, en la TABLA 18 se establecerá el tamaño de los depósitos teniendo en cuenta que el 25% del depósito debe quedar libre, como ya se ha indicado en el apartado 7.1, y que los depósitos están normalizados.

TABLA 18: Tamaño de los depósitos de residuos

Producto	V total (m ³)	V incluido 25% libre (m ³)	V real del depósito (m ³)	D (m)	H (m)
Residuo de la Esterificación	844,2	1055,25	1250	10	15,57
Residuo de la Neutralización	117,25	146,5625	150	4	12,65
Residuo de la Separación de fases	140,7	175,875	180	4,8	10,77
Residuo de la Deshidratación	35,175	43,96875	45	3	6,82
Residuo de la Destilación	211,05	263,8125	300	6	11,11

Así pues, estas son las dimensiones de los depósitos con los que se almacenarán los residuos del proceso, y a continuación se establecerán las condiciones de cada almacenamiento.

7.2.3 Condiciones de almacenamiento

a) R1: Residuo de esterificación

Puesto que, como se ha explicado en el apartado anterior, el residuo de esterificación posee un pH muy bajo, poseerá una corrosividad muy alta y se le aplicará por tanto la **ITC MIE-APQ-6**. Como se ha visto en el apartado 7.1.3, en esta ITC, se clasifica las sustancias corrosivas según su grado de corrosión decreciente en las categorías A, B y C. El ácido acético será el componente corrosivo mayoritario en este residuo, y pertenece a la categoría B, con lo que se le aplicará la normativa específica de esta categoría.

- Forma de almacenamiento.

Se utilizará un tanque fijo de tipo atmosférico.

- Emplazamiento del tanque y distancias

(Ver apartado 7.1.3 - b: Emplazamiento del tanque y distancias para el ácido acético)

- Medidas de protección

-Venteos

(Ver apartado 7.1.3 - c - Venteos)

-Tuberías y protección frente a la corrosión

Como ya se ha indicado en el apartado 7.2.1-a-, los recipientes estarán fabricados con acero inoxidable de tipo AISI 316L de alta resistencia a la corrosión, y también las tuberías, mientras que los cubetos estarán fabricados con PE resistente a la corrosión.

-Cubetos de retención

El tanque de almacenamiento del residuo de esterificación poseerá un cubeto propio para residuos corrosivos.

(Ver apartado 7.1.3 - c - Cubetos de retención)

-Otras

(Ver apartado 7.1.1 - c - Otras)

b) R2: Residuo de neutralización

Como se ha explicado en el apartado anterior, se trata de un residuo no peligroso que se almacenará en un tanque propio respetando las distancias exigidas por los otros depósitos. Como en el caso del agua, aunque se catalogue el residuo como no peligroso, se necesitará un cubeto de retención que impida que existan derrames sobre el terreno.

c) R3 y R4: Residuos de separación de fases y deshidratación

Ambos son residuos de tipo irritante, a los que se clasificará como corrosivos de tipo D, por lo que se les aplicará la **ITC MIE-APQ-6**.

- Forma de almacenamiento.

Como en toda la instalación, los recipientes serán fijos, por el elevado volumen y de tipo atmosférico, ya que no existe ninguna restricción que impida que se puedan utilizar.

- Emplazamiento del tanque y distancias

Se almacenarán en el exterior, al igual que los demás depósitos dimensionados.

Las distancias serán las mismas que se observa en el apartado 7.1.3.

- Medidas de protección

(Ver apartado 7.1.3 - c -)

Los tanques de almacenamiento de ambos residuos se sitúan en el mismo cubeto, puesto que presentan las mismas características de peligrosidad.

d) *R5: Residuo de destilación*

Puesto que, como se ha explicado en el apartado anterior, se trata este residuo como inflamable, se le aplicará la **ITC MIE-APQ-1**.

Teniendo en cuenta que está presente el etanol como componente mayoritario cuyo punto de inflamación es de 13°C, será considerado un residuo de la subcategoría B1 dentro de los inflamables, particularizándose para esta subcategoría

- Formas de almacenamiento

Se utilizarán recipientes fijos, ya que la cantidad a almacenar es bastante elevada y serán también de tipo atmosférico, ya que no se alcanzarán temperaturas superiores al punto de ebullición de la mezcla en ningún momento.

- Emplazamiento del tanque y distancias

El depósito se situará en el exterior, ya que como se ha explicado en el apartado 7.1 no existe ningún tipo de problema geográfico o meteorológico que lo impida.

-La distancia respecto a los demás tanques inflamables se calcula respecto al tanque de etanol, que es el que presenta mayor volumen y por tanto es el que dará lugar a una mayor restricción de 5 m. (Consultar apartado 7.1.1)

-El recipiente se deberá situar como mínimo a 18m de los edificios administrativos y a 12m del vallado de la planta, a 18m de las vías de comunicación públicas y a 36m de locales exteriores. Estas distancias coinciden con las del tanque de acetato de etilo, ya que por la similitud de volúmenes ambas presentan como coeficiente de reducción de distancias 0,70.

- *Medidas de protección*

-Venteos

Como se ha visto en el apartado 7.1.1 serán necesarios sistemas de venteo para prevenir la deformación del mismo como consecuencia de llenados, vaciados o cambios de temperatura ambiente, que estarán equipados con un sistema que evite la penetración de chispas o llamas (apaga-llamas, cierre hidráulico etc.).

-Tuberías y protección frente a la corrosión

Tendrán continuidad eléctrica con puesta a tierra y se soldarán todas las uniones situadas en lugares ocultos o inaccesibles dentro de edificios o estructuras.

Los sistemas de tuberías para líquidos inflamables o combustibles, tanto enterrados como de superficie deberán estar pintados o protegidos, cuando estén sujetos a corrosión exterior.

-Cubetos de retención

El cubeto de retención se dimensionará de forma análoga al cubeto que se especifica en el apartado 7.1.1, es decir, con una distancia de 1m desde el depósito hasta la pared.

-Inundaciones

Presentará un sistema de flotabilidad igual o similar al del apartado 7.1.1.

-Electricidad estática

(Ver apartado 7.1.1. - c - electricidad estática)

-Protección contra incendios

El tanque deberá poseer obligatoriamente una red de agua contra incendios. La red de agua deberá tener varias tomas para incendios que aseguren de forma inmediata y continua el caudal de agua requerido durante 1,5 horas, como mínimo, a 100 m³/h de caudal, tal como ocurre con el tanque de etanol.

Al igual que en el apartado 7.1.1 los extintores serán necesarios y deberán estar correctamente señalizados, como también lo serán los puestos de accionamiento de alarma y equipos auxiliares como mantas ignífugas, duchas, lavajos etc.

-Otras

(Ver apartado 7.1.1. - c - otras)

Una vez indicadas las condiciones de cada almacenamiento, en la *TABLA 19* se presenta un resumen de las restricciones ofrecidas por la legislación para cada tipo de sustancia.

TABLA 19: Resumen de las restricciones principales impuestas por la legislación para los residuos.

	R1	R2	R3	R4	R5
Peligrosidad	Corrosivo	No peligroso	Irritante	Irritante	Inflamable
ITC a aplicar	MIE-APQ-6	-	MIE-APQ-6	MIE-APQ-6	MIE-APQ-1
Tanque	Atmosférico	Atmosférico	Atmosférico	Atmosférico	Atmosférico
Situación	Exterior	Exterior	Exterior	Exterior	Exterior
Cubeto	Si	Si	Si	Si	Si
Venteos	Si	Si	Si	Si	Si
Material de construcción de tuberías	AISI 316L	Plástico	PE	PE	AISI 304
Distancia al vallado (m)	1,5	1,5	1,5	1,5	12
Distancia a vías urbanas (m)	-	-	-	-	18
Distancia a otros locales (m)	-	-	-	-	36
Distancia entre cubetos (m)	1	1	1	1	5
Distancia a edificios administrativos (m)	-	-	-	-	18
Protección con espuma contra incendios	No	No	No	No	Si

7.3 Cálculo de las dimensiones de los cubetos de retención

En este apartado se calcularán las dimensiones que deben tener los siete cubetos de retención que se pretende construir de acuerdo a la normativa. Dichos cálculos se incluirán en diferentes tablas modelo (una por cada cubeto), donde se podrá observar el procedimiento seguido para la obtención de las dimensiones del cubeto.

Se dimensionan los siguientes cubetos:

1. Cubeto de retención para materias primas y producto final inflamables, que contendrá los tanques de acetato de etilo y etanol.
2. Cubeto para materias primas corrosivas, que contendrá los tanques de ácido acético y ácido sulfúrico.
3. Cubeto para residuos corrosivos (residuo de esterificación).
4. Cubeto para residuos irritantes (residuo de las etapas de separación de fases y deshidratación).
5. Cubeto para residuos no peligrosos (residuo de neutralización).
6. Cubeto para residuos inflamables (residuo de destilación).
7. Cubeto para el tanque de agua.

Para el cálculo del volumen del cubeto, se ha considerado que el volumen de líquido que podría quedar entre la base del depósito y la base del cubeto es muy pequeño, es decir, se desprecia la altura de las patas del depósito.

7.3.1 Cubeto de retención para materias primas y producto final inflamables

En la *TABLA 20* se explica detalladamente el procedimiento de cálculo seguido para obtener las medidas del cubeto que contendrá los tanques de etanol y acetato de etilo.

TABLA 20: Cálculo de las dimensiones del cubeto de retención de inflamables

<i>Definición de datos</i>		
SÍMBOLO	DEFINE	VALOR
Dac	D del tanque de acetato de etilo en m	5
Det	D del tanque de etanol en m	10
d1	Distancia entre tanques en m	5
d2	Distancia entre tanque y pared del cubeto en m	1
Aac	Área base del tanque de acetato de etilo en m ²	19,63
Aet	Área base del tanque de etanol en m ²	78,54
Vac	Volumen en m ³ tanque del acetato de etilo	250
Vet	Volumen en m ³ tanque de etanol	1500
<i>Cálculos realizados</i>		
DEFINE	FÓRMULA	VALOR
L (largo del cubeto en m)	$L = Dac + Det + d1 + 2 * d2$	22
W (ancho del cubeto en m)	$W = Det + 2 * d2$	12
Breal (superficie cubeto en m²)	$Breal = L * W$	264
B0 (superficie del cubeto sin área tanques en m²)	$B0 = Breal - Aac$	244,365
<i>Volumen requerido y altura del cubeto</i>		
DEFINE	FÓRMULA	VALOR
V necesario del cubeto (m³)	$V = Vet + Vac$	1750
H (altura del cubeto en m)	$H = V / B0$	7,17

7.3.2 Cubeto de retención para corrosivos

En la TABLA 21, se muestran los cálculos necesarios para definir la base, el volumen y la altura del cubeto de retención caracterizado, que ahora será el de corrosivos.

TABLA 21: Cálculo de las dimensiones del cubeto de retención de materias primas corrosivas

<i>Definición de datos</i>		
SÍMBOLO	DEFINE	VALOR
Daa	D del tanque de ácido acético en m	8
Ds	D del tanque de ácido sulfúrico en m	2,25
d1	Distancia entre tanques en m	1
d2	Distancia entre tanque y pared del cubeto en m	1
Aaa	Área base del tanque de ácido acético en m ²	50,26
As	Área base del tanque de ácido sulfúrico en m ²	3,98
Vaa	Volumen en m ³ tanque de ácido acético	700
Vs	Volumen en m ³ tanque de ácido sulfúrico	13
<i>Cálculos realizados</i>		
DEFINE	FÓRMULA	VALOR
L (largo del cubeto en m)	$L = Daa + Ds + d1 + 2 * d2$	13,25
W (ancho del cubeto en m)	$W = Daa + 2 * d2$	10
Breal (superficie cubeto en m²)	$Breal = L * W$	132,5
B0 (superficie del cubeto sin área tanques en m²)	$B0 = Breal - As$	128,52
<i>Volumen requerido y altura del cubeto</i>		
DEFINE	FÓRMULA	VALOR
V necesario del cubeto (m³)	$V = Vaa$	700
H (altura del cubeto en m)	$H = V / B0$	5,45

7.3.3 Cubeto de retención para residuos inflamables (destilación)

En la TABLA 22 se realizan los cálculos necesarios para obtener las dimensiones del cubeto de retención para residuos inflamables, que contendrá el tanque de almacenamiento del residuo de destilación.

TABLA 22: Cálculo de las dimensiones del cubeto de retención de residuos inflamables

Definición de datos		
SÍMBOLO	DEFINE	VALOR
Ddest	D del tanque del residuo de destilación en m	6
d1	Distancia entre tanque y pared del cubeto en m	1
Adest	Área base del tanque del residuo de destilación en m ²	28,27
Vdest	Volumen en m ³ tanque del residuo de destilación	300
Cálculos realizados		
DEFINE	FÓRMULA	VALOR
L (largo del cubeto en m)	$L = D_{dest} + 2 * d1$	8
W (ancho del cubeto en m)	$W = D_{dest} + 2 * d1$	8
Breal (superficie cubeto en m²)	$B_{real} = L * W$	64
B0 (superficie del cubeto sin área tanques en m²)	$B0 = B_{real} - A_{dest}$	35,72
Volumen requerido y altura del cubeto		
DEFINE	FÓRMULA	VALOR
V necesario del cubeto (m³)	$V = V_{dest}$	300
H (altura del cubeto en m)	$H = V / B0$	8,4

7.3.4 Cubeto de retención para residuos irritantes

En la TABLA 23 se calculan las medidas del cubeto de retención que contendrá los tanques del residuo de separación de fases y del residuo de la etapa de deshidratación, ambas sustancias de carácter irritante.

TABLA 23: Cálculo de las dimensiones del cubeto de retención de residuos irritantes

<i>Definición de datos</i>		
SÍMBOLO	DEFINE	VALOR
Dsf	D del tanque del residuo de separación de fases en m	4,8
Dd	D del tanque del residuo de deshidratación en m	3
d1	Distancia entre tanques en m	1
d2	Distancia entre tanque y pared del cubeto en m	1
Asf	Área base del tanque del residuo de separación de fases en m ²	18,1
Ad	Área base del tanque del residuo de deshidratación en m ²	7,07
Vsf	Volumen en m ³ tanque del residuo de separación de fases	180
Vd	Volumen en m ³ tanque del residuo de deshidratación	45
<i>Cálculos realizados</i>		
DEFINE	FÓRMULA	VALOR
L (largo del cubeto en m)	$L = Dsf + Dd + d1 + 2 * d2$	10,8
W (ancho del cubeto en m)	$W = Dsf + 2 * d2$	6,8
Breal (superficie cubeto en m²)	$Breal = L * W$	73,44
B0 (superficie del cubeto sin área tanques en m²)	$B0 = Breal - Ad$	66,37
<i>Volumen requerido y altura del cubeto</i>		
DEFINE	FÓRMULA	VALOR
V necesario del cubeto (m³)	$V = Vsf$	180
H (altura del cubeto en m)	$H = V / B0$	2,71

7.3.5 Cubeto de retención para residuos corrosivos (esterificación)

El cubeto que se dimensiona en la TABLA 24 corresponde contendrá al tanque de almacenamiento del residuo de la reacción de esterificación.

TABLA 24: Cálculo de las dimensiones del cubeto de residuos corrosivos

<i>Definición de datos</i>		
SÍMBOLO	DEFINE	VALOR
Dester	D del tanque del residuo de esterificación en m	10
d1	Distancia entre tanque y pared del cubeto en m	2
Aester	Área base del tanque del residuo de esterificación en m ²	78,54
Vester	Volumen en m ³ tanque del residuo de esterificación	1250
<i>Cálculos realizados</i>		
DEFINE	FÓRMULA	VALOR
L (largo del cubeto en m)	$L = Dester + 2 * d1$	14
W (ancho del cubeto en m)	$W = Dester + 2 * d1$	14
Breal (superficie cubeto en m²)	$Breal = L * W$	196
B0 (superficie del cubeto sin área tanques en m²)	$B0 = Breal - Aester$	117,46
<i>Volumen requerido y altura del cubeto</i>		
DEFINE	FÓRMULA	VALOR
V necesario del cubeto (m³)	$V = Vester$	1250
H (altura del cubeto en m)	$H = V / B0$	10,7

7.3.6 Cubeto de retención para residuos no peligrosos

El cubeto de retención que contiene el tanque de almacenamiento del residuo de neutralización se dimensiona en la TABLA 25.

TABLA 25: Cálculo de las dimensiones del cubeto de retención de residuos no peligrosos.

<i>Definición de datos</i>		
SÍMBOLO	DEFINE	VALOR
Dneu	D del tanque del residuo de neutralización en m	4
d1	Distancia entre tanque y pared del cubeto en m	1
Aneu	Área base del tanque del residuo de neutralización en m ²	12,57
Vneu	Volumen en m ³ tanque del residuo de neutralización	150
<i>Cálculos realizados</i>		
DEFINE	FÓRMULA	VALOR
L (largo del cubeto en m)	$L = Dneu + 2 * d1$	6
W (ancho del cubeto en m)	$W = Dneu + 2 * d1$	6
Breal (superficie cubeto en m²)	$Breal = L * W$	36
B0 (superficie del cubeto sin área tanques en m²)	$B0 = Breal - Aneu$	23,43
<i>Volumen requerido y altura del cubeto</i>		
DEFINE	FÓRMULA	VALOR
V necesario del cubeto (m³)	$V = Vneu$	150
H (altura del cubeto en m)	$H = V / B0$	6,4

7.3.7 Cubeto de retención para el agua

Finalmente, se dimensiona en la TABLA 26 el cubeto de retención que contendrá el tanque de almacenamiento del agua.

TABLA 26: Cálculo de las dimensiones del cubeto de retención de agua

<i>Definición de datos</i>		
SÍMBOLO	DEFINE	VALOR
Dag	D del depósito de agua en m	2,5
d1	Distancia entre tanque y pared del cubeto en m	1
Aag	Área base del depósito de agua en m ²	4,9
Vag	Volumen en m ³ depósito de agua	25
<i>Cálculos realizados</i>		
DEFINE	FÓRMULA	VALOR
L (largo del cubeto en m)	$L = Dag + 2 * d1$	4,5
W (ancho del cubeto en m)	$W = Dag + 2 * d1$	4,5
Breal (superficie cubeto en m²)	$Breal = L * W$	20,25
B0 (superficie del cubeto sin área tanques en m²)	$B0 = Breal - Aag$	15,35
<i>Volumen requerido y altura del cubeto</i>		
DEFINE	FÓRMULA	VALOR
V necesario del cubeto (m³)	$V = Vag$	25
H (altura del cubeto en m)	$H = V / B0$	1,63

Cabe mencionar que todos los cubetos presentan un sistema colector de líquidos para pequeños derrames, y una pendiente del 2% que permite el movimiento de los líquidos hasta el colector.

Una vez dimensionados todos los cubetos, en la TABLA 27 se presentan las medidas del cubeto y del tanque en cuestión, de forma que se facilite la visualización de los datos, y se adjunta la Figura 16 que define cada variable.

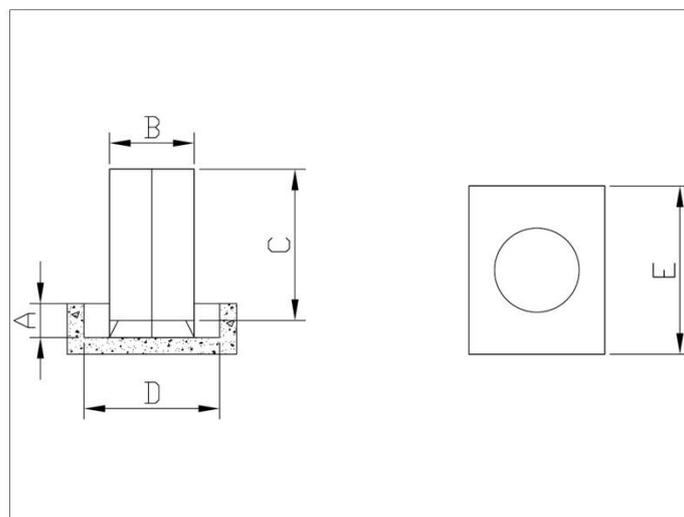


Figura 16: Dimensiones de tanques y cubetos

TABLA 27: Medidas de cada cubeto y de los tanques

	A (m)	B (m)	C (m)	D (m)	E (m)
Acetato de etilo	7,17	5	13,17	22	12
Etanol	7,17	10	18,64	22	12
Ácido acético	5,45	8	14,58	13,25	10
Ácido sulfúrico	5,45	2,25	3,24	13,25	10
Agua	1,63	2,5	5,4	4,5	4,5
CaCl ₂	-	6	4,3	-	-
MgSO ₄	-	4	2	-	-
NaCO ₃	-	3	1,42	-	-
R1	10,7	10	15,57	14	14
R2	6,4	4	12,65	6	6
R3	2,71	4,8	10,77	10,8	6,8
R4	2,71	3	6,62	10,8	6,8
R5	8,4	6	11,11	8	8

Se han dimensionado pues, los siete cubetos que se van a utilizar como medida de protección en el almacenamiento de producto final, materias primas y residuos.

Las dimensiones de los tanques y cubetos así como las distancias mínimas entre instalaciones se podrán visualizar gráficamente en el apartado PLANOS del presente TFG.

7.4 Señalización de tanques, tuberías y cubetos

La señalización de tanques de almacenamiento, de tuberías y también de los cubetos, está normalizada según la **UNE 1063 sobre la caracterización de tuberías según la materia de paso**, que distingue en función del factor de peligro de las sustancias para designar el color de las tuberías que transportarán este producto y el color de la franja que deberá poseer el depósito si es necesario.

Además, los tanques y cubetos deberán estar señalizados con los símbolos de advertencia y con los diamantes de señalización adecuados a las características de cada material. Dichos diamantes de señalización están establecidos siguiendo las directrices de la *Figura 17*.



Figura 17: Normas para la elaboración de los diamantes de señalización

Aunque la normativa no especifica la señalización por colores en cubetos, se imprimirá en estos la misma franja que en los tanques para facilitar la identificación.

El color de las tuberías en función de la sustancia que transportan, que será el que se deberá utilizar también para las franjas en los depósitos, está definido en la *TABLA 28* que se presenta a continuación.

TABLA 28: Colores de las tuberías y de la franja de los depósitos

FLUIDO	COLOR
Fluidos Inflamables	Sepia
Lejía	Violeta
Aire Comprimido	Azul
Fluidos Corrosivos y Tóxicos	Naranja
Agua industrial, potable, salada etc.	Verde
Agua contra incendios y vapor	Rojo
Oxígeno	Blanco

Así pues, en la TABLA 29 se establecen los símbolos de advertencia, el diamante de señalización y el color de las tuberías y franjas en función del factor de peligrosidad.

Se debe tener en cuenta que la caracterización de los residuos en cuanto a su peligrosidad ha sido realizada de forma aproximada, teniendo en cuenta las características de los componentes mayoritarios del residuo y las pruebas rápidas realizadas en el laboratorio, con lo que se recomienda a la empresa realizar los tests necesarios para caracterizar estos residuos de forma adecuada, entre ellos un test de inflamabilidad y uno de estabilidad química.

TABLA 29: Colores y símbolos de identificación para cada sustancia

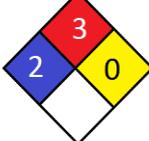
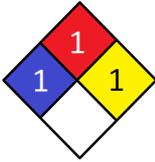
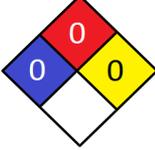
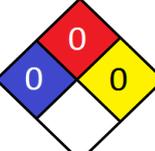
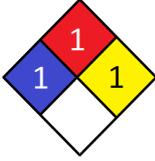
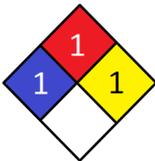
Producto	Peligrosidad	Color de tuberías	Símbolos de advertencia	Diamante de señalización
Acetato de etilo	Inflamable	Sepia (8.3)		
Etanol	Inflamable	Sepia (8.3)		
Ác. Acético	Corrosivo	Naranja (6.4)		
Ác. Sulfúrico	Corrosivo	Naranja (6.0)		

TABLA 29 (Continuación)

Producto	Peligrosidad	Color de tuberías	Símbolos de advertencia	Diamante de señalización
CaCl ₂	Irritante	-		
MgSO ₄	No Peligroso	-		
NaCO ₃	Irritante	-		
Agua	No Peligroso	Verde (1.4)		
R1	Corrosivo	Naranja (6.4)		
R2	No Peligroso	Gris		
R3	Irritante	Violeta (7.6)		
R4	Irritante	Violeta (7.6)		
R5	Inflamable	Sepia (8.3)		

Aunque en la legislación no se concreta acerca de los residuos de carácter irritante, como los de la separación de fases y deshidratación (4 y 5), se han catalogado en cuanto a la señalización como lejías, puesto que pueden tener características similares con este tipo de fluidos. Se utilizará pues el color violeta para señalar tanques, tuberías y cubetos.

En las tuberías se pintará sobre la tubería un rótulo blanco con bordes negros en el que irá escrito el nombre del fluido, con letras también negras. Asimismo se indicará mediante una flecha el sentido de movimiento del fluido.

En cuanto a los tanques, en los depósitos horizontales la franja irá centrada, y en los depósitos verticales se situará en la parte inferior del tercio superior de la envolvente de los mismos.

La señalización de tuberías y tanques se puede apreciar en el PLANO P0-13.

8. DISTRIBUCIÓN GENERAL DEL ALMACÉN

Una vez aplicadas las Instrucciones Técnicas Complementarias en las que se ha basado el proceso de diseño del almacén, que son la ITC MIE-APQ-1 para inflamables y la ITC MIE-APQ-6 para corrosivos, en este apartado se explica cómo quedan establecidas la localización de la planta y la distribución del almacén.

Como se ha mencionado en el apartado anterior, en el presente TFG no se profundizará en el apartado de extinción de incendios, equipos de intervención, evacuación etc.

En primer lugar, tal y como se observa en el apartado 4 del presente TFG, cabe mencionar que el almacén de productos químicos y la planta de producción de acetato de etilo están situados en un emplazamiento adecuado del polígono La Pedrosa de Barcelona, teniendo en cuenta la legislación, ya que no existe ninguna instalación cercana como gasolineras o demás plantas químicas que puedan provocar un efecto dominó en caso de accidente, como se puede observar en el PLANO P0-4. SE puede comprobar la localización general de la planta en los PLANOS P0-1, P0-2 y P0-3.

Ya dentro del almacén en la planta, es importante resaltar que todos los depósitos serán de tipo atmosférico, es decir, soportarán una presión interna de hasta 0,15 bar, y estarán colocados a cielo abierto, como requiere la legislación y como se explica en el apartado 8. En los PLANOS P0-5, P0-6, P0-7, P0-8 y P0-10 se puede observar la situación de los depósitos y cubetos, así como sus dimensiones.

En este mismo apartado 8 se establecen las distancias mínimas que deben existir entre depósitos y demás edificios, las cuales se podrá observar que se cumplen en el PLANO P0-9.

Las restricciones más importantes presentes en la legislación son las siguientes:

Materias primas y residuos de carácter inflamable

Las distancias se calculan en función de los volúmenes de los tanques. En este apartado se presentan las del etanol que serán las que se aplicarán tanto para el tanque de etanol como para el del acetato de etilo, que se sitúan en el mismo cubeto.

- 21 m de distancia respecto a los edificios administrativos.
- 14 m del vallado de la planta.
- 21 m de cualquier vía urbana.
- 42 m de cualquier local colindante.

Las distancias para el tanque que contiene el residuo de destilación son menores, por tener el tanque un volumen menor. Serán las siguientes:

- 18 m de distancia respecto a los edificios administrativos.
- 12 m del vallado de la planta.
- 18 m de cualquier vía urbana.
- 36 m de cualquier local colindante.

Además, se incluyen cubetos de retención que, al igual que los propios tanques y las tuberías, están adecuadamente señalizados como se indica en el apartado 8.4.

La zona de carga y descarga de inflamables así como las tomas de tierra se pueden visualizar en el PLANO P0-11.

Materias primas y residuos de carácter corrosivo

No están sometidos a ninguna restricción de distancias salvo la distancia obligatoria de 1 m que debe existir entre cualquier depósito o cubeto y otro depósito, pared, valla u otros.

El material que se usa para la construcción de tuberías y para el propio depósito es altamente resistente a la corrosión (Acero AISI 316L), y el material de los cubetos es PE resistente a la corrosión, y al igual que para los inflamables y para todos los demás, los cubetos, tuberías y depósitos están correctamente señalizados.

Materias primas y residuos de carácter irritante

Se ha dimensionado esta parte de la instalación siguiendo las directrices marcadas por la ITC MIE-APQ-6, considerando las sustancias irritantes como corrosivas de tipo D, ya que la irritabilidad se puede entender como un caso débil de corrosión.

Se ha tomado la decisión, para la optimización de costes, de colocar los productos con los mismos factores de riesgo en los mismos cubetos, siguiendo por supuesto, las normativas marcadas por la legislación vigente. Así pues, el tanque de acetato de etilo y el de etanol se almacenan en el mismo cubeto, y en otro cubeto, el de ácido acético y el de ácido sulfúrico. Para los residuos, el de esterificación se situará en un cubeto propio para corrosivos, y los procedentes de la deshidratación y separación de fases, un mismo cubeto para irritantes. El residuo de destilación deberá poseer un cubeto propio de retención para inflamables. El residuo de neutralización y el tanque de agua presentarán también sendos cubetos, ya que, aunque se trata de sustancias no peligrosas, es necesario evitar derramamientos de grandes volúmenes que podrían desembocar en problemas de otro tipo. En los planos se pueden apreciar 10 tanques de líquidos en 7 cubetos diferentes, y 3 silos de sólidos que no necesitarán cubeto.

El volumen del cubeto se dimensiona a partir de la tabla del apartado 8.2 y en la elaboración del presupuesto se calculan los m² del material con un espesor determinado para poder establecer el precio de cada cubeto.

En cuanto a las tuberías, están dimensionadas sobre el PLANO P0-12 y se construyen con cuatro materiales diferentes según los requerimientos de las sustancias a transportar:

- Acero inoxidable AISI 316 L para las sustancias corrosivas
- Acero AISI 304 para las sustancias inflamables
- Polietileno para las sustancias irritantes
- Material plástico convencional para las sustancias no peligrosas

Los cubetos se elaboran con dos materiales distintos:

- Polietileno de alta resistencia a la corrosión para sustancias irritantes y corrosivas

-Material plástico convencional para sustancias no peligrosas

Los depósitos vienen dimensionados de fábrica y estarán reforzados con diferentes resinas y protecciones.

En los planos se han numerado los depósitos del 1 al 13 para su correcta identificación, explicitándose en la leyenda a qué tanque corresponde cada número.

Se han dibujado también las tuberías y los tanques según indica la legislación en el apartado de señalización, es decir, diferenciando entre los distintos factores de peligrosidad, como se puede observar en la leyenda de colores, y se han etiquetado adecuadamente tanto tuberías como depósitos, como se puede apreciar en el PLANO P0-13.

La instalación dispondrá de cámaras de vigilancia de forma permanente con una capacidad de almacenamiento adecuada y de uno o varios guardias de seguridad, que impidan la entrada de cualquier persona ajena a la empresa o cualquier mal uso de las instalaciones.

9. BIBLIOGRAFÍA

-Fabricantes de los productos químicos asociados al proceso y de los depósitos a utilizar

- QuimiNet. Información y negocios. [consulta 21-05-2014] Datos recuperados desde www.quiminet.com
- Cor Química S.L. Empresa fabricante de acetato de etilo. [consulta 18-04-2014] Datos recuperados desde www.cor.es
- Quality Chemicals. Empresa fabricante de acetato de etilo. [consulta 18-04-2014] Datos recuperados desde www.qualitychemicals.com
- Ercros. Empresa fabricante de acetato de etilo. [consulta 18-04-2014] Datos recuperados desde www.ercros.es
- FEIQUE. Federación Empresarial de la Industria Química Española. [consulta 18-04-2014] Datos recuperados desde www.feique.org
- Chemical Gallery. Oferta de especialidades químicas. [consulta 19-04-2014] Datos recuperados desde www.chemicalgallery.com

-Estudio económico del proceso y elaboración del presupuesto

- AIQSA. Productor de depósitos de almacenaje. [consulta 15-06-2014] Datos recuperados desde <http://www.aiqsa.com/productos/produccion/depositos/d-almac.htm>
- Ministerio de Economía y Competitividad. [consulta 06-06-2014] Datos recuperados desde <http://www.mineco.gob.es/portal/site/mineco/comercio>
- Organización Mundial del Comercio. [consulta 06-06-2014] Datos recuperados desde www.wto.org
- Punto de acceso a la administración española. [consulta 05-06-2014] Datos recuperados desde http://www.060.es/buscador/buscar.jsp?lg_i=E&client=c60_ES&access=p&output=xml_no_dtd&y=0&x=0&filter=1&site=ECC&q=Mercado+del+sector+qu%C3%ADmico+&ie=UTF-8&getfields=*&oe=UTF-8&entqr=1&hl=es&sort=date%3AD%3AL%3Ad1
- Turnkey Taiwan Trade. Proyectos preliminares para plantas industriales. [consulta 22-05-2014] Datos recuperados desde <http://turnkey.taiwantrade.com.tw/showpage.asp?subid=122&fdname=CHEMICAL+MATERIAL&pageName=Planta+de+produccion+de+acido+sulfurico>
- Generador de precios en España. [consulta 22-05-2014] Datos recuperados desde

http://www.generadordeprecios.info/obra_nueva/calculaprecio.asp?Valor=0|0_0_0_4|0|ADE010|ade_010:_0_0_0_1_2_0_0_0_0_1_0_0_0_1|ade_010_sys:_0

- DENIOS. Almacenamiento de productos químicos. www.denios.es/shop/almacenamiento-de-productos-quimicos/cubetos-de-retencion
- FIVE. Instituto Valenciano de la Edificación. [consulta 14-06-2014] Datos recuperados desde <http://www.five.es/basedatos/Visualizador/Base14/index.htm>
- COIQCV. Colegio Oficial de Ingenieros Químicos de la Comunidad Valenciana. [consulta 08-06-2014] Datos recuperados desde www.coiqcv.com

-Datos relacionados con los productos químicos y el proceso de producción del acetato de etilo

- ICIS. Precios y datos históricos sobre productos químicos. [consulta 28-03-2014] Datos recuperados desde <http://www.icis.com/es/chemicals/>
- Atanor. Información relacionada con la química. [consulta 28-03-2014] Datos recuperados desde www.atanor.com.ar
- Guiaenvase. Guia técnica. [consulta 28-03-2014] Datos recuperados desde www.guiaenvase.com
- Panreac. Comercial de productos químicos. [consulta 08-06-2014] Datos recuperados desde www.panreac.com
- UNE-EN ISO 10628. Madrid: AENOR, 2001. Diagrama de flujo de plantas de procesos. Reglas generales.
- Perry, R.H.; Green, D.W.; Maloney, J.O.; Manual del ingeniero químico, 6ª ed., McGraw-Hill, 1997.

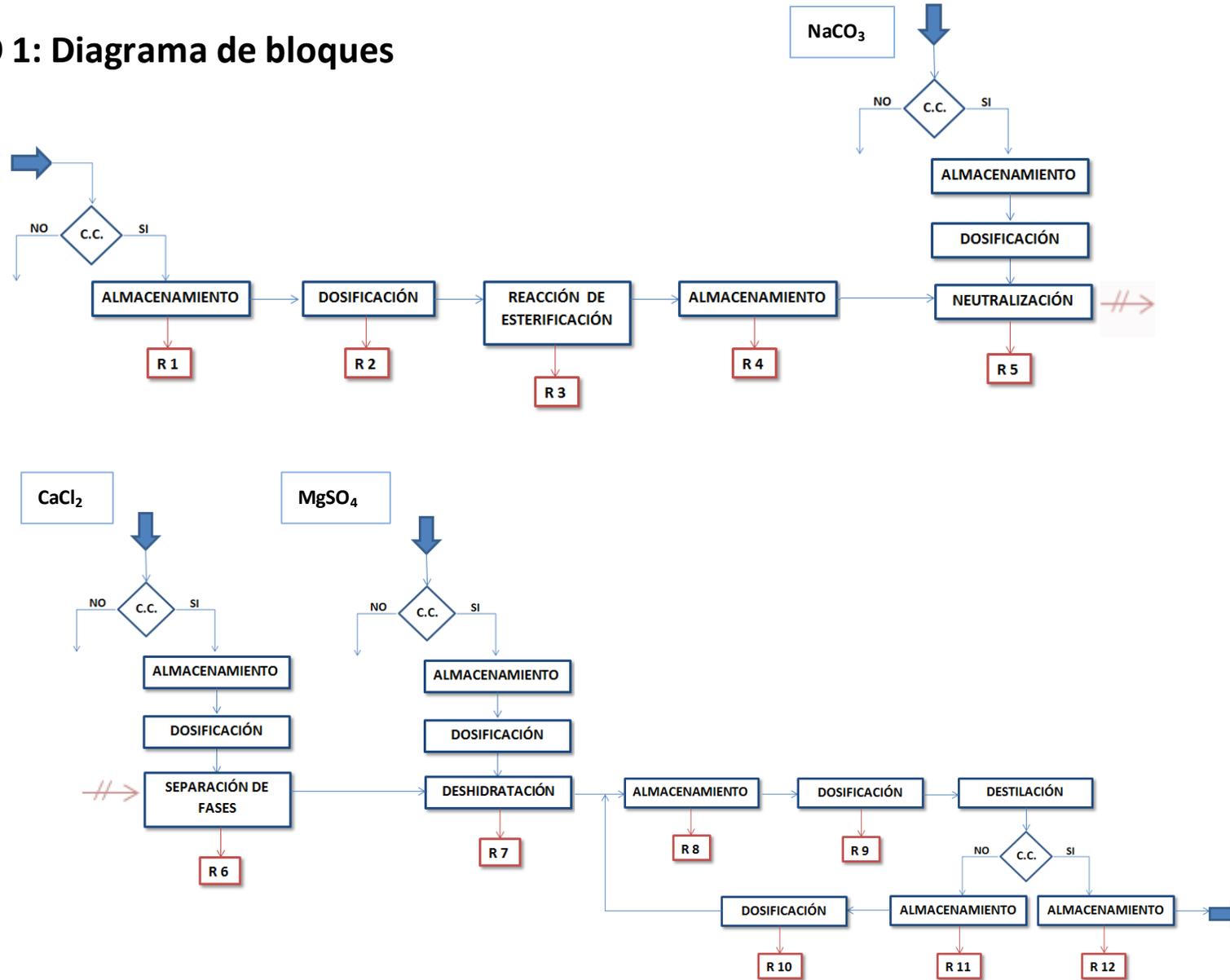
-Seguridad laboral y normativa empleada para la caracterización del almacenaje de materias primas y producto final

- INSHT. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. [consulta 23-06-2014] Datos recuperados desde www.insht.es
- REAL DECRETO 379/2001, de 6 de abril por el que se aprueba el Reglamento de almacenamiento de productos químicos y sus instrucciones técnicas complementarias MIE-APQ-1, MIE-APQ-2, MIE-APQ-3, MIE-APQ-4, MIE-APQ-5, MIE-APQ-6 y MIE-APQ-7. BOE núm. 112 de 10 de mayo de 2001 BOE nº 112 10-05-2001

- ITC MIE-APQ 1: «Almacenamiento de líquidos inflamables y combustibles»
- ITC MIE-APQ 6: «Almacenamiento de líquidos corrosivos»
- REAL DECRETO 374/2001, de 6 de abril sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo. BOE nº 104 01-05-2001
- NTP 517. Prevención del riesgo en el laboratorio. Utilización de equipos de protección individual (I): aspectos generales. Instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo.
- NTP 686. Aplicación y utilización de la ficha de datos de seguridad en la empresa. Instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo.
- UNE-EN ISO 1063. Madrid: AENOR, 2000. Caracterización de tuberías según la materia de paso.
- NTP 566. Señalización de recipientes y tuberías: aplicaciones prácticas. Instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo.
- NTP 225. Electricidad estática en el trasvase de líquidos inflamables Instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo.
- NTP 356. Condiciones de seguridad en la carga y descarga de camiones cisterna: líquidos inflamables (I). Instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo.
- NTP 357 sobre las condiciones de seguridad en la carga y descarga de camiones cisterna: líquidos inflamables (II). Instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo.
- NTP 374 sobre la electricidad estática: carga y descarga de camiones cisterna (I). Instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo.
- NTP 375 sobre la electricidad estática: carga y descarga de camiones cisterna (II). Instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo.

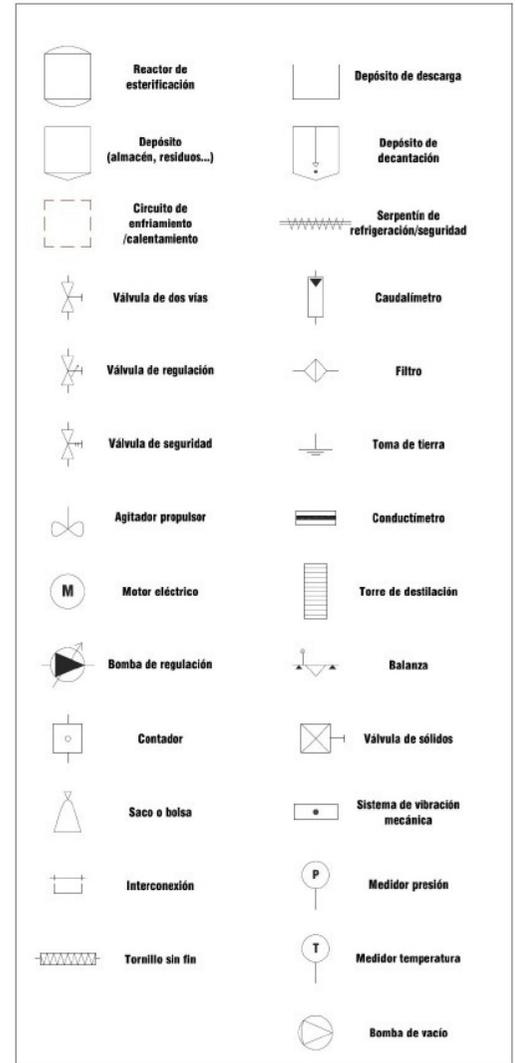
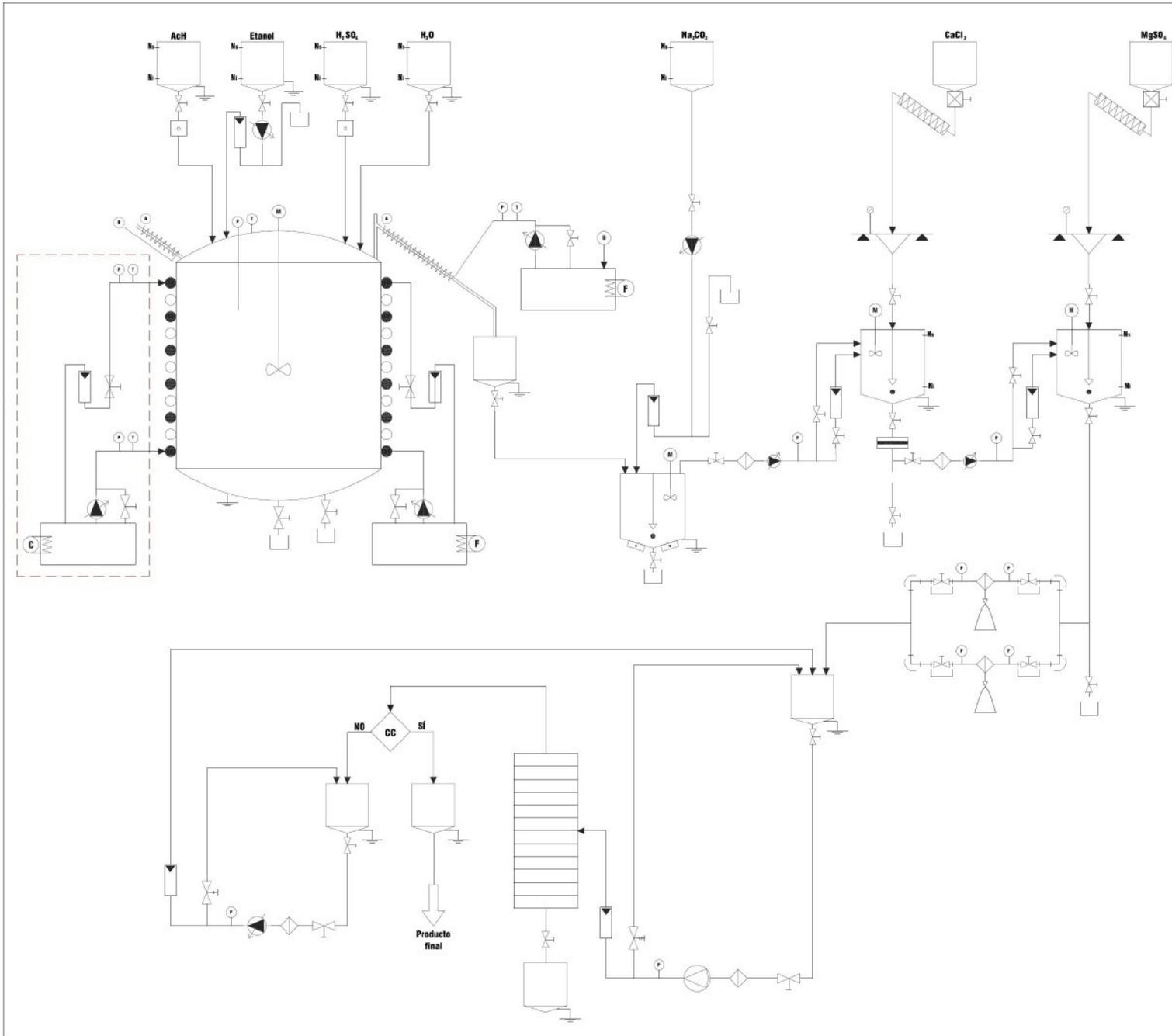
ANEXOS

ANEXO 1: Diagrama de bloques



ANEXO 2: Diagrama de Flujo del proceso de producción de acetato de etilo

Leyenda





UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

DOCUMENTO 2

PRESUPUESTO

ÍNDICE DEL PRESUPUESTO

1. Presupuestos parciales	6
1.1 Presupuesto parcial nº1: Depósitos	6
1.2 Presupuesto parcial nº2: Cubetos de retención	7
2. Presupuesto de ejecución material	7

PRESUPUESTO

En este documento del Trabajo Final de Grado se realiza un estudio de costes del dimensionamiento del almacén en una planta de producción de acetato de etilo.

El presente presupuesto incluye solamente la parte referida a los depósitos seleccionados y al diseño de los cubetos. El resto de material y equipos deberían estar en consonancia con la instalación, quedando fuera del ámbito del TFG. Lo mismo ocurre con el apartado de obra civil y la mano de obra.

Así pues, el presupuesto consta de dos presupuestos parciales a saber depósitos y cubetos, finalizando el documento con el presupuesto de ejecución material y el coste total de ambos apartados considerados.

El precio de los depósitos está establecido en base a depósitos reales normalizados, mientras que los cubetos están dimensionados por m^2 de material utilizado.

1. PRESUPUESTOS PARCIALES**1.1 Presupuesto parcial nº1 DEPÓSITOS**

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio aproximado (€)	Importe (€)	Subtotal
1.1	Ud	Depósito para acetato de etilo de 300 m ³ tipo Gran Tanque con resinas especiales	1	133390,5	133390,5	
1.2	Ud	Depósito para etanol de 1500 m ³ tipo Gran Tanque con resinas especiales	1	775180	775180	
1.3	Ud	Depósito para ácido acético de 700 m ³ tipo Depósito de almacenaje corrosivos	1	315630	315630	
1.4	Ud	Depósito para ácido sulfúrico de 13 m ³ tipo Depósito de almacenaje corrosivos	1	6715,5	6715,5	
1.5	Ud	Depósito para CaCl ₂ de 120 m ³ tipo Silo de sólidos	1	26070	26070	
1.6	Ud	Depósitos para MgSO ₄ de 25 m ³ tipo Silo de sólidos	1	5362,5	5362,5	
1.7	Ud	Depósito para NaCO ₃ de 10 m ³ tipo Silo de sólidos	1	2077	2077	
1.8	Ud	Depósito para agua de 25 m ³ tipo Depósito de almacenaje simple	1	5558,2	5558,2	
1.9	Ud	Depósito para residuo de esterificación de 1250 m ³ tipo Gran Tanque con resinas especiales	1	662820,5	662820,5	
1.10	Ud	Depósito para residuo de neutralización de 150 m ³ tipo Depósito de almacenaje simple	1	54450,5	54450,5	
1.11	Ud	Depósito para residuo de separación de fases de 180 m ³ tipo Depósito de almacenaje corrosivos	1	107930,5	107930,5	
1.12	Ud	Depósito para residuo de deshidratación de 45 m ³ tipo Depósito de almacenaje corrosivos	1	27260,5	27260,5	
1.13	Ud	Depósito para residuo de destilación de 300 m ³ tipo Gran Tanque con resinas especiales	1	133390,5	133390,5	
						2.255.836,0 €

1.2 Presupuesto parcial nº2 CUBETOS

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio aproximado (€)	Importe (€)	Subtotal
2.1	m ²	Cubeto de retención para materias primas inflamables PE 4mm espesor	787,6	127,73	100600,15	
2.2	m ²	Cubeto de retención para residuos corrosivos PE 4mm espesor	795,2	127,73	101570,9	
2.3	m ²	Cubeto de retención para materias primas corrosivas PE 4mm espesor	385,93	127,73	49294,2	
2.4	m ²	Cubeto de retención para residuos irritantes PE 4mm espesor	168,8	127,73	21560,82	
2.5	m ²	Cubeto de retención para residuos no peligrosos de material plástico	189,6	89,38	16946,44	
2.6	m ²	Cubeto de retención para agua de material plástico	49,6	89,38	4433,24	
2.7	m ²	Cubeto de retención para residuos inflamables PE 4mm espesor	332,8	127,73	42508,54	
						336.914,3 €

2. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL

1	DEPÓSITOS	2255836
2	CUBETOS	336914,3
		TOTAL..... 2.592.750,3 €

El coste total del diseño del almacén en la planta de acetato de etilo es de DOS MILLONES QUINIENTOS NOVENTA Y DOS MIL SETECIENTOS CINCUENTA EUROS CON TREINTA CÉNTIMOS



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

DOCUMENTO 3

PLANOS

ÍNDICE DE LOS PLANOS

Plano P0-1: Plano de situación (I)

Plano P0-2: Plano de situación (II)

Plano P0-3: Plano de emplazamiento

Plano P0-4: Dimensiones de la planta y locales colindantes

Plano P0-5: Ubicación de depósitos y cubetos

Plano P0-6: Medidas de los cubetos

Plano P0-7: Acotado de ejes de simetría en cubetos

Plano P0-8: Dimensiones de los depósitos

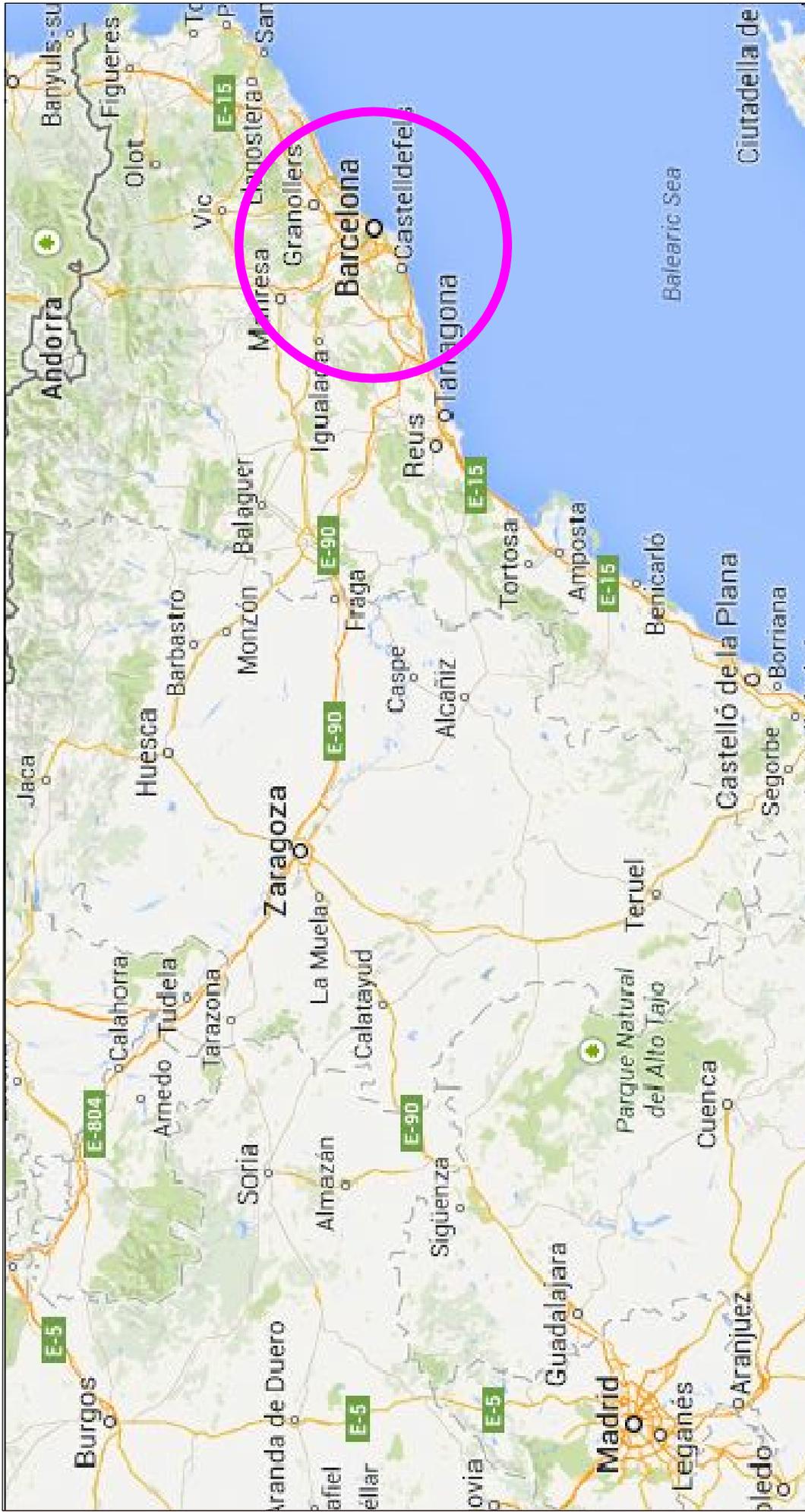
Plano P0-9: Distancias establecidas por la legislación

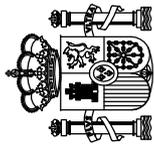
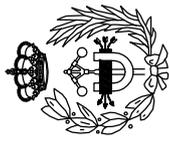
Plano P0-10: Acotado de ejes de simetría en depósitos

Plano P0-11: Carga y descarga de inflamables

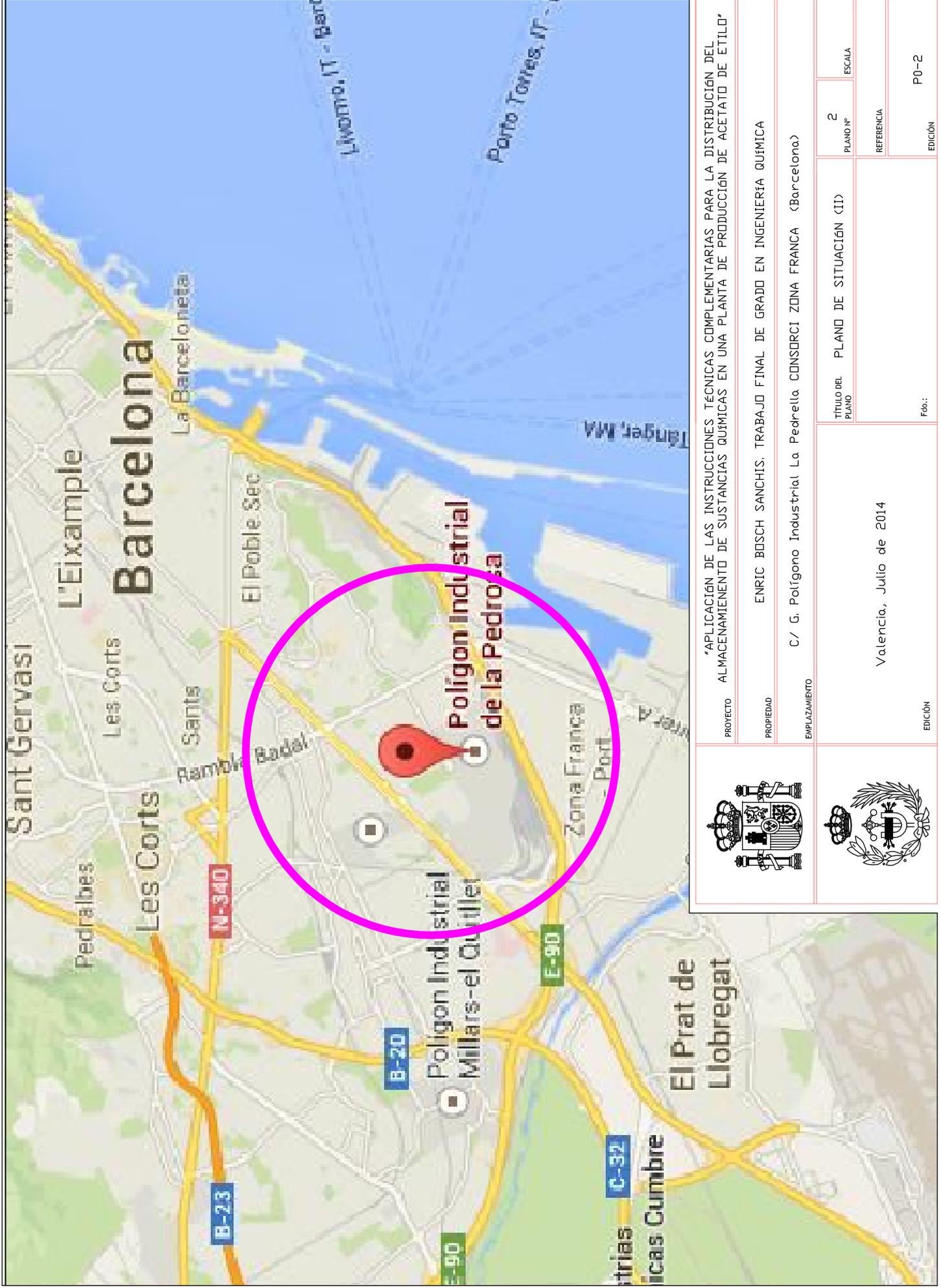
Plano P0-12: Situación de tuberías

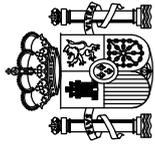
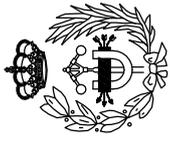
Plano P0-13: Etiquetado de tuberías y depósitos



	PROYECTO APLICACIÓN DE LAS INSTRUCCIONES TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS PARA LA DISTRIBUCIÓN DEL ALMACENAMIENTO DE SUSTANCIAS QUÍMICAS EN UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ACETATO DE ETILLO*	
	PROPIEDAD ENRIC BOSCH SANCHIS. TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA QUÍMICA	
	EMPLAZAMIENTO C/ G. Polígono Industrial La Pedrera. CONSORCI ZONA FRANCA (Barcelona)	
	TÍTULO DEL PLANO PLANO DE SITUACIÓN (I)	
	PLANO Nº 1	ESCALA
	REFERENCIA	
EDICIÓN València, Julio de 2014		Foto: P0-1





	<p>PROYECTO: *APLICACION DE LAS INSTRUCCIONES TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS PARA LA DISTRIBUCION DEL ALMACENAMIENTO DE SUSTANCIAS QUÍMICAS EN UNA PLANTA DE PRODUCCION DE ACETATO DE ETILDO*</p> <p>PROPIEDAD: ENRÍC BOSCH SANCHIS. TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERIA QUÍMICA</p> <p>EMPLAZAMIENTO: C/ G. Polígono Industrial La Pedrella. CONSORCI ZONA FRANCA (Barcelona)</p>
	<p>TÍTULO DEL PLANO: PLANO DE SITUACIÓN (II)</p> <p>PLANO Nº: 2</p> <p>ESCALA:</p> <p>REFERENCIA:</p> <p>Foto.: València, Julio de 2014</p> <p>EDICIÓN: P0-2</p>

Adasa Sistemas

CALLE DE J.A. GOYTISOLO



Kawasaki España

CALLE DE MONTSERRAT ROIG

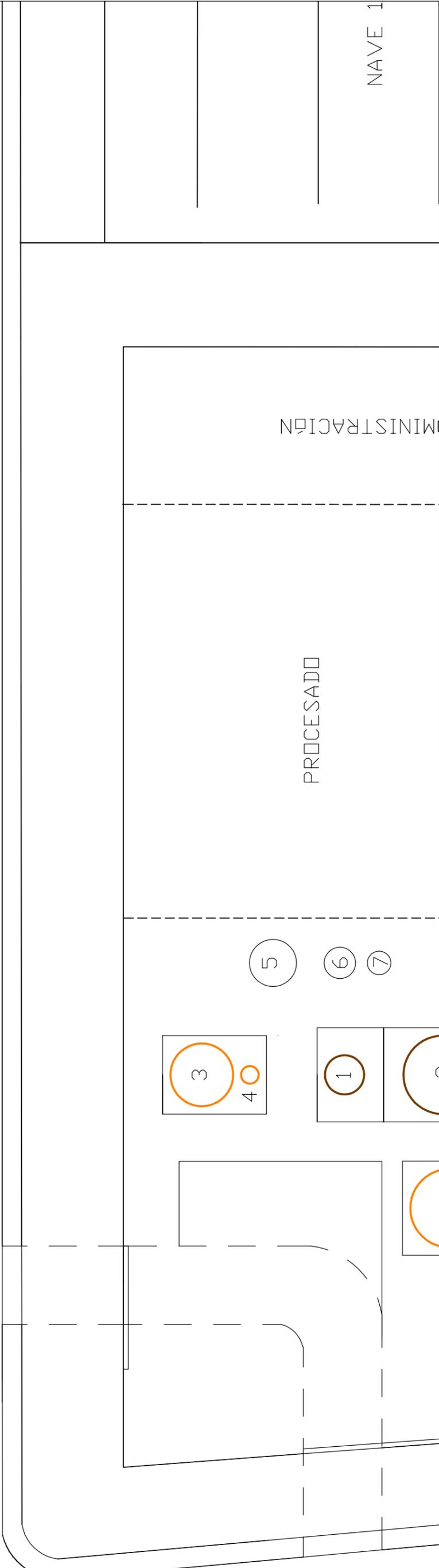
Vinard S.A.

LEYENDA	
Figura	Denominación
—	Compartimentación
—	Entrada y salida de camiones

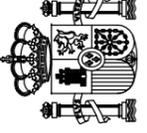
	PROYECTO	*APLICACIÓN DE LAS INSTRUCCIONES TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS PARA LA DISTRIBUCIÓN DEL ALMACENAMIENTO DE SUSTANCIAS QUÍMICAS EN UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ACETATO DE ETILO*
	PROPIEDAD	ENRIC BOSCH SANCHIS. TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA QUÍMICA
	EMPLAZAMIENTO	C/ G. Polígono Industrial La Pedrera CONSORCI ZONA FRANCA (Barcelona)
	TÍTULO DEL PLANO	DIMENSIONES DE LA PLANTA Y LOCALES COLINDANTES
	EDICIÓN	Valencia, Julio de 2014
	PLANO Nº	4
	REFERENCIA	
	EDICIÓN	P0-4

Fóo.:

CALLE DE J.A. GOYTISOLO

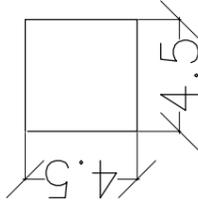
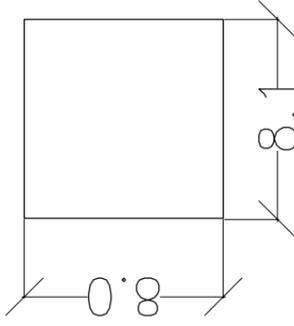
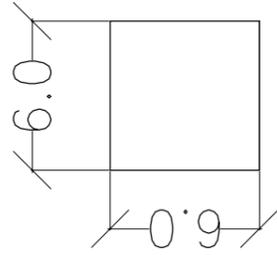
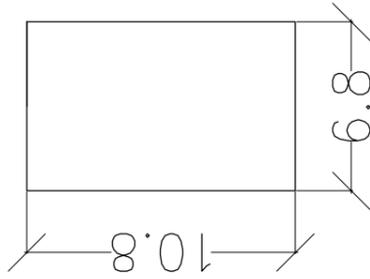
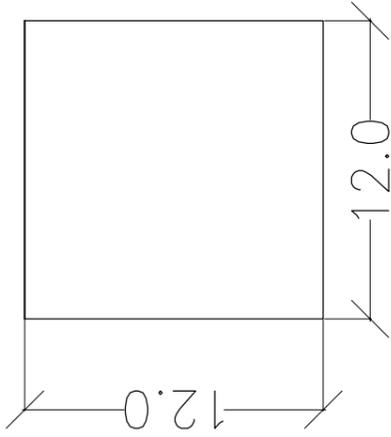
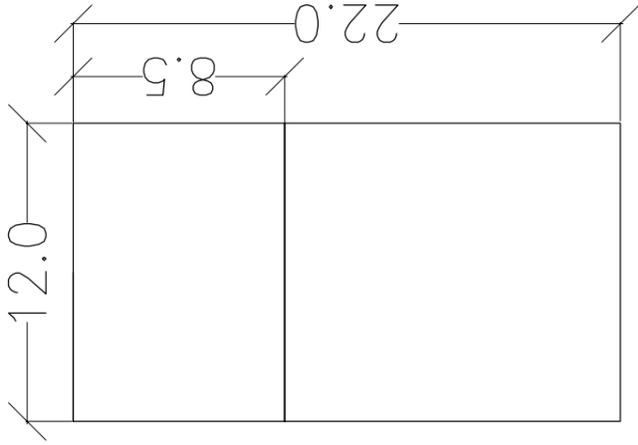
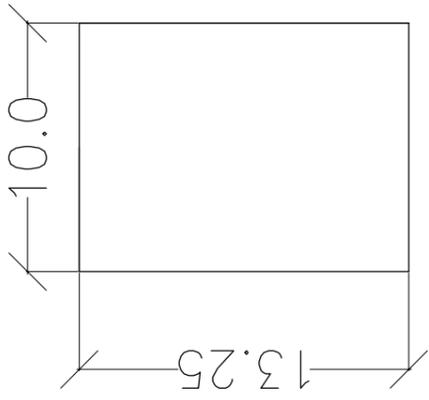


LEYENDA			
Figura	Denominación	Figura	Denominación
1.	Acetato de etilo	— (brown)	-Inflamables
2.	Etanol	— (orange)	-Corrosivos
3.	Ác. Acético	— (green)	-Agua
4.	Ác. Sulfúrico	— (purple)	-Irritantes
5.	CaCl ₂	— (grey)	Compartimentación
6.	MgSO ₄	— (white)	Simetría
7.	NaCO ₃	— (cyan)	Conexión a tierra
8.	R1 (esterificación)	— (cyan)	Entrada y salida de camiones
9.	R2 (neutralización)	— (cyan)	Báscula
10.	R3 (separación de fases)	— (cyan)	Toma de tierra
11.	R4 (deshidratación)	⊠	
12.	R5 (destilación)	⊠	
13.	Agua	⊠	

	PROYECTO *APLICACIÓN DE LAS INSTRUCCIONES TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS PARA LA DISTRIBUCIÓN DEL ALMACENAMIENTO DE SUSTANCIAS QUÍMICAS EN UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ACETATO DE ETILO*	TÍTULO DEL PLANO UBICACIÓN DE DEPÓSITOS Y CUBETOS	ESCALA 5	
	PROPIEDAD ENRIC BOSCH SANCHIS. TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA QUÍMICA			REFERENCIA
	EMPLAZAMIENTO C/ G. Polígono Industrial La Pedrella CONSORCI ZONA FRANCA (Barcelona)			EDICIÓN Valencia, Julio de 2014

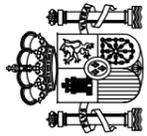
CALLE DE MONTSERRAT ROIG

PROCESADO



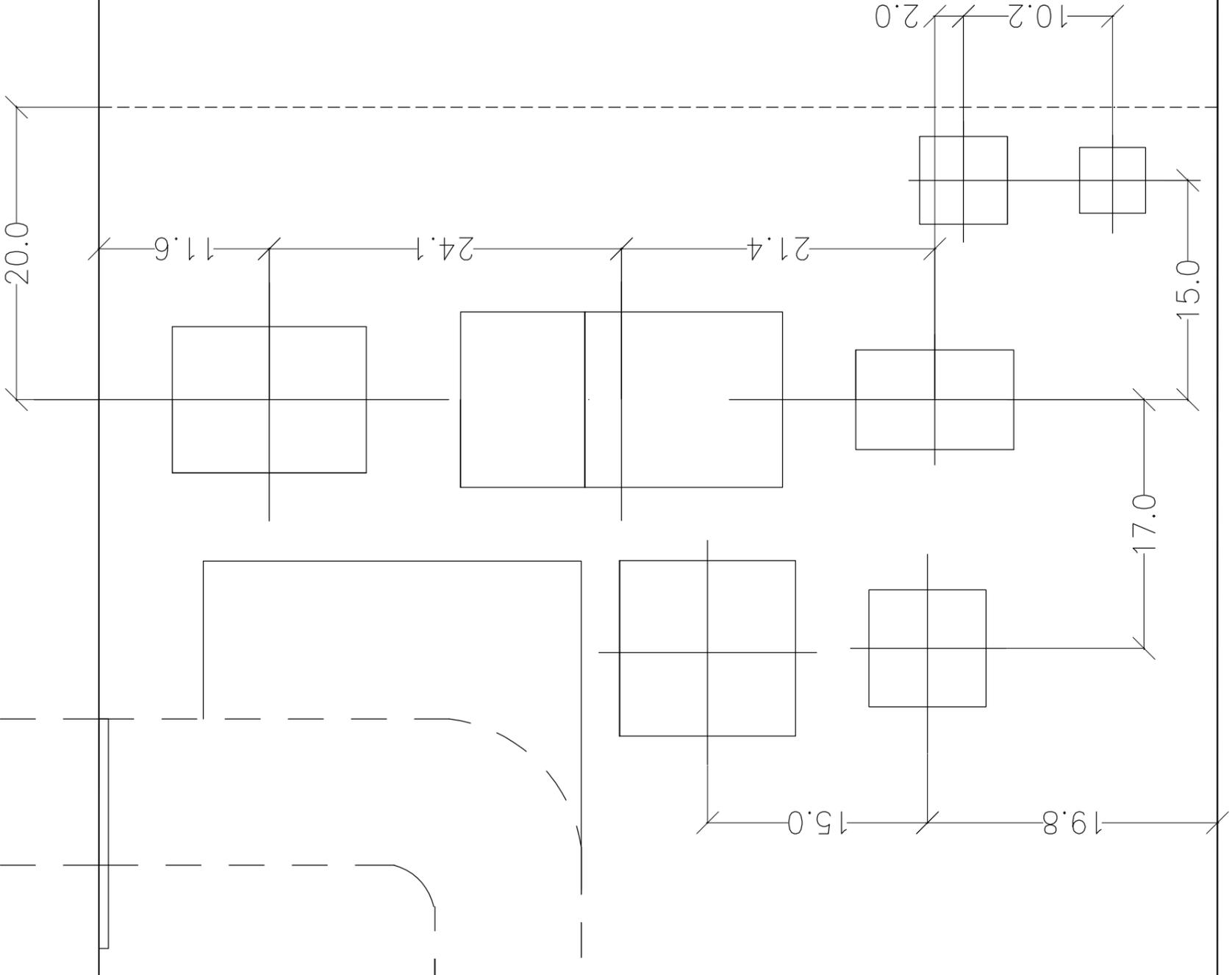
LEYENDA

Figura	Denominación	Figura	Denominación
1.	Acetato de etilo		-Inflamables
2.	Etanol		-Corrosivos
3.	Ác. Acético		-Agua
4.	Ác. Sulfúrico		-Irritantes
5.	CaCl ₂		Compartimentación
6.	MgSO ₄		Simetría
7.	NaCO ₃		Conexión a tierra
8.	R1 (esterificación)		Entrada y salida de camiones
9.	R2 (neutralización)		Báscula
10.	R3 (separación de fases)		Toma de tierra
11.	R4 (deshidratación)		
12.	R5 (destilación)		
13.	Agua		



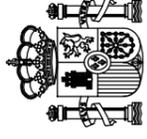
PROYECTO	"APLICACIÓN DE LAS INSTRUCCIONES TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS PARA LA DISTRIBUCIÓN DEL ALMACENAMIENTO DE SUSTANCIAS QUÍMICAS EN UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ACETATO DE ETILO"		
PROPIEDAD	ENRIC BOSCH SANCHIS. TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA QUÍMICA		
EMPLAZAMIENTO	C/ G. Polígono Industrial La Pedrella CONSORCI ZONA FRANCA (Barcelona)		
TÍTULO DEL PLANO	MEDIDAS DE LOS CUBETOS	PLANO Nº	ESCALA
		6	
EDICIÓN	REFERENCIA	P0-6	
	Valencia, Julio de 2014	Fóo.:	

PROCESADO



LEYENDA

Figura	Denominación	Figura	Denominación
1.	Acetato de etilo		-Inflamables
2.	Etanol		-Corrosivos
3.	Ác. Acético		-Agua
4.	Ác. Sulfúrico		-Irritantes
5.	CaCl ₂		Compartimentación
6.	MgSO ₄		Simetría
7.	NaCO ₃		Conexión a tierra
8.	R1 (esterificación)		Entrada y salida de camiones
9.	R2 (neutralización)		Báscula
10.	R3 (separación de fases)		Toma de tierra
11.	R4 (deshidratación)		
12.	R5 (destilación)		
13.	Agua		



PROYECTO: "APLICACIÓN DE LAS INSTRUCCIONES TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS PARA LA DISTRIBUCIÓN DEL ALMACENAMIENTO DE SUSTANCIAS QUÍMICAS EN UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ACETATO DE ETILO"

PROPIEDAD: ENRIC BOSCH SANCHIS. TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA QUÍMICA

EMPLAZAMIENTO: C/ G. Polígono Industrial La Pedrella CONSORCI ZONA FRANCA (Barcelona)

TÍTULO DEL PLANO: ACOTADO DE EJES DE SIMETRÍA EN CUBETOS

REFERENCIA: 7

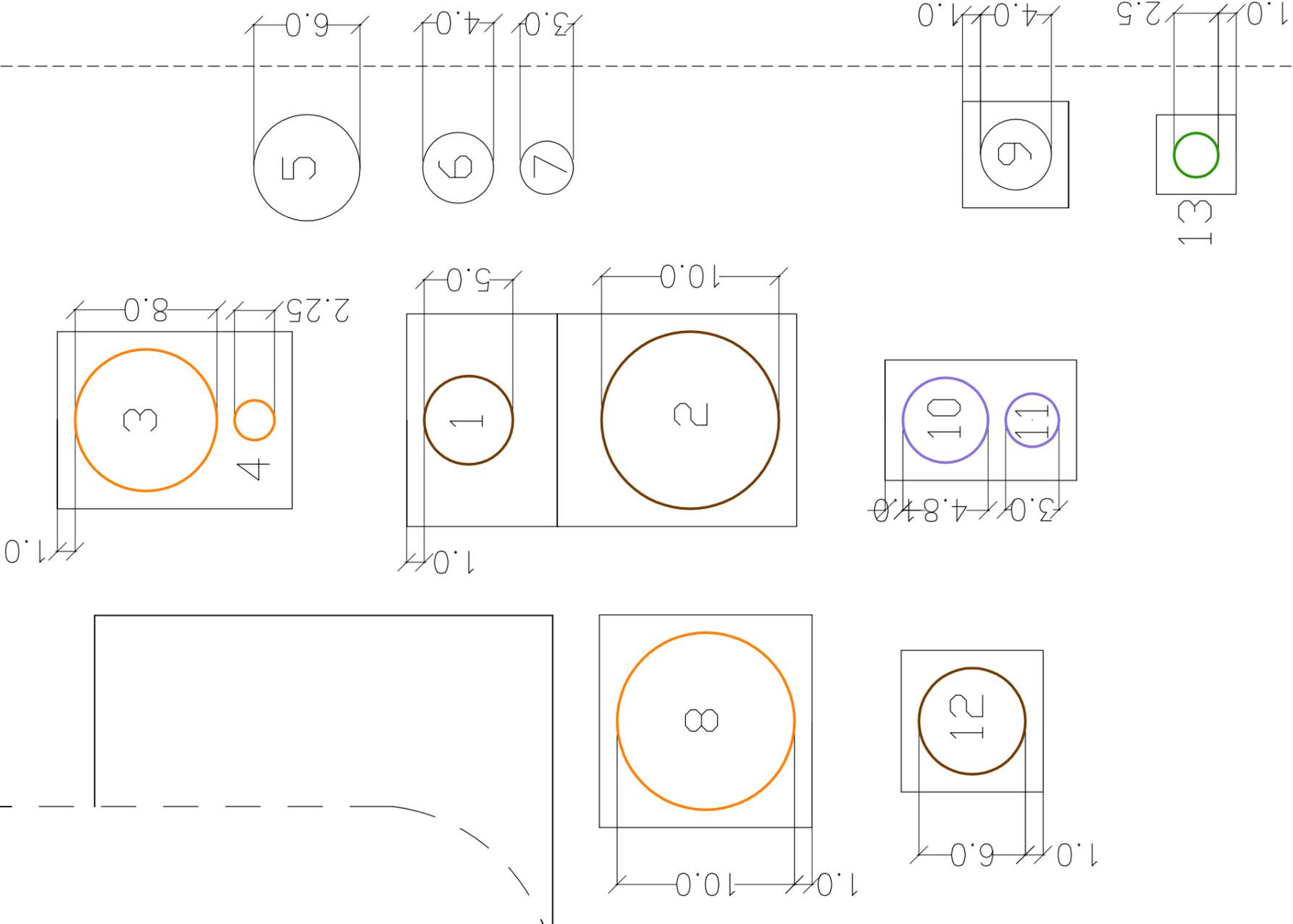
EDICIÓN: P0-7

Valencia, Julio de 2014

Fóo.:

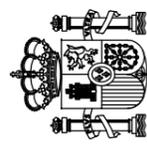
EDICIÓN

PROCESADO



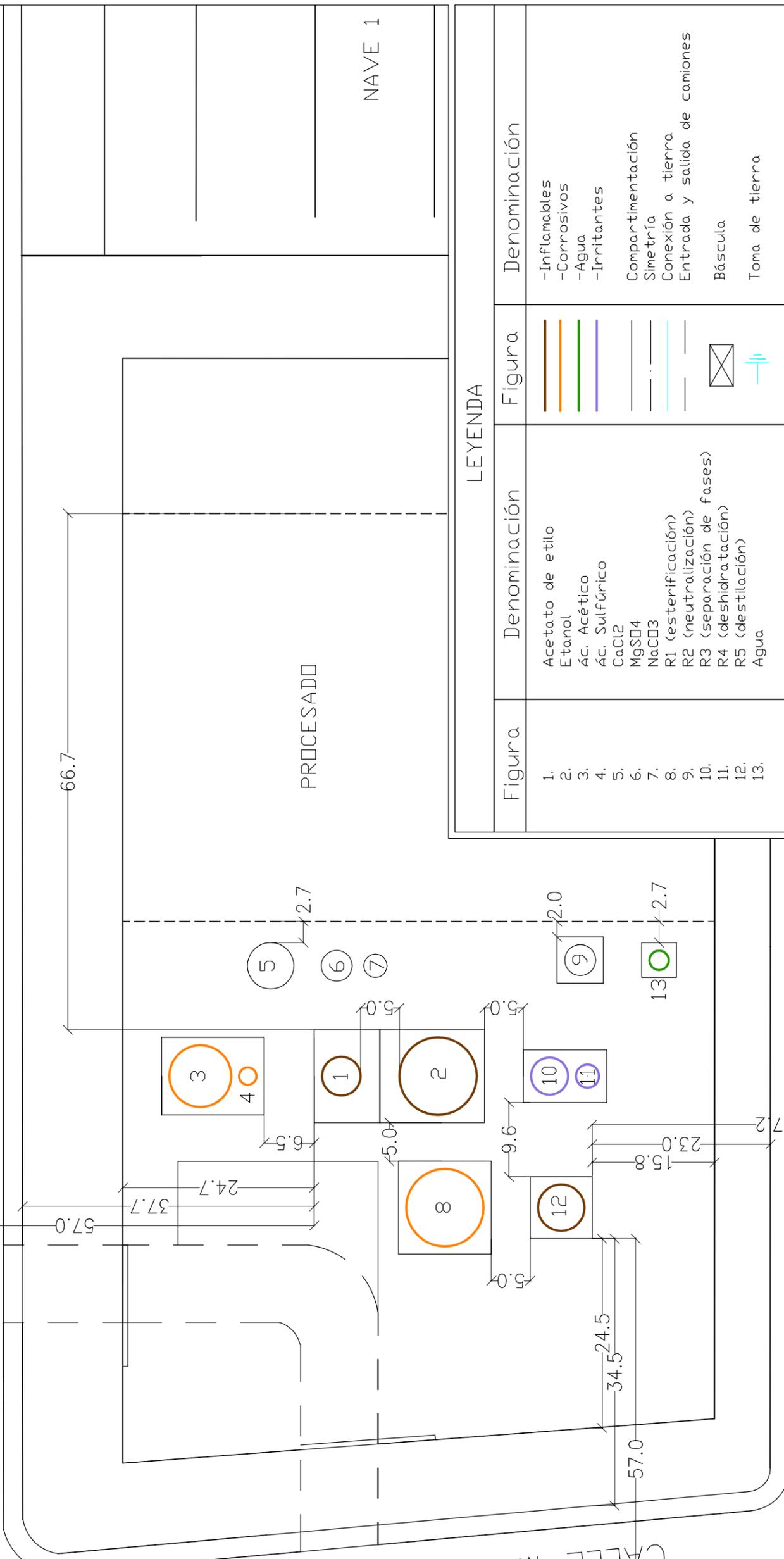
LEYENDA

Figura	Denominación	Figura	Denominación
1.	Acetato de etilo	—	-Inflamables
2.	Etanol	—	-Corrosivos
3.	Ác. Acético	—	-Agua
4.	Ác. Sulfúrico	—	-Irritantes
5.	CaCl ₂	—	Compartimentación
6.	MgSO ₄	—	Simetría
7.	NaCO ₃	—	Conexión a tierra
8.	R1 (esterificación)	—	Entrada y salida de camiones
9.	R2 (neutralización)	—	Báscula
10.	R3 (separación de fases)	—	Toma de tierra
11.	R4 (deshidratación)	⊗	
12.	R5 (destilación)	⊕	
13.	Agua		



PROYECTO	*APLICACIÓN DE LAS INSTRUCCIONES TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS PARA LA DISTRIBUCIÓN DEL ALMACENAMIENTO DE SUSTANCIAS QUÍMICAS EN UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ACETATO DE ETILO*		
PROPIEDAD	ENRIC BOSCH SANCHIS. TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA QUÍMICA		
EMPLAZAMIENTO	C/ G. Polígono Industrial La Pedrera CONSORCI ZONA FRANCA (Barcelona)		
EDICIÓN		Valencia, Julio de 2014	Fóo.:
TÍTULO DEL PLANO		DIMENSIONES DE LOS DEPÓSITOS	ESCALA
		8	P0-8
		REFERENCIA	EDICIÓN

CALLE DE J.A. GOYTISOLO



LEYENDA

Figura	Denominación	Figura	Denominación
1.	Acetato de etilo	—	-Inflamables
2.	Etanol	—	-Corrosivos
3.	Ác. Acético	—	-Agua
4.	Ác. Sulfúrico	—	-Irritantes
5.	CaCl ₂	—	Compartimentación
6.	MgSO ₄	—	Simetría
7.	NaCO ₃	—	Conexión a tierra
8.	R1 (esterificación)	—	Entrada y salida de camiones
9.	R2 (neutralización)	—	Báscula
10.	R3 (separación de fases)	—	Toma de tierra
11.	R4 (deshidratación)	—	
12.	R5 (destilación)	—	
13.	Agua	—	



PROYECTO: *APLICACIÓN DE LAS INSTRUCCIONES TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS PARA LA DISTRIBUCIÓN DEL ALMACENAMIENTO DE SUSTANCIAS QUÍMICAS EN UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ACETATO DE ETILO*

PROPIEDAD: ENRIC BOSCH SANCHIS. TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA QUÍMICA

EMPLAZAMIENTO: C/ G. Polígono Industrial La Pedrera CONSORCI ZONA FRANCA (Barcelona)



Valencia, Julio de 2014

TÍTULO DEL PLANO: DISTANCIAS ESTABLECIDAS POR LA LEGISLACIÓN

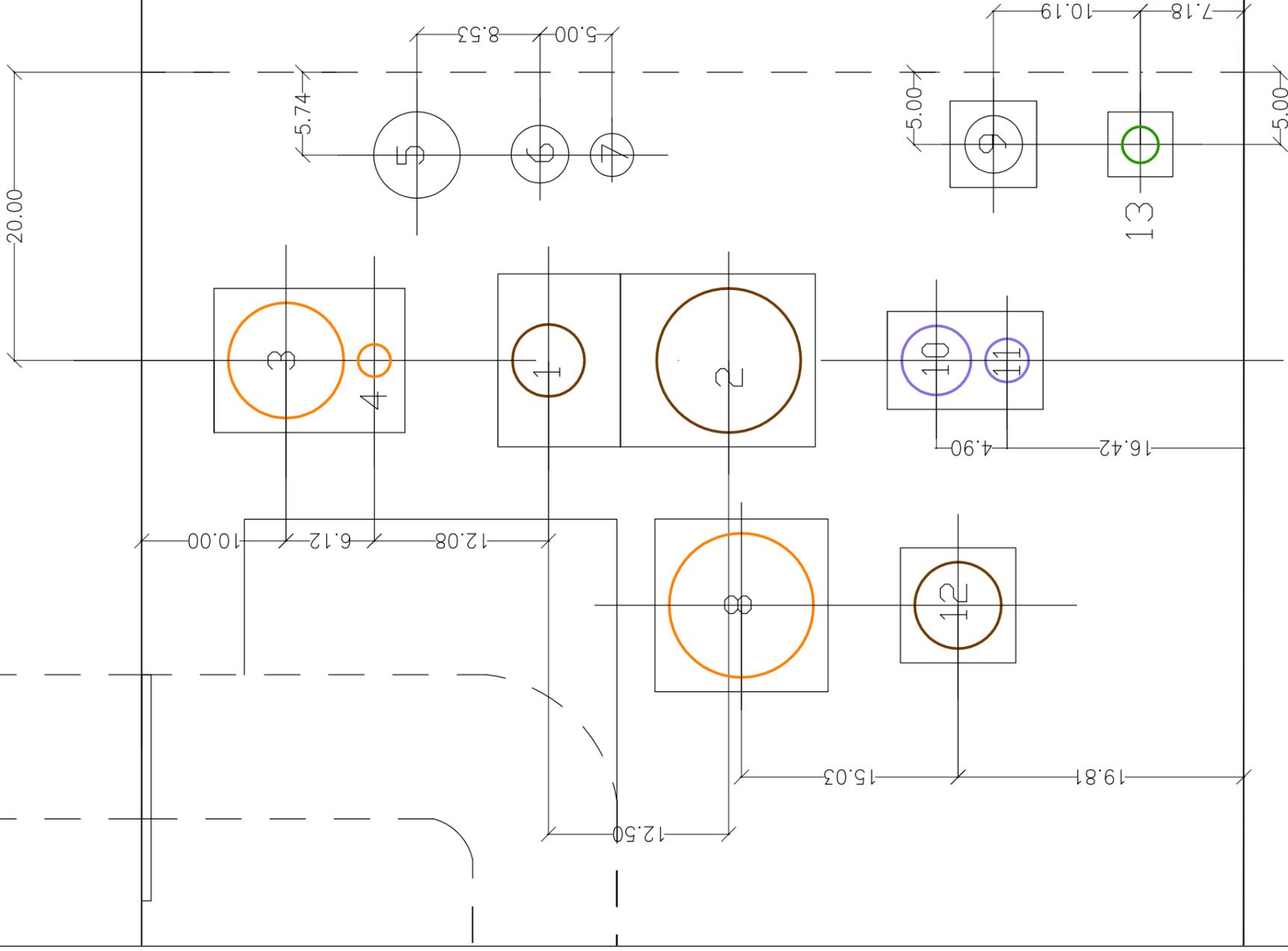
PLANO Nº: 9

REFERENCIA:

EDICIÓN: P0-9

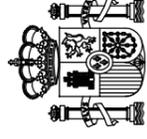
MINISTRACION

PROCESADO



LEYENDA

Figura	Denominación	Figura	Denominación
1.	Acetato de etilo	— (brown)	-Inflamables
2.	Etanol	— (orange)	-Corrosivos
3.	Ác. Acético	— (green)	-Agua
4.	Ác. Sulfúrico	— (purple)	-Irritantes
5.	CaCl ₂	— (grey)	Compartimentación
6.	MgSO ₄	— (light grey)	Simetría
7.	NaCO ₃	— (cyan)	Conexión a tierra
8.	R1 (esterificación)	— (dashed)	Entrada y salida de camiones
9.	R2 (neutralización)	⊠	Báscula
10.	R3 (separación de fases)	⏏	Toma de tierra
11.	R4 (deshidratación)		
12.	R5 (destilación)		
13.	Agua		

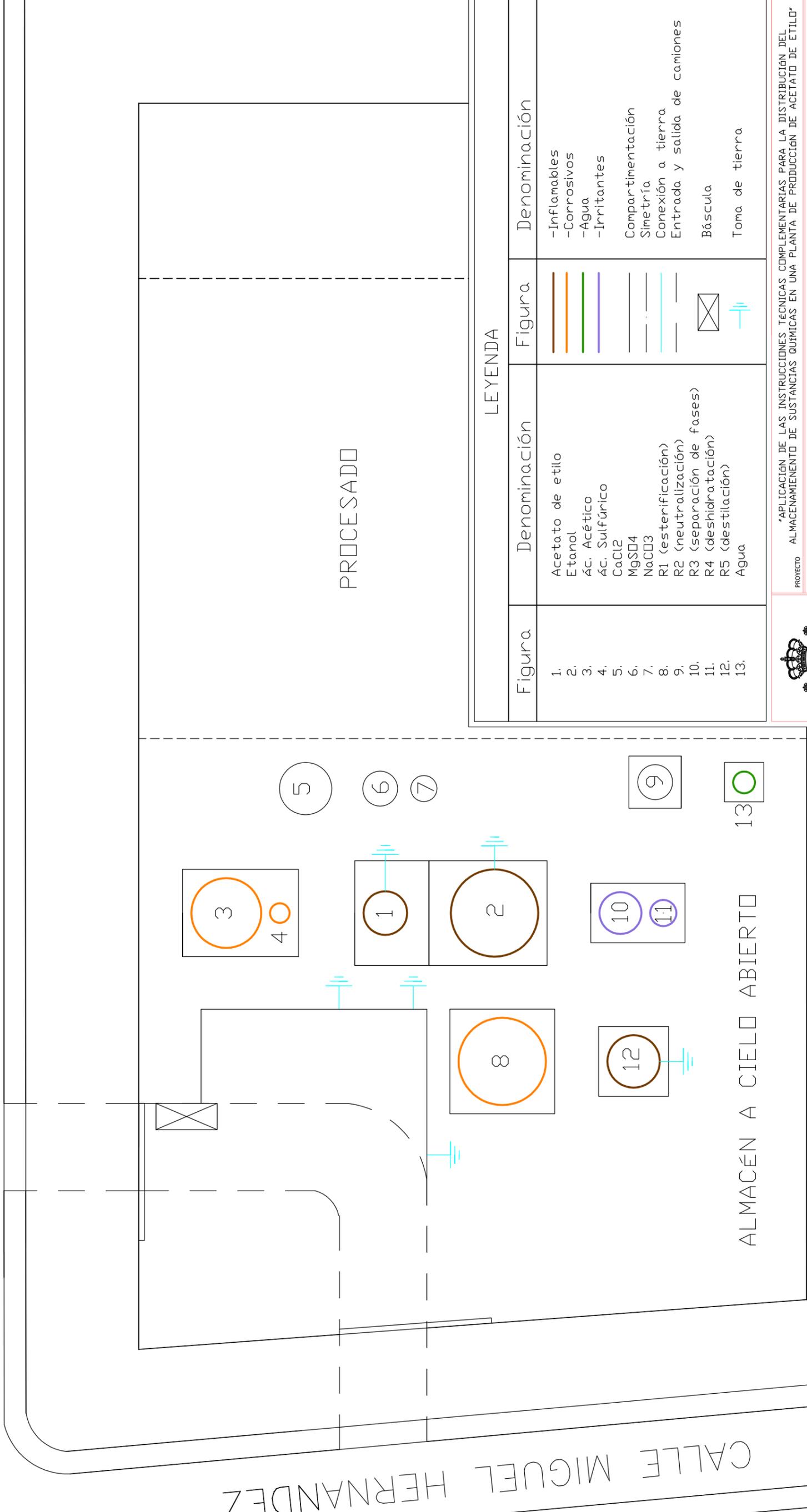


PROYECTO	*APLICACIÓN DE LAS INSTRUCCIONES TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS PARA LA DISTRIBUCIÓN DEL ALMACENAMIENTO DE SUSTANCIAS QUÍMICAS EN UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ACETATO DE ETILO*		
PROPIEDAD	ENRIC BOSCH SANCHIS. TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA QUÍMICA		
EMPLAZAMIENTO	C/ G. Polígono Industrial La Pedrera CONSORCI ZONA FRANCA (Barcelona)		
EDICIÓN	Valencia, Julio de 2014	TÍTULO DEL PLANO	ACOTADO DE EJES DE SIMETRÍA EN DEPÓSITOS
		PLANO Nº	10
		REFERENCIA	
		EDICIÓN	PO-10

Fóo.:

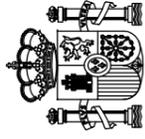
CALLE DE J.A. GOYTISOLO

CALLE MIGUEL HERNANDEZ



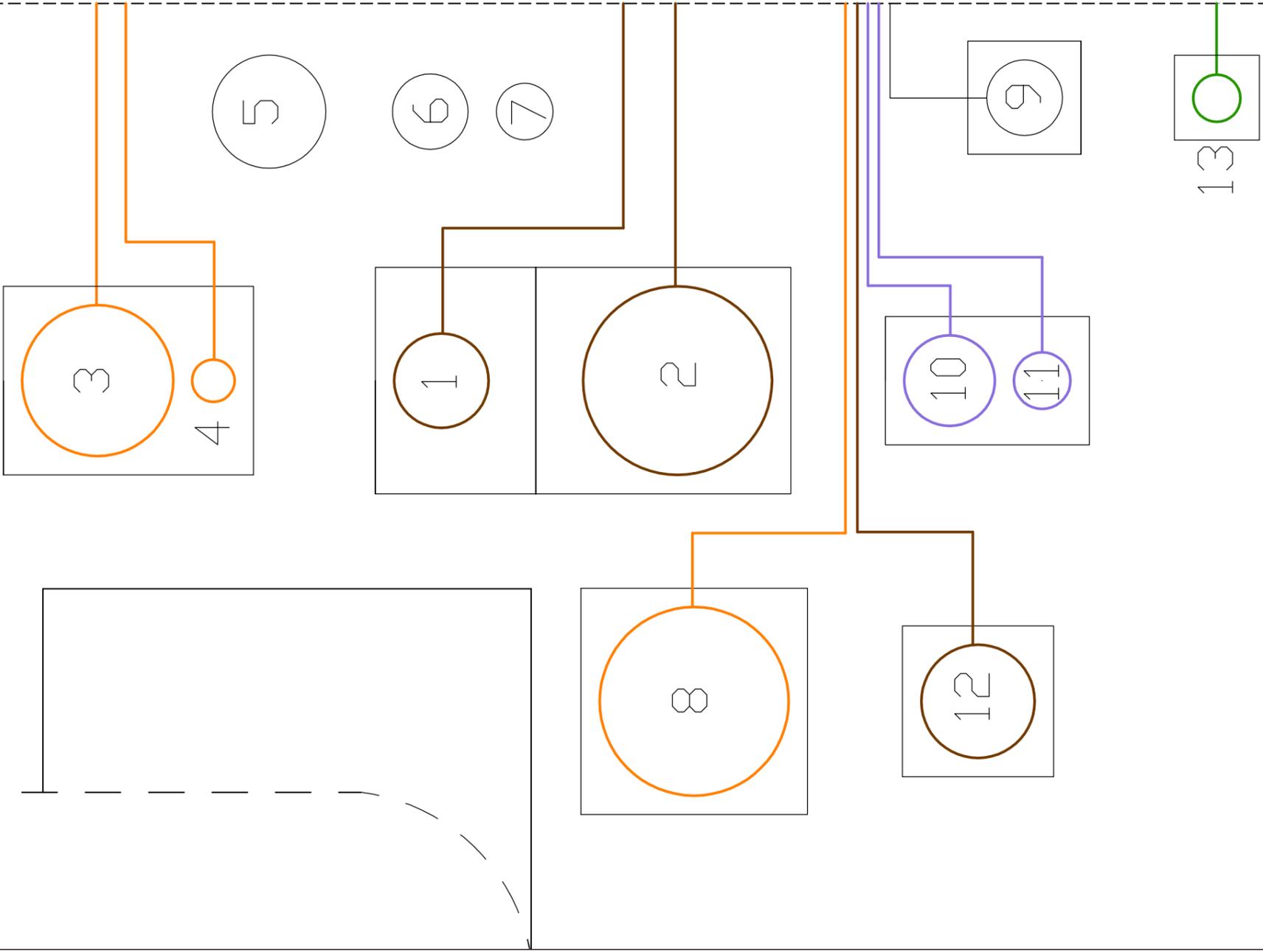
LEYENDA

Figura	Denominación	Figura	Denominación
1.	Acetato de etilo	—	-Inflamables
2.	Etanol	—	-Corrosivos
3.	Ác. Acético	—	-Agua
4.	Ác. Sulfúrico	—	-Irritantes
5.	CaCl2	—	Compartimentación
6.	MgSO4	—	Simetría
7.	NaCO3	—	Conexión a tierra
8.	R1 (esterificación)	—	Entrada y salida de camiones
9.	R2 (neutralización)	—	Báscula
10.	R3 (separación de fases)	—	Toma de tierra
11.	R4 (deshidratación)	⊗	
12.	R5 (destilación)	⚡	
13.	Agua		



PROYECTO	*APLICACIÓN DE LAS INSTRUCCIONES TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS PARA LA DISTRIBUCIÓN DEL ALMACENAMIENTO DE SUSTANCIAS QUÍMICAS EN UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ACETATO DE ETILO*		
PROPIEDAD	ENRIC BOSCH SANCHIS. TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA QUÍMICA		
EMPLAZAMIENTO	C/ G. Polígono Industrial La Pedrella CONSORCI ZONA FRANCA (Barcelona)		
TÍTULO DEL PLANO	CARGA Y DESCARGA DE INFLAMABLES	PLANO Nº	11
EDICIÓN	Valencia, Julio de 2014	REFERENCIA	
		EDICIÓN	P0-11

PROCESADO

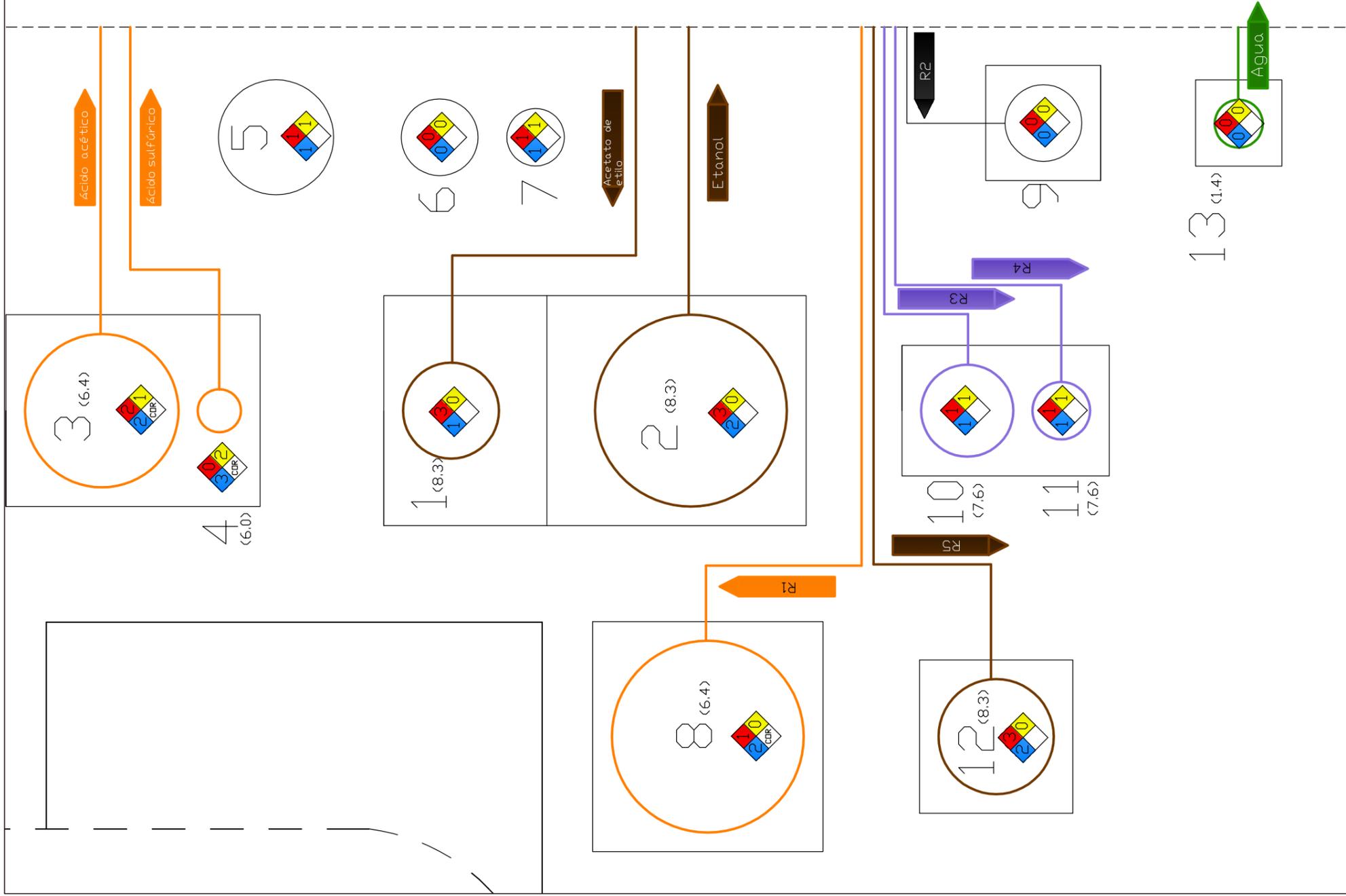


LEYENDA

Figura	Denominación	Figura	Denominación
1.	Acetato de etilo	—	-Inflamables
2.	Etanol	—	-Corrosivos
3.	Ác. Acético	—	-Agua
4.	Ác. Sulfúrico	—	-Irritantes
5.	CaCl2	—	Compartimentación
6.	MgSO4	—	Simetría
7.	NaCO3	—	Conexión a tierra
8.	R1 (esterificación)	—	Entrada y salida de camiones
9.	R3 (neutralización)	—	Báscula
10.	R4 (separación de fases)	—	Toma de tierra
11.	R5 (deshidratación)	—	
12.	Agua	—	
13.		—	

	PROYECTO	*APLICACIÓN DE LAS INSTRUCCIONES TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS PARA LA DISTRIBUCIÓN DEL ALMACENAMIENTO DE SUSTANCIAS QUÍMICAS EN UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ACETATO DE ETILO*		
	PROPIEDAD	ENRIC BOSCH SANCHIS. TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA QUÍMICA		
	EMPLAZAMIENTO	C/ G. Polígono Industrial La Pedrera CONSORCI ZONA FRANCA (Barcelona)		
	EDICIÓN	Valencia, Julio de 2014	TÍTULO DEL PLANO	SITUACIÓN DE TUBERÍAS
			12	ESCALA
			REFERENCIA	PO-12
			EDICIÓN	

PROCESADO



LEYENDA

Figura	Denominación	Figura	Denominación
1.	Acetato de etilo	—	-Inflamables
2.	Etanol	—	-Corrosivos
3.	Ác. Acético	—	-Agua
4.	Ác. Sulfúrico	—	-Irritantes
5.	CaCl2	—	Compartimentación
6.	MgSO4	—	Simetría
7.	NaCO3	—	Conexión a tierra
8.	R1 (esterificación)	—	Entrada y salida de camiones
9.	R2 (neutralización)	—	Báscula
10.	R3 (separación de fases)	—	Toma de tierra
11.	R4 (deshidratación)	—	
12.	R5 (destilación)	—	
13.	Agua	—	

	PROYECTO	"APLICACIÓN DE LAS INSTRUCCIONES TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS PARA LA DISTRIBUCIÓN DEL ALMACENAMIENTO DE SUSTANCIAS QUÍMICAS EN UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ACETATO DE ETILO"		
	PROPIEDAD	ENRIC BOSCH SANCHIS. TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA QUÍMICA		
	EMPLAZAMIENTO	C/ G. Polígono Industrial La Pedrella CONSORCI ZONA FRANCA (Barcelona)		
	EDICIÓN	Valencia, Julio de 2014	TÍTULO DEL PLANO	ETIQUETADO DE TUBERÍAS Y DEPÓSITOS
			PLANO Nº	13
			REFERENCIA	
			EDICIÓN	PO-13

