

**Universitat Autònoma de Barcelona**

Trabajo de fin de grado / Ingeniería Química



# PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CLOROBENCENO



**Tutor: Josep Anton Torà**

**Alba González, Antonio**

**Aynes Riba, Albert**

**González Lafita, Óscar**

**Martínez Rabert, Eloi**

**Santos López, Jonatan**

**UAB**

Junio 2017, Bellaterra (Barcelona)



# Capítulo 5

## Seguridad e higiene



# PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CLOROBENCENO

**UAB**



## ÍNDICE

5.1 Introducción .....	7
5.2. Normativa vigente .....	8
5.3. Sustancias químicas .....	8
5.3.1. Clasificación de las sustancias químicas.....	9
5.3.2. Envasado y etiquetado de las sustancias químicas.....	15
5.3.3. Fichas de seguridad de las sustancias químicas.....	20
5.4. Almacenamiento de sustancias químicas .....	21
5.4.1. Normativa de almacenaje.....	21
5.4.2. Incompatibilidad de sustancias .....	22
5.4.3. Carga, descarga y transporte .....	23
5.5. Clasificación de los riesgos y principales riesgos de la industria.....	30
5.5.1. Clasificación de los riesgos .....	31
5.6. Señalización .....	35
5.6.1. Normativa vigente.....	35
5.6.2. Señales en forma de panel .....	36
5.6.2. Señales acústicas.....	39
5.6.3. Comunicación verbal.....	39
5.6.4. Señales olfativos .....	40
5.6.5. Señales táctiles.....	40
5.6.6. Señales luminosos .....	40
5.6.7. Señales gestuales .....	40
5.7. Disposiciones mínimas de seguridad y salud .....	41
5.7.1. Obligaciones del trabajador .....	43
5.8. Higiene .....	44
5.8.1. Limpieza .....	44
5.8.2. Sanidad en la planta.....	45
5.8.3. Higiene personal .....	46
5.9. Equipos de protección individual (EPIS) .....	46
5.9.1 Norma UNE-EN-340 .....	53
5.10. Primeros auxilios.....	55
5.10.1. Escala de cadena de auxilio .....	55
5.10.2. PAS.....	56
5.10.3. Formación de socorrismo laboral.....	57
5.10.4. Materiales y locales de primeros auxilios .....	57
5.10.5. Primeros auxilios asociados a las sustancias de la planta.....	58

5.11. Protección contra incendios .....	63
5.11.1. Clasificación incendios.....	63
5.11.2. Clasificación de las áreas según riesgo de incendio.....	65
5.11.3. Triángulo y tetraedro del fuego.....	69
5.11.4. Acciones de extinción.....	70
5.11.5. Fuentes y causas de fuego y explosión en la planta .....	71
5.11.3. Detectores de incendios.....	74
5.11.4. Agentes extintores.....	76
5.11.5. Protección activa contra incendios .....	78
5.11.6. Acción pasiva contra incendios.....	81
5.11.7. Protección con extintores.....	83
5.12. Aplicación de la seguridad en la planta.....	88
5.12.1. Zonas ATEX.....	88
5.12.2. Análisis de riesgos HAZOP .....	98
5.12. Plan de emergencia.....	146
5.13. Condiciones constructivas.....	149
5.13.1. Seguridad estructural.....	149
5.13.2. Suelos, desniveles y barandillas .....	149
5.13.3. Ventanas .....	149
5.13.4. Puertas.....	150
5.13.5. Salidas de emergencia y salidas de evacuación .....	150
5.14 Apéndices.....	151
5.14.1. Hojas de seguridad .....	151
5.15. Bibliografía .....	174

## **5.1 Introducción**

Uno de los aspectos que ha mejorado mucho con el paso de los años ha sido la creación y mejora de las leyes, normas y decretos referentes a la seguridad e higiene de las industrias químicas con la finalidad de disminuir los riesgos y peligros existentes en estos establecimientos y garantizar así la seguridad de las personas, las instalaciones y el medio ambiente.

En todos los sectores industriales se pueden encontrar los mismos riesgos fruto de las actividades que se llevan a cabo en general en las industrias. A pesar de ello, la industria química conlleva una serie de peligros específicos intrínsecos debido al uso de los productos químicos empleados y sus características, así como las reacciones que se llevan a cabo para la obtención de los productos finales, el almacenaje y transporte o bien acciones inadecuadas que pueden ocasionar situaciones de riesgo y peligro.

Pese que en las industrias químicas pueden suceder situaciones de emergencia puntuales que muchas veces desenlazan en falsas alarmas o accidentes puntuales sin grandes repercusiones para la integridad de la empresa, sus trabajadores y el medio ambiente, se producen pocos accidentes de gran gravedad. Pero cuando se produce uno de ellos tiene un gran abasto y efectos graves que supondrán a la empresa grandes pérdidas tanto humanas como materiales y económicas.

Es por ello que en cualquier empresa, y especialmente en plantas químicas, todos y cada uno de los integrantes de la plantilla deben tener conocimientos suficientes de las normas de seguridad en todo momento.

En esta apartado de seguridad se detallaran las normas y leyes referentes a la seguridad en las plantas químicas, así como los riesgos que existen en éstas, cómo detectarlos y como combatirlos o minimizar sus efectos.

## **5.2. Normativa vigente**

Existe un amplio registro de leyes, decretos y órdenes que se pueden subdividir en diferentes grupos.

Aquí se recogerán las leyes y Reales Decretos que hacen referencia a las leyes de prevención de riesgos laborales, Reales Decretos de seguridad, salud pública e higiene y ordenanzas generales de seguridad entre otros.

- Ley 31/01/1995 de 8 de noviembre, Ley de Prevención de Riesgos Laborales (B.O.E. de 3 de diciembre).
- Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre sobre Seguridad, Salud y Medicina en el Trabajo.
- Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo de 9 de marzo de 1971.
- Real Decreto 485/1997 de 14 de abril sobre Disposiciones Mínimas de Seguridad y Salud en los lugares de Trabajo.
- Real Decreto 486/1997 de 14 de abril sobre Disposiciones Mínimas en Materia de Señalización, Seguridad y Salud en el Trabajo.
- Orden de 17 de mayo de 1974 sobre Normas Técnicas Reglamentarias sobre homologación de Medios de Protección Personal (B.O.E. no 128 29/05/1974).

## **5.3. Sustancias químicas**

Los Reales Decretos 363/1995 y 255/2003 recogen la obligatoriedad de que todo producto químico esté debidamente etiquetado tanto si va destinado al público en general como al usuario profesional.

Para los productos químicos la información sobre su peligrosidad y el riesgo derivado de su utilización está recogida en la etiqueta y ampliada en la ficha de datos de seguridad (FDS). Su contenido está regulado por la legislación sobre comercialización de productos químicos relativa a la clasificación, envasado y etiquetado de sustancias y preparados peligrosos recogida en los Reales Decretos nombrados.



Por otro lado, el artículo 41 del Capítulo 6 de la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales se recoge la obligatoriedad que tienen los fabricantes, importadores y suministradores de envasar y etiquetar adecuadamente los productos utilizados en el trabajo.

### **5.3.1. Clasificación de las sustancias químicas**

Las sustancias químicas pueden clasificarse de tres modos: según sus propiedades fisicoquímicas, según el peligro que suponen para la salud y según el peligro que suponen para el medio ambiente. A continuación, en las **tablas 5.1, 5.2 y 5.3** se muestran dichas clasificaciones con definiciones y características importantes a tener en cuenta.

**Tabla 5.1.** Clasificación de sustancias según propiedades fisicoquímicas

<b>Clasificación</b>	<b>Características</b>
<b>Explosivo</b>	Sustancias sólidas, líquidas, pastosas o gelatinosas que, incluso en ausencia de O <sub>2</sub> atmosférico, puedan reaccionar exotérmicamente con rápida formación de gases y que, en determinadas condiciones de ensayo, detonan, deflagran rápidamente o, bajo el efecto del calor, en caso de confinamiento parcial, explotan.
<b>Comburente</b>	Sustancias que, en contacto con otras, en especial con inflamables, produzcan una reacción fuertemente exotérmica.
<b>Extremadamente inflamable</b>	Sustancias líquidas que tengan un punto de ignición y de ebullición muy bajo, así como aquellas sustancias gaseosas que, a temperatura y presión normales, sean inflamables en contacto con el aire.

<b>Fácilmente inflamables</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Sustancias que pueden calentarse e inflamarse en el aire a temperatura ambiente y sin aporte de energía.</li> <li>· Sustancias sólidas que pueden inflamarse fácilmente tras un breve contacto con una fuente de inflamación y que sigan quemándose o consumiéndose una vez retirada la fuente.</li> <li>· Líquidos cuyo punto de ignición sea muy bajo.</li> <li>· Líquidos que desprendan gases extremadamente inflamables en cantidades peligrosas, al entrar en contacto con agua o aire húmedo.</li> </ul>
<b>Inflamables</b>	Sustancias con un punto de ignición bajo.

**Tabla 5.2.** Clasificación de sustancias según los peligros para la salud

<b>Clasificación</b>	<b>Características</b>
<b>Muy tóxicos</b>	Sustancias que, por inhalación, ingestión o penetración cutánea en muy pequeña cantidad, puedan provocar efectos agudos o crónicos e incluso la muerte.
<b>Tóxicos</b>	Sustancias que, por inhalación, ingestión o penetración cutánea en pequeñas cantidades, puedan provocar efectos agudos crónicos e incluso la muerte.
<b>Nocivos</b>	Sustancias que, por inhalación, ingestión o penetración cutánea, puedan provocar efectos agudos o crónicos e incluso la muerte.
<b>Corrosivos</b>	Sustancias que con tejidos vivos, puedan ejercer una acción destructiva de los mismos.
<b>Irritantes</b>	Sustancias no corrosivas, que en contacto breve, prolongado o repetido con la piel o las mucosas puedan provocar una reacción inflamatoria.
<b>Sensibilizantes</b>	Sustancias que por inhalación o penetración cutánea, puedan ocasionar una reacción de hipersensibilidad, de forma que una exposición posterior a esa sustancia de lugar a efectos negativos característicos.

<b>Carcinogénicos</b>	Sustancias que, por inhalación, ingestión o penetración cutánea, puedan producir cáncer o aumentar su frecuencia.
<b>Mutagénicos</b>	Sustancias que, por inhalación, ingestión o penetración cutánea, puedan producir alteraciones genéticas hereditarias o aumentar su frecuencia.
<b>Tóxicos para la reproducción</b>	Sustancias que, por inhalación, ingestión o penetración cutánea, puedan producir efectos negativos no hereditarios en la descendencia, o aumentar la frecuencia de estos, o afectar de forma negativa a la función o a la capacidad reproductora.

**Tabla 5.3.** Clasificación de sustancias según los peligros para el medio ambiente

<b>Clasificación</b>	<b>Características</b>
<b>Peligro para el medio ambiente</b>	Sustancias que presenten o puedan presentar un peligro inmediato o futuro para uno o más componentes del medio ambiente.

Cabe destacar que a partir del 1 de diciembre de 2010, los pictogramas de forma cuadrada y color naranja vigentes hasta dicha fecha fueron sustituidos por los de forma de diamante rojo con fondo blanco. A pesar de ello, los antiguos pictogramas pueden seguir en el mercado hasta el 1 de junio de 2017. La imagen que hay a continuación muestra los principales cambios entre los pictogramas antiguos y los vigentes.

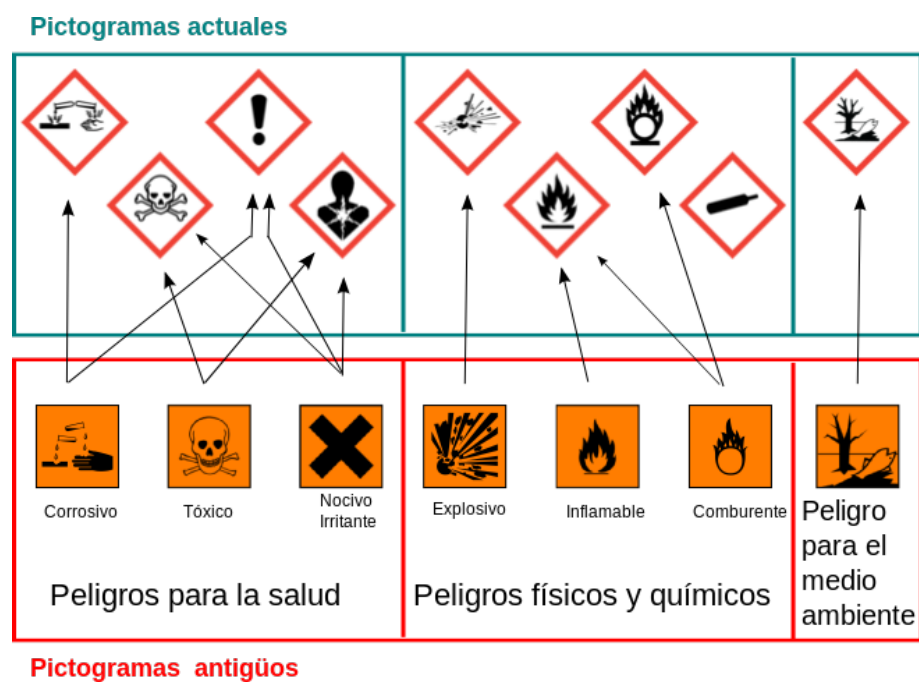




Figura 5.1. Pictogramas antiguos y actuales

En la **tabla 5.4** se muestran los pictogramas de cada una de las clasificaciones detalladas anteriormente.

Tabla 5.4. Pictogramas comunes en la industria química

Clasificación	Pictograma
<b>Según propiedad físico químicas</b>	
Explosivo	
Comburente	
Inflamable	
<b>Peligrosos para la salud</b>	

Tóxicos	
Nocivos	
Corrosivos	
Carcinogénicos	
Peligrosos para el medio ambiente	
Peligrosos para el medio ambiente	
Otros	
Gas comprimido	
Gas inflamable	
Gas inflamable	
Gas a presión	

Gas a presión	
Líquido inflamable	
Líquido inflamable	
Pirofórico	
Sólido inflamable	
Desprende gases en contacto con el agua	
Desprende gases en contacto con el agua	
Gas oxidante	
Peróxido orgánico	

Peróxido orgánico	
-------------------	--

### **5.3.2. Envasado y etiquetado de las sustancias químicas**

Los envases que contienen sustancias químicas con el fin de ser comercializados deben cumplir una serie de condiciones con la finalidad de evitar y reducir posibles riesgos y peligros así como controlar y conocer el tipo de sustancia que contiene. Dichas condiciones son las que se detallan a continuación:

- Los envases deben estar diseñados de tal modo que se eviten pérdidas.
- Los materiales que forman los envases deben ser inertes con el producto que contiene.
- Los envases y cierres deberán ser fuertes y sólidos.
- Los envases que se cierran mediante cierres de más de un uso deberán ser resistentes para poder usarlos varias veces y garantizar la no pérdida de contenido.
- Las sustancias muy tóxicas, tóxicas o corrosivas, deberán disponer de un cierre de seguridad para niños y llevar una indicación de peligro detectable al tacto.
- Las sustancias nocivas, extremadamente inflamables o fácilmente inflamables que puedan llegar al público en general deberán disponer de una indicación de peligro detectable al tacto.

En referencia al etiquetado de los envases que contienen sustancias químicas, todo producto químico, sustancia o preparado clasificado como peligroso debe incluir en su envase una etiqueta bien visible que es la primera información básica que recibe el usuario sobre los peligros inherentes al mismo y sobre las precauciones a tomar en su manipulación. La etiqueta estará redactada en el idioma oficial del Estado y deberá contener la siguiente información:

- 1) Nombre de la sustancia: se utilizará la nomenclatura utilizada en el EINECS (Inventario europeo de sustancias comercializadas existentes) o en el ELINCS (Inventario europeo de sustancias notificadas). Si no aparece en ellos se empleará la nomenclatura química reconocida internacionalmente, como ISO o IUPAC.
- 2) Nombre, dirección y teléfono del fabricante o importador: responsable de la comercialización de la sustancia química en la Unión Europea.
- 3) Símbolos e indicaciones de peligro normalizadas: su finalidad es destacar los peligros de la sustancia.
- 4) Frases H: que permiten identificar y complementar determinados riesgos mediante su descripción.
- 5) Frases P: que, a través de consejos de prudencia, establecen medidas preventivas para la manipulación y utilización.
- 6) Número de registro CE: en caso de que la sustancia tenga.
- 7) Información adicional.

Como se ha indicado, las frases H (del inglés *Hazard* que significa peligro), indican un riesgo o peligro complementario a los que ya indican los pictogramas que acompañan al envase. A continuación se detallan las diferentes frases H que existen:

- R1 Explosivo en estado seco.
- R2 Riesgo de explosión por choque, fricción, fuego u otras fuentes de ignición.
- R3 Alto riesgo de explosión por choque, fricción, fuego u otras fuentes de ignición.
- R4 Forma compuestos metálicos explosivos muy sensibles.
- R5 Peligro de explosión en caso de calentamiento.
- R6 Peligro de explosión, en contacto o sin contado con el aire.
- R7 Puede provocar incendios.
- R8 Peligro de fuego en contacto con materias combustibles.
- R9 Peligro de explosión al mezclar con materias combustibles.
- R10 Inflamable.
- R11 Fácilmente inflamable.



- R12 Extremadamente inflamable.
- R14 Reacciona violentamente con el agua.
- R15 Reacciona con el agua liberando gases extremadamente inflamables.
- R16 Puede explosionar en mezcla con sustancias comburentes.
- R17 Se inflama espontáneamente en contacto con el aire.
- R18 Al usarlo pueden formarse mezclas aire vapor explosivas/inflamables.
- R19 Puede formar peróxidos explosivos.
- R20 Nocivo por inhalación.
- R21 Nocivo en contacto con la piel.
- R22 Nocivo por ingestión.
- R23 Tóxico por inhalación.
- R24 Tóxico en contacto con la piel.
- R25 Tóxico por ingestión.
- R26 Muy tóxico por inhalación.
- R27 Muy tóxico en contacto con la piel.
- R28 Muy tóxico por ingestión.
- R29 En contacto con agua libera gases tóxicos.
- R30 Puede inflamarse fácilmente al usado.
- R31 En contacto con ácidos libera gases tóxicos.
- R32 En contacto con ácidos libera gases muy tóxicos.
- R33 Peligro de efectos acumulativos.
- R34 Provoca quemaduras.
- R35 Provoca quemaduras graves.
- R36 Irrita los ojos.
- R37 Irrita las vías respiratorias.
- R38 Irrita la piel.

Por otro lado, en referencia a las frases P de prudencia (del inglés *Prudence*) éstas indican consejos como medida de prevención durante la manipulación de las sustancias químicas. Las frases P que se pueden encontrar son las siguientes:

- S1 Consérvese bajo llave.



- S2 Manténgase fuera del alcance de los niños.
- S3 Consérvese en lugar fresco.
- S4 Manténgase lejos de locales habitados.
- S5 Consérvese en... (líquido apropiado a especificar por el fabricante).
- S6 Consérvese en... (gas inerte a especificar por el fabricante)
- S7 Manténgase el recipiente bien cerrado.
- S8 Manténgase el recipiente en lugar seco.
- S9 Consérvese el recipiente en lugar bien ventilado.
- S12 No cerrar el recipiente herméticamente.
- S13 Manténgase lejos de alimentos, bebidas y piensos.
- S14 Consérvese lejos de... (Materiales incompatibles a especificar por el fabricante).
- S15 Conservar alejado del calor.
- S16 Conservar alejado de toda llama o fuente de chispas. No fumar.
- S17 Manténgase lejos de materias combustibles.
- S18 Manipúlese y ábrase el recipiente con prudencia.
- S20 No comer ni beber durante su utilización.
- S21 No fumar durante su utilización.
- S22 No respirar el polvo.
- S23 No respirar los gases/humos/vapores/aerosoles [denominación(es) adecuada(s) a especificar por el fabricante].
- S24 Evítese el contacto con la piel.
- S25 Evítese el contacto con los ojos.
- S26 En caso de contacto con los ojos, lávense inmediata y abundantemente con agua y acudir a un médico.
- S27 Quítese inmediatamente la ropa manchada o salpicada.
- S28 En caso de contado con la piel, lávese inmediata y abundantemente con... (Productos especificar por el fabricante).
- S29 No tirar los residuos por el desagüe.
- S30 No echar jamás agua a este producto.
- S33 Evítese la acumulación de cargas electrostáticas.



- S35 Elimínense los residuos del producto y sus recipientes con todas las precauciones posibles.
- S36 Úsease indumentaria protectora adecuada.
- S37 Úsenase guantes adecuados.
- S38 En caso de ventilación insuficiente, úsease equipo respiratorio adecuado.
- S39 Úsease protección para los ojos/la cara.
- S40 Para limpiar el suelo y los objetos contaminados por este producto, úsease... (a especificar por el fabricante).
- S41 En caso de incendio y/o de explosión no respire los humos.
- S42 Durante las fumigaciones/pulverizaciones, úsease equipo respiratorio adecuado [denominación(es) adecuada(s) a especificar por el fabricante].
- S43 En caso de incendio, utilizar... (Los medios de extinción los debe especificar el fabricante). (Si el agua aumenta el riesgo, se deberá añadir: «No usar nunca agua».)
- S45 En caso de accidente o malestar, acúdase inmediatamente al médico (si es posible, muéstresele la etiqueta).
- S46 En caso de ingestión, acúdase inmediatamente al médico y muéstresele la etiqueta o el envase.
- S47 Consérvese a una temperatura no superior a... °C (a especificar por el fabricante).
- S48 Consérvese húmedo con... (medio apropiado a especificar por el fabricante).
- S49 Consérvese únicamente en el recipiente de origen.
- S50 No mezclar con... (a especificar por el fabricante).
- S51 Úsease únicamente en lugares bien ventilados.
- S52 No usar sobre grandes superficies en locales habitados.
- S53 Evítese la exposición recábense instrucciones especiales antes del uso.
- S56 Elimínense esta sustancia y su recipiente en un punto de recogida pública de residuos especiales o peligrosos.
- S57 Utilícese un envase de seguridad adecuado para evitar la contaminación del medio ambiente.
- S59 Remitirse al fabricante o proveedor para obtener información sobre su recuperación/reciclado.

- S60 Elimínense el producto y su recipiente como residuos peligrosos.
- S61 Evítese su liberación al medio ambiente. Recábense instrucciones específicas/las fichas de datos de seguridad.
- S62 En caso de ingestión no provocar el vómito: acúdase inmediatamente al médico y muéstresele la etiqueta o el envase.
- S63 En caso de accidente por inhalación, alejar a la víctima de la zona contaminada y mantenerla en reposo.
- S64 En caso de ingestión, enjuáguese la boca con agua (solamente si la persona está consciente).

### **5.3.3. Fichas de seguridad de las sustancias químicas**

Las Fichas de Seguridad (FDS) constituyen un sistema básico y complementario del etiquetado, que recogen aspectos preventivos y/o de emergencia a tener en cuenta. El responsable de la comercialización de un producto químico debe facilitar al destinatario profesional la ficha de seguridad de forma gratuita y con la primera entrega o incluso antes de recibir el producto para que tome las medidas seguridad necesarias, así como las posteriores modificaciones.

La información que debe incluir una ficha de seguridad es la siguiente:

1. Identificación de la sustancia o preparado y de la sociedad o empresa.
2. Composición/información sobre los componentes.
3. Identificación de los peligros.
4. Primeros auxilios.
5. Medidas de lucha contra incendios.
6. Medidas que deban tomarse en caso de vertido accidental.
7. Manipulación y almacenamiento.
8. Control de exposición/protección individual.



9. Propiedades físicas y químicas.
10. Estabilidad y reactividad.
11. Informaciones toxicológicas.
12. Informaciones ecológicas.
13. Consideraciones relativas a la eliminación.
14. Informaciones relativas al transporte.
15. Informaciones reglamentarias.
16. Otras informaciones (usos recomendados y restricciones, referencias escritas, fuentes de los principales datos y fecha de emisión.)

En el **apartado 5.15.1**, se detallan las fichas técnicas de seguridad de todas las sustancias que intervienen en el proceso de producción de clorobenceno.

## **5.4. Almacenamiento de sustancias químicas**

### **5.4.1. Normativa de almacenaje**

El correcto almacenamiento de los productos químicos es fundamental para la prevención de posibles riesgos que puedan producirse en el entorno. El almacenamiento de las sustancias químicas está regulado por Real Decreto 2060/2008 Equipos a presión y Real Decreto 379/2001, Reglamento de almacenamiento de productos químicos y las instrucciones técnicas:

- MIE-APQ-1 "Almacenamiento de líquidos inflamables y combustibles".
- MIE-APQ-5 "Almacenamiento y utilización de bombonas de gas comprimido, licuados y disueltos a presión".
- MIE-APQ-6 "Almacenamiento de líquidos corrosivos".
- MIE-APQ-7 "Almacenamiento de líquidos tóxicos".

### **5.4.2. Incompatibilidad de sustancias**

En cualquier proyecto de planta química se pueden encontrar riesgos en la forma de almacenaje de sustancias químicas debido a que dos o más materias pueden reaccionar entre sí causando peligro dentro de ella. Para determinar la incompatibilidad entre sustancias se ha de tener presente el Real Decreto de almacenamiento de productos químicos y las instrucciones técnicas complementarias (MIE-APQ).

Las instalaciones de cloro recogido en la ITC-MIE APQ-3, incluyen estaciones de carga y descarga y estaciones de bombeo, se situarán a la distancia que le correspondería en la ITC-MIE APQ-1 de almacenamiento de líquidos inflamables y combustibles, considerando al cloro como un producto de clase C.

Las sustancias utilizadas como productos inflamables y/o comburentes en la planta realizada son benceno, clorobenceno y diclorobenceno. Cualquier instalación de cloro debe estar a un mínimo de 20 metros con los productos mencionados anteriormente ya que pueden presentar riesgos de incendio y explosión, y en su defecto a un mínimo de 10 metros si se adoptan medidas de protección particulares, tales como pantallas para fuego o cortinas de agua.

A continuación se puede observar la figura 5.2. donde se indican las compatibilidades e incompatibilidades entre las sustancias químicas.

TABLA DE COMPATIBILIDAD ARA SUSTANCIAS CONTROLADAS										
IDENTIFICACIÓN DE PELIGRO			Líquido Inflamable	Sólido comburente	Corrosivos (L)	Tóxico agudo (L)	Tóxico crónico (L)	Peligro ambiental	Nocivo Irritante	Nocivo Irritante (L)
líquido inflamable			●	●	●	●	●	●	●	●
Sólido comburente			●	●	●	●	●	●	●	●
Corrosivos (L)			●	●	●	●	●	●	●	●
Sustancias tóxicas efecto agudo (L)			●	●	●	●	●	●	●	●
Sustancias tóxicas efecto crónico (L)			●	●	●	●	●	●	●	●
Sustancias peligrosas para el ambiente			●	●	●	●	●	●	●	●
Nocivo/Irritante (s)			●	●	●	●	●		●	●
Nocivo/Irritante (L)			●	●	●	●	●	●	●	●
Se pueden almacenar juntos Revisar las secciones 7 y 10 de hoja de seguridad del producto										
Almacenar en estantes separados										
L=Sustancias en estado Líquido S=Sustancias en estado Sólido										

Figura 5.2. Incompatibilidades sustancias químicas

### 5.4.3. Carga, descarga y transporte

Se considera instalación de carga y descarga todos aquellas zonas donde se realizan las siguientes operaciones.

- Trasiego entre equipos de transporte y almacenamientos.
- Trasiego entre equipos de transporte e instalaciones de proceso.

Trasiego entre almacenamientos o equipos de proceso a recipientes móviles.

Para efectuar la carga y descarga de productos inflamables y comburentes integrados en el MIE APQ-1 los vehículos que se estacionen tendrán una pendiente del 1% hacia sumideros de evacuación de tal forma que cualquier derrame accidental fluya rápidamente hacia ellos. El sumidero estará conectado a la red de tratamiento de aguas residuales o un tanque con capacidad suficiente para almacenarlo.

Se considera que toda cisterna con una capacidad unitaria mayor a 3000 litros será catalogado como recipiente fijo. Los cargaderos de camiones se realizará con el motor del camión parado, con accesos amplios y bien señalizados y no obstaculizando la circulación de medios contra lucha de incendios.

El llenado de cisternas se hará por la parte baja o por el domo. La extremidad del tubo será conductora y conectada eléctricamente a la tubería fija de carga. Las tuberías de carga del terminal serán eléctricamente continuas y conectadas a tierra.

En referencia al trasiego del cloro especificado en el MIE APQ-3 las operaciones de carga y descarga de recipientes semi-móviles se hará con la reglamentación sobre carga de Transporte de Mercancías Peligrosas.

- La puesta se realizará en terreno llano y bien iluminado.
- Para evitar el movimiento del vehículo se pondrán calces y barreras.
- Las variaciones de nivel de la cisterna producidas por la deformación de las ballestas del vehículo, así para permitir la conexión del recipiente sin tensiones en tuberías.
- Las tuberías desmontables deben protegerse contra los riesgos de corrosión.
- Las tuberías de carga y descarga dispondrán de válvulas automáticas de accionamiento a distancia, situadas lo más cerca de conexiones flexibles.

Los vehículos destinados al transporte de sustancias químicas peligrosas llevan colocados unos paneles de fondo naranja, reflectantes y rebordes negros con una numeración también en negro con la finalidad de identificar la naturaleza de la materia que se transporta y el peligro que presenta, en caso de verse involucrada en un accidente. Dicha numeración se conoce como el código ADR, del inglés *European Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road* que significa Acuerdo europeo relativo al transporte internacional de mercancías peligrosas por carretera.



Las dimensiones habituales de los paneles son de 30 x 40 cm y llevan incorporadas dos numeraciones el significado de las cuales, prescritas para cada materia, se describe a continuación.

La primera numeración puede estar compuesta por dos o tres cifras.

La primera cifra indica el peligro principal de la sustancia. Dicho peligro se indica a partir los siguientes números y sus respectivos significados:

Número 2 : Gas.

Número 3: Líquido inflamable o gases y vapores combustibles.

Número 4: Sólido.

Número 5: Materia comburente o peróxido orgánico.

Número 6: Materia tóxica.

Número 7: Radioactividad.

Número 8: Corrosivo.

Número 9: Peligro por reacción espontánea.

La segunda o tercera cifra indica peligros subsidiarios, el significado de las cuales también se expresa a partir de los siguientes números:

Número 0: sin significado.

Número 1: explosivo.

Número 2: emanación de gases.

Número 3: inflamable.



Número 5: propiedades comburentes.

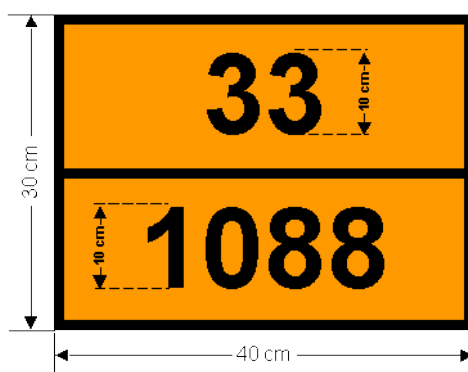
Número 6: toxicidad.

Número 8: corrosividad.

Número 9: peligro de reacción violenta resultante de la descomposición espontánea o de polimerización.

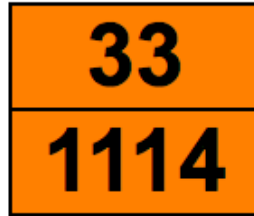
La segunda numeración de los paneles está formada por cuatro cifras y ésta es una identificación del producto. Dicha numeración se conoce como la identificación ONU.

Las figuras 5.3 a la 5.11 que hay a continuación muestran las dimensiones de los paneles, así como los principales paneles de los productos existentes en una planta de producción de clorobenceno.



**Figura 5.3.** Dimensiones paneles vehículos destinados al transporte de sustancias químicas peligrosas

Código ADR benceno



**Figura 5.4** Panel benceno

Número 3: líquido inflamable

Número 3: muy inflamable

Número 1114: código ONU benceno

Código ADR cloro



**Figura 5.5** Panel cloro

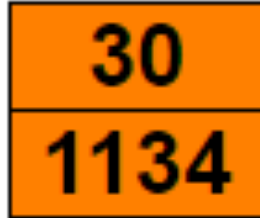
Número 2: gas

Número 6: toxico

Número 5: comburente

Número 1017: código ONU cloro

Código ADR clorobenceno



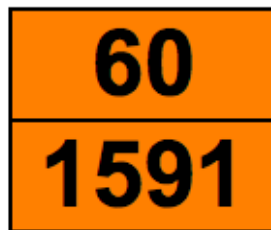
**Figura 5.6** Panel clorobenceno

Número 3: inflamable

Número 0: sin significado

Número 1134: código ONU clorobenceno

Código ADR diclorobenceno



**Figura 5.7** Panel diclorobenceno

Número 6: tóxico

Número 0: sin significado

Número 1591: código ONU diclorobenceno

Código ADR tolueno



**Figura 5.8** Panel tolueno

Número 3: líquido inflamable

Número 3: muy inflamable

Número 1294: código ONU tolueno

Código ADR cloruro de hidrógeno



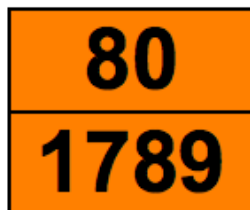
**Figura 5.9** cloruro de hidrógeno

Número 2: gas

Número 6: toxico

Número 8: corrosivo

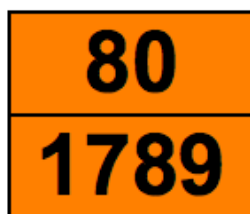
Número 1050: código ONU cloruro de hidrógeno

Código ADR ácido clorhídrico**Figura 5.10** Panel ácido clorhídrico

Número 8: corrosivo

Número 0: sin significado

Número 1789: código ONU ácido clorhídrico

Código ADR hidróxido sódico en disolución**Figura 5.11** Panel hidróxido sódico en disolución

Número 8: corrosivo

Número 0: sin significado

Número 1789: código ONU hidróxido sódico en disolución

**5.5. Clasificación de los riesgos y principales riesgos de la industria**

El uso de productos químicos con la finalidad de llevar a cabo una actividad industrial, en éste caso en una planta química, conlleva una serie de riesgos. Estos riesgos son los

que se detallaran en el siguiente apartado pero antes es necesario diferenciar el concepto de riesgo del de peligro.

Se entiende por peligro toda aquella circunstancia en la que es posible que suceda algún tipo de mal mientras que el riesgo estaría asociado a la probabilidad de que suceda algún daño o accidente. Éste último podría expresarse mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Riesgo} = \text{frecuencia} \cdot \text{magnitud de las consecuencias}$$

Desde un punto de vista general, los riesgos pueden clasificarse del siguiente modo:

- Riesgos de categoría A: son aquellos riesgos que pese no se pueden aceptar son aceptados.
- Riesgos de categoría B: son aquellos riesgos evitables pero deben considerarse evitables si alguien quiere integrarse plenamente en la sociedad moderna.
- Riesgos de categoría C: normalmente evitables, voluntarios y con compensación.

### **5.5.1. Clasificación de los riesgos**

#### **5.5.1.1. Riesgo de incendio**

Se define incendio como la reacción química de oxidación-reducción que se produce cuando un reactivo oxidante, también llamado comburente, y un reactivo reductor, llamado combustible, entran en contacto. Por norma general, el reactivo comburente es el aire ya que contiene oxígeno, elemento muy oxidante por su capacidad de captar electrones.

Estas reacciones son fuertemente exotérmicas, es decir, liberan mucha energía en forma de calor por lo que es muy importante que tanto el comburente como el combustible se encuentren en espacio y tiempo en un estado energético suficiente para que dicha reacción tenga lugar.

Para que un incendio tenga lugar son necesarios tres factores los cuales se representan mediante el *triángulo del fuego*. Estos tres factores son: combustible, comburente y un foco de ignición o energía de combustión.

Pero para que el incendio progrese, la energía que se desprende durante la reacción ha de ser suficiente para que dicha reacción desencadene otra de manera de manera encadenada. Es en este momento cuando hablamos de *tetraedro del fuego*.

En caso de que se produzca un incendio en una industria, química en éste caso, no es comparable cuantificar las pérdidas humanas con las pérdidas económicas que puedan producirse, pero lo que sí es necesario es evaluar el riesgo de incendio con el objetivo de reducir al máximo incluso reducir dichas pérdidas.

Es importante realizar revisiones periódicas de las instalaciones y sistemas de protección contra incendios para verificar su buen funcionamiento así como realizar formaciones a los trabajadores para que sepan que deben hacer en caso de que se produzca un incendio.

#### 5.5.1.2. Riesgo de explosión

Las explosiones son combustiones rápidas que generan gases calientes que se expanden dando lugar a una onda de presión y a una llama que se propaga rápidamente.

Las explosiones pueden ser confinadas o no confinadas. Las primeras se producen dentro de tuberías, recipientes o edificios. Si la presión que el gas ejerce sobre las paredes del medio que le contiene es mayor a la que el recipiente es capaz de soportar, esta misma presión es la que produce que la explosión tenga lugar. A pesar de ello, pueden existir otros defectos en la construcción, corrosión, deterioro entre otros que pueden desencadenar una explosión. En referencia a las explosiones no confinadas, estas se caracterizan por ocurrir al aire libre. Se originan por un escape rápido de un fluido inflamable junto a una dispersión del gas para formar una nube muy grande de aire e hidrocarburo.



Las explosiones no confinadas suponen un gran peligro para las industrias ya que pueden provocar grandes nubes susceptibles de entrar en contacto con un foco de ignición provocando así deflagración lo que conllevaría a grandes daños y pérdidas económicas en la empresa.

Adoptar buenas medidas de precaución y seguridad contra las explosiones es muy importante para las industrias por los efectos devastadores que pueden derivar en producirse una de ellas causando daños materiales, morales y personales.

#### 5.5.1.3. Riesgo de fuga

Se define como fuga la salida incontrolada de una sustancia, química en este caso, la cual se encuentra en el interior de un recipiente. Esta salida incontrolada puede producirse como consecuencia de alguna grieta, rotura o accidente en el recipiente.

Este tipo de accidentes son los más frecuentes en las industrias químicas y suelen generar daños graves a equipos y trabajadores expuestos a estas fugas. Por norma general, suelen producirse en las zonas de conducción de las sustancias pero el lugar más vulnerable por donde se produce el escape es en las zonas de unión entre los diferentes tramos que conforman las conexiones entre las zonas de conducción.

Es importante controlar este tipo de sucesos ya que toda planta química debe cumplir unos límites de emisión que de no hacerlo la empresa es sancionada y debe pagar un tributo. Por otro lado, en caso de fuga la producción de la planta es paralizada con la finalidad de controlarla y no agravar la situación. Este hecho conlleva a una pérdida de tiempo y dinero. Por todo ello, es muy importante disponer de sistemas efectivos de control de fugas para minimizar los efectos negativos que pueden derivar.

#### 5.5.1.4. Riesgo eléctrico

Es aquel que se produce por instalaciones eléctricas, partes de ésta o dispositivos eléctricos con potencial de daño suficiente para producir fenómenos de electrocución y/o quemaduras.

El riesgo eléctrico puede producirse de manera directa o indirecta. El contacto con el corriente eléctrico de manera directa se produce en el momento en que la persona que se encuentra trabajando entra en contacto con las partes activas (piezas conductoras y conductores) de los materiales y equipos. Por otro lado, el contacto de forma indirecta con el corriente eléctrico se produce en el momento en que la persona que se encuentra en su puesto de trabajo entra en contacto con alguna parte que no forma parte de los materiales y equipos y que por algún motivo accidental está puesto bajo condiciones de tensión.

Un control periódico de las instalaciones eléctricas y la instalación de cableado de tierra siguiendo las normas establecidas puede evitar éste tipo de riesgos así como avivar posibles explosiones o incendios que puedan producirse.

#### 5.5.1.5. Riesgo de ergonomía

Se define como ergonomía el conjunto de ciencias y técnicas el objetivo de las cuales es adecuar la persona a su puesto de trabajo. La ergonomía estudia el espacio físico de trabajo, ambiente térmico, ruidos, vibraciones, posturas de trabajo, desgaste energético, carga mental, fatiga nerviosa, carga de trabajo, y todo aquello que pueda poner en peligro la salud del trabajador y su equilibrio psicológico y nervioso.

Las recomendaciones ergonómicas son fichas elaboradas por el Servicio de Prevención de Riesgos Laborales relacionadas con las principales medidas a adoptar para la mejora ergonómica de los lugares de trabajo. A continuación se detallan algunas de esas medidas para prevenir posibles riesgos derivados de la mala ergonomía durante la jornada laboral:

- Respetar los límites de peso manipulado, y utilizar unas técnicas adecuadas en el manejo de cargas si se va a manipular la carga manualmente.
- Establecer medidas organizativas, como por ejemplo, la rotación de puestos de trabajo si la tarea a realizar es demasiado pesada.

- Realizar pausas en el trabajo para cambiar de postura y cambiar de postura periódicamente, si el esfuerzo requiere movimientos excesivamente repetitivos.
- Adaptar el mobiliario y la distancia de alcance de los materiales a las características intrínsecas del propio empleado. En definitiva, tener en cuenta el diseño ergonómico del puesto de trabajo.
- Emplear las herramientas adecuadas para cada tipo de trabajo y conservarlas en buenas condiciones y sin desperfectos.
- Evitar las tareas repetitivas programando ciclos de trabajo superiores a 30 segundos y no repetir el mismo movimiento durante más del 50% de la duración del ciclo de trabajo.
- Efectuar reconocimientos médicos periódicos que faciliten la detección de posibles lesiones musculo-esqueléticas.
- Supervisar los métodos de manipulación, manejar cargas pesadas entre dos o más personas y sustituir la manipulación manual, por mecánica, en la medida que sea posible.

## **5.6. Señalización**

### **5.6.1. Normativa vigente**

Según el Real Decreto 485/1997, la señalización es una técnica que proporciona una indicación o una obligación relativa a la seguridad o la salud en el trabajo.

Dichas señales están formadas por una forma geométrica y que dependiendo de dicha forma, el color y el pictograma o símbolo que se le añada, la señal tendrá un significado de seguridad u otro. Las señales deben ser visibles y fáciles de comprender.

Para facilitar la comprensión de lo que la señal nos indica se añade un color de contraste al fondo de la señal.

#### **5.6.1.1. Colores de seguridad**



En la **tabla 5.5** se detalla la información que proporcionan las señales según el color que presenten.

**Tabla 5.5.** Colores de seguridad

COLOR	Contraste	SIGNIFICADO	INDICACIONES	SEÑAL
Rojo	Blanco	Prohibición	Evacuación Parada dispositivos peligro	
Amarillo o anaranjado	Negro	Advertencia	Atención precaución	
Azul	Blanco	Obligación	Obligación de equipos de protección individual	
Verde	Blanco	Salvamiento	Puertas Salidas Lugares salvamiento	

### **5.6.2. Señales en forma de panel**

Las señales de panel son todas aquellas que combinan una forma geométrica con un color y símbolo que proporciona una información determinada. Los diferentes tipos de señales en forma de panel son los siguientes:

#### **5.6.2.1. Señales de prohibición**

Se caracterizan por ser redondas con borde rojo. También presentan bandas transversales en sentido descendente de izquierda a derecha de color rojo y en conjunto, el 35% de la superficie de la señal debe ser de color rojo.



Figura 5.12. Señales de prohibición más comunes

#### 5.6.2.2. Señales de advertencia

Son señales de forma triangular amarillas o anaranjadas con bordes negros. Es este caso, el 50% de la superficie de la señal debe de ser de color amarillo o anaranjado.

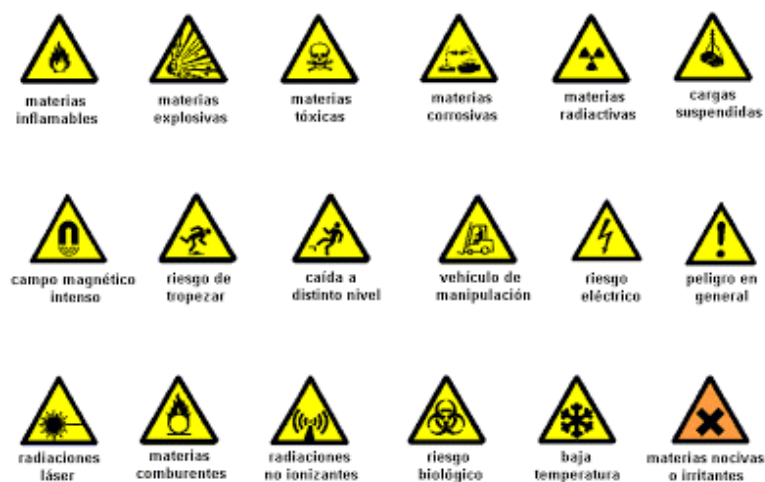


Figura 5.13. Señales de advertencia más comunes

### 5.6.2.3. Señales de obligación

Estas señales son redondas, con el borde blanco y el 50% de la superficie debe ser azul.



**Figura 5.14.** Señales de obligación más comunes

### 5.6.2.4. Señales de salvamento

Pueden ser rectangulares o cuadradas. Presentan bordes blancos y como mínimo el 50% de la superficie debe ser de color verde.



**Figura 5.15.** Señales de salvamento más comunes

#### 5.6.2.5. Señales de lucha contra incendios

Son señales cuadradas o rectangulares, con el pictograma de color blanco y el fondo rojo debe cubrir como mínimo el 50% de la señal.



**Figura 5.16.** Señales de salvamiento más comunes

#### 5.6.2. Señales acústicas

Son aquellos sonidos codificados emitidos sin intervención de una voz humana o sintética. Ejemplos de éste tipo de señales son sirenas o alarmas de evacuación, emergencia o incendio.

En el ámbito industrial es usual el uso de éste tipo de señales pero es conveniente que solo se usen en los casos detallados para no aumentar el nivel de sonoridad en la planta y poder ocasionar situaciones de confusión. La señal puede ser intermitente pero en caso de evacuación el sonido debe ser continuo. Su sonoridad debe ser superior a la del sonido ambiental para que todo el personal pueda oírla.

#### 5.6.3. Comunicación verbal

Se trata de un mensaje verbal predeterminado formado por frases cortas, simples y claras en las cuales se emplea voz humana (directa) o sintética (indirecta). Dicha comunicación se establece entre un locutor o emisor y los oyentes. Los oyentes deberán conocer bien el lenguaje empleado con el fin de poder comprender

correctamente el mensaje y adoptar así el comportamiento adecuado para la situación que se produzca.

#### **5.6.4. Señales olfativos**

A los gases tóxicos inodoros se les añade aditivos olorosos para poderlos detectar y en caso de fuga poderlos percibir y controlar situaciones de peligro o riesgo.

Un ejemplo de ello, es el gas butano. En si éste gas no presenta olor pero se le añade aditivos olfativos para que en caso de fuga pueda percibirse esa olor tan característica y actuar ante la fuga.

#### **5.6.5. Señales táctiles**

Este tipo de señales se basan en la sensación percibida por el tacto del receptor al tocar rugosidades presentes en recipientes que alertan de la presencia de sustancias peligrosas.

#### **5.6.6. Señales luminosos**

Este tipo de señales de seguridad transmiten información de manera visual a partir de un dispositivo formado por materiales transparentes o translucidos que son iluminados. Pueden emplearse diversos colores como rojo, amarillo o blanco, entre otros, en función del mensaje que se quiera transmitir y podrá llevar un pictograma sobre el fondo.

La luz emitida provocará un contraste luminoso apropiado sin provocar un deslumbramiento ni exceso de visibilidad.

En caso de que el dispositivo emita una señal de peligro o urgencia, cuando mayor sea el peligro o emergencia mayor será la intensidad de emisión intermitente.







#### **5.6.7. Señales gestuales**

Se trata de movimientos o disposición codificados de los brazos o manos para guiar a las personas que estén realizando maniobras que constituyan un riesgo o peligro para los trabajadores.



En la **figura 5.17** presenta ejemplos de señales gestuales que se utilizan en una planta química.

### Señales Gestuales

Gestos generales			Gestos generales		
Significado	Descripción	Ilustración	Significado	Descripción	Ilustración
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comienzo</li> <li>• Atención</li> <li>• Toma de mando</li> </ul>	Los dos brazos extendidos en horizontal, las palmas de las manos hacia delante.		Izar	Brazo derecho extendido hacia arriba, la palma de la mano derecha hacia delante, describiendo lentamente un círculo.	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alto</li> <li>• Interrupción</li> <li>• Fin de movimiento</li> </ul>	El brazo derecho extendido hacia arriba, la palma de la mano hacia delante.		Bajar	Brazo derecho extendido hacia abajo, palma de la mano derecha hacia el interior, describiendo lentamente un círculo.	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fin de las operaciones</li> </ul>	Las dos manos juntas a la altura del pecho.		Distancia	Las manos indican la distancia vertical.	

**Figura 5.17.** Señales gestuales más comunes

## 5.7. Disposiciones mínimas de seguridad y salud

El Real Decreto número 486/1997 del 14 de abril establece las disposiciones mínimas de seguridad y salud en el lugar de trabajo. La ley de prevención de riesgos laborales está regulada por éste decreto i es la norma legal que garantiza el nivel adecuado de protección de la salud de los trabajadores delante de riesgos que puedan producirse en su lugar de trabajo.

Pero quienes deben cumplir dichas normas para garantizar la seguridad de los trabajadores son los empresarios.

### Obligaciones del empresario

A partir de una serie de obligaciones atribuidas a los empresarios, éstos deben velar por la seguridad y el bienestar de sus trabajadores.

Estas obligaciones van enfocadas en tres ámbitos:

- Obligaciones generales: el empresario debe garantizar la seguridad y salud de sus trabajadores, integrar la actividad preventiva en todas las fases de la actividad empresarial, cumplir la normativa de prevención de riesgos laborales y asumir el coste de las medidas de seguridad y salud sin cargar estos costes al trabajador.
- Obligaciones respecto los trabajadores: el empresario debe informar y formar a sus trabajadores sobre los riesgos existentes en todo el centro (en concreto en su puesto de trabajo), las medidas de prevención y protección aplicadas en la empresa y a usar adecuadamente las máquinas, herramientas y dispositivos de seguridad. Además, el empresario deberá paralizar la actividad de la empresa en caso de riesgo grave e inminente así como vigilar de manera periódica la salud de los trabajadores, facilitarles los equipos y medios de protección y consultar a sus trabajadores y permitir que estos participen en materia de prevención de riesgos laborales.
- Obligaciones respecto el centro de trabajo: el empresario deberá elaborar un plan de prevención propio que comprenda la identificación, evaluación y control de los riesgos de la empresa y una planificación estricta de la actividad de prevención y protección así como adoptar las medidas en caso de emergencia. También deberá organizar los recursos para la actividad preventiva y elaborar y conservarla toda la documentación específica

Por otro lado, a los trabajadores también les corresponden unos derechos y obligaciones. En cuanto a los derechos de los trabajadores, estos vienen ligados a las obligaciones de los empresarios y es que los empleados deben ser informados y formados acerca de los riesgos presentes en su trabajo, tienen derecho a paralizar su actividad en caso de riesgo, a pasar revisiones médicas periódicamente y tienen derecho de consulta y participación dentro de la empresa.

Por otro lado, las obligaciones de los empresarios vienen dadas por su deber a respetar las normas de prevención las cuales deberán conocer ya que habrán recibido formación correspondiente previamente. Deberán usar las máquinas, herramientas y

equipos de seguridad y protección de manera adecuada así como informar a su superior o superiores en caso de que, a su entender, se produzca una situación un comporte un riesgo para la salud. Y por finalizar, deberá no solo velar por su seguridad sino también por la de sus compañeros y posibles terceras personas a la vez que deberá cooperar con el empresario para que éste pueda garantizar la seguridad y protección adecuadas a sus trabajadores.

#### **5.7.1. Obligaciones del trabajador**

Igual que los empresarios, los trabajadores también tienen unas obligaciones que deben cumplir. Dichas obligaciones están relacionadas con la seguridad, higiene y medio ambiente. A continuación se presentan todas las obligaciones que todos los trabajadores sin excepciones deben cumplir:

- 1) No se utilizará nunca ningún aparato cuyo funcionamiento no se sepa correctamente. En caso de duda, se preguntará al técnico que habitualmente trabaja con el mismo, y en presencia de él se manejará.
- 2) Los aparatos, una vez utilizados, deberán dejarse desconectados, limpios y tapados con la funda correspondiente.
- 3) El material de uso debe ser recogido y guardado por quien lo ha utilizado
- 4) Antes de manipular cualquier producto desconocido se debe informar convenientemente sobre la peligrosidad de ese producto.
- 5) Se tendrá especial interés en mantener ordenados todos los departamentos, almacenes, talleres, etc. así como el orden y limpieza en los patios exteriores de fábrica.
- 6) Queda estrictamente prohibido el uso de equipos para uso particular. Dirección podrá considerar y permitir su uso tras previa solicitud debidamente justificada.
- 7) El personal de planta deberá vestir con el uniforme facilitado, las demás personas de fábrica llevarán la bata de manga larga.

- 8) Se recomienda al personal de Administración, comercial, Laboratorio e incluso Jefes de departamento llevar corbata o, en su defecto, camisa debidamente abrochada, es decir, cuidar el porte exterior que esté en consonancia con el cargo y posición que cada uno ocupa.
- 9) Por la convivencia con todos los compañeros, cada uno deberá cuidar de su aseo personal.
- 10) En los vestuarios, cada uno guardará su ropa, incluidos bolsos y zapatos, dentro de su taquilla.
- 11) NO se permite comer, beber o preparar comidas fuera de las zonas autorizadas.
- 12) Comportamiento correcto de los empleados durante la jornada laboral. En ese sentido, las actitudes hostiles o poco educadas pueden representar una sanción disciplinaria contra el infractor.
- 13) El uso privado de Internet, incluida la escritura, recepción y envío de correo electrónico, está únicamente permitido en los descansos, pausas o cualquier otro momento fuera del horario laboral.

## **5.8. Higiene**

### **5.8.1. Limpieza**

Son muchos los accidentes laborales que se producen por golpes y caídas, entre muchos otros, debido a ambientes desordenados, sucios o indebidamente ordenados. Por ello mismo, mantener las zonas de trabajo limpias y ordenadas es algo fundamental para evitar todo tipo de situaciones que puedan desencadenar en alguna situación de riesgo y/o peligro.

Para garantizar que no se produzcan este tipo de situaciones es conveniente eliminar lo innecesario y clasificar tan solo aquello que se considere útil. Para ello es importante disponer de una buena política empresarial encaminada a conseguir y posteriormente mantener ordenados y limpios los espacios de trabajo eliminando todo aquello que no sea necesario ni útil.

Una vez realizada ésta criba, todo aquello que se haya catalogado como apto y útil será almacenado en zonas previamente acondicionadas. Pero el modo de almacenamiento será muy importante para poder localizar aquello que se desee posteriormente de la manera más rápida, fácil y segura. Aspectos como la frecuencia de uso, compatibilidad entre elementos o diseño de los mecanismos serán algunos de los aspectos, entre otros, a poder tener en cuenta para realizar esta ordenación. En éste punto también es muy importante identificar correctamente y de forma clara y concisa las zonas de almacenamiento. De éste modo, también se delimitarán los espacios lo que también es importante para garantizar un buen orden.

Por último, para que esta organización sea efectiva del todo es necesario realizar limpiezas periódicas de las zonas de almacenamiento para mantenerlas limpias y ordenadas con la finalidad de agilizar las tareas de búsqueda, optimizar al máximo el espacio del que se dispone y generar así un espacio seguro, cómodo y agradable.

### **5.8.2. Sanidad en la planta**

Más allá del orden y limpieza en las zonas de trabajo, es conveniente también llevar un control de plagas que puedan darse en la planta así como un control de posibles roedores que se encuentren en estas zonas su vivienda. Los microorganismos son también un aspecto necesario a controlar con la finalidad de erradicarlos y crear así zonas salubres para los trabajadores.

No hay que olvidar los espacios destinados a los operarios y demás trabajadores. Zonas como comedores, vestuarios, y lavabos deben presentar las condiciones óptimas y propicias de limpieza ya que es donde los trabajadores se asean después de la jornada laboral o donde acuden para tomar agua o comer.

### 5.8.3. Higiene personal

No hay que olvidar la importancia de que el trabajador respete unas normas de higiene con la finalidad de garantizar su salud así como la integridad de las tareas que realizan. Es por ello que es necesario lavarse detenidamente las manos y uñas antes y después que cualquier proceso que el trabajador realice así como el mantenimiento de unas uñas cortas evitando esmaltes y productos cosméticos. Está determinadamente prohibido acudir al puesto de trabajo con ropa de calle, es necesario usar la ropa concedida por la empresa y cambiársela diariamente. De esta manera la ropa personal no entrará en contacto con los productos nocivos de la planta. También será necesario el uso de gorras o parecido para evitar la caída de cabello sobre el producto.

### 5.9. Equipos de protección individual (EPIS)

Según el Real Decreto 773/1997 del 30 de mayo sobre las disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual, EPI, define éstos como *cualquier equipo destinado a ser llevado o sujetado por el trabajador para que le proteja de uno o varios riesgos que puedan amenazar su seguridad o su salud, así como cualquier complemento o accesorio destinado a tal fin.*

Para garantizar la protección del usuario portador de uno a varios EPIs, todo prototipo de éstos equipos debe ser sometido al examen “CE de tipo”, un organismo de control que se encarga de garantizar la eficacia del equipo según las normas vigentes. Si el equipo de protección individual supera los controles correspondientes realizados, su conformidad quedará indicada por la marca “CE” que llevará incorporada.

No obstante a la definición anterior, el Real Decreto 773/1997 exime de los equipos de protección individual los siguientes equipos:

- La ropa de trabajo corriente y los uniformes que no estén específicamente destinados a proteger la salud o la integridad física del trabajador.
- Los equipos de los servicios de socorro y salvamento.

- Los equipos de protección individual de los militares, de los policías y de las personas de los servicios de mantenimiento del orden.
- Los equipos de protección individual de los medios de transporte por carretera.
- El material de deporte.
- El material de autodefensa o de disuasión.
- Los aparatos portátiles para la detección y señalización de los riesgos y de los factores de molestia.

Los EPIs se utilizarán cuando los riesgos existentes en el lugar de trabajo no hayan podido evitarse o limitarse suficientemente a través de medios técnicos de protección y las características de éstos vendrán determinadas en función de la naturaleza y magnitud del riesgo, las condiciones ambientales del lugar y de las características del usuario. Es por ello, que los EPIs pueden dividirse en tres categorías:

- Categoría I: protegen frente a riesgos mínimos como agresiones mecánicas, productos de mantenimiento poco nocivos cuyos efectos sean fácilmente reversibles, pequeños choques y vibraciones, entre otros.
- Categoría II: aquellos equipos destinados a proteger contra riesgos de grado medio o elevado, pero no de consecuencias mortales o irreversibles.
- Categoría III: a éste grupo pertenecen aquellos equipos destinados a proteger contra riesgos mortales o irreversibles. Exclusivamente pertenecen a la categoría III los equipos de protección respiratoria filtrantes que protejan contra los aerosoles sólidos y líquidos, contra gases irritantes, peligrosos, tóxicos o radiotóxicos, los que brinden protección limitada contra las agresiones químicas o radiaciones ionizantes, los equipos de intervención en ambientes cálidos ( $\geq 100^{\circ}\text{C}$ ) o fríos ( $-50^{\circ}\text{C}$ ), los destinados a proteger contra las caídas desde determinada altura y los destinados a proteger contra los riesgos eléctricos.

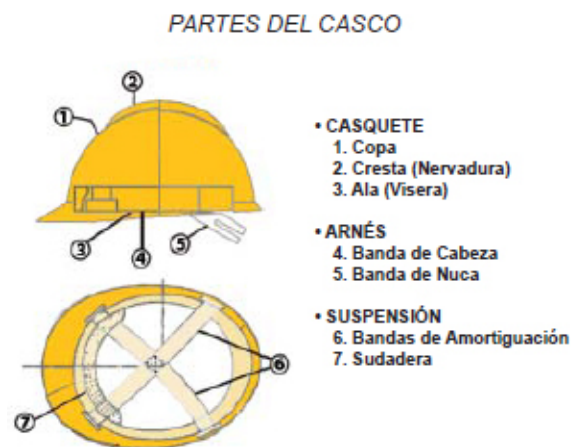
En referencia al objetivo de protección de los EPIs, éstos pueden dividirse en: equipos de protección individual parciales o equipos de protección individual integrales.

- Equipos de protección individual parciales

Estos equipos están destinados a proteger frente a riesgos localizados en zonas o partes del cuerpo específicas. Dentro de este grupo se encuentran:

- Protectores de cabeza

El casco es el equipo destinada para ésta función. Éste protege la cabeza del trabajador frente la caída de objetos, choques, aplastamientos o proyecciones. Deben cumplir las exigencias de la norma EN-397 y en función del peligro a proteger se empleará un tipo u otro de casco.

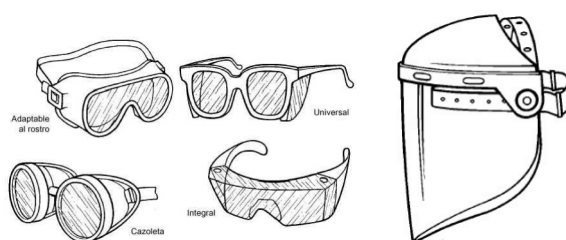


**Figura 5.18** Casco de seguridad



### · Protectores de ojos y cara

Fundamentalmente se trata de las gafas de seguridad y las máscaras faciales. Ambos equipos protegen la cara, ojos y otras zonas de la cabeza de proyecciones o radiaciones con la finalidad de evitar que éstos penetren.



**Figura 5.19** Gafas de seguridad

### · Protectores del oído

El uso de protectores auditivos debe atenuar el ruido de forma que éste disponga de una exposición óptima al ruido de igual modo a otro trabajador que no disponga de protección contra el ruido. Pertenecen a éste grupo los:

Tapones desechables o reutilizables

Orejeras

Casco anti-ruido



**Figura 5.20** Tapones de seguridad

### · Protectores de vías respiratorias

Los protectores de vías respiratorias son necesarios para proteger frente a la acción de sustancias contenidas en el aire que respira el usuario. Dichas sustancias pueden estar en forma de polvo, humo, aerosoles gases o vapores. En función de la naturaleza y el riesgo del peligro, las características del individuo y las condiciones de la industria se escogerá un tipo de protector u otro.



**Figura 5.21** Protectores vías respiratorias

### · Protectores de troco y abdomen

Estos equipos de trabajo van destinados a la protección del tronco contra movimientos bruscos y/o repetitivos con la finalidad de evitar lumbalgias producidas durante la conducción de maquinaria de obras públicas, la utilización de martillos neumáticos y compactadores o durante la manipulación manual de cargas.



**Figura 5.22** Protectores de tronco y abdomen

### · Protectores de manos y brazos

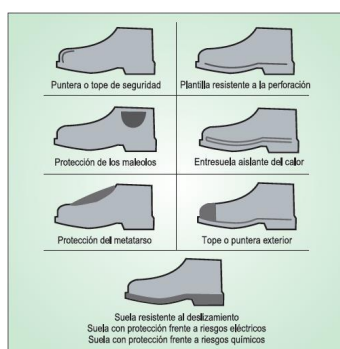
En las zonas de trabajo existen objetos y sustancias así como manipulaciones que requieren el uso de guantes para prevenir cortes, golpes, pinchazos, proyecciones o atrapamientos en las manos. En todas las empresas del sector químico se dispone de una amplia gama de guantes la elección de uno u otro dependerá de la tarea a realizar y el peligro a proteger.



**Figura 5.23** Protectores de manos y brazos

### · Protectores piernas y pies

El calzado de seguridad es el elemento de protección de las extremidades inferiores más importante ya que protege los pies de posibles proyecciones, caídas o atrapamientos. Existen muchos tipos de calzados y su elección estará determinada para la función o puesto de trabajo del usuario.



**Figura 5.24** Protectores de piernas y pies

- Equipos de protección individual integrales

Los equipos de protección individuales se caracterizan porque protegen frente a riesgos cuya actuación no tiene una localización específica. Existen tres subgrupos:

- Ropa de protección

Tiene por objetivo recubrir el cuerpo del trabajador para defenderlo frente a unos riesgos determinados, que podrán ser de origen químico, radioactivo o biológico. La ropa de protección estará hecha de un material acorde con el tipo de riesgo frente al cual protege y deberá ser proporcionada por la persona contratante. A su vez, la ropa se deberá ajustar a la persona que la vista, deberá ser de fácil limpieza y desinfección así como presentar los menos bolsillos posibles para evitar la acumulación de suciedad.

- Prendas de señalización

Son prendas reflectantes como brazaletes, cinturones o guantes entre otros empleadas en lugares poco iluminados o durante la realización de trabajos nocturnos, habitualmente en situaciones en que exista riesgo de colisión o atropello.

- Protección contra caídas de altura

Evitan o minimizan las consecuencias de caídas de trabajadores desde altura. Sujetan al trabajador a un punto de anclaje, de modo que evitan las caídas o las detienen en condiciones de seguridad. Se clasifican en:

Sistemas de sujeción: sujetan al trabajador a través de un cinturón de sujeción mientras se realiza el trabajo en altura.

Sistemas anti-caídas: están compuestos por un arnés y un componente de conexión a un punto de anclaje. En ocasiones también incorporan un elemento para amortiguar una posible caída.

Dispositivos de descenso: son equipos que permiten el descenso de una persona desde un nivel determinado hasta otro más bajo en condiciones seguras.



**Figura 5.25** Dispositivos de descenso

### **5.9.1 Norma UNE-EN-340**




En el apartado anterior se ha hecho referencia a los tipos de EPIs y el uso de ellos, pero cabe destacar la importancia de la norma UNE-EN-340 que afecta a la ropa y los guantes de protección y certifican que éstos cumplen los controles estipulados por la norma.

La ropa y los guantes de protección pueden fabricarse con una amplia variedad de materiales que, en función de sus características, proporcionarán un tipo u otro de protección. La mayoría de las normas europeas referentes a ropa y guantes de protección indican que deben ir marcados con un pictograma en forma de escudo en el interior del cual se encuentra un pictograma correspondiente al tipo de riesgo frente al cual protege. Estos pictogramas pueden ir acompañados de números o letras que representan los niveles de prestación obtenidos u otro tipo de información de acuerdo a la norma específica.

La tabla 5.6 que hay a continuación detalla el tipo de pictograma en función de la protección que ofrecen:

**Tabla 5.6** Pictograma en función de protección ofrecida

TIPO DE PROTECCIÓN	PICTOGRAMA
Contra riesgos mecánicos	
Contra riesgos químicos	
Contra agentes biológicos	
Contra contaminación radiactiva	
Contra sierras de cadena	
Contra cortes y pinchazos por cuchillos manuales	
Contra riesgo térmico	
Contra la lluvia	
Contra el frío	

Antiestática	
Anti-atrapamiento	
Guantes par bomberos	

## 5.10. Primeros auxilios

### 5.10.1. Escala de cadena de auxilio

La empresa (considerando su actividad, número de empleados, tipo de labores, factores de riesgo o siniestro, etc.) debe analizar las posibles situaciones de emergencia i determinar los recursos humanos y materiales necesarios para actuar delante de estas en coordinación con el sistema público de protección civil.

Ante una emergencia, éstos son los pasos a seguir:

- Primero: se debe estar tranquilo pero actuar como rapidez.
- Segundo: examinar rápidamente el lugar del accidente y comprobar que no hay otros peligros. En caso que los haya, eliminarlos y primero atender a los heridos más graves.
- Tercero: no mover a un herido salvo que sea necesario. Se deberá trasladar con cuidado y posteriormente comprobar su estado y proporcionarle las primeras curas.
- Cuarto: examinar correctamente al herido con el fin de comprobar si ha perdido el conocimiento, si respira, si tiene pulso, si sangra o presenta alguna fractura.

- Quinto: delante de una víctima que no responde, se debe pedir ayuda. A continuación se le deben abrir las vías respiratorias y si su respiración no es normal se deberá llamar al 112.
- Sexto: tan solo debe hacerse aquello que sea imprescindible con curas simples hasta que llegue el médico.
- Séptimo: abrigar al accidentado tapándolo con una manta o abrigo.
- Octavo: no dar comida ni bebida a una persona inconsciente ya que puede ahogarse.
- Noveno: se debe calmar y tranquilizar a la víctima diciéndole que no está sola y que se está esperando a que lleguen los servicios médicos.
- Décimo: no dejar nunca solo a un accidentado.

### 5.10.2. PAS

Los primeros auxilios son un conjunto de técnicas para atender a un herido hasta que llegue la asistencia médica profesional. Es por ello que se deben seguir y aplicar unos principios básicos y éstos son los que indican las siglas P.A.S.:

- P de proteger: se debe velar por la seguridad de las personas: hay que señalizar el lugar del accidente, eliminar posibles amenazas y tan solo desplazar al herido en caso que sea necesario manteniendo recto el eje cabeza-cuello-tronco.
- A de avisar: es necesario contactar con los servicios de emergencia y proporcionarles detalles precisos sobre el siniestro (nombre y estado de los heridos, peligros que hay presentes y el lugar exacto.)
- S de socorrer: atender al herido i valorar las constantes vitales.



### **5.10.3. Formación de socorrismo laboral**

Para garantizar la buena aplicación de los primeros auxilios es necesario formar adecuadamente al personal. Para ello, existen tres tipos de formaciones:

- Formación básica: es la formación mínima donde el socorrista debe estar capacitado para atender situaciones de emergencia médica como paradas cardiorrespiratorias, pérdidas de conocimiento, hemorragias u obstrucción de las vías respiratorias.

Es importante ir impartiendo cursos y formaciones periódicas para reciclarse y dominar las técnicas.

- Formaciones complementarias: dichas formaciones son a partir de la cuales se pretende formar al socorrista en caso de situaciones consideradas de urgencia médica como quemaduras, contusiones o fracturas, heridas o intoxicaciones entre otros.

- Formaciones específicas: como consecuencia de los riesgos existentes en la empresa, es conveniente ofrecer a los trabajadores una formación concreta y específica para que ante un riesgo o situación de peligro sepan atender a los posibles afectados. Rescates en ambientes tóxicos, incendios y explosivos entre otros son algunas de esas situaciones ante las cuales se proporciona formación

### **5.10.4. Materiales y locales de primeros auxilios**

Para ejecutar con éxito y eficiencia los primeros auxilios a los trabajadores afectados por un accidente leve o grave, es imprescindible la localización de locales de primeros auxilios o auxiliares que contenga el material de primeros auxilios necesario. Dependiendo de la probabilidad y gravedad de los posibles accidentes y las dimensiones de la planta, los locales y auxiliares de primeros auxilios se distribuirán de una forma u otra. El objetivo de la distribución es satisfacer las necesidades de la planta.

#### 5.10.4.1. Materiales de primeros auxilios

El material de primeros auxilios se pueden agrupar en dos grandes grupos: el material del botiquín portátil y el material de los locales.

- Botiquín: se deben cumplir una serie de características: deben contener solamente el material de primeros auxilios, el contenido debe de estar ordenado, se debe repostar el material utilizado (verificando en todo momento la data de caducidad) y el contenido debe ser el suficiente para satisfacer las necesidades de auxilio.

En su interior debe contener, como mínimo: tijeras, pizas, esterilizantes adhesivos (20 unidades), 2 parches oculares, 6 unidades de vendas, gasas esterilizadas, esparadrapo, guantes, manta termoaislante, y mascarilla de reanimación cardiopulmonar.

- Locales de primeros auxilios: lógicamente, en estos locales deben de estar equipados con todo el inmobiliario necesario para poder atender a los trabajadores accidentados. A parte del botiquín (con todos los materiales mencionados anteriormente como mínimo), los locales de primeros auxilios deben contener literas para los pacientes y fuentes de agua potable como mínimo.

#### 5.10.4.2. Locales de primeros auxilios

Según el RD 486/97, toda empresa/fábrica con más de 25 o 50 trabajadores (dependiendo de la peligrosidad del trabajo) nueva o con ampliaciones está obligado de disponer de un local específico para primeros auxilios accesible en las zonas más peligrosas de la empresa/fábrica. De acuerdo con el apartado 3.5 del anexo III de dicho real decreto, todo el material y local de primeros auxilios debe de estar claramente señalizado. En la **figura 5.15** se muestra las señalizaciones más comunes (**Apartado 5.6.2.4**).

#### **5.10.5. Primeros auxilios asociados a las sustancias de la planta**

A continuación se muestran las acciones de primeros auxilios que se deben tomar en caso de accidente con las sustancias que se encuentran en la planta. En el **apartado 5.15.1** se encuentran las fichas de seguridad de las sustancias con dicha información sintetizada.

#### 5.10.5.1. Benceno

- Inhalación: Transportar a la víctima a un área bien ventilada. Si no respira, proporcionar respiración artificial y oxígeno. Mantenerla abrigada y en reposo.
- Ingestión: Lavar la boca sin tragar el agua. Diluir el benceno ingerido con agua, sin inducir al vómito.
- Contacto con la piel: Eliminar la ropa contaminada, si es necesario y lavar la zona afectada con agua y jabón.
- Contacto con los ojos: Lavar inmediatamente con agua o disolución salina, asegurándose de abrir los párpados.

En todos los casos de exposición, el paciente debe ser transportado al hospital tan pronto como sea posible.

#### 5.10.5.2. Cloro

- Inhalación: Retirar a la víctima a un área no contaminada llevando colocado el equipo de respiración autónoma. Mantener a la víctima caliente y en reposo. Llamar al doctor. Aplicar la respiración artificial si se para la respiración.
- Contacto con los ojos: Enjuagar el ojo con agua inmediatamente. Quitar las lentes de contacto, si lleva y resulta fácil. Seguir aclarando. Lavar abundantemente con agua al menos durante 15 minutos. Recibir asistencia médica de inmediato. Si la asistencia médica no está disponible de inmediato, lavar con abundante agua durante 15 minutos más.
- Contacto con la piel: El contacto con un líquido que está evaporándose puede causar quemaduras por frío o congelación de la piel. Enjuague inmediatamente la piel con abundante agua durante por lo menos 15 minutos y quite la ropa y los zapatos contaminados. Conseguir atención médica.
- Ingestión: La ingestión no está considerada como una vía potencial de exposición.
- Indicaciones especiales: Puede ser letal por ingestión. El contacto con gas licuado puede causar lesiones (deterioro por congelación) debido a un enfriamiento rápido por evaporación. Irrita los ojos, la piel y las vías respiratorias.

Tratar con un spray de corticoides tan pronto como sea posible después de la inhalación. Descongelar las partes de heladas de agua tibia. No frotar la zona afectada. Consultar con un médico inmediatamente.

#### 5.10.5.3. Clorobenceno

- Inhalación: Retirarse al aire fresco. Si la persona no respira, dar respiración artificial. Si la respiración fuera difícil, dar oxígeno. Conseguir atención médica.
- Ingestión: Dar grandes cantidades de agua. Nunca administrar nada por la boca a una persona inconsciente. Buscar atención médica.
- Contacto con la piel: Lavar la piel inmediatamente con jabón y agua abundante por lo menos 15 minutos, mientras se quita la ropa y los zapatos contaminados. Buscar atención médica. Lavar la ropa antes de usarla de nuevo. Limpiar los zapatos completamente antes de usarlos de nuevo.

Contacto con los ojos: Lavar los ojos inmediatamente con abundante agua, por lo menos 15 minutos, elevando los párpados superior e inferior ocasionalmente. Buscar atención médica inmediatamente.

#### 5.10.5.4. Diclorobenceno

- Inhalación: Retirarse al aire fresco, reposar. Proporcionar asistencia médica.
- Ingestión: Dar de beber agua abundante. Proporcionar asistencia médica.
- Contacto con la piel: Quitar inmediatamente las ropas contaminadas. Aclarar y lavar la piel con agua y jabón.
- Contacto con los ojos: Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica.

#### 5.10.5.5. Hidróxido sódico acuoso

- Inhalación: Retirar del área de exposición hacia una bien ventilada. Si el accidentado se encuentra inconsciente, no dar a beber nada, dar respiración artificial y rehabilitación cardiopulmonar. Si se encuentra consciente, levantarlo o sentarlo lentamente, suministrar oxígeno, si es necesario.
- Contacto con los ojos: Lavar con abundante agua corriente, asegurándose de levantar los párpados, hasta eliminación total del producto.
- Contacto con la piel: Quitar la ropa contaminada inmediatamente. Lavar el área afectada con abundante agua corriente.
- Ingestión: No provocar vómito. Si el accidentado se encuentra inconsciente, tratar como en el caso de inhalación. Si está consciente, dar a beber una cucharada de agua inmediatamente y después, cada 10 minutos.

En todos los casos de exposición, el paciente debe ser transportado al hospital tan pronto como sea posible.

#### 5.10.5.6. Cloruro férrico

- Inhalación: Sacar a la víctima al aire fresco. Si no respira, dar respiración artificial. Si la respiración es difícil, dar oxígeno. Obtener atención médica inmediatamente.
- Ingestión: Si se ingiere, NO inducir el vómito. Dé grandes cantidades de agua. No dar nada por la boca a una persona inconsciente. Obtener atención médica inmediatamente.
- Contacto con los ojos: Lavar los ojos inmediatamente con abundante agua durante al menos 15 minutos, elevando los párpados superior e inferior ocasionalmente para asegurar la remoción del químico. Obtener atención médica inmediatamente.
- Contacto con la piel: Lavar la piel inmediatamente con abundante agua durante al menos 15 minutos mientras se quita la ropa y zapatos contaminados. Obtener atención médica inmediatamente. Lave la ropa antes de usarla nuevamente. Limpie completamente los zapatos antes de volver a usarlos.

#### 5.10.5.7. Ácido clorhídrico 32%wt

- Indicaciones generales: El personal de primeros auxilios debe usar equipo respiratorio autónomo así como ropa, guantes y calzado adecuado. En caso de proyección en los ojos y la cara, tratar los ojos con prioridad. En cualquiera de los casos avisar al médico y trasladar urgentemente al afectado a un centro hospitalario, pues se pueden presentar graves complicaciones con efecto retardado.
- Ingestión: No inducir al vomito. Si la persona está consciente y no tiene convulsiones, enjuagar la boca con agua y darle de beber manteniéndolo abrigado. Si esta inconsciente o tiene convulsiones recostarlo y mantenerlo en reposo y abrigado y no dar de beber ni comer. Acudir inmediatamente al médico. Evitar el lavado gástrico (riesgo de perforación). Oxigenación por intubación intratraqueal.
- Inhalación: Retirar al afectado de la zona contaminada llevándolo a un lugar ventilado, abrigado, tendido y en reposo. Si no respira, realizar la respiración artificial. Si respira con dificultad, aplicar oxígeno. Acudir al médico inmediatamente. Reanimación respiratoria. Prevención o tratamiento del edema pulmonar. Reposo completo.
- Contacto con los ojos: Lavado inmediato y abundante con agua corriente (al menos durante 30 minutos). Use soluciones oftálmicas tópicas en caso de dificultad para abrir los párpados. Consultar con un oftalmólogo.
- Contacto con la piel: Lavar inmediatamente la zona afectada con mucha agua durante 15 minutos como mínimo mientras se quita la ropa contaminada y el calzado. Acudir de inmediato al médico. Tratamiento clásico de las quemaduras.

### **5.11. Protección contra incendios**

El Reglamento de seguridad contra incendios está aprobado por Real Decreto 2267/2004 del 3 de Diciembre y las medidas contra incendios implementadas en la planta de producción de clorobenceno se han realizado acorde a lo estipulado en el Real Decreto.

El fuego se define como la manifestación de una oxidación rápida con elevación de la temperatura y emisión de luz. El oxígeno, elemento electronegativo, es generalmente el agente oxidante con una gran afinidad por la mayoría de las materias orgánicas. El resultado es una reacción exotérmica. El combustible actúa como agente reductor en esa reacción, y puede ser cualquier material con posibilidad de ser oxidado.

Según esta posibilidad, la velocidad de reacción varía, por lo cual podemos clasificar:

- Si la reacción es lenta hablamos de oxidación.
- Si la reacción es rápida se trata de una combustión.
- Si la reacción es muy rápida es una deflagración.
- Si la reacción es instantánea se trata de una explosión.

Las materias en estado normal para que actúen como reductores (Combustibles) necesitan que se les aporte una cantidad determinada de energía para liberar sus electrones y compartirlos con los más próximos de oxígeno. Éste fenómeno se conoce como “energía de activación” y se proporciona desde el exterior por un foco de ignición (calor)

Al ser reacción exotérmica, esta energía propia es suficiente para liberar más electrones, originándose así una reacción en cadena, propagándose así el fuego.

#### **5.11.1. Clasificación incendios**

Antes de hacer referencia a las clases de incendios y sus características es necesario establecer las diferencias entre fuego e incendio.

Así podemos definir que, incendio es el accidente (efecto no deseado) producido por el riesgo de fuego (causa).

En referencia a los incendios y la clasificación de éstos, hay seis clases diferentes: A, B, C, D, E y K. A continuación, se detallaran las características principales de cada una de dichas clases:

- **Fuegos de clase “A”:** Producidos o generados por combustibles sólidos, tales como madera, carbón, paja, tejidos y, en general, materiales carbonáceos. Retienen el oxígeno en su interior formando brasas, caracterizándose como los llamados fuegos profundos.
- **Fuegos de clase “B”:** Producidos o generados por combustibles líquidos, como gasolina, petróleo, gas-oil, grasas, mantecas, aceites, alquitrán, keroseno, etc. Solo arden en su superficie que está en contacto con el oxígeno del aire.
- **Fuegos de clase “C”:** Producidos o generados por sustancias gaseosas, como propano, butano, metano, hexano, gas ciudad, gas de hulla, etc.
- **Fuegos de clase “D”:** Producidos o generados por metales combustibles, tales como magnesio, uranio, aluminio en polvo, etc. El tratamiento para extinguir estos fuegos debe ser minuciosamente estudiado, pero con seguridad pueden utilizarse arenas secas muy finas.
- **Fuegos de clase “E”:** En realidad no es ninguna clase específica de fuego, ya que en este grupo quedan incluidos cualquier combustible que arde en presencia de cables o equipos eléctricos bajo tensión. Si ésta no existiera, el combustible, aunque correspondiera a elementos de una instalación eléctrica, definiría la clase de fuego (generalmente pasa a ser la “A”).



### 5.11.2. Clasificación de las áreas según riesgo de incendio

La clasificación de las áreas según el riesgo de incendios de la planta de producción de clorobenceno se ha realizado siguiendo el Real Decreto 2267/2004.

La clasificación de las áreas se establece en función del peligro que presenten según:

- La configuración y ubicación de éstas en el entorno.
- Su nivel de riesgo intrínseco.

#### 5.11.2.1. Peligro de las áreas según configuración y ubicación

De acuerdo a lo que dispone el Real Decreto 2267/2004, la configuración de los establecimientos industriales se puede reducir a dos tipos: ubicados dentro de un edificio o al aire libre. Se entiende por establecimiento industrial al conjunto de edificios, edificio, zona de éste, instalación o espacio abierto de uso industrial o almacén.

#### Establecimientos industriales ubicados en un edificio

Los edificios industriales ubicados en un edificio pueden ser de tres tipos: A, B o C.

- Tipo A: El establecimiento industrial ocupa parcialmente un edificio que tiene, además, otros establecimientos, ya sean estos de uso industrial ya de otros usos.

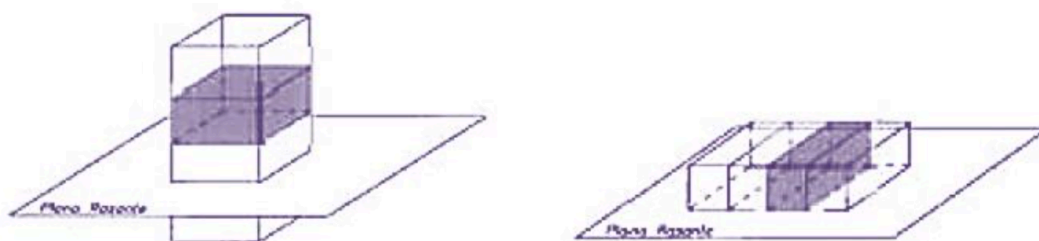
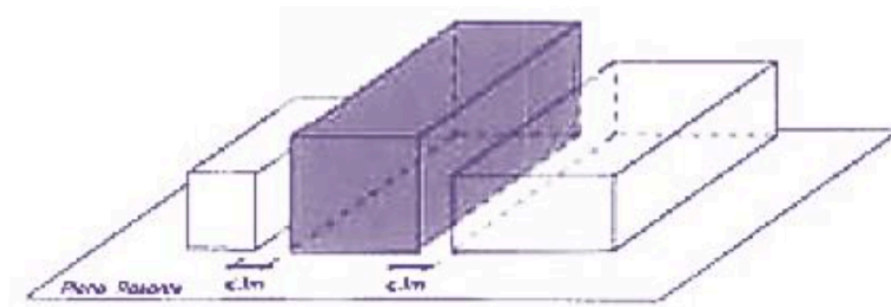


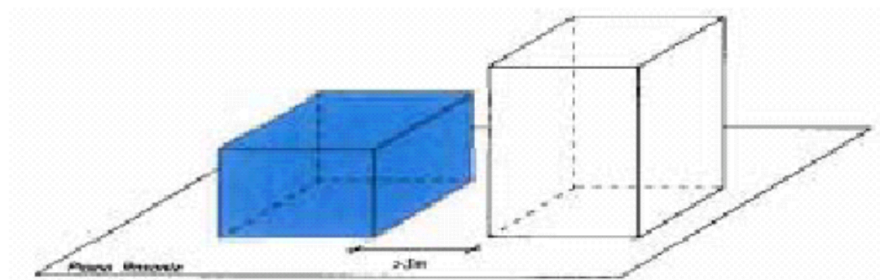
Figura 5.26 Edificio tipo A

- Tipo B: El establecimiento industrial ocupa totalmente un edificio que está adosado a otro u otros edificios, o a una distancia igual o inferior a tres metros de otro u otros edificios, de otro establecimiento, ya sean estos de uso industrial o bien de otros usos.



**Figura 5.27** Edificio tipo B

- **Tipo C:** El establecimiento industrial ocupa totalmente un edificio, o varios, en su caso, que está a una distancia mayor de tres metros del edificio más próximo de otros establecimientos. Dicha distancia deberá estar libre de mercancías combustibles o elementos intermedios susceptibles de propagar el incendio.



**Figura 5.28** Edificio tipo C

### Establecimientos industriales ubicados al aire libre

Los edificios industriales ubicados al aire libre pueden ser de dos tipos: D y E.

- **Tipo D:** El establecimiento industrial ocupa un espacio abierto, que puede estar totalmente cubierto, alguna de cuyas fachadas carece totalmente de cerramiento lateral.

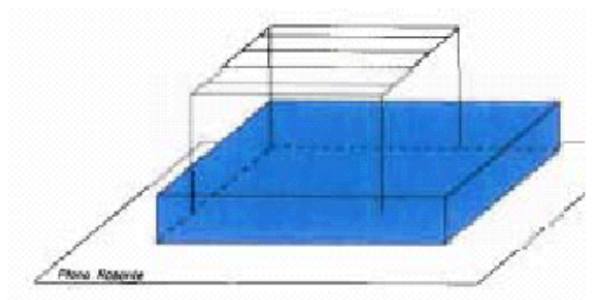


Figura 5.29 Edificio tipo D

- Tipo E: El establecimiento industrial ocupa un espacio abierto que puede estar parcialmente cubierto (hasta un 50 por ciento de su superficie), alguna de sus fachadas en la parte cubierta carece totalmente de cerramiento lateral.

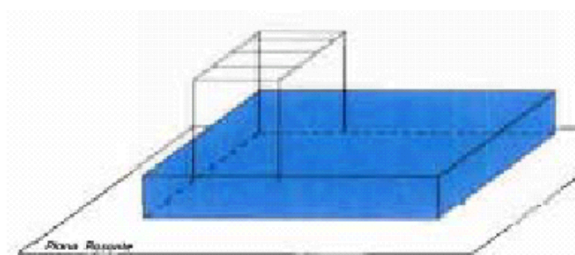


Figura 5.30 Edificio tipo E

#### 5.3.1.1. Peligro de las áreas según configuración y ubicación

El nivel de riesgo intrínseco de cada sector o área de incendio se evaluará calculando la densidad de carga de fuego, ponderada y corregida, de dicho sector o área de incendio a partir de la siguiente expresión:

$$Q_s = \frac{\sum_i G_i q_i C_i}{A} R_a \left( \frac{MJ}{m^2} \right) \text{ o } \left( \frac{Mcal}{m^2} \right)$$

Dónde:  $Q_s$  es densidad de carga de fuego, ponderada y corregida, del sector o área de incendio [ $MJ/m^2$  o  $Mcal/m^2$ ],  $G_i$  es la masa, en kg, de cada uno de los combustibles (i) que existen en el sector o área de incendio (incluidos los materiales constructivos combustibles),  $q_i$  es el poder calorífico, en MJ/kg o Mcal/kg, de cada uno de los combustibles (i) que existen en el sector de incendio,  $C_i$  = coeficiente adimensional que

pondera el grado de peligrosidad (por la combustibilidad) de cada uno de los combustibles (i) que existen en el sector de incendio,  $R_a$  =coeficiente adimensional que corrige el grado de peligrosidad (por la activación) inherente a la actividad industrial que se desarrolla en el sector de incendio, producción, montaje, transformación, reparación, almacenamiento, etc. y A es la superficie construida del sector de incendio o superficie ocupada del área de incendio, en  $m^2$ .

Cuando existen varias actividades en el mismo sector, se tomará como factor de riesgo de activación ( $R_a$ ) el inherente a la actividad de mayor riesgo de activación, siempre que dicha actividad ocupe al menos el 10 por ciento de la superficie del sector o área de incendio.

En la **tabla 5.7.** muestra el nivel de riesgo intrínseco del sector o área de incendio del edificio o edificios industriales.

**Tabla 5.7.** Nivel de riesgo intrínseco del incendio

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

### 5.11.3. Triángulo y tetraedro del fuego

El fuego no puede existir sin la conjunción simultánea de tres factores:

- Combustible: cualquier materia capaz de arder. Pueden ser sólidos (madera, papel o algodón), líquidos (gasolina, queroseno o disolventes), gaseosos (butano, metano, hidrógeno, etc.) o metales (magnesio, titanio, litio, etc.)
- Comburente: sustancia que en combinación con el combustible favorece o permite la combustión. El más común es el oxígeno presente en el aire y que se encuentra en una proporción aproximada del 21%. También puede ser otros que actúen como tal en ausencia de oxígeno, como pueden ser el clorato potásico o el nitrato de potasio.
- Calor: es la energía mínima necesaria para iniciar un proceso de reacción química.

A cada uno de estos elementos se les suele representar geométricamente en cada lado del triángulo. El fuego dejaría de existir si le faltara uno de ellos.



**Figura 5.31.** Triángulo del fuego

Pero para que se mantenga la combustión es necesario un cuarto elemento, la reacción en cadena. La reacción en cadena es producida por los radicales químicos libres de los componentes de la reacción que se liberan por la acción de la temperatura sobre el combustible, y que favorecen la propagación del proceso.

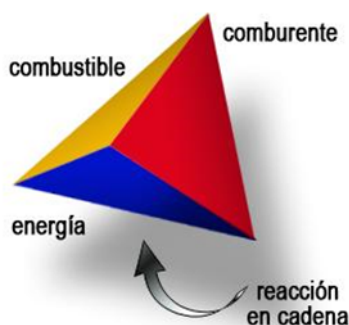
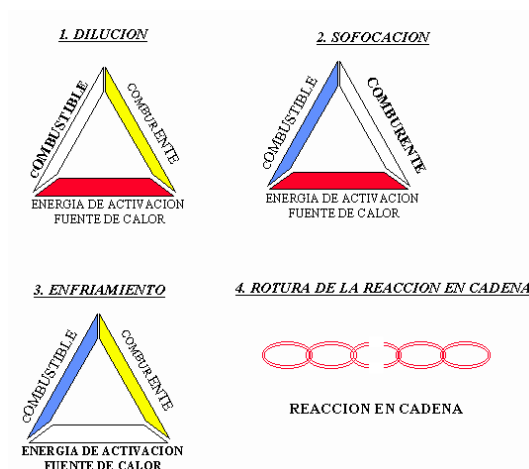


Figura 5.32 Tetraedro del fuego

#### 5.11.4. Acciones de extinción

Como bien se ha dicho antes, si alguno de los elementos fundamentales para que existiese el fuego desapareciese éste no existiría. Por lo tanto, en función del elemento que desaparezca, así como la interrupción o rotura de la reacción en cadena aparecerán distintas acciones o formas de extinción de un incendio.

- Dilución: cuando el combustible desaparece del tetraedro. Teóricamente es el método más eficaz y directo de extinción, pero en la práctica raramente se aplica por su complejidad.
- Sofoación: cuando el comburente desaparece del tetraedro. Se consigue desplazando el oxígeno por medio de una determinada concentración de gas inerte, o bien cubriendo la superficie en llamas con agua con sustancia o elemento incombustible, lo que se conoce con el nombre de cubrición.
- Enfriamiento: cuando la fuente de calor desaparece del tetraedro. Esto es posible si se elimina el calor disminuyendo la temperatura de ignición del combustible lanzando agua adecuadamente sobre las superficies calientes.
- Rotura de la reacción en cadena: cuando la reacción en cadena es interrumpida o se rompe por medio de compuestos químicos que reaccionan con los distintos componentes de los vapores combustibles neutralizándolos.



**Figura 5.33.** Acciones principales de extinción del fuego

### 5.11.5. Fuentes y causas de fuego y explosión en la planta

#### 5.11.5.1. Fuentes combustibles

Cualquier cosa que pueda quemarse es un combustible potencial para un incendio o, en algunos casos, una explosión en la planta de clorobenceno. Estos incluyen:

- Papel (incluyendo los documentos almacenados).
- Cartón (incluyendo el envasado).
- Plásticos (incluidos los medios eléctricos, placas de rayos X, envases, etc.).
- Otros materiales o elementos almacenados.
- Madera.
- Diésel.
- Aceites minerales y grasas.
- Basura y otros materiales de deshecho.
- Gases embotellados. Por ejemplo, acetileno o propano.

#### 5.11.5.2. Fuentes de ignición

Una fuente de ignición es algo que tiene el potencial para llegar lo suficientemente caliente como para encender un material, sustancia o atmosfera en el lugar de trabajo de la planta de clorobenceno. Estas fuentes de calor pueden incluir:

- Equipamiento y maquinaria eléctrica y mecánica.
- Chispas eléctricas y superficies calientes de los aparatos eléctricos y sistemas de distribución.
- Cortocircuitos y falladas de toma a tierra de aparatos eléctricos y de sistemas de distribución.
- Motores de combustión interna (sistemas de escape, las entradas de aire caliente y/o superficies).
- La fricción, por ejemplo, de los frenos de un vehículo.
- Fuentes naturales, por ejemplo, las descargas electroestáticas y relámpagos.
- El trabajo en caliente (combustión, soldadura y molienda).
- Materiales de los fumadores, por ejemplo, cigarrillos, encendedores y cerillas.

En 1988 se hizo un estudio sobre 668 incendios y explosiones en la industria química de los E.E.U.U. En la **tabla 5.8** se muestra el resultado de dicho estudio.



**Tabla 5.8.** Porcentaje de las causas principales de los incendios y explosiones

CAUSAS	PORCENTAJE
Llamas abiertas	39,1%
Trabajo caliente	18%
Corriente eléctrica	10,5%
Superficies calientes	7,2%
Relacionado con fumar	5,7%
Fricción	5,4%
Combustión espontanea	3,9%
Auto-ignición	3,7%
Partículas calientes	3%
Electricidad estática	2,8%
Otras	0,7%

#### 5.11.5.3. Fuentes de oxígeno

La principal fuente de oxígeno para un incendio o explosión en general es el que se encuentra en el aire. Es importante disponer de un sistema de ventilación que atraiga aire alrededor de los funcionamientos.

- Gases: oxígeno, flúor, cloro.
- Líquidos: peróxido de hidrógeno, ácido nítrico, ácido perclórico.
- Sólidos: peróxidos de metales, nitrito de amonio.

### 5.11.3. Detectores de incendios

La detección de un incendio se puede realizar por:

- Detección humana.
- Una instalación de detección automática.
- Sistemas mixtos.

El sistema de detección de incendio vendrá determinada por:

- Las pérdidas humanas o materiales en juego.
- La posibilidad de vigilancia constante y total por personas.
- La rapidez requerida.
- La fiabilidad requerida.
- Su coherencia con el resto del plan de emergencia.
- El coste económico.

Hay ocasiones en que los factores de decisión están limitados ya que puede ser un lugar donde raramente entran personas o un lugar inaccesible. En esos casos la detección humana queda descartada y por tanto la detección del incendio queda limitada a instalar detección automática o no disponer de detección.

#### 5.11.3.1. Detección humana

La detección de tipo humana recae sobre las personas. Durante el día, si hay presencia continuada y suficiente de personas, la detección del incendio será rápida y quedará asegurada en todas aquellas zonas o áreas que sean visibles. Durante la noche, la tarea de detección se confía al servicio de vigilante(s) mediante rondas estratégicas cada cierto tiempo.

### 5.11.3.2. Detección automática

La detección automática de incendios permite la localización del incendio, así como la puesta en marcha de manera instantánea de aquellas secuencias del plan de alarma incorporadas a la central de detección.

En general, la rapidez de detección automática es superior a la detección humana a la vez que éste tipo de detecciones permiten controlar y detectar fuego en zonas inaccesibles para las personas.

Algunos tipos de detectores automáticos de incendio son:

- Detectores automáticos: elementos que detectan el fuego a través de alguno de los fenómenos que le acompañan: gases, humos, radiación o temperatura.
  - Gases: pueden ser visibles o invisibles. Cuando los gases de combustión modifican la corriente de la cámara donde se produce el incendio se establece una variación de tensión entre cámaras que da la señal de alarma.
  - Humos: se basan en la absorción de luz de los humos derivados de la combustión durante el fuego en la cámara de medida del aparato (oscurecimiento), o también en la difusión de luz por los humos (efecto Tyridall).
  - Radiaciones: detectan las radiaciones infrarrojas o ultravioletas que acompañan a las llamas. Contienen filtros ópticos, célula captadora y equipo electrónico que amplifica las señales. Son de construcción muy complicada. Requieren mantenimiento similar a los detectores de humos.
  - Temperatura: hay dos tipos de detección automática de incendios por temperatura: la fija y la termovelocimétrica.

Los de temperatura fija son los más antiguos y actúan cuando el detector alcanza una determinada temperatura mientras que los de

temperatura termovelocimétrica miden la velocidad de crecimiento de la temperatura.

- Pulsadores manuales: los pulsadores de incendios manuales se emplean para activar de forma manual las alarmas en caso de riesgo de incendio.
- Central de señalización y mando a distancia: unidad electrónica que monitorea dispositivos de detección de incendio y activa los dispositivos de notificación de alarma apropiados y otros dispositivos auxiliares acorde con las instrucciones programadas previamente.
- Líneas

Aparatos auxiliares: alarma general, teléfono directo a bomberos, accionamiento sistemas extinción, etc.

#### **5.11.4. Agentes extintores**

Una vez explicada la anatomía del fuego, las clases de fuego según el tipo de combustible y las diversas formas de extinción, será más fácil la elección del agente extintor a utilizar, lógicamente conociendo previamente los efectos de éstos sobre el fuego y sus propiedades.

##### 5.11.4.1. Agua

Es el agente extintor más barato, más abundante y de más fácil manejo, además del más utilizado. Los efectos de extinción contra el fuego son:

- Por impacto de masa líquida sobre las llamas, pudiendo llegar incluso a cortarlas o separarlas del combustible.
- Por enfriamiento. Dado el elevado calor específico del agua ésta puede absorber calor de la combustión hasta vaporizarse.
- Por sofocación, producida por la atmósfera inerte formada por vapores del combustible unidos al oxígeno del aire.

Sus aplicaciones son diversas, y dependen de la forma de lanzarla sobre el incendio, bien sea a chorro o pulverizada.

#### 5.11.4.2. Espuma

La espuma se utiliza como agente extintor en forma de una masa de burbujas unidas entre sí por un estabilizador mezclado con agua que se aplica sobre la superficie del combustible en llamas, aislándole así del contacto con el oxígeno de aire y extinguiendo el fuego por sofocación.

Dependiendo de cómo se genera la espuma diferenciamos dos clases:

- Espuma química: en desuso tanto por su difícil manejo como por los componentes nocivos a partir de los cuales está formada, solución de sal alcalina.
- Espuma física: está formada al mezclar en agua una proporción de entre un 3% a un 6%, un concentrado líquido espumante, llamado espumógeno.

#### 5.11.4.3. Polvo químico seco

Es un agente extintor formado por sustancias químicas sólidas finamente divididas. Debe tener una gran fluidez para ser lanzado hacia el fuego y además deberá carecer de humedad para que forme grumos o bloques. Está formada por seis sales amónicas. El mecanismo del polvo seco es romper la cadena de reacción de fuego reduciendo el calor y el oxígeno. Hay que tener en cuenta que normalmente los polvos químicos secos no son compatibles con las espumas, por lo que no se deberían utilizar simultáneamente sin una comprobación previa.

#### 5.11.4.4. Anhídrido carbónico o CO<sub>2</sub>

Agentes extintores con un gran poder de extinción sobre fuegos superficiales. Es muy eficaz cuando se desea sofocar un fuego producido sobre equipos o cables eléctricos bajo tensión, ya que no son conductores. Los gases o vapores extintores son más pesados que el aire y apagan el fuego por sofocación desplazando el oxígeno del aire.

En la **tabla 5.9** muestra el agente extintor más adecuado en función del fuego:

**Tabla 5.9.** Elección del extintor

EXTINTOR	CLASE A	CLASE B	CLASE C	CLASE D	Clase E
<b>Agua pulverizada</b>	Muy adecuado	Aceptable	Nulo	Nulo	Nulo (peligroso)
<b>Agua a chorro</b>	Adecuado	Nulo	Nulo	Nulo	Nulo (muy peligroso)
<b>Espuma física</b>	Adecuado	Adecuado Evitar uso en líquidos solubles en agua.	Nulo	Nulo	Nulo (peligroso)
<b>Polvo seco normal</b>	Aceptable, para fuegos pequeños	Bueno	Bueno	Nulo	Bueno
<b>Polvo seco polivalente</b>	Aceptable	Nulo	Nulo	Bueno	Tensiones inferiores a 1000 V
<b>Anhídrido carbónico CO<sub>2</sub></b>	Aceptable, para fuegos pequeños	Aceptable, para fuegos pequeños	Nulo	Nulo	Aceptable

#### 5.11.5. Protección activa contra incendios

La protección activa contra incendios es el conjunto de medios, equipos y sistemas instalados para alertar sobre un incendio e impedir que éste se propague evitando las pérdidas y daños producidos por el fuego. Los sistemas de protección activa incluyen:

- Sistemas de detección y alarmas de incendio: está formado por elementos capaces de detectar el incendio sin intervención humana emitiendo una señal que activa la alarma para que los ocupantes de las instalaciones tengan tiempo de evacuar y evitar así daños personales.
- Extintores: herramienta para poder combatir un incendio en su inicio. Con ellos podemos evitar que un fuego se propague y se transforme en un incendio peligroso.

· Bocas de incendio equipadas (B.I.E): instalación semifija de extinción de incendios que utiliza agua de la red de abastecimiento como agente extintor. Las bocas de incendio más utilizadas suelen ser las BIE de 25 y 45mm. Las características más destacadas de cada tipo de estos equipos contra incendios son las siguientes:

- BIE-25 (25 mm): Se trata de mangueras de 1" que se encuentran enrolladas. La manguera es redonda y tiene una longitud aproximada de entre 15-25 m. Este equipo proporciona aproximadamente 1,6 l/s (6 m<sup>3</sup>/h).
- BIE-45 (45 mm): Esta manguera es de tela y se encuentra plegada. Su diámetro es de 1 1/2" y para utilizarla se tiene que extender unos 20 m. Proporciona un caudal de aproximadamente 3,3 l/s (m<sup>3</sup>/h).

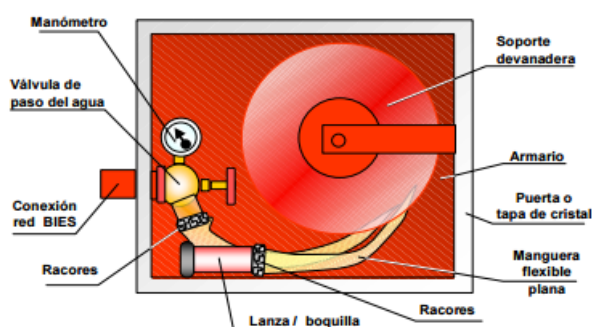


Figura 5.34. Bocas de incendio equipadas

· Hidrantes: equipo que suministra gran cantidad de agua en poco tiempo. Permite la conexión de mangueras y equipos de lucha contra incendios, así como el llenado de las cisternas de agua de los bomberos. Hay dos tipos:

- Hidrantes de columna seca: el hidrante se vacía automáticamente tras su utilización, protegiéndolo de daños por heladas. Incorpora un sistema anti rotura, que asegura la estanqueidad en caso de rotura por impacto.
- Hidrante de columna húmeda: Tiene válvulas individuales, que permiten el uso independiente de cada una de las bocas contra incendios.



Figura 5.35. Hidrantes

· Sistemas fijos de extinción: formado por sistemas de extinción por polvo, rociadores de agua, agua pulverizada, extinción por espuma y extintores gaseosos. Estos sistemas funcionan detectando determinadas temperaturas o con la presencia de humo liberando así, dependiendo del sistema, agua a presión espuma o gases.

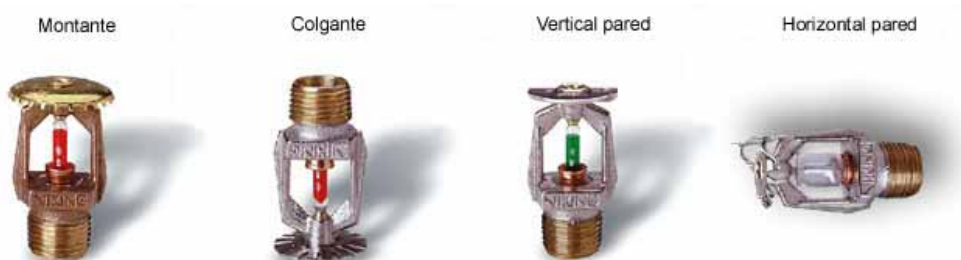


Figura 5.36. Sistemas fijos de extinción

· Sistemas de abastecimiento de agua contra incendio: tienen como objetivo asegurar, en caso de emergencia, que el sistema va a funcionar con el caudal y presión requerido mientras duren las operaciones de lucha contra el fuego.

· Racores, lanzas y mangueras: dispositivos empleados a la hora de combatir el fuego.





**Figura 5.37.** Manguera y accesorios

- Sistemas especiales: Los sistemas especiales de detección de incendios pueden acoplarse a los sistemas de detección existentes. Su tecnología hace que se consideren especiales. Algunos ejemplos son: sistema de cámara de niebla, detector lineal de humos o detector de llama entre otros.
- Equipos y accesorios de defensa contra incendios: incluye vestuario, equipos de respiración autónoma (E.R.A.), sistemas de simulación de incendio y equipos de alta presión.
- Sistemas de evacuación por voz: alarma por mensajes con instrucciones que contribuyen a mantener la calma y a desalojar un edificio de forma ordenada y rápida en caso de emergencia.

#### **5.11.6. Acción pasiva contra incendios**

La protección pasiva contra incendios es el conjunto de medios, elementos y características físicas que debe reunir el edificio o recinto a proteger, pendientes a evitar las pérdidas y daños producidos por el fuego, impidiendo que éste se propague y ponga en peligro la vida de las personas y bienes. Los sistemas de protección activa incluyen:

- Sistemas de protección pasiva:
  - Pinturas intumescentes: al entrar en contacto con el fuego, esta pintura se hincha y se carboniza, formando una barrera aislante que protege la estructura.

- Ignifugación de las zonas: instalar todos los elementos necesarios en un edificio para que éste no arda.
- Recubrimientos proyectados y de placas: recubrimientos con un material inerte al fuego y con alto coeficiente de aislamiento térmico.
- Soluciones de protección pasiva: sectorizar el espacio con la finalidad de delimitar un área concreta de otras zonas mediante elementos constructivos resistentes al fuego, en el interior de la cual se puede confinar el incendio para que no se pueda propagar a otra parte de la construcción.
- Puertas y cortinas cortafuego: Las puertas y cortinas cortafuegos impiden que las llamas avancen e impedir así que el incendio se propague.



**Figura 5.38.** Puertas y cortinas cortafuego

- Señalización: incluye las señales de seguridad (advertencia, prohibición y obligación) para extinción y evacuación en caso de incendio, así como los balizamientos de suelos, paredes y escaleras.



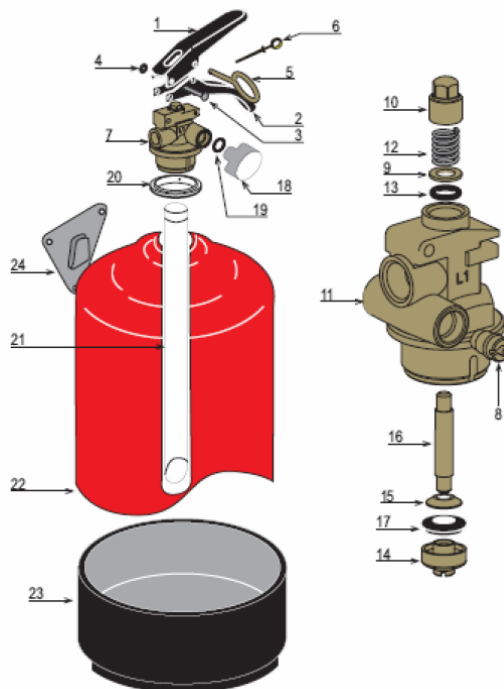
**Figura 5.39.** Señales de equipos contra fuegos

### 5.11.7. Protección con extintores

De acuerdo con el Real Decreto, se instalará un extintor como mínimo cada 200 m<sup>2</sup>. Así se ha considerado para realizar el diagrama contra incendios de esta planta.

Los extintores no superaran los 15m de distancia entre ellos, y están repartidos al largo de la planta de manera que su localización y accesibilidad sea fácil. En las áreas donde haya transformadores eléctricos, se utilizarán extintores de dióxido de carbono de 5 kg cada uno, ya que no malmeten los equipos i no son conductores de la electricidad. Por a la resta de las áreas, se colocarán extintores de polvo y espuma, según los componentes que se encuentren.

Estos dispositivos están formados por las siguientes partes (**figura 5.40**):



**Figura 5.40.** Partes de un extintor

1.- Maneta superior	5.- Anilla de seguridad
2.- Maneta inferior	6.- Precinto
3.- Remache semitubular	7.- Válvula
4.- Aranlock sin tapa	8.- Válvula de comprobación interior
9.- Arandela inferior	10.- Arandela superior
11.- Cuerpo de válvula	18.- Manómetro
12.- Muelle	19.- Junta tórica manómetro
13.- Junta tórica	20.- Junta hytrel
14.- Cabeza de eje	21.- Tubo sonda
15.- Arandela de sujeción	22.- Casco
16.- Eje	23.- Culote
17.- Junta de eje	24.- Soporte pared

#### 5.11.7.1. Identificación de los extintores

Según la NTP 536 (guías de buenas prácticas), todos los extintores de la planta deben de estar correctamente etiquetado e identificados con la información imprescindible. En la **figura 5.41** se encuentra una placa de identificación siguiendo todas las normas. En ella se puede ver el nombre del organismo autonómico, el número de registro, la presión de diseño entre otros detalles.

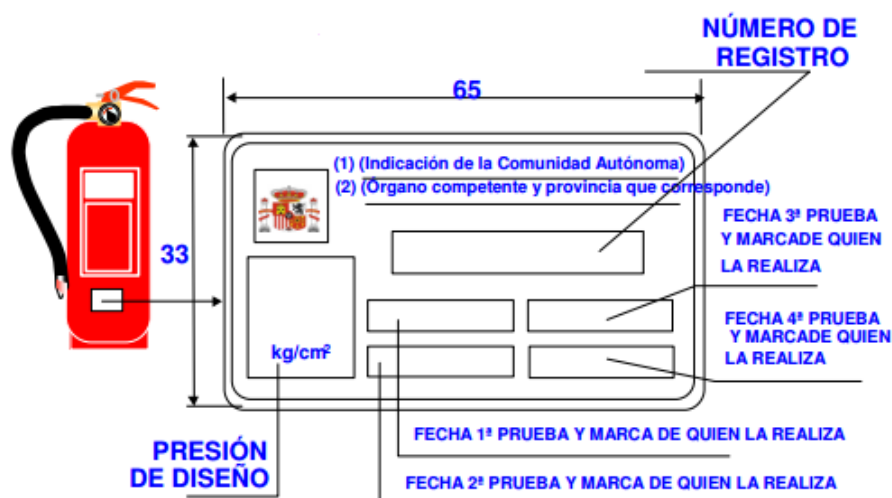
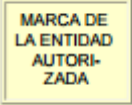


Figura 5.41. Placa identificadora de los extintores

Los extintores que contienen gases licuados (por ejemplo los extintores de anhídrido carbónico) deben llevar grabado la información del extintor directamente en la botella y no necesita la placa de identificación.

En la **figura 5.42.** se muestra una etiqueta ejemplo de un extintor anhídrido carbónico. En estas etiquetas se puede ver la marca del extintor, el modo de empleo, las precauciones que se deben tomar, el fabricante, el distribuidor y el encargado del mantenimiento y/o recarga.

<b>MARCA DEL EXTINTOR</b>	
<b>EXTINTOR</b> 5 Kg CO <sub>2</sub> (Anhidrido carbónico) 34 BC	
<b>MODO DE EMPLEO</b> 1. Posición vertical 2. Tirar de la anilla 3. Dirigir el chorro a la base de las llamas	
<b>PRECAUCIÓN</b> No utilizar en fuegos metálicos y productos radioactivos	
 <b>MARCA DE LA ENTIDAD AUTORIZADA</b>	Recargar después de utilizar aunque sea parcialmente. Verificar periódicamente. Utilizar para el mantenimiento o la recarga los productos y piezas de recambio conforme al modelo aprobado. <b>NO CONDUCTOR DE LA ELECTRICIDAD</b>
	Agente extintor: CO <sub>2</sub> 5 kg
	Temperaturas límite: -20°C + 60°C
	Aprobación N°: 012 / 485
	Tipo: CO <sub>2</sub> 5 kg
	Modelo: NM
<b>FABRICANTE:</b>	
<b>DISTRIBUIDOR:</b>	
<b>MANTENEDOR Y/O RECARGADOR:</b>	

**Figura 5.42.** Ejemplo de etiqueta impresa de los extintores

Es muy importante realizar las revisiones periódicas a éste tipo de materiales para garantizar su funcionamiento y en caso necesario de su uso estar seguros que éstos responderán correctamente.

Es por ello que cada tres meses se deberán hacer los siguientes chequeos:

- Comprobar la buena accesibilidad al extintor, el buen estado aparente de conservación, los seguros, precintos de seguridad, inscripciones, manguera, etc.
- Comprobar el estado de carga del extintor (peso y presión) y del botellín de gas impulsor, si existe.

Por otro lado, cada año se deberá:

- Comprobar el peso y presión del extintor.

- En extintores de polvo con botellín de gas de impulsión se comprobará el buen estado del agente extintor y el peso y aspecto externo del botellín.
- Se inspeccionará ocularmente el estado de la manguera, boquilla o lanza, válvulas y partes mecánicas.

Y cada cinco años, a partir de la fecha de timbrado del extintor, se deberá retimbrar acuerdo con la ITC-MIE AP.5 del Reglamento de aparatos a presión sobre extintores de incendios ya que la vida útil de estos equipos es de 20 años. Éste proceso Consiste en efectuar una prueba de presión hidráulica del recipiente, que asegure su estanqueidad y resistencia.

#### 5.11.7.2. Normas de utilización de un extintor portátil

Antes de utilizar cualquier extintor contra incendios portátil, es recomendable realizar un cursillo práctico de uso. Las reglas generales de uso son:

- 1) Descolgar el extintor asiéndolo por la maneta o asa fija y dejarlo sobre el suelo en posición vertical.
- 2) Asir la boquilla de la manguera del extintor y comprobar, en caso que exista, que la válvula o disco de seguridad está en posición sin riesgo para el usuario. Sacar el pasador de seguridad tirando de la anilla.
- 3) Presionar la palanca de la cabeza del extintor y en caso de que exista, apretar la palanca de la boquilla realizando una pequeña descarga de comprobación.
- 4) Dirigir el chorro a la base de las llamas con movimiento de barrido. En caso de incendio de líquidos, proyectar superficialmente el agente extintor efectuando un barrido evitando que la propia presión de impulsión provoque derrame del líquido incendiado. Aproximarse lentamente al fuego hasta un máximo de un metro.

## **5.12. Aplicación de la seguridad en la planta**

### **5.12.1. Zonas ATEX**

Las directrices de aplicación de la directiva 94/9/CE del consejo, de 23 de marzo de 1994, en relación a las legislaciones sobre los aparatos y sistemas de protección para uso de atmósferas explosivas. La clasificación de las áreas de riesgo se hace por zonas teniendo en cuenta la frecuencia con que se producen las atmósferas explosivas y la duración de las mismas.

Zona 0: área de trabajo en la que una atmósfera explosiva consistente en una mezcla con aire de sustancias inflamables de forma gas, vapor o niebla está presente de modo permanente, o por un período de tiempo prolongado y frecuente.

Zona 1: área de trabajo en la que es probable, en condiciones normales de operación, la formación ocasional de una atmósfera explosiva consistente en una mezcla con aire de sustancias inflamables en forma gas, vapor o niebla.

Zona 2: área de trabajo en la que no es probable, en condiciones normales de operación, la formación de una atmósfera explosiva consistente en una mezcla de sustancias inflamables en forma gas, vapor o niebla, pero en caso de formarse tal atmósfera explosiva permanece durante breves períodos de tiempo.

Zona 20: área de trabajo en la que una atmósfera explosiva en forma de nube de polvo combustible en el aire está presente de forma permanente, o por un período de tiempo prolongado y frecuente.

Zona 21: área de trabajo en la que es probable la formación ocasional, en condiciones normales de explotación, de una atmósfera explosiva en forma de nube de polvo combustible en el aire.



Zona 22: área de trabajo en la que no es probable, en condiciones normales de explotación la formación de una atmósfera explosiva en forma de nube de polvo combustible en el aire, pero en caso de formarse tal atmósfera explosiva permanece durante breves períodos de tiempo. Estas zonas vienen acotadas por condiciones atmosféricas, por lo general en una temperatura ambiente entre -20°C y 60° y un intervalo de presiones de 0,8 a 1,1 bar.

### **Clasificación exterior**

Para realizar una clasificación en áreas exteriores es importante realizar un estudio por empresas externas y localizar que zonas son probables de ocasionar una atmósfera explosiva y delimitar una zona dónde se pueda ocasionar un peligro.

#### **Zona 2**

- Proximidades a venteos de camiones con líquidos inflamables.
- Proximidades a bombas en el exterior a nivel de suelo manipulando líquidos a presión moderada de líquidos o gases inflamables.
- Proximidades a la zona de carga de bidones.
- Exterior de reactores manipulando líquidos inflamables.
- Exterior de tanques de almacenamiento de líquidos inflamables.
- Proximidades de tomas de muestras, filtros, purgas, bocas de hombre abiertos.

#### **Zona 1**

- Alrededor de venteos de camiones con líquidos inflamables.
- Alrededor de la zona de carga de bidones.
- Almacén de producto inflamable.
- Venteos de reactores manipulando líquidos inflamables a baja o moderada presión.
- Sumideros en zona enterrada de los tanques de almacenamiento de líquidos inflamables.
- Zanjas próximos a tomas de muestras, filtros, purgas, bocas de hombre.
- Alrededor de tomas de muestras, filtros, purgas, bocas de hombre abiertos.

### Zona 22

- En zonas interiores donde se maneja polvo grupos F y G (no metales) y con ventilación adecuada (nube de polvo no visible).
- En zonas interiores donde se maneja polvos F y G (no metales) con equipos cerrados (nube de polvo no visible).
- En zonas interiores donde se maneja polvos grupos F y G (no metales) con equipos abiertos o semi-cerrados (nube de polvo moderada/densa menor 3,18 mm). Se considerará la zona próxima a la envolvente de los equipos como Zona 21.

### Zona 21

En zonas interiores donde se maneja polvo grupos F y G (no metales) y con ventilación adecuada (nube de polvo no visible, capa de polvo menor de 3,18 mm).

En zonas interiores donde se maneja polvos grupos F y G (no metales) con equipos abiertos o semi-cerrados (nube de polvo moderada/densa menor de 3,18 mm). Se trata de la zona envolvente alrededor de los equipos que manejan los sólidos.

### Clasificación interior

Se considera la clasificación en el interior de los diferentes equipos de las áreas de riesgo identificadas. El interior de los equipos se manejan líquidos inflamables o sólidos combustibles se clasifica en Zona 0 o Zona 20. Pero aquellos equipos que cuenten con inertización ven su clasificación rebajada a Zona 1 o Zona 21, en función de la sustancia que pueda contener en su interior.

Tabla 5.10. Clasificación ATEX zona A-100

Zona de riesgo	Equipos	Identificación zonas de riesgo	Clasificación	Observaciones
A-100	Tanques de benceno	Interior de los tanques	Zona 1	Inertización de tanques
		Venteos de tanques	Zona 1	1,5 metros alrededor del venteo
		Conexión camión cisterna	Zona 1	1 metros de los puntos de conexión
		Alrededor venteos	Zona 2	3 metros alrededor de la zona 1
	Columna destilación	Interior columna	Zona 0	
		Puntos de salida	Zona 1	1,5 metros alrededor de la columna
		Alrededor de la columna	Zona 2	3 metros alrededor de la zona 1
	Tanque de tolueno	Interior de los tanques	Zona 1	Inertización de tanques
		Venteos de tanques	Zona 1	1,5 metros alrededor del venteo
		Conexión camión cisterna	Zona 1	1 metros de los puntos de conexión
		Alrededor venteos	Zona 2	2 metros alrededor de la zona 1
	Tanque pulmón	Interior del tanque pulmón	Zona 0	
		Venteos del tanque	Zona 1	1 metros alrededor del venteo
		Alrededor venteos	Zona 2	1,5 metros alrededor de la zona 1
		Puntos de salida	Zona 1	1 metros alrededor del venteo
		Alrededor del tanque	Zona 2	2 metros alrededor de la zona 1

Tabla 5.11. Clasificación ATEX zona A-300

Zona de riesgo	Equipos	Identificación zonas de riesgo	Clasificación	Observaciones
A-300	Tanque mezclador	Interior del tanque	Zona 0	
		Purga del tanque	Zona 1	1 metro alrededor de la válvula
		Alrededor del tanque	Zona 2	2 metros alrededor de la zona 1
	Reactor	Interior del reactor	Zona 0	
		Venteos de reactor	Zona 1	2 metros alrededor del venteo
		Alrededor venteos	Zona 2	2 metros alrededor de la zona 1
		Alrededor del reactor	Zona 2	5 metros alrededor de la zona 1
		Purga del reactor	Zona 1	2 metros alrededor de la válvula
	Tanque pulmón	Interior del tanque pulmón	Zona 0	
		Venteos del tanque	Zona 1	1 metros alrededor del venteo
		Alrededor venteos	Zona 2	1,5 metros alrededor de la zona 1
		Puntos de salida	Zona 1	1 metros alrededor del venteo
		Alrededor del tanque	Zona 2	2 metros alrededor de la zona 1

Tabla 5.12. Clasificación ATEX zona A-400

Zona de riesgo	Equipos	Identificación zonas de riesgo	Clasificación	Observaciones
A-400	Columna destilación	Interior columna	Zona 0	
		Puntos de salida	Zona 1	1,5 metros alrededor de la columna
		Alrededor de la columna	Zona 2	3 metros alrededor de la zona 1
	Separador líquido-gas	Interior tanque	Zona 0	
		Puntos de salida	Zona 1	1 metros alrededor del tanque
		Alrededor del tanque	Zona 2	2 metros alrededor de la zona 1
	Tanque pulmón	Interior del tanque pulmón	Zona 0	
		Venteos del tanque	Zona 1	1 metros alrededor del venteo
		Alrededor venteos	Zona 2	1,5 metros alrededor de la zona 1
		Puntos de salida	Zona 1	1 metros alrededor del venteo
		Alrededor del tanque	Zona 2	2 metros alrededor de la zona 1

Tabla 5.13. Clasificación ATEX zona A-500

Zona de riesgo	Equipos	Identificación zonas de riesgo	Clasificación	Observaciones
A-500	Reactor de precipitación	Interior del reactor	Zona 0	
		Venteos de reactor	Zona 1	2 metros alrededor del venteo
		Alrededor venteos	Zona 2	2 metros alrededor de la zona 1
		Alrededor del reactor	Zona 2	3 metros alrededor de la zona 1
		Purga del reactor	Zona 1	1 metros alrededor de la válvula
	Separador líquido-líquido	Interior tanque	Zona 0	
		Puntos de salida	Zona 1	1 metros alrededor del tanque
		Alrededor del tanque	Zona 2	2 metros alrededor de la zona 1
		Purga del tanque	Zona 1	1 metros alrededor de la válvula
	Centrifuga de disco	Interior de la centrifuga	Zona 1	Inertización
		Venteos de la centrifuga	Zona 1	1 metros alrededor del venteo
		Alrededor venteos zona 2	Zona 2	2 metros alrededor de la zona 1
		Alrededor de la centrifuga	Zona 2	3 metros alrededor de la zona 1
		Purga de la centrifuga	Zona 1	1 metros alrededor de la válvula

Tabla 5.14. Clasificación ATEX zona A-600

Zona de riesgo	Equipos	Identificación zonas de riesgo	Clasificación	Observaciones
A-600	Columna de absorción empacada	Interior columna	Zona 0	
		Puntos de salida	Zona 1	1,5 metros alrededor de la columna
		Alrededor de la columna	Zona 2	3 metro alrededor de la zona 1
	Columna de absorción pared húmeda	Interior columna	Zona 0	
		Puntos de salida	Zona 1	2 metros alrededor de la columna
		Alrededor de la columna	Zona 2	4 metro alrededor de la zona 1
	Separador líquido-líquido	Interior tanque	Zona 0	
		Puntos de salida	Zona 1	1 metros alrededor del tanque
		Alrededor del tanque	Zona 2	2 metros alrededor de la zona 1
		Purga del tanque	Zona 1	1 metros alrededor de la válvula
	Scrubber empacado	Interior scrubber	Zona 0	
		Puntos de salida	Zona 1	1,5 metros alrededor del scrubber
		Alrededor del scrubber	Zona 2	2 metros alrededor de la zona 1
	Scrubber Venturi	Interior scrubber	Zona 0	
		Puntos de salida	Zona 1	1,5 metros alrededor del scrubber
		Alrededor del scrubber	Zona 2	2 metro alrededor de la zona 1
		Purga del scrubber	Zona 1	1 metros alrededor de la válvula
	Reactor térmico	Interior tanque	Zona 0	
		Alrededor del tanque	Zona 2	4 metros alrededor de la zona 1

Tabla 5.15. Clasificación ATEX zona A-700

Zona de riesgo	Equipos	Identificación zonas de riesgo	Clasificación	Observaciones
A-700	Columna destilación	Interior columna	Zona 0	
		Puntos de salida	Zona 1	1,5 metros alrededor de la columna
		Alrededor de la columna	Zona 2	3 metro alrededor de la zona 1
	Tanque pulmón	Interior del tanque pulmón	Zona 0	
		Venteos del tanque	Zona 1	1 metros alrededor del venteo
		Alrededor venteos	Zona 2	1,5 metros alrededor de la zona 1
		Puntos de salida	Zona 1	1 metros alrededor del venteo
		Alrededor del tanque	Zona 2	2 metros alrededor de la zona 1



Tabla 5.16. Clasificación ATEX zona A-800

Zona de riesgo	Equipos	Identificación zonas de riesgo	Clasificación	Observaciones
A-800	Tanque de clorobenceno	Interior de los tanques	Zona 0	
		Venteos de tanques	Zona 1	1,5 metros alrededor del venteo
		Conexión camión cisterna	Zona 1	1 metros de los puntos de conexión
		Alrededor venteos	Zona 2	3 metros alrededor de la zona 1
	Tanque de diclorobenceno	Interior de los tanques	Zona 0	
		Venteos de tanques	Zona 1	1 metros alrededor del venteo
		Conexión camión cisterna	Zona 1	1 metros de los puntos de conexión
		Alrededor venteos	Zona 2	2 metros alrededor de la zona 1

### 5.12.2. Análisis de riesgos HAZOP

El estudio de peligros y operatividad (Hazard and Operability study, HAZOP) es un examen estructurado y sistemático de un producto, proceso, procedimiento o sistema, existente o previsto. Es una técnica inductiva para identificar los riesgos que se pueden producir para las personas, los equipos, el entorno y/o los objetivos de la organización. En los casos en que sea posible, el estudio proporcionará una solución para el tratamiento del riesgo.

Esta técnica consiste en analizar sistemáticamente las causas y las consecuencias de unas desviaciones de las variables de proceso planteadas a través de unas palabras-guía que se van preguntando en cada una de las etapas del diseño, proceso, procedimiento o sistema que aspectos pueden dar lugar al incumplimiento de los requisitos de diseño o de las condiciones de operación. Lo habitual es que esta técnica se lleve a cabo a lo largo de diversas reuniones de equipos multidisciplinares.

La realización del análisis HAZOP consta de diversas etapas:

- Definición del área de estudio: Consiste en delimitar las áreas a las cuales se aplica la técnica. En nuestra planta las áreas en las que se aplicara el HAZOP son las áreas 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800.
- Definición de los nudos: en cada uno de estos subsistemas o líneas se deberán identificar una serie de nudos o puntos claramente localizados en el proceso. Cada nudo deberá ser identificado y numerado correlativamente dentro de cada subsistema y en el sentido del proceso para mejor comprensión y comodidad. La técnica HAZOP se aplica a cada uno de estos puntos. Cada nudo vendrá caracterizado por variables de proceso: presión, temperatura, caudal, nivel, composición, viscosidad, etc.

- Aplicación de las palabras-guía: Estas se utilizan para indicar el concepto que representan a cada uno de los nudos definidos anteriormente que entran o salen de un elemento determinado. Se aplican tanto a acciones (reacciones, transferencias, etc.) como a parámetros específicos (presión, caudal, temperatura, etc.). La **tabla 5.17** presenta algunas palabras guía y su significado.

**Tabla 5.17.** Palabras guía HAZOP

<b>NO</b>	Ausencia de la variable a la cual se aplica.
<b>MÁS</b>	Aumento cuantitativo de una variable.
<b>MENOS</b>	Disminución cuantitativa de una variable.
<b>INVERSO</b>	Analiza la inversión en el sentido de la variable. Se obtiene el efecto contrario que se pretende.
<b>ADEMAS DE</b>	Aumento cualitativo. Se obtiene algo más que las intenciones del diseño.
<b>PARTE DE</b>	Disminución cualitativa. Parte de lo que debería ocurrir sucede según lo previsto.

- Definición de las desviaciones a estudiar:

Para cada nudo se plantea de forma sistemática todas las desviaciones que implican la aplicación de cada palabra guía a una determinada variable o actividad. Para realizar un análisis exhaustivo, se deben aplicar todas las combinaciones posibles entre palabra guía y variable de proceso, descartándose durante la sesión las desviaciones que no tengan sentido para un nudo determinado.

Paralelamente a las desviaciones se deben indicar las causas posibles de estas desviaciones y posteriormente las consecuencias de estas desviaciones.

- Sesiones HAZOP:

Las sesiones HAZOP tienen como objetivo la realización sistemática del proceso descrito anteriormente, analizando las desviaciones en todas las líneas o nudos seleccionados a partir de las palabras guía aplicadas a determinadas variables o

procesos. Se determinan las posibles causas, las posibles consecuencias, las respuestas que se proponen, así como las acciones a tomar.

A continuación se procede a realizar el informe final del análisis HAZOP realizado en la planta:

Área 100: Almacenaje y purificación del benceno.

Tabla 5.18. Hazop representativo de un tanque (benceno).

Planta de producción de Clorobenceno Grall					
Tanque de benceno					
ITEM: T-101 T-102 T-103 T-104 T-105 T-106					
Palabra guía	Desviación Variable	Posibles causas	Consecuencias	Respuesta	Acciones a tomar
NO	Caudal de entrada	1. Fallo en la bomba. 2. Obstrucción de las tuberías 3. Fallo de las válvulas.	1. Fuga en la tubería y derrame de benceno.	1. Alarma de nivel mínimo en el tanque.	1. Revisión periódica de las válvulas y las bombas.
	Estanqueidad	1. Grieta en el tanque, provocada por la corrosión o golpes en el equipo.	1. Fuga de benceno.	1. Alarma de nivel mínimo en el tanque y control de nivel.	1. Revisión del estado del tanque.

Planta de producción de Clorobenceno Grall					
Tanque de benceno					
ITEM: T-101 T-102 T-103 T-104 T-105 T-106					
Palabra guía	Desviación Variable	Posibles causas	Consecuencias	Respuesta	Acciones a tomar
MÁS	Temperatura	1. Fallo sensor de temperatura. 2. Aumento de la presión. 3. Fallo en el sistema de refrigeración.	1. Sobrepresión por aumento de la fase gas: rotura del tanque. 2. Fuga del benceno que genera gases cancerígenos, inflamables y tóxicos.	1. Alarma de temperatura máxima. 2. Control de la temperatura y la presión.	1. Revisión del control de la temperatura. 2. Revisión alarma de temperatura. 3. Revisión sistema de refrigeración.
	Presión	1. Fallo sensor de presión. 2. Aumento de la temperatura. 3. Fallo del venteo.	1. Sobrepresión: rotura del tanque (puede explotar). 2. Fuga del gas toxico e inflamable.	1. Alarma de temperatura. 2. Control de la temperatura y la presión. 3. Venteo de emergencia. 4. Disco de rotura.	1. Revisión del control de la presión. 2. Revisión alarma de temperatura.
	Nivel	1. Fallo del sensor de nivel. 2. Exceso del cabal de entrada.	1. Derrame del benceno. 2. Aumento de la presión.	1. Control de la presión. 2. Alarma de nivel máximo.	1. Revisión del control de nivel. 2. Revisión de la bomba y las válvulas.
	Caudal de entrada	1. Fallo de la bomba. 2. Obstrucción de la válvula. 3. Fallo en el control de nivel.	1. Aumento del nivel del tanque, derrame. 2. Aumento de la presión, rotura del tanque.	1. Disco de rotura. 2. Alarma de nivel máximo. 3. Control de la presión.	1. Revisión del control de nivel. 2. Revisión de las bombas y as válvulas.

Planta de producción de Clorobenceno Grall					
Tanque de benceno					
ITEM: T-101 T-102 T-103 T-104 T-105 T-106					
Palabra guía	Desviación Variable	Posibles causas	Consecuencias	Respuesta	Acciones a tomar
MENOS	Presión	1. Fallo en el sensor de presión. 2. Fallo del control de nivel o de las válvulas de salida (salida de fluido del tanque excesiva). 3. Fuga en las tuberías.	1. Formación de vacío, deformación del tanque que puede explotar. 2. Posibles derrames, rotura del tanque.	1. Alarma de nivel mínimo del tanque. 2. Control de presión.	1. Inspección las tuberías y las válvulas. 2. Revisión del control de nivel y de presión.
	Nivel	1. Error en el sensor de nivel 2. Fallo en válvula de salida.	1. Posible formación del vacío en el tanque, deformación del tanque que puede explotar.	1. Control de presión. 2. Alarma de nivel mínimo.	1. Revisión del control de nivel. 2. Revisión de la válvula de salida.
	Temperatura	1. Fallo en el sensor de temperatura. 2. Fallo en el sistema de calefacción. 3. Disminución de la presión.	1. El benceno se solidifica. 2. Formación de vacío. 3. Fuga de vapor calefactor.	1. Alarma de temperatura mínima. 2. Control de la temperatura y la presión.	1. Revisión del sistema de calefacción. 2. Revisión del control de temperatura y de la presión.
	Caudal de entrada	1. Fallo en la bomba. 2. Obstrucción de las tuberías o de las válvulas.	1. Fuga en la tubería y derrame de benceno.	1. Alarma de nivel mínimo. 2. Control de presión.	1. Revisión periódica de las válvulas y las bombas.

Planta de producción de Clorobenceno Grall					
Tanque de benceno					
ITEM: T-101 T-102 T-103 T-104 T-105 T-106					
Palabra guía	Desviación Variable	Posibles causas	Consecuencias	Respuesta	Acciones a tomar
PARTE DE	Composición	1. Impurezas. 2. Fuga en el sistema de refrigeración o de calefacción.	1. Disminución de la pureza del reactivo. 2. Variación de la presión y de la temperatura.	1. Control de la temperatura y del nivel.	1. Revisión del sistema de refrigeración. 2. Análisis de la composición de salida.
	Caudal de entrada	1. Entrada de aire (grieta en la tubería de entrada).	1. Reacciones no deseadas. 2. Aumento de la presión.	1. Control presión.	1. Revisión periódica de las tuberías.



Tabla 5.19: Hazop representativo de un intercambiador de calor.

Planta de producción de Clorobenceno Grall					
Intercambiador de calor					
ITEM: E-101					
Palabra guía	Desviación Variable	Posibles causas	Consecuencias	Respuesta	Acciones a tomar
NO	Caudal de refrigerante	1. Fallo en la bomba. 2. Obstrucción de las tuberías 3. Obstrucción de las válvulas. 4. Incrustaciones en la carcasa y los tubos. 5. Fuga del fluido refrigerante.	1. Intercambio de calor insuficiente.	1. Control de temperatura. 2. Alarma de temperatura máxima.	1. Revisión periódica de las válvulas y las bombas. 2. Colocar control y válvulas adicionales.

Planta de producción de Clorobenceno Grall					
Intercambiador de calor					
ITEM: E-101					
Palabra guía	Desviación Variable	Posibles causas	Consecuencias	Respuesta	Acciones a tomar
MÁS	Temperatura	1. Fallo control de la temperatura. 2. Aumento de la presión. 3. Caudal de refrigerante insuficiente. 4. Aumento del cabal de alimento.	1. Posible rotura del equipo por sobrepresión.	1. Alarma de temperatura máxima. 2. Control de la temperatura.	1. Revisión del control de la temperatura. 2. Revisión alarma de temperatura. 3. Revisión sistema de refrigeración. 4. Revisión válvulas de entrada.
	Presión	1. Aumento de la temperatura. 2. Aumento del cabal de alimento.	1. Posible rotura del intercambiador.	1. Alarma de temperatura máxima. 2. Control de la temperatura. 3. Disco de rotura.	1. Revisión del control de la temperatura. 2. Revisión alarma de temperatura máxima. 3. Añadir control de presión.
	Caudal de entrada	1. Fallo de las bombas. 2. Fallo de las válvulas.	1. Aumento de la presión, rotura del tanque. 2. Aumento de la temperatura.	1. Alarma de temperatura máxima. 2. Control de la temperatura.	2. Revisión de las bombas y las válvulas. 3. Añadir control de caudal.

Planta de producción de Clorobenceno Grall					
Intercambiador de calor					
ITEM: E-101					
Palabra guía	Desviación Variable	Posibles causas	Consecuencias	Respuesta	Acciones a tomar
MENOS	Presión	1. Fallo en el control de temperatura.  2. Fallo en las válvulas y las bombas.  3. Fuga en las tuberías.  4. Disminución de la temperatura.	1. Formación de vacío, deformación del equipo.  2. Posibles derrames, rotura del equipo.	1. Control de temperatura.	1. Inspección las tuberías.  2. Revisión de las bombas y de las válvulas.  3. Añadir control de presión.
	Temperatura	1. Fallo control de la temperatura.  2. Obstrucción en las válvulas de refrigerante.	1. Aumento en el intercambio de calor.  2. Perturbación en la producción.	1. Control de temperatura.	1. Revisión del control de temperatura.  2. Revisión del sistema de intercambio de calor.
	Caudal de entrada	1. Fallo en la bomba.  2. Obstrucción de la tubería o de la válvula.	1. Fuga en la tubería y derrame del fluido.  2. Disminución del intercambio de calor.  3. Perturbación en la producción.	1. Control de temperatura	1. Revisión periódica de las válvulas y las bombas.  2. Revisión de las tuberías.  3. Añadir control de caudal.

Planta de producción de Clorobenceno Grall					
Intercambiador de calor					
ITEM: E-101					
Palabra guía	Desviación Variable	Posibles causas	Consecuencias	Respuesta	Acciones a tomar
PARTE DE	Caudal	1. Fluido de operación o refrigerante contaminado.  2. Fallo en las conexiones de las tuberías.  3. Corrosión del intercambiador.	1. Variación de la temperatura.  1. Aumento del ensuciamiento del intercambiador.  2. Perturbación de la producción.	1. Control de la temperatura.  2. Alarma de temperatura máxima.	1. Revisión del sistema de refrigeración.  2. Análisis de la composición del caudal refrigerante.  3. Añadir filtros antes del intercambiador para evitar sólidos.

Tabla 5.20: Hazop representativo de un reboiler

Planta de producción de Clorobenceno Grall					
Reboiler					
ITEM: RB-101					
Palabra guía	Desviación Variable	Posibles causas	Consecuencias	Respuesta	Acciones a tomar
NO	Caudal de calefactor	1. Obstrucción de las tuberías 2. Fallo de las válvulas. 3. Fuga del fluido calefactor.	1. Intercambio de calor insuficiente. 2. Posible rotura del intercambiador por sobrepresión.	1. Control de temperatura. 2. Alarma de nivel mínimo. 3. Control de presión.	1. Revisión periódica de las válvulas y las bombas.

Planta de producción de Clorobenceno Grall					
Reboiler					
ITEM: RB-101					
Palabra guía	Desviación Variable	Posibles causas	Consecuencias	Respuesta	Acciones a tomar
<b>MÁS</b>	Temperatura	1. Aumento de la presión. 2. Entrada del fluido a demasiada temperatura. 3. Fluido calefactor a demasiada temperatura. 4. Fallo del control de la temperatura.	1. Salida de gases a temperaturas muy elevadas. 2. Sobrepresión, peligro rotura del equipo.	1. Control de la temperatura y de la presión. 2. Disco de rotura.	1. Revisión del control de la presión y de la temperatura.
	Presión	1. Aumento de la temperatura. 2. Aumento entrada de líquidos. 3. Bloqueo de la salida de gases.	1. Posible rotura y explosión del intercambiador. 2. Fuga o derrame fluido calefactor. 3. Funcionamiento de la columna alterado. 4. Aumento de la temperatura.	1. Control de la temperatura. 2. Control de la presión. 3. Disco de rotura.	1. Revisión del control de la temperatura y de la presión. 2. Revisión de las válvulas.
	Caudal de entrada	1. Fallo de las válvulas.	1. Aumento de la presión, rotura del tanque. 2. Aumento de la temperatura.	1. Control de la temperatura.	1. Revisión de las válvulas. 2. Añadir control de caudal.

Planta de producción de Clorobenceno Grall					
Reboiler					
ITEM: RB-101					
Palabra guía	Desviación Variable	Posibles causas	Consecuencias	Respuesta	Acciones a tomar
MENOS	Temperatura	1. Fallo control de la presión. 2. Disminución del cabal de fluido calefactor.	1. Aumento de la presión. 2. Disminución de la temperatura de la columna. 3. Disminución del gas recirculado a la columna.	1. Control de la presión. 2. Control de la temperatura.	1. Revisión del equipo. 2. Revisión del control de presión y temperatura. 3. Revisión del sistema de aislamiento.
	Presión	1. Fallo control de la temperatura. 2. Fallo en el control de nivel. 3. Obstrucción en las válvulas.	1. Formación de vacío, deformación del equipo. 2. Derrame del fluido.	1. Control de la presión. 2. Control de la temperatura. 3. Alarma de nivel mínimo.	1. Revisión del control de temperatura y de nivel. 2. Revisión de las válvulas.
PARTE DE	Benceno	1. No se evapora parte del benceno. 2. Fallo del control de temperatura. 3. Fallo del control de presión.	1. Baja el reflujo de la columna i la temperatura de la columna baja.	1. Control de temperatura. 2. Control de presión.	1. Revisión del sistema calefactor. 2. Revisión del control de temperatura y de presión.

Tabla 5.21: Hazop representativo de un tanque pulmón.

Planta de producción de Clorobenceno Grall					
Tanque pulmón					
ITEM: TD-101					
Palabra guía	Desviación Variable	Posibles causas	Consecuencias	Respuesta	Acciones a tomar
NO	Caudal	1. Fallo de la bomba. 2. Obstrucción de las tuberías. 3. Fallo de las válvulas.	1. Aumento de la presión en las tuberías. 2. Fuga de gas. 3. Perturbación de la producción.	1. Control del nivel. 2. Indicador de presión.	1. Revisión y mantenimiento de las tuberías y las bombas. 2. Revisión del control de nivel.
	Estanqueidad	1. Grieta en el tanque, provocada por la corrosión o golpes en el equipo	1. Fuga del fluido. 2. Perturbación en los equipos posteriores del proceso.	1. Control de nivel.	1. Revisión periódica del estado del tanque.



Planta de producción de Clorobenceno Grall					
Tanque pulmón					
ITEM: TD-101					
Palabra guía	Desviación Variable	Posibles causas	Consecuencias	Respuesta	Acciones a tomar
MÁS	Presión	1. Aumento de la temperatura. 2. Fallo de la válvula de liberación de presión. 3. Fallo en la bomba.	1. Sobrepresión, peligro de explosión. 2. Evaporación del fluido.	1. Control de nivel. 2. Disco de rotura. 3. Indicador de presión.	1. Revisión de las válvulas y de los indicadores de presión.
	Temperatura	1. Fallo en el condensador previo, entrada del fluido caliente.	1. Aumento de presión en el tanque. 2. Evaporación del fluido.	1. Control de nivel. 2. Control de temperatura.	1. Revisión del control de temperatura en la entrada al tanque. 2. Trabajar en reflujo total.
	Nivel	1. Aumento del cabal de entrada. 2. Fallo en el control de nivel. 3. Obstrucción en las válvulas.	1. Derrame del fluido. 2. Aumento de la presión.	1. Control de nivel.	1. Introducir alarma de nivel máximo. 2. Revisión de las válvulas.

Planta de producción de Clorobenceno Grall					
Tanque pulmón					
ITEM: TD-101					
Palabra guía	Desviación Variable	Posibles causas	Consecuencias	Respuesta	Acciones a tomar
MENOS	Presión	1. Obstrucción en las válvulas. 2. Fuga en las tuberías o en el tanque. 3. Fallo en las bombas.	1. Derrame del fluido. 2. Formación de vacío, deformación del tanque.	1. Control de nivel. 2. Indicador de presión.	1. Revisión de las válvulas y de las tuberías. 2. Revisión de las bombas y del indicador de presión. 3. Inspección del tanque.
	Caudal	1. Fallo en las bombas. 2. Obstrucción en las tuberías o en las válvulas.	1. Perturbación de la producción. 2. Fuga en la tubería y derrame del fluido.	1. Control de nivel. 2. Indicador de presión.	1. Inspección de las válvulas y las tuberías. 2. Revisión de las bombas. 3. Revisión del control de nivel y de los indicadores de presión.
	Nivel	1. Fuga en las tuberías. 2. Fallo en la bomba o en las válvulas.	1. Derrame del fluido. 2. Posible formación del vacío, deformación de las tuberías y del equipo.	1. Control de nivel.	1. Revisión del control de nivel. 2. Revisión de las válvulas y las tuberías. 3. Inspección de las bombas.

Tabla 5.22: Hazop representativo de un condensador.

Planta de producción de Clorobenceno Grall					
Condensador					
ITEM: DC-101					
Palabra guía	Desviación Variable	Posibles causas	Consecuencias	Respuesta	Acciones a tomar
NO	Caudal de refrigerante	1. Obstrucción de las tuberías 2. Fallo de las válvulas. 3. Fuga del fluido refrigerante.	1. Intercambio de calor insuficiente. 2. Derrame del fluido refrigerante.	1. Control de temperatura.	1. Revisión periódica de las válvulas y las tuberías. 2. Colocar control de nivel.
MÁS	Presión	1. Aumento de la temperatura. 2. Aumento del caudal de entrada de gas. 3. Bloqueo de la salida de líquidos. 4. Fallo de las válvulas.	1. Menor condensación de los gases. 2. Funcionamiento de la columna alterado. 3. Peligro de explosión.	1. Control de la temperatura. 2. Disco de rotura.	1. Revisión del control de la temperatura. 2. Revisión de las válvulas. 3. Inspección del equipo.
	Temperatura	1. Aumento de la presión. 2. Fluido entrada a demasiada temperatura.	1. Menor condensación de los gases. 2. Sobrepresión, peligro rotura del equipo.	1. Control de la temperatura.	1. Revisión del control de la temperatura. 2. Revisión del sistema de refrigeración.

Planta de producción de Clorobenceno Grall					
Condensador					
ITEM: DC-101					
Palabra guía	Desviación Variable	Posibles causas	Consecuencias	Respuesta	Acciones a tomar
MENOS	Presión	1. Fallo control de la temperatura.	1. Formación de vacío, deformación del equipo.	1. Control de la temperatura.	1. Revisión del control de temperatura.
		3. Fallo en las válvulas.	2. Derrame del fluido.		2. Revisión de las válvulas.
PARTE DE	Benceno	1. No se condensa el benceno.	1. Baja el reflujo de la columna i la temperatura de la columna sube.	1. Control de temperatura.	1. Revisión del sistema refrigerante
		2. Fallo en el control de la temperatura.	2. Aumento de la presión en las tuberías de salida.		2. Revisión del control de temperatura.

Tabla 5.23: Hazop representativo de una columna de destilación.

Planta de producción de Clorobenceno Grall					
Columna de destilación					
ITEM: CD-101					
Palabra guía	Desviación Variable	Posibles causas	Consecuencias	Respuesta	Acciones a tomar
NO	Caudal de entrada	1. Obstrucción de las tuberías 2. Obstrucción de las válvulas. 3. Fallo de las bombas. 4. Fuga en las tuberías.	1. Perturbación del proceso. 2. Derrame del fluido.	1. Control de la temperatura. 2. Control del nivel. 3. Alarma de nivel mínimo.	1. Inspección de las válvulas y las tuberías. 2. Revisión de las bombas.

Planta de producción de Clorobenceno Grall					
Columna de destilación					
ITEM: CD-101					
Palabra guía	Desviación Variable	Posibles causas	Consecuencias	Respuesta	Acciones a tomar
MÁS	Presión	1. Aumento de la temperatura. 2. Aumento del cabal de alimento. 3. Fallo en el reboiler.	1. Sobrepresión, rotura del equipo. 2. Fuga de benceno.	1. Control de temperatura. 2. Control de nivel. 3. Disco de ruptura.	1. Introducir control de presión. 2. Introducir control de caudal. 3. Mejora del sistema de refrigeración.
	Temperatura	1. Aumento del cabal de alimento. 2. Fallo en el control de la temperatura. 3. Aumento de evaporación en el reboiler.	1. Aumento de la presión debido a la evaporación del benceno. 2. Peligro por rotura o explosión del equipo.	1. Control de temperatura. 2. Control de nivel.	1. Introducir alarma de temperatura máxima.
	Caudal	1. Fallo de las bombas. 2. obstrucción de las válvulas.	1. Sobrepresión en las tuberías. 2. Inundación de la columna si el control de nivel no puede solucionar el problema. 3. Aumento de la presión y de la temperatura. 4. Rotura del equipo y fugas.	1. Control de nivel. 2. Control de temperatura. 3. Alarma de nivel máximo. 4. Disco de ruptura.	1. Introducir un indicador de caudal. 2. Revisión de las válvulas y de las bombas.

Planta de producción de Clorobenceno Grall					
Columna de destilación					
ITEM: CD-101					
Palabra guía	Desviación Variable	Posibles causas	Consecuencias	Respuesta	Acciones a tomar
MENOS	Caudal	1. obstrucción de la válvula.  2. Fallo de la bomba.  3. Fuga en las tuberías.	1. Perturbación en la producción debido a disminución en la separación de productos.  2. Derrame del fluido.	1. Control de la temperatura.  2. Control del nivel.  3. Alarma de nivel mínimo.	1. Inspección de las válvulas y las tuberías.  2. Revisión de las bombas.
	Presión	1. Fallo control de la temperatura.  3. Fallo en las válvulas.	1. Formación de vacío, deformación del equipo.  2. Derrame del fluido.	1. Control de la temperatura.	1. Revisión del control de temperatura.  2. Revisión de las válvulas.
	Temperatura	1. Fallo en el reboiler o el condensador.  2. Fallo en el control de la temperatura.	1. Perturbación en la producción debido a disminución en la separación de productos.	1. Control de la temperatura.	1. Introducir alarma de temperatura mínima.
PARTE DE	Benceno	1. Contaminación del producto.	1. Reacciones no deseadas, obtención de productos no deseados. 2. Variación de las condiciones de operación.	1. Control de temperatura. 2. Control de nivel.	1. Control de la composición de entrada. 2. Limpieza de las tuberías y de los equipos previos y de la columna.

## Área 300: Reacción de cloración.

Tabla 5.24: Hazop del reactor de cloración.

Planta de producción de Clorobenceno Grall					
Reactor de cloración					
ITEM: R-301 R-302 R-303					
Palabra guía	Desviación Variable	Posibles causas	Consecuencias	Respuesta	Acciones a tomar
NO	Caudal	1. Obstrucción de las tuberías 2. Obstrucción de las válvulas. 3. Fallo de las bombas. 4. No hay reactivos.	1. Perturbación de la producción. 2. Derrame del fluido. 3. Aumento de la presión en las tuberías.	1. Control del nivel. 2. Alarma de nivel mínimo. 3. Control de presión.	1. Inspección de las válvulas y las tuberías. 2. Revisión de las bombas.
	Reacción	1. Condiciones de operación diferentes a las óptimas. 2. No hay entrada de reactivos.	1. Paralización de la producción.	1. Control de la temperatura. 2. Control de presión.	1. Revisión bombas de entrada. 2. Inspección de los tanques de reactivos.
	Estanqueidad	1. Grieta en el tanque, provocada por la corrosión o golpes en el equipo	1. Fuga del fluido.	1. Alarma de nivel mínimo.	1. Revisión periódica del estado del tanque.
	Agitación	1. Fallo en el motor del agitador.	1. Los reactivos no se homogeneizan.	1. Control de temperatura. 2. Control de presión. 3. Control de nivel.	1. Revisión del estado del motor del agitador.



Planta de producción de Clorobenceno Grall					
Reactor de cloración					
ITEM: R-301 R-302 R-303					
Palabra guía	Desviación Variable	Posibles causas	Consecuencias	Respuesta	Acciones a tomar
MÁS	Caudal	1. Fallo en la bomba. 2. Obstrucción en las válvulas.	1. Aumento del nivel. 2. Aumento de la temperatura. 3. Incremento de la presión, rotura de equipos.	1. Alarma de nivel máximo 2. Control de presión. 3. Control de temperatura.	1. Revisión de las bombas. 2. Inspección de las válvulas.
	Presión	1. Aumento caudal de entrada 2. Aumento de la temperatura. 3. Fallo en el control de presión.	1. Posible rotura o explosión del reactor. 2. Derrame de fluidos.	1. Alarma de presión máxima. 2. Control de temperatura. 3. Control de nivel. 4. Disco de rotura.	1. Revisión de las bombas de entrada. 2. Inspección del sistema de refrigeración.
	Temperatura	1. Aumento de la presión. 2. Fallo del control de la temperatura. 3. Problemas con el aislante. 4. Aumento del caudal de entrada. 5. Fallo en el sistema de refrigeración.	1. Evaporación de los fluidos. 2. Posible rotura o explosión.	1. Alarma de temperatura máxima. 2. Control de presión. 3. Control de nivel.	1. Inspección del sistema de refrigeración. 2. Revisión del control de la temperatura. 3. Revisión de las bombas.
	Nivel	1. Aumento caudal de entrada. 2. Fallo en el control de nivel. 3. Fallo en las bombas o en las válvulas. 4. Fuga en el serpentín.	1. Aumento de la presión. 2. Derrame de los reactivos. 3. Reacciones no deseadas.	1. Alarma de nivel máximo. 2. Control de temperatura. 3. Control de presión.	1. Inspección del sistema de refrigeración. 2. Revisión de las bombas.

Planta de producción de Clorobenceno Grall					
Reactor de cloración					
ITEM: R-301 R-302 R-303					
Palabra guía	Desviación Variable	Posibles causas	Consecuencias	Respuesta	Acciones a tomar
MENOS	Caudal	1. Fallo en las bombas. 2. Obstrucción o fuga en las tuberías. 3. Fallo en las válvulas. 4. No hay reactivos.	1. Perturbación de la producción. 2. Derrame del fluido. 3. Aumento de la presión en las tuberías.	1. Control del nivel. 2. Alarma de nivel mínimo. 3. Control de presión.	1. Inspección de las válvulas y las tuberías. 2. Revisión de las bombas.
	Presión	1. Fallo en el control de presión. 2. Fuga en las tuberías. 3. Fallo en la bomba. 4. Disminución de la temperatura.	1. Formación de vacío, deformación del tanque. 2. Derrame de los reactivos. 3. Reacción perturbada.	1. Control de presión. 2. Control de nivel. 3. Control de la temperatura.	1. Revisión del sistema de refrigeración. 2. Inspección de las tuberías. 3. Revisión de las válvulas. 4. Revisión de las bombas.
	Temperatura	1. Fallo en el control de la temperatura. 2. Disminución de la presión. 3. Fuga en el sistema de refrigeración. 4. Disminución de la agitación.	1. Reacciones no deseadas. 2. Disminución de la presión, formación de vacío.	1. Control de temperatura. 2. Control de presión. 3. Control de nivel.	1. Revisión del sistema de refrigeración. 2. Revisión del control de la temperatura. 3. Revisión del agitador.
	Nivel	1. Fallo en el sensor de nivel. 2. Válvulas obstruidas. 3. Fallo en las bombas. 4. Fuga en las tuberías.	1. No hay reactivos, se paraliza la producción. 2. Derrame de los reactivos.	1. Alarma de nivel mínimo. 2. Control de presión.	1. Inspección de las válvulas y las tuberías. 2. Revisión de las bombas. 3. Revisión del control de nivel.

Planta de producción de Clorobenceno Grall					
Reactor de cloración					
ITEM: R-301 R-302 R-303					
Palabra guía	Desviación Variable	Posibles causas	Consecuencias	Respuesta	Acciones a tomar
<b>INVERSO</b>	Reacción	1. Disminución de la temperatura.  2. Aumento de reactivos.  3. Aumento de la presión.	1. Disminución de la producción.	1. Control de la presión.  2. Control de la temperatura.	1. Revisión de los tanques de reactivos.  2. Control de la composición del producto a la salida del reactor.
<b>PARTE DE</b>	Caudal de alimento	1. Contaminación de los reactivos.	1. Reacciones no deseadas.  2. Variación de la presión y la temperatura.	1. Control de la presión.  2. Control de la temperatura.	1. Revisión de los tanques de almacenamiento de reactivos.  2. Revisión de las tuberías.

Tabla 5.25: Hazop del tanque mezclador del catalizador.

Planta de producción de Clorobenceno Grall					
Tanque mezclador					
ITEM: TM-301					
Palabra guía	Desviación Variable	Posibles causas	Consecuencias	Respuesta	Acciones a tomar
NO	Estanqueidad	1. Grieta en el tanque, provocada por la corrosión o golpes en el equipo	1. Fuga del fluido.	1. Alarma de nivel mínimo.	1. Revisión periódica del estado del tanque.
	Agitación	1. Fallo en el motor del agitador.	1. Los reactivos no se disuelven adecuadamente.	1. Control de nivel.	1. Revisión del estado del motor del agitador.
	Caudal de benceno	1. Obstrucción de las tuberías 2. Fallo de las válvulas. 2. Fallo de las bombas. 3. Fuga en las tuberías.	1. Perturbación de la producción. 2. Derrame del fluido. 3. Aumento de la presión en las tuberías. 4. Erosión provocada por el cloruro férrico.	1. Alarma de nivel mínimo.	1. Inspección de las válvulas y las tuberías. 2. Revisión de las bombas. 3. Revisión de los tanques de almacenamiento de benceno.
MÁS	Nivel	1. Obstrucción de la válvula. 2. Fallo en el control de nivel.	1. Posibilidad de derrame.	1. Alarma de nivel máximo.	1. Revisión del control. 2. Inspección de las válvulas.

Planta de producción de Clorobenceno Grall					
Tanque mezclador					
ITEM: TM-301					
Palabra guía	Desviación Variable	Posibles causas	Consecuencias	Respuesta	Acciones a tomar
<b>MENOS</b>	Nivel	1. Fallo en el control de nivel. 2. Obstrucción en la válvula abierta. 3. Fallo en las bombas.	1. Formación de vacío en el tanque, puede provocar rotura o explosión.	1. Alarma de nivel mínimo.	1. Revisión de las bombas y las válvulas. 2. Revisión del control.

Tabla 5.26: Hazop de la dosificadora de cloruro férrico.

Planta de producción de Clorobenceno Grall					
Dosificadora de cloruro férrico					
ITEM: DO-301					
Palabra guía	Desviación Variable	Posibles causas	Consecuencias	Respuesta	Acciones a tomar
NO	Caudal de sólido	1. Fallo del equipo. 2. Obstrucción de la válvula.	1. Paralización del proceso.	1. Alarma de nivel mínimo.	1. Revisión de la válvula. 2. Inspección del tanque de almacenamiento de cloruro férrico.
MÁS	Caudal de sólido	1. Fallo en el control de nivel. 2. Fallo en el variador de frecuencia. 3. Obstrucción de la válvula.	1. Aumento de la temperatura en el reactor de cloración. 2. Mala disolución en el reactor de mezcla. 3. Inundación del tanque de mezcla.	1. Control de nivel 2. Control del caudal de entrada de benceno al tanque de mezcla.	1. Revisión del equipo. 2. Revisión del control de nivel. 3. Revisión de la válvula. 4. Inspección de las válvulas de entrada de benceno al tanque de mezcla.
	Nivel	1. Fallo en el control de nivel. 3. Obstrucción de la válvula.	1. Derrame del cloruro férrico.	1. Alarma de nivel máximo	1. Revisión del control de nivel. 2. Revisión de las válvulas.

Planta de producción de Clorobenceno Grall					
Dosificadora de cloruro férrico					
ITEM: DO-301					
Palabra guía	Desviación Variable	Posibles causas	Consecuencias	Respuesta	Acciones a tomar
MENOS	Caudal de sólido	1. Fallo en el control de nivel. 2. Fallo en el variador de frecuencia. 3. Obstrucción de la válvula.	1. Mala disolución en el reactor de mezcla.	1. Control de nivel. 2. Control del caudal de entrada de benceno al tanque de mezcla.	1. Revisión del equipo. 2. Revisión del control de nivel. 3. Revisión de la válvula. 4. Inspección de las válvulas de entrada de benceno al tanque de mezcla.
	Nivel	1. Fallo en el control de nivel. 3. Obstrucción de la válvula.	1. Mala disolución en el reactor de mezcla.	1. Alarma de nivel mínimo.	1. Revisión del control de nivel. 2. Revisión de las válvulas.
PARTE DE	Caudal de sólido	1. Contaminación del cloruro férrico	1. Reacciones no deseadas en el tanque de mezcla o en el dosificador. 2. Variación de la presión y la temperatura en el tanque de mezcla.	1. Control de nivel.	1. Revisión de los tanques de almacenamiento del cloruro férrico. 2. Revisión de las tuberías.

Área 400: Pre-tratamiento del producto.

**Tabla 5.27:** Hazop representativo de una un separador líquido-gas.

Planta de producción de Clorobenceno Grall					
Separador líquido-gas					
ITEM: PS-401					
Palabra guía	Desviación Variable	Posibles causas	Consecuencias	Respuesta	Acciones a tomar
NO	Caudal	1. Fallo en la válvula de salida. 2. Obstrucción en la tubería.	1. Derrame del fluido. 2. Aumento de la presión en las tuberías.	1. Control del nivel. 2. Alarma de nivel mínimo. 3. Control de presión.	1. Inspección de las válvulas y las tuberías.



Planta de producción de Clorobenceno Grall					
Separador líquido-gas					
ITEM: PS-401					
Palabra guía	Desviación Variable	Posibles causas	Consecuencias	Respuesta	Acciones a tomar
MÁS	Caudal	1. Fallo en las válvulas. 2. Fallo en las bombas.	1. Derrame del fluido. 2. Aumento de la presión, puede provocar rotura del equipo.	1. Alarma de nivel máximo. 2. Control de presión.	1. Revisión de las bombas. 2. Inspección de las válvulas.
	Presión	1. Aumento de la temperatura. 2. Aumento del caudal. 3. Fallo en el control de presión.	1. Rotura del equipo por sobrepresión. 2. Derrame del fluido.	1. Control de presión. 2. Alarma de nivel máximo.	1. Revisión del control de presión. 2. Revisión de las válvulas.
	Temperatura	1. Aumento de la presión. 2. Aumento del caudal.	1. Explosión del equipo por sobrepresión. 2. Derrame del fluido.	1. Control de nivel.	1. Revisión del control de presión. 2. Revisión de las válvulas.
	Nivel	1. Aumento caudal de entrada. 2. Fallo en el control de nivel. 3. Fallo en las bombas o en las válvulas.	1. Aumento de la presión, rotura del equipo. 2. Derrame del fluido.	1. Alarma de nivel máximo. 2. Control de presión.	1. Revisión del control de nivel. 2. Revisión de las bombas y las válvulas.
MENOS	Presión	1. Disminución de la temperatura. 2. Fallo en la válvula.	1. Formación de vacío, deformación del equipo. 2. Peligro de explosión.	1. Control de presión. 2. Control de nivel.	1. Revisión de válvulas.
	Nivel	1. Disminución del caudal. 2. Fallo en las válvulas. 3. Fallo en las bombas. 4. Fallo del control de nivel.	1. Derrame del fluido. 2. Aumento de la presión en las tuberías.	1. Alarma de nivel mínimo. 2. Control de presión.	1. Revisión de las válvulas y las bombas. 2. Revisión del control de nivel.

**Área 500: Tratamiento del catalizador:****Tabla 5.28:** Hazop representativo de un separador líquido-líquido.

Planta de producción de Clorobenceno Grall					
Separador líquido-líquido					
ITEM: PS- 501					
Palabra guía	Desviación Variable	Posibles causas	Consecuencias	Respuesta	Acciones a tomar
NO	Caudal	1. Fallo en las válvulas. 2. Obstrucción en la tubería. 3. Fallo en las bombas.	1. Aumento de la presión en las tuberías. 2. Derrame del fluido.	1. Control del nivel. 2. Control de temperatura.	1. Inspección de las válvulas y las tuberías. 2. Revisión de las bombas.

Planta de producción de Clorobenceno Grall					
Separador líquido-líquido					
ITEM: PS- 501					
Palabra guía	Desviación Variable	Posibles causas	Consecuencias	Respuesta	Acciones a tomar
MAS	Caudal	1. Fallo en las válvulas. 2. Fallo en las bombas.	1. Derrame del fluido. 2. Aumento de la presión, puede provocar rotura del equipo. 3. Aumento del caudal de entrada en el tanque pulmón.	1. Control de nivel. 2. Control de temperatura.	1. Revisión de las bombas. 2. Inspección de las válvulas.
	Presión	1. Aumento de la temperatura. 2. Aumento del caudal. 3. Fallo en las bombas y las válvulas.	1. Rotura del equipo por sobrepresión. 2. Derrame del fluido.	1. Control de temperatura. 2. Control de nivel.	1. Revisión de las válvulas. 2. Revisión de las bombas.
	Temperatura	1. Aumento de la presión. 2. Aumento del caudal.	1. Explosión del equipo por sobrepresión. 2. Derrame del fluido.	1. Control de nivel. 2. Control de temperatura.	1. Revisión del control de temperatura. 2. Revisión de las válvulas y las bombas.
	Nivel	1. Aumento caudal de entrada. 2. Fallo en el control de nivel. 3. Fallo en las bombas o en las válvulas.	1. Aumento de la presión, rotura del equipo. 2. Derrame del fluido. 3. Aumento del caudal de entrada al tanque pulmón.	1. Control de nivel.	1. Revisión del control de nivel. 2. Revisión de las bombas y las válvulas. 3. Instalar control de caudal.

Planta de producción de Clorobenceno Grall					
Separador líquido-líquido					
ITEM: PS- 501					
Palabra guía	Desviación Variable	Posibles causas	Consecuencias	Respuesta	Acciones a tomar
MENOS	Presión	1. Disminución de la temperatura. 2. Fallo en la válvula o en las bombas..	1. Formación de vacío, deformación del equipo. 2. Peligro de explosión.	1. Control de temperatura. 2. Control de nivel.	1. Revisión de válvulas y las bombas.
	Nivel	1. Disminución del caudal. 2. Fallo en las válvulas. 3. Fallo en las bombas. 4. Fallo del control de nivel.	1. Derrame del fluido. 2. Aumento de la presión en las tuberías.	1. Control de nivel. 2. Control de temperatura.	1. Revisión de las válvulas y las bombas. 2. Revisión del control de nivel.

Tabla 5.29: Hazop de la centrífuga de disco.

Planta de producción de Clorobenceno Grall					
Centrífuga de disco					
ITEM: CE-501					
Palabra guía	Desviación Variable	Posibles causas	Consecuencias	Respuesta	Acciones a tomar
NO	Caudal de entrada	1. Fallo en las bombas. 2. Obstrucción en las tuberías. 3. Fallo en el reactor de precipitación.	1. Explosión de las tuberías, derrame del fluido. 2. Variación de la temperatura y la presión en el reactor de precipitación.	1. Control de presión.	1. Revisión de las válvulas y las bombas. 2. Inspección del reactor de precipitación.

Planta de producción de Clorobenceno Grall					
Centrifuga de disco					
ITEM: CE-501					
Palabra guía	Desviación Variable	Posibles causas	Consecuencias	Respuesta	Acciones a tomar
<b>MÁS</b>	Caudal	1. Fallo en las bombas. 2. Fallo en las válvulas.	1. Aumento de la presión, posible rotura del equipo. 2. Derrame del fluido.	1. Control de presión.	1. Revisión de las bombas y las válvulas.
	Presión	1. Fallo en las bombas. 2. Fallo en las válvulas.	1. Aumento de la presión, posible rotura del equipo. 2. Derrame del fluido.	1. Válvula de liberación de presión.	1. Revisión de las bombas y las válvulas.
<b>MENOS</b>	Presión	1. Fallo en las bombas. 2. Fallo en las válvulas.	1. Posible formación de vacío, explosión del equipo. 2. Derrame del fluido.	1. Control de presión.	1. Revisión de las bombas y las válvulas.

Tabla 5.30: Hazop del reactor de precipitación.

Planta de producción de Clorobenceno Grall					
Reactor de precipitación					
ITEM: R-501					
Palabra guía	Desviación Variable	Posibles causas	Consecuencias	Respuesta	Acciones a tomar
NO	Caudal de entrada	1. Obstrucción de las tuberías 2. Obstrucción de la válvula. 3. Fallo de las bombas. 4. No hay reactivos. 5. Fallo en el control de caudal.	1. Posible perturbación de la producción. 2. Derrame del fluido. 3. Aumento de la presión en las tuberías.	1. Control del nivel. 2. Alarma de nivel mínimo. 3. Control de temperatura. 4. Control de caudal.	1. Inspección de las válvulas y las tuberías. 2. Revisión de las bombas. 3. Revisión de los equipos anteriores del proceso. 4. Revisión del control de caudal.
	Caudal de disolvente	1. Obstrucción de las tuberías 2. Obstrucción de las válvulas. 3. Fallo de las bombas. 4. No hay sosa caustica. 5. Fallo en el control de caudal.	1. Derrame del fluido. 2. Aumento de la presión en las tuberías. 3. No hay reacción de precipitación	1. Control del nivel. 2. Alarma de nivel mínimo. 3. Control de presión. 4. Control de caudal	1. Inspección de las válvulas y las tuberías. 2. Revisión de las bombas. 3. Revisión del control de caudal.
	Reacción	1. Condiciones de operación diferentes a las óptimas. 2. No hay entrada de reactivos o de disolvente.	1. Paralización de la producción.	1. Control de la temperatura. 2. Control de nivel.	1. Revisión bombas y válvulas de entrada. 3. Revisión de los equipos anteriores del proceso.
	Estanqueidad	1. Grieta en el tanque, provocada por la corrosión o golpes en el equipo	1. Fuga del fluido.	1. Alarma de nivel mínimo.	1. Revisión periódica del estado del tanque.
	Agitación	1. Fallo en el motor del agitador.	1. Los reactivos no se homogeneizan.	1. Control de temperatura. 2. Control de nivel.	1. Revisión del estado del motor del agitador.

MÁS	Caudal de alimento	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Fallo en la bomba.</li> <li>2. Obstrucción en las válvulas.</li> <li>3. Fallo en el control de caudal.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Aumento del nivel.</li> <li>2. Aumento de la temperatura.</li> <li>3. Incremento de la presión, rotura de equipos.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Alarma de nivel máximo</li> <li>2. Control de temperatura.</li> <li>3. Control de caudal.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Revisión de las bombas.</li> <li>2. Inspección de las válvulas.</li> </ol>
	Presión	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Aumento caudal de entrada</li> <li>2. Aumento de la temperatura.</li> <li>3. Fallo en el sistema de refrigeración.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Posible rotura o explosión del reactor.</li> <li>2. Derrame de fluidos.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Control de temperatura.</li> <li>2. Control de nivel.</li> <li>3. Disco de rotura.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Revisión de las bombas y válvulas de entrada.</li> <li>2. Inspección del sistema de refrigeración.</li> </ol>
	Temperatura	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Aumento de la presión.</li> <li>2. Fallo del control de la temperatura.</li> <li>3. Problemas con el aislante.</li> <li>4. Aumento del caudal de entrada.</li> <li>5. Fallo en el sistema de refrigeración.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Evaporación de los fluidos y reacción exotérmica.</li> <li>2. Posible rotura o explosión.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Alarma de temperatura máxima.</li> <li>2. Control de presión.</li> <li>3. Control de nivel.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Inspección del sistema de refrigeración.</li> <li>2. Revisión del control de la temperatura.</li> <li>3. Revisión de las bombas.</li> </ol>
	Nivel	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Aumento caudal de entrada.</li> <li>2. Fallo en el control de nivel.</li> <li>3. Fallo en las bombas o en las válvulas.</li> <li>4. Fuga en el sistema de refrigeración.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Aumento de la presión, posible explosión.</li> <li>2. Derrame de los reactivos.</li> <li>3. Reacciones no deseadas.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Alarma de nivel máximo.</li> <li>2. Control de temperatura.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Inspección del sistema de refrigeración.</li> <li>2. Revisión de las bombas.</li> </ol>



Planta de producción de Clorobenceno Grall					
Reactor de precipitación					
ITEM: R-501					
Palabra guía	Desviación Variable	Posibles causas	Consecuencias	Respuesta	Acciones a tomar
MENOS	Caudal de alimento	1. Fallo en las bombas. 2. Obstrucción o fuga en las tuberías. 3. Fallo en las válvulas. 4. No hay reactivos. 5. Fallo en el control de caudal	1. Perturbación de la producción. 2. Derrame del fluido. 3. Aumento de la presión en las tuberías.	1. Control del nivel. 2. Alarma de nivel mínimo. 3. Control de temperatura. 4. Control de caudal.	1. Inspección de las válvulas y las tuberías. 2. Revisión de las bombas. 3. Revisión del control de caudal.
	Presión	1. Fuga en las tuberías. 2. Fallo en la bomba. 3. Disminución de la temperatura.	1. Formación de vacío, deformación del tanque. 2. Derrame de los reactivos. 3. La reacción se ve afectada.	1. Control de nivel. 3. Control de la temperatura.	1. Revisión del sistema de refrigeración. 2. Inspección de las tuberías. 3. Revisión de las válvulas. 4. Revisión de las bombas.
	Temperatura	1. Fallo en el control de la temperatura. 2. Disminución de la presión. 3. Fuga en el sistema de refrigeración. 4. Disminución de la agitación.	1. Reacciones no deseadas. 2. Disminución de la presión, formación de vacío.	1. Control de temperatura. 2. Control de nivel.	1. Revisión del sistema de refrigeración. 2. Revisión del control de la temperatura. 3. Revisión del agitador.
	Nivel	1. Fallo en el sensor de nivel. 2. Válvulas obstruidas. 3. Fallo en las bombas. 4. Fuga en las tuberías.	1. No hay reactivos, se paraliza la producción. 2. Derrame de los reactivos.	1. Alarma de nivel mínimo. 2. Control de temperatura	1. Inspección de las válvulas y las tuberías. 2. Revisión de las bombas. 3. Revisión del control de nivel.

Planta de producción de Clorobenceno Grall					
Reactor de precipitación					
ITEM: R-501					
Palabra guía	Desviación Variable	Posibles causas	Consecuencias	Respuesta	Acciones a tomar
PARTE DE	Caudal de alimento	1. Contaminación de los reactivos.	1. Reacciones no deseadas. 2. Variación de la presión y la temperatura.	1. Control de nivel 2. Control de la temperatura.	1. Revisión de los equipos anteriores del proceso.. 2. Revisión de las tuberías.

**Área 600: Tratamiento de gases.****Tabla 5.31:** Hazop representativo de una columna de absorción.

<b>Planta de producción de Clorobenceno Grall</b>					
Columna de absorción de pared húmeda.					
ITEM: CA-602A CA-602B					
<b>Palabra guía</b>	<b>Desviación Variable</b>	<b>Posibles causas</b>	<b>Consecuencias</b>	<b>Respuesta</b>	<b>Acciones a tomar</b>
<b>NO</b>	Caudal de entrada.	1. Obstrucción en las válvulas o en las tuberías. 2. Fallo en el control de caudal.	1. Ácido clorhídrico menos concentrado en la salida.	1. Control de caudal. 2. Alarma de nivel mínimo.	1. Revisar el control de caudal. 2. Revisión de las válvulas y tuberías.
<b>MÁS</b>	Caudal	1. Fallo de la válvula. 2. Fallo de las bombas.	1. Ácido clorhídrico más concentrado en la salida. 2. Aumento de la temperatura y presión. 3. Aumento del nivel, posible fuga de gases tóxicos.	1. Alarma de temperatura máxima. 2. Alarma de nivel máximo.	1. Revisión de las válvulas. 2. Inspección de las bombas.
	Presión	1. Aumento de la temperatura. 2. Aumento del caudal de entrada.	1. Posible rotura o explosión del equipo por sobrepresión. 2. Fuga de gases tóxicos.	1. Alarma de temperatura máxima. 2. Control de nivel. 3. Disco de rotura.	1. Revisión del control de temperatura. 2. Revisión del sistema de refrigeración.
	Temperatura	1. Agua de refrigeración insuficiente. 2. Fallo en el control de la temperatura. 3. Aumento del caudal de entrada. 4. Aumento de la presión.	1. Evaporación del fluido, provoca aumento de presión. 2. Posible rotura o explosión del equipo debido a que la reacción es fuertemente exotérmica.	1. Alarma de temperatura máxima. 2. Control de nivel.	1. Revisión del control de temperatura. 2. Inspección del sistema de refrigeración.

Planta de producción de Clorobenceno Grall					
Columna de absorción de pared húmeda.					
ITEM: CA-602A CA-602B					
Palabra guía	Desviación Variable	Posibles causas	Consecuencias	Respuesta	Acciones a tomar
MENOS	Caudal	1. Obstrucción de la válvula. 2. Fuga de las tuberías.	1. Ácido clorhídrico menos concentrado en la salida. 2. Fuga de gas tóxico. 3. Disminución de la temperatura.	1. Alarma de nivel mínimo. 2. Control de temperatura.	1. Revisión de las válvulas y las tuberías.
	Presión	1. Disminución de la temperatura. 2. Fuga en las tuberías.	1. Baja la concentración de ácido clorhídrico. 2. Fuga de gases tóxicos.	1. Control de temperatura. 2. Alarma de nivel mínimo.	1. Revisión del control de la temperatura. 2. Revisión de las tuberías.
	Temperatura	1. Disminución de la presión. 2. Agua de refrigeración en exceso. 3. Fallo en el control de la temperatura.	1. Formación de vacío, deformación del equipo. 2. La reacción se ve afectada, lo que provoca una perturbación en el producto obtenido.	1. Control de temperatura. 2. Control de nivel.	1. Revisión del sistema de refrigeración. 2. Revisión del control de la temperatura. 3. Introducir control de la presión.
PARTE DE	Composición	1. Impurezas por la corrosión de las tuberías. 2. Fuga en el serpentín.	1. Disminución de la concentración del ácido clorhídrico. 2. Reacciones no deseadas 3. Variación de la temperatura y la presión.	1. Control de temperatura. 2. Alarma de nivel máximo.	1. Revisión del sistema de refrigeración. 2. Revisión de las tuberías.
	Caudal de entrada	1. Fallo en los procesos previos.	1. Disminución de la concentración del ácido clorhídrico. 2. Variación de la temperatura y la presión.	1. Control de temperatura.	1. Revisión de los procesos previos. 2. Control de la composición del producto a la salida de la columna.

Tabla 5.32: Hazop del scrubber empacado.

Planta de producción de Clorobenceno Grall					
Scrubber empacado					
ITEM: SC-601A SC-601B					
Palabra guía	Desviación Variable	Posibles causas	Consecuencias	Respuesta	Acciones a tomar
NO	Caudal de agua osmotizada	1. Fallo en las válvulas. 2. Obstrucción de las tuberías. 3. Fallo en el sistema de servicios.	1. Aumento del caudal de salida de gas.  2. El cloruro de hidrogeno no se disuelve, no hay producción de ácido clorhídrico.	1. Control de nivel. 2. Control de presión.	1. Parar el proceso, equipos de tratamiento de gases desbordados. 2. Revisión de las válvulas y las tuberías. 3. Revisión del sistema de servicios.
	Caudal de gas	1. Fallo en la columna de absorción o en los equipos anteriores.	1. No hay producción de ácido clorhídrico.	1. Control de nivel. 2. Control de presión.	1. Revisión de los equipos anteriores del proceso.

Planta de producción de Clorobenceno Grall					
Scrubber empacado					
ITEM: SC-601A SC-601B					
Palabra guía	Desviación Variable	Posibles causas	Consecuencias	Respuesta	Acciones a tomar
MÁS	Caudal de agua osmotizada	1. Fallo en las válvulas. 2. Fallo en las bombas.	1. Disminución de la concentración de ácido clorhídrico. 2. Posible inundación de la columna de absorción.	1. Control de nivel. 2. Control de presión.	1. Revisión de las válvulas y las bombas.
	Caudal de gas	1. Fallo en la columna de absorción.	1. Aumento de la presión, posible rotura del equipo y fuga de gas tóxico. 2. Aumento del caudal de gases de salida.	1. Control de nivel. 2. Control de presión.	1. Revisión de la columna de absorción.
	Presión	1. Aumento de la temperatura. 2. Aumento del caudal de gas. 3. Fallo en el control de presión.	1. Sobrepresión, posible explosión del equipo.	1. Control de presión. 2. Control de nivel.	1. Revisión de la columna de absorción. 2. Revisión del control de presión.
	Nivel	1. Aumento de caudal de agua o de gas. 2. Fallo en el control de nivel.	1. Rotura del equipo, fuga de gas tóxico y cancerígeno.	1. Control de presión. 2. Control de nivel.	1. Revisión del control de nivel. 2. Revisión de válvulas y bombas.

Planta de producción de Clorobenceno Grall					
Scrubber empacado					
ITEM: SC-601A SC-601B					
Palabra guía	Desviación Variable	Posibles causas	Consecuencias	Respuesta	Acciones a tomar
<b>MENOS</b>	Caudal de agua osmotizada	1. Fallo en las válvulas. 2. Fallo en las bombas.	1. Aumento de la concentración de ácido clorhídrico. 2. Aumento de la temperatura y la presión. 3. Aumento del caudal de gases de salida.	1. Control de nivel. 2. Control de presión.	1. Revisión de las válvulas y las bombas.
	Caudal de gas	1. Fallo en la columna de absorción.	1. Disminución de la concentración de ácido clorhídrico.	1. Control de nivel. 2. Control de presión.	1. Revisión de la columna de absorción.
	Presión	1. Disminución de la temperatura. 2. Disminución del caudal de gases. 3. Fallo en el control de presión.	1. Posible formación de vacío, deformación del equipo. 2. Fuga de gas tóxico y cancerígeno.	1. Control de nivel. 2. Control de presión.	1. Revisión del control de presión. 2. Revisión de la columna de absorción.
	Nivel	1. Fallo en el control de nivel. 2. Disminución de la presión. 3. Disminución del caudal de agua osmotizada. 4. Obstrucción de las tuberías o las válvulas.	1. Posible formación de vacío, deformación del equipo. 2. Fuga de gas tóxico y cancerígeno.	1. Control de nivel. 2. Control de presión.	1. Revisión de las válvulas y las tuberías. 2. Revisión del sistema de servicios. 3. Revisión del control de nivel.

Tabla 5.33: Hazop del scrubber Venturi.

Planta de producción de Clorobenceno Grall					
Scrubber Venturi tipo U					
ITEM: SC-602					
Palabra guía	Desviación Variable	Posibles causas	Consecuencias	Respuesta	Acciones a tomar
MÁS	Caudal de entrada	1. Fallo en los equipos previos. 2. Fallo en las bombas y las válvulas.	1. Sobrepresión, rotura del equipo. 2. Sosa caustica insuficiente para absorber el cloro, problemas emisión de gases a la atmosfera.	1. Indicadores de presión de las bombas.	1. Parar el proceso, contaminación ambiental 2. Revisión de las bombas y las válvulas. 3. Revisión equipos previos.
	Caudal de sosa caustica	1. Fallo de las válvulas y las bombas.	1. Aumento de la sosa caustica enviada a la área 1300.	1. Control de caudal.	1. Revisión de las bombas y las válvulas.
MENOS	Caudal de entrada	1. Fallo en los equipos previos. 2. Fallo en las bombas y las válvulas.	1. Aumento de la sosa caustica enviada a la área 1300.	1. Indicadores de presión de las bombas.	2. Revisión de las bombas y las válvulas. 3. Revisión equipos previos.
	Caudal de sosa caustica	1. Fallo de las válvulas y las bombas.	1. Sosa caustica insuficiente para absorber el cloro, problemas emisión de gases a la atmosfera.	1. Control de caudal.	1. Parar el proceso, contaminación ambiental 2. Revisión de las bombas y las válvulas.



Tabla 5.34: Hazop del reactor térmico.

Planta de producción de Clorobenceno Grall					
Reactor térmico					
ITEM: RT-601					
Palabra guía	Desviación Variable	Posibles causas	Consecuencias	Respuesta	Acciones a tomar
<b>MAS</b>	Caudal de gas	1. Fallo en las válvulas y las bombas.	1. Sobrepresión, rotura del equipo. 2. Fuga de gases tóxicos y cancerígenos.	1. Indicadores de presión de las bombas.	1. Revisión de las válvulas y las bombas.
<b>PARTE DE</b>	Caudal de entrada (presencia de gas cloro).	1. Fallo en los equipos previos.	1. Formación de dioxinas y furanos en la salida del reactor térmico.	1. Indicadores de presión de las bombas.	1. Parar el proceso, contaminación ambiental. 2. Revisión de los equipos previos.

### 5.12. Plan de emergencia

Está claro que la eliminación total de accidentes en una planta química es imposible o muy difícil de conseguir. Por esta razón es importante estar preparados delante de un accidente y no actuar de forma improvisada. La generación de un plan de emergencia permite reducir las consecuencias de los posibles accidentes.

En el caso de las plantas químicas, estos accidentes aparecen en forma de incendios, explosivos y fugas o derrames de sustancias peligrosas. Se debe tener en cuenta que estos accidentes no solo afectan al personal de la planta, sino que pueden llegar a ocasionar consecuencias graves a los alrededores de la fábrica y al medio ambiente.

Para la elaboración de un buen plan de emergencia es básico la realización de un análisis exhaustivo de los posibles riesgos potenciales que tiene la fábrica, como por ejemplo un análisis HAZOP.

En todo plan de emergencia hay dos tipos de actuaciones:

- Las actuaciones destinadas a controlar la situación de emergencia con el mínimo tiempo posible para minimizar al máximo los daños a personas y bienes de la fábrica.
- Las actuaciones destinadas a la evacuación de las áreas afectadas de forma segura y correcta.

Para ejecutar el plan de emergencia con éxito, es preciso que se instalen y se revisen correctamente los sistemas de detección técnicos (detectores de humo, sensores de presión, alarmas, sistemas de comunicación por megafonía, etc.) y los equipos de actuación (boca de incendios, mangueras, bombas de impulsión, duchas de seguridad, extintores, etc.). También es importante la formación del personal de la planta para que ejecute la perfección el plan de emergencia mediante simulacros periódicos.

Los planes de emergencia deben estar establecidos por escrito y divulgados a todas las personas que trabajen dentro de la planta.

La ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales obliga la elaboración de un plan de emergencia que dependerá del tamaño y actividad de la empresa y para el cual se deberán analizar las posibles situaciones de emergencia y adoptar las medidas necesarias en materia de primeros auxilios, la lucha contra incendios y la evacuación del personal. En el RD 374/2001 se desarrolla dicha ley de forma específica para las sustancias químicas.

En caso de emergencia, a continuación se detallan los pasos a seguir en caso de emergencia.

- 1) Se produce una situación de emergencia.
- 2) Una vez localizada la emergencia, se activará la alarma bien sea de forma automática ( en caso de que hayan equipos destinados a cumplir dicha función) o de forma manual (por parte de las personas de la empresa).
- 3) Será necesario confirmar que la activación de la alarma ha sido producida por una situación de peligro real y descartar así que se trate de una falsa alarma. Para ello será necesario saber quine informa, desde donde informa, qué ha pasado y donde ha ocurrido.
- 4) Se declarará el tipo de emergencia, es decir si se trata de un conato de emergencia (cuando la emergencia solo afecta a una zona concreta de la empresa y puede controlarse perfectamente con los equipos de primera intervención (EPI)), una emergencia parcial (situación no controlable con los equipos de primera intervención por lo que será necesario usar los equipos de segunda intervención (ESI) y ser necesaria una evacuación parcial de los trabajadores) o emergencia general (es necesario ayuda exterior porque los medios humanos y materiales de la empresa no son necesarios. Es necesaria evacuar a todos los trabajadores de la empresa).
- 5) Transmisión interna y/o externa de la emergencia que puede ser de palabra o usando sirenas, megafonía, el teléfono o la radio propios de la empresa. Los trabajadores deben conocer el sistema para identificar emergencias en la empresa.

- 6) Una vez evacuado de forma parcial o total el edificio, se haya actuado acorde los procedimientos señalizados y de haber pedido ayuda exterior en caso necesario, se declarará finalizada la emergencia.

Como se ha explicado, en algunos casos es necesaria la evacuación del personal de la empresa. Para llevar a cabo una buena evacuación es conveniente también conocer una serie de pasos para realizar la evacuación de forma correcta:

- 1) Una vez detectada la emergencia, el director del Plan de actuación de emergencia junto al jefe de intervención valoraran la situación y decidirán si se lleva a cabo un plan de evacuación parcial o total.
- 2) El responsable de comunicaciones debe informar a los equipos de emergencia, trabajadores y unidades externas de urgencia si es necesario. El orden de evacuación debe realizarse a través de las señales acústicas, lumínicas o comunicaciones verbales que pueden producirse de manera individual o simultánea.
- 3) Es necesario conocer el tiempo invertido en realizar la evacuación con la finalidad de reducirlo al máximo por ello es conveniente realizar como mínimo un simulacro al año.
- 4) Para evacuar el edificio, es necesario hacerlo de manera ordenada, siguiendo el procedimiento establecido, sin correr ni retroceder. Los responsables de cada planta o zona de la planta deben comprobar que todas las personas han sido evacuadas de la zona. Los evacuados se dirigirán a un punto de encuentro exterior a la empresa o planta y agruparse como se les haya indicado con el fin de que cada responsable haya un recuento de las personas presentes y compruebe sus identidades con la ayuda de una lista. En caso que falte alguien se comunicará inmediatamente.

### **5.13. Condiciones constructivas**

#### **5.13.1. Seguridad estructural**

Hace referencia al diseño constructivo de las zonas de trabajo. Dichas zonas deberán ser sólidas y con la suficiente resistencia para soportar las posibles cargas o esfuerzos que pueden afectarles.

Las dimensiones del lugar de trabajo deberán permitir al trabajador realizar su faena sin riesgos para su salud y seguridad con las condiciones ergonómicas adecuadas. Una buena zona de trabajo sería aquella donde hubiera 3 metros de altura del suelo al techo pero en locales comerciales, oficinas y despachos la altura podría ser de 2,5 metros. Para el trabajador lo adecuado sería una superficie de  $2\text{m}^2$  y  $10\text{m}^3$  no ocupados/ trabajador. También hay que tener en cuenta la separación entre los elementos materiales existentes para garantizar la buena ejecución de las labores.

Estas zonas deberán ofrecer seguridad frente a posibles riesgos de resbalón, caídas, choques, golpes contra objetos, derrumbamientos o caídas de materiales sobre los trabajadores.

#### **5.13.2. Suelos, desniveles y barandillas**

Los suelos deberán ser fijos, estables y no resbaladizos, sin irregularidades ni pendientes peligrosas. En presencia de algún desnivel que pueda suponer un riesgo, se colocará una barandilla para evitar caídas. Dichas barandillas serán de material rígido con una altura mínima de 90 centímetros y equipadas adecuadamente para evitar caídas o deslizamientos.

#### **5.13.3. Ventanas**

Las aperturas, cierres, ajustes o fijación de estos elementos deben hacerse de forma segura por parte de los trabajadores sin que hacerlo conlleve un riesgo. También deberá poder ser limpiadas sin que ello suponga un riesgo a los trabajadores encargados de esa función por ello mismo deberán disponer de los sistemas necesarios.



#### **5.13.4. Puertas**

Las puertas transparentes deberán disponer de una señal a la altura de la vista para no colisionar contra ellas. A la vez, estarán protegidas contra posibles roturas con el fin de evitar posibles accidentes a los trabajadores.

Las puertas y portones de vaivén deberán ser transparentes o disponer de una parte transparente para poder visualizar el interior de la zona a la cual se desea acceder. Por otro lado, las puertas correderas y aquellas que se abran hacia arriba deberán estar dotados de sistemas de seguridad que impida que estos se cierren cuando hay un trabajador, vehículo o material debajo de la misma.

#### **5.13.5. Salidas de emergencia y salidas de evacuación**

El número de éste tipo de salidas dependerá de las dimensiones del lugar de trabajo, la distribución del espacio, los equipos de trabajo que se emplean y el número de trabajadores.

Las salidas de emergencia y evacuación, debidamente señalizadas conforme indica el Real Decreto, deberán conducir directamente o lo más directamente posible al exterior o zona de seguridad y en caso de peligro los trabajadores deberán poder acceder a ellas de forma rápida y en condiciones de máxima seguridad. Por ese motivo, las puertas no estarán cerradas con llave, se abrirán hacia el exterior sin ninguna ayuda especial y no serán obstruidas por ningún tipo de objeto.

Las vías y salidas de evacuación y emergencia estarán previstas de iluminación para garantizar su localización pero en caso de avería en la instalación, se requerirá iluminación de seguridad con suficiente intensidad.