



FORMIQ

PLANTA DE PRODUCCIÓN DE FORMALDEHÍDO

**Trabajo de fin de grado.
Ingeniería química**

Jonathan Baudillo Sequeiros Vilanueva

Sergio Fernández Blanco

Júlia Guardia de la Rubia

Deyaneira Hidalgo Narvaez

Lluc Maymó Ballester

Mireia Tellez Alcover

UAB Universitat Autònoma
de Barcelona

Escola
d'Enginyeria





FORMIQ

PLANTA DE PRODUCCIÓN DE FORMALDEHÍDO

CAPÍTULO 5. SEGURIDAD E HIGIENE

ÍNDICE

5.1 Introducción	5
5.2 Clasificación de la planta	5
5.3 Análisis de riesgos (Hazop)	6
5.3.1 Área 100	7
5.3.2 Área 200	11
5.3.3 Área 300	26
5.3.4 Área 400	34
5.3.5 Área 500	42
5.3.6 Área 600	45
5.3.7 Área 700 y 800.....	64
5.3.8 Área 900	67
5.3.10 Área 1200	70
5.3.11 Área 1300	73
5.3.12. Área 1400	75
5.4 Clasificación de sustancias químicas	82
5.4.1. Clasificación general de sustancias químicas peligrosas	82
5.4.1.1. Peligros físicos	82
5.4.1.2. Peligros para la salud.....	84
5.4.1.3. Peligro para el medio ambiente	86
5.4.2. Clasificación de sustancias químicas de la planta	87
5.5 Clasificación de riesgos.....	91
5.5.1 Riesgos físicos.....	92
5.5.2 Riesgo químicos.....	92
5.5.3 Riesgo mecánicos	93
5.5.4 Riesgos ambientales.....	93
5.6 Fichas de seguridad	94
5.7 Envasado del producto	94
5.8 Almacenaje del producto	95
5.8.1. Normativa aplicable al almacenamiento.....	95
5.8.2. Consideraciones en el almacenamiento	98
5.8.3. Carga y descarga.....	99
5.8.4. Ventilación.....	101
5.8.5. Distancias entre instalaciones fijas de superficie y entre recipientes	101

5.8.5.1. Distancias entre instalaciones fijas de superficie	101
5.8.5.2. Distancia entre recipientes.....	105
5.8.6. Cubetas de retención	105
5.9 Seguridad en la planta.....	107
5.9.1 Protección contra incendios	107
5.9.1.1. Normativa.....	107
5.9.1.2. Medidas de seguridad	108
5.9.1.3. Señalización.....	110
5.9.2 Protección contra atmosferas explosivas.....	110
5.9.2.1. Normativa.....	110
5.9.2.2. Zonas ATEX	111
5.9.2.3. Medidas de seguridad	111
5.9.2.4. Señalización.....	112
5.10 Equipos de protección individual (EPI'S)	113
5.10.1 Categoría I	113
5.10.2 Categoría II	114
5.10.3 Categoría III	114
5.11 Señalización.....	116
5.11.1 Señales de panel.....	117
5.11.2 Señales luminosas	122
5.11.3 Señales acústicas	122
5.11.4 Señales gestuales:	123
5.11.5 Señalización del transporte	125
5.12 Primeros auxilios	126
5.12.1 Conducta PAS (Proteger – Avisar – Socorrer)	126
5.12.2 Materiales de primeros auxilios	127
5.12.3 Procedimientos específicos ante la exposición a formaldehído y metanol	128
5.13 Plan de emergencias	128
5.13.1 Objetivos del plan.....	128
5.13.2 Organización de emergencias	128
5.13.3 Tipos y niveles de emergencia	129
5.13.4 Procedimientos de actuación.....	131
5.13.5 Formación y simulacros.....	132
5.13.5.1 Formación.....	132

5.13.5.2 Simulacros	133
5.14 Higiene	133
5.14.1 Disposición mínima de seguridad e higiene.....	133
5.14.2 Higiene personal.....	134
5.14.3 Limpieza.....	134
5.15 Bibliografía.....	136

5.1 Introducción

La seguridad e higiene industrial constituyen pilares fundamentales en el diseño, operación y mantenimiento diario de cualquier industria química y adquieren una relevancia aún mayor en procesos asociados a sustancias potencialmente peligrosas como es el formaldehído.

Como se ha mencionado anteriormente, este compuesto ampliamente utilizado en la industria química presenta riesgos significativos debido a su inflamabilidad, toxicidad y capacidad irritante. Por ello, es necesario un enfoque preventivo y riguroso y una gestión de los peligros asociados a su producción, almacenamiento y manipulación.

En este capítulo se presenta un análisis de los aspectos clave relacionados con la seguridad en planta. Se inicia con la identificación de zonas y evaluación sistemática de riesgos mediante la metodología HAZOP, la cual permite detectar desviaciones potenciales y establecer prevenciones adecuadas. A continuación, se revisa la clasificación de sustancias químicas implicadas en la información crítica contenida en sus fichas de seguridad, elementos esenciales para una correcta gestión del riesgo.

También se abordan aspectos operativos como el envasado y almacenamiento del formaldehído, la protección frente atmósferas explosivas, el uso de equipos de protección individual y la señalización de seguridad pertinente en cada punto de la instalación. Finalmente, se incluyen pautas básicas de primeros auxilios aplicables en caso de exposición accidental.

En conjunto, este apartado establece el marco preventivo necesario para garantizar un funcionamiento seguro y conforme a la normativa vigente.

5.2 Clasificación de la planta

En la planta de formación de formaldehído de FORMIQ, se tratan diferentes sustancias que deben tener una seguridad específica ya que son de alto nivel de peligrosidad. Para ello, se consulta el Real Decreto 840/2015 que regula las medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas. Este real decreto es la transposición española de la directiva europea Seveso III.

En esta planta de producción se trata con el metanol que es un líquido inflamable, el formaldehído que es tóxico, corrosivo e inflamable, el monóxido de carbono que es un gas inflamable y tóxico. Todos estos compuestos, pertenecen a la normativa Seveso ya que son peligrosos.

Esta actividad ha estado clasificada según el anexo del Real Decreto 100/2011. La producción de formaldehído se clasifica como:

- **Código CAPCA** (catálogo de Actividades Potencialmente Contaminadoras de la Atmósfera): 04 05 17 00
- **Categoría:** B

Los códigos CAPCA se descompongan en cuatro niveles. El primer hace referencia al sector principal de contaminación, el segundo al tipo de actividad dentro del sector, el tercero a la especialidad o producto dentro del subsector y, el cuarto a las características específicas.

- **04:** Procesos industriales sin combustión
- **05:** Industria química orgánica
- **17:** fabricación de aldehídos y cetonas
- **00:** actividad general dentro de esa categoría

En cuanto a la categoría en la que se clasifica la producción de formaldehído, se distinguen en A, B y C siendo A el potencial contaminador más elevado y C el potencial contaminador más bajo. Por lo tanto, se podría decir que este proceso es moderadamente contaminante.

5.3 Análisis de riesgos (Hazop)

El análisis HAZOP (Hazard and Operability Study) es una herramienta imprescindible en el análisis de riesgos de una planta química debido a sus múltiples posibles desviaciones que puedan provocar un accidente. Su aplicación permite identificar de manera estructurada las posibles desviaciones, analizar sus posibles causas i establecer las salvaguardas necesarias para garantizar la seguridad personal, la integridad de la instalación y la protección del medio ambiente.

En una planta como la de FORMIQ, este análisis constituye un punto clave y fundamental debido a las sustancias inflamables, tóxicas y operaciones críticas que contiene.

El estudio se realizará en las diferentes áreas de la planta para los diferentes equipos individualmente y se estudiarán las variables implicadas, como la temperatura, la presión, el nivel, el caudal... Estas variables se separan mediante las palabras clave del análisis HAZOP, recogidas en la Tabla 1.1.

Tabla 1.1. Palabras guía

PALABRA GUÍA	DEFINICIÓN
NO	Negación total de la intención del diseño
MÁS	Aumento cuantitativo
MENOS	Disminución cuantitativa
ADEMÁS DE	Ocurrencia de actividad adicional
PARTE DE	Solo una parte de la intención se cumple
INVERSO	Acción opuesta de la intención
DISTINTO	Ocurrencia de una actividad completamente diferente
ANTES/DESPUÉS	Secuencias temporales en procedimientos

5.3.1 Área 100

Tabla 1.2. Análisis de riesgos del área 100 con método Hazop

 FORMIQ	ANÁLISIS DE RIESGOS				HOJA 1/4	
	EQUIPO:	Tanque de almacenamiento de metanol	ÍTEM:	T-101, T-102, T-103	ÁREA:	A-100
VARIABLE	PALABRA GUÍA	CAUSAS	CONSECUENCIAS	RESPUESTA	ACCIÓN CORRECTORA	
NIVEL DEL TANQUE	MÁS	Sobrellenado por fallo de la parada automática de carga	Derrame de metanol por respiraderos	Detener de inmediato la operación de carga y aislar el tanque	Revisar y probar periódicamente el lazo de parada automática por alto nivel	
		Error del operario al no respetar el nivel máximo operativo	Acumulación de metanol en la cubeta de retención	Interrumpir la carga y contener el derrame en la cubeta	Reforzar la formación y actualizar el procedimiento de carga con el checklist obligatorio	
		Fallo del transmisor de nivel que indica un valor inferior al real	Riesgo de incendio/explosión y contaminación del suelo	Aislamiento de la zona y ventilación	Fallo del transmisor de nivel o del lazo de control	
	MENOS	Fuga en el fondo del tanque	Pérdida de producto y formación de charco inflamable en cubeta	Aislar el tanque, detener entradas y salidas y activar el plan de emergencia interno	Reparar el tanque, verificar integridad y revisar inspección periódica	
		Fuga en línea de salida o válvula mal cerrada	Bajada del nivel y posible emisión de vapores	Localizar fuga, cerrar válvulas y señalizar zona afectada	Reparar la línea/válvula y revisar el procedimiento de bloqueo	
		Fallo del indicador de nivel	Interpretación errónea del inventario y decisiones operativas incorrectas	Contrastar el nivel con segundo método de medida	Sustituir o recalibrar el indicador	

 FORMIQ	ANÁLISIS DE RIESGOS				HOJA 2/4	
	EQUIPO:	Tanque de almacenamiento de metanol	ÍTEM:	T-101, T-102, T-103	ÀREA:	A-100
VARIABLE	PALABRA GUÍA	CAUSAS	CONSECUENCIAS	RESPUESTA	ACCIÓN CORRECTORA	
PRESIÓN EN EL TANQUE	MÁS	Bloqueo del respiradero o línea de venteo	Aumento de presión interna	Detener la carga y desobstruir	Incluir limpieza y revisión en el plan de mantenimiento	
		Aumento de la temperatura ambiental	Aumento de presión de vapor	Verificar funcionamiento de la válvula y controlar exposición térmica	Evaluar aislamiento térmico	
		Carga de metanol a caudal excesivo	Golpes de ariete y aumento de presión	Reducir el caudal y monitorizarlo	Establecer límites de caudal	
COMPOSICIÓN DE LOS GASES	DISTINTO	Fallo en el suministro de nitrógeno de inertización	Entrada de aire y formación de mezcla inflamable	Comprobar presión de nitrógeno	Instalar alarma de baja presión de nitrógeno	
		Válvula de inertización cerrada por maniobra incorrecta	Pérdida de atmósfera inerte	Abrir la válvula, purgar y verificar atmósfera inerte	Incluir posición de válvula en la checklist de pre-operación	
		Fuga en bridas que permitan entrada de aire	Alteración de atmósfera interna	Aislar la zona y reparar la unión	Mejorar la inspección de juntas	

 FORMIQ	ANÁLISIS DE RIESGOS				HOJA 3/4	
	EQUIPO:	Tanque de almacenamiento de metanol	ÍTEM:	T-101, T-102, T-103	ÀREA:	A-100
VARIABLE	PALABRA GUÍA	CAUSAS	CONSECUENCIAS	RESPUESTA	ACCIÓN CORRECTORA	
FUNCIONAMIENTO MECÁNICO	DISTINTO	Corrosión interna o externa	Pérdida de espesor y perforación del tanque	Sacar tanque del servicio y evaluar su estado	Reparar o sustituir	
		Golpe mecánico	Daño local con riesgo de fuga	Inspeccionar posibles fugas	Implantar barreras físicas de protección del tanque	
CAUDAL DE ENTRADA DE METANOL	NO	Válvula de entrada cerrada o boqueada	No se repone inventario, riesgo de quedarse sin metanol	Verificar posición de válvulas y estado de la línea de alimentación	Incluir la posición de válvula en checklist	
		Bomba de trasiego parada o averiada	Interrupción de la operación de descarga	Parar la operación, asegurar el camión y revisar la bomba	Programa de mantenimiento preventivo de bombas	
	MÉS	Error en el lazo de control	Exceso de carga, riesgo de vertido y sobrepresión	Revisión del sistema de control	Controlador de caudal y alarma de nivel alto	
		Aumento inesperado de la presión de alimentación	Riesgo de sobrepresión, fugas y sobrellenado del tanque	Revisión del sistema de impulsión	Controlador de presión, alarma de presión alta y alarma de nivel alto	

 FORMIQ	ANÁLISIS DE RIESGOS				HOJA 4/4	
	EQUIPO:	Tanque de almacenamiento de metanol	ÍTEM:	T-101, T-102, T-103	ÀREA:	A-100
VARIABLE	PALABRA GUÍA	CAUSAS	CONSECUENCIAS	RESPUESTA	ACCIÓN CORRECTORA	
SENTIDO DEL CAUDAL	INVERSO	Diferencia de presión que provoca retorno desde la línea de proceso al tanque	Entrada no controlada de mezcla de proceso	Cerrar válvulas de aislamiento y detener equipos que pueden estar generando retorno	Instalar válvulas antirretornos y revisar el diseño de la línea para evitar retorno	
		Conexión incorrecta de mangueras durante una operación de trasvase	Flujo de metanol hacia equipo o línea no previsto	Detener inmediatamente la operación	Estandarizar conexiones, codificación por colores	
		Fallo de una bomba en otra parte del sistema que aspira	Vaciado parcial del tanque hacia un circuito no diseñado para ello	Parar la bomba implicada y aislar hidráulicamente el circuito	Revisar la existencia de válvulas antirretorno en puntos críticos	
CAUDAL DE SALIDA DE METANOL	NO	Válvula de salida cerrada o bloqueada	Imposibilidad de alimentar el proceso, riesgo de parada no planificada	Comprobar posición de válvula y estado de la línea	Señalización clara de válvulas críticas	
		Obstrucción en la línea de salida	Caudal insuficiente al proceso y posible sobrepresión local	Detener la extracción y despresurizar	Incluir limpieza y revisión en el plan de mantenimiento	

5.3.2 Área 200

Tabla 5.3. Análisis de riesgos del área A-200 con método Hazop

 FORMIQ	ANÁLISIS DE RIESGOS				HOJA 1/15	
	EQUIPO:	Compresor de aire	ÍTEM:	CP-201	ÀREA:	A-200
VARIABLE	PALABRA GUÍA	CAUSAS	CONSECUENCIAS	RESPUESTA	ACCIÓN CORRECTORA	
PRESIÓN DE DESCARGA DEL AIRE	NO	Compresor parado por fallo eléctrico o mecánico	Parada de equipos de A-200 y posible parada de equipos de A-300	Alarma de fallo del compresor, procedimiento de parada de emergencia	Reparar avería y restablecer la alimentación	
		Válvula de descarga cerrada	Riesgo de sobrepresión en la red del aire	Alarma de alta presión, actuación de válvula de seguridad	Abrir válvula y revisar procedimientos	
	MÁS	Trabajo a máxima carga sin necesidad	Presión de aire por encima del rango de trabajo	Alarma de alta presión, encontrar fugas	Revisar y reparar el sistema de control	
	MENOS	Filtro de succión sucio	Caen equipos neumáticos	Alarma de baja presión	Localizar y reparar la fuga	
		Fuga de un línea de aire hacia A-200 y A-30	Mala relación de metanol/aire	Alarma de baja presión	Limpiar y substituir filtros	

 FORMIQ	ANÁLISIS DE RIESGOS				HOJA 2/15	
	EQUIPO:	Compresor de aire	ÍTEM:	CP-201	ÀREA:	A-200
PRESIÓN DE DESCARGA DEL AIRE	ADEMÁS	Se conecta una línea nueva de consumo sin revisar capacidad	Caída de presión en puntos críticos	Operador observa caídas de presión	Revisar balance de aire y modificar capacidad del compreso	
	PARTE DE	No se llega a la presión de consigna por desgaste	Limitación del caudal de aire, funcionamiento reducido	Alarma de desviación de presión	Programar mantenimiento del compresor	
	INVERSO	Transmisor de presión de descarga mal calibrado	El control automático reduce la carga	Alarma de baja presión	Recalibrar el transmisor, comparar lecturas	
	DISTINTO	Cambio de condiciones ambientales que afectan al rendimiento	La presión de descarga disponible baja ligeramente	Operador observa caídas de presión	Mejorar ventilación de la sala de compresores	
	ANTES	Puesta en marcha demasiado rápida	Pico de presión inicial, posibles fugas puntuales	Se observan picos de presión	Ajustar y hacer cumplir el procedimiento de puesta en marcha	

 FORMIQ	ANÁLISIS DE RIESGOS				HOJA 3/15	
	EQUIPO:	Compresor de aire	ÍTEM:	CP-201	ÀREA:	A-200
CAUDAL DE AIRE	MÁS	Válvula de control de caudal demasiado abierta	Exceso de aire al reactor	Desviación en caudal	Ajustar set-point	
		Varios compresores funcionando a la vez	Sobrecarga de línea	Caudal superior al previsto	Parar compresos redundante	
	MENOS	Fuga o válvula parcialmente cerrada	Menor alimentación de aire al reactor	Alarma de bajo caudal	Localizar y reparar fuga o abrir válvula	
		Ensuciamiento en filtro	Pérdida de carga en succión	Diferencial de presión alto	Limpiar o sustituir filtro	
	NO	Parada del compresor	Pérdida de aire del proceso	Alarma de parada de equipo	Arrancar compresor de reserva	
		Cierre de válvula de descarga	Compresor trabajando contra válvula cerrada	Alta presión en descarga	Abrir válvula y revisar procedimientos	
	ADEMÁS	Entrada de aire por by-pass no controlado	Caudal no medido al reactor	Diferencias entre caudal medido y comportamiento del reactor	Cerrar by-pass, revisar esquema de tuberías	

 FORMIQ	ANÁLISIS DE RIESGOS				HOJA 4/15	
	EQUIPO:	Compresor de aire	ÍTEM:	CP-201	ÀREA:	A-200
TEMPERATURA DE DESCARGA	MÁS	Sobrecarga del compresor	Sobrecalentamiento	Alarma de alta temperatura, posible disparo de protección térmica	Reducir caudal y bajar el set-point	
		Fallo en el sistema de refrigeración	Temperatura excesiva, riesgo de fallo y lubricación	Alarma de alta temperatura	Restablecer refrigeración	
	MENOS	Caudal muy bajo	Indicio de operación fuera de rango	Temperatura más baja de lo esperado	Revisar punto de operación y ajustar caudal y presión	
	DISTINTO DE	Sensor descalibrado	Control y diagnóstico erróneos	Lecturas incoherentes	Recalibrar o sustituir el sensor	
POTENCIA ABSORBIDA	MÁS	Sobrecarga	Mayor consumo	Medida de kW alta, alarmas de sobrecarga	Reducir carga y revisar condiciones de proceso	
	MENOS	Compresor descargado	Ineficiencia energética	kW y caudal bajos	Ajustar recirculación	

 FORMIQ	ANÁLISIS DE RIESGOS				HOJA 5/15	
	EQUIPO:	Compresor de aire	ÍTEM:	CP-201	ÀREA:	A-200
VIBRACIÓN	MÁS	Desalineación	Riesgo de fallo mecánico grave	Alarmas de vibración y ruido		Parar de forma controlada
LUBRICACIÓN	MENOS	Falta de aceite	Daño en rodamientos y ejes	Alarmas de nivel/presión		Parar inmediatamente y restablecer lubricación
ENERGÍA ELÉTRICA	NO	Fallo de suministro	Parada del compresor, pérdida de aire del proceso	Alarma de fallo de motor		Restablecer suministro

	ANÁLISIS DE RIESGOS				HOJA 6/15	
	EQUIPO:	Intercambiador Metanol-Aire	ÍTEM:	E-203	ÀREA:	A-200
VARIABLE	PALABRA GUÍA	CAUSAS	CONSECUENCIAS		RESPUESTA	ACCIÓN CORRECTORA
TEMPERATURA DEL METANOL DE SALIDA DEL BSCANVIADOR	NO	Fallo del suministro de vapor	El metanol no llega a 90°C, y baja la conversión del reactor		Alarma de baja temperatura	Revisar suministro del vapor
		Válvula del fluido caliente cerrada	No hay transferencia de calor		El controlador intenta abrir la válvula	Revisar y desbloquear la válvula
		Intercambiador sucio	Transferencia térmica insuficiente		Aumenta el tiempo de calentamiento	Limpiar el intercambiador

 FORMIQ	ANÁLISIS DE RIESGOS				HOJA 7/15	
	EQUIPO:	Intercambiador Metanol-Aire	ÍTEM:	E-203	ÀREA:	A-200
VARIABLE	PALABRA GUÍA	CAUSAS	CONSECUENCIAS	RESPUESTA	ACCIÓN CORRECTORA	
TEMPERATURA DEL METANOL DE SALIDA DEL BSCANVIADOR	MENOS	Cabal de metanol demasiado alto	El fluido no tiene tiempo suficiente de calentarse	El controlador aumenta la aportación de calor	Ajustar el cabal de entrada	
		Presión de vapor baja	Disminución de la transferencia de calor	Alarma de baja temperatura	Revisar línea de vapor	
		Perdidas de calor por mal aislamiento	Bajo rendimiento energético	Monitoreo de la temperatura	Reparar aislamiento térmico	
	MÁS	Exceso de vapor al intercambiador	Vaporización parcial del metanol	Alarma de alta temperatura	Reducir el cabal de vapor	
		Caudal de metanol demasiado bajo	Sobrecalentamiento del corriente	El controlador reduce calor	Revisar línea de vapor	
		Sensor de temperatura defectuoso	Control incorrecto del sistema	Lecturas incoherentes	Calibrar o cambiar el sensor	

	ANÁLISIS DE RIESGOS				HOJA 8/15	
	EQUIPO:	Intercambiador Metanol-Aire	ÍTEM:	E-203	ÀREA:	A-200
VARIABLE	PALABRA GUÍA	CAUSAS	CONSECUENCIAS	RESPUESTA	ACCIÓN CORRECTORA	
TEMPERATURA DEL METANOL DE SALIDA DEL BESCOBIADOR	ADEMÁS	Fuga interna de los fluidos	Contaminación del metanol	Detección de variaciones de presión	Parar e inspeccionar los equipos	
		Entrada de aire al sistema	Formación de atmósfera inflamable	Activación de alarmas de seguridad	Eliminar puntos de fuga	
	PARTE DE	Servicio caliente insuficiente	Vaporización incompleta	Alarma de desviación de temperatura, revisión de operarios	Aumentar presión o temperatura del servicio	
		Fouling parcial	Disminuye la transferencia de calor	Operador revisa histórico de las temperaturas	Programar limpieza	

	ANÁLISIS DE RIESGOS				HOJA 9/15	
	EQUIPO:	Evaporador de metanol	ÍTEM:	E-201	ÀREA:	A-200
VARIABLE	PALABRA GUÍA	CAUSAS	CONSECUENCIAS	RESPUESTA	ACCIÓN CORRECTORA	
CAUDAL DE ENTRADA DE METANOL	MÁS	Caudalímetro mal calibrado	Exceso de carga líquida, inundación parcial del evaporador y arrastre del líquido de salida	Pasar el lazo a manual y reducir el caudal de alimentación	Recalibrar el caudalímetro y revisar el lazo de control de caudal	
		Válvula de entrada demasiado abierta	Llenado rápido del equipo	Ajustar la apertura de la válvula	Limitar la apertura máxima de la válvula	
	MENOS	Obstrucción parcial en tubería o filtro	Evaporación insuficiente y caída de producción	Inspeccionar la línea y limpiar el tramo obstruido	Incluir limpieza periódica de filtros	
		Válvula de entrada parcialmente cerrada	Alimentación insuficiente	Verificar posición de la válvula	Añadir la verificación de la posición de la válvula al checklist de operación	

	ANÁLISIS DE RIESGOS				HOJA 10/15	
	EQUIPO:	Evaporador de metanol	ÍTEM:	E-201	ÀREA:	A-200
VARIABLE	PALABRA GUÍA	CAUSAS	CONSECUENCIAS	RESPUESTA	ACCIÓN CORRECTORA	
CAUDAL DE ENTRADA DE METANOL	NO	Bomba de aguas arribas parada o averiada	El evaporador queda sin alimentación, riesgo de parada del proceso de aguas abajo	Detener la demanda de caudal y revisar el estado de la bomba	Establecer mantenimiento preventivo	
		Bloqueo que impide la alimentación	Imposibilidad de arrancar o mantener la operación del evaporador	Comprobar causas del bloqueo y restablecer condiciones seguras	Asegurar las condiciones de trabajo antes de activar la bomba	
	INVERSO	Error de conexión	Flujo no deseado hacia el tanque, posible sobrellenado	Lecturas anómalas de caudal y presión	Corregir conexiones y revisar esquema de tuberías	
	ADEMÁS DE	Entrada de otro fluido	Cambio de composición, punto de ebullición distinto	Análisis de composición	Detener alimentación contaminada y purgar la línea	

 FORMIQ	ANÁLISIS DE RIESGOS				HOJA 11/15	
	EQUIPO:	Evaporador de metanol	ÍTEM:	E-201	ÀREA:	A-200
VARIABLE	PALABRA GUÍA	CAUSAS	CONSECUENCIAS	RESPUESTA	ACCIÓN CORRECTORA	
CAUDAL DE ENTRADA DE ACEITE TÉRMICO	MÁS	Válvula de control abierta	Sobrecalentamiento, aumento de presión en carcasa	Alarma de alta temperatura de salida	Cerrar parcialmente la válvula y revisar actuador	
		Error de set-point en el controlador de temperatura	Temperatura de salida superior a la de diseño	Desviación de temperatura respecto al set-point	Corregir set-point y revisar el control	
	MENOS	Falta de vapor en caldera y caída de presión	Evaporación insuficiente	Alarma de baja temperatura de salida	Revisar la caldera, aumentar carga	
		Válvula de control parcialmente cerrada	No se alcanza el grado de evaporación requerido	Tendencia de temperatura baja, alarma de baja temperatura	Limpiar el filtro, revisar la válvula y reajustar el lazo de control	
	NO	Cierre de válvula de aislamiento o parada de caldera	No hay evaporación	Alarma de temperatura baja	Parar alimentación al reactor, restablecer vapor	
		Falla de suministro externo de combustible a caldera	Pérdida de servicio crítico, parada de planta	Alarmas en caldera y en temperatura del proceso	Activar caldera de reserva, cambiar a modo seguro	

 FORMIQ	ANÁLISIS DE RIESGOS				HOJA 12/15	
	EQUIPO:	Evaporador de metanol	ÍTEM:	E-201	ÀREA:	A-200
VARIABLE	PALABRA GUÍA	CAUSAS	CONSECUENCIAS	RESPUESTA	ACCIÓN CORRECTORA	
TEMPERATURA DE SALIDA DEL METANOL	MÁS	Exceso de vapor	Sobrecalentamiento	Alarma de alta temperatura	Reducir caudal de vapor	
		Ensuciamiento que genera puntos calientes	Daño de los tubos	Tendencias anómalas de temperatura	Programas limpieza y revisar el fouling	
	MENOS	Falta de vapor en caldera y caída de presión	Evaporación incompleta	Alarma de baja temperatura de salida	Restablecer condiciones de vapor	
		Caudal de metanol demasiado alto	Tiempo de residencia térmica insuficiente	Desviación en temperatura y en evaporación	Reducir el caudal de metanol	
	NO	Fallo de sensor de temperatura	Operación a ciegas	Lecturas constantes incoherentes	Verificar instrumentos y cambiar el sensor	
	DISTINTO DE	Error de calibración	Control incorrecto	Desajuste entre análisis de campo	Recalibrar	

	ANÁLISIS DE RIESGOS				HOJA 13/15	
	EQUIPO:	Evaporador de metanol	ÍTEM:	E-201	ÀREA:	A-200
VARIABLE	PALABRA GUÍA	CAUSAS	CONSECUENCIAS	RESPUESTA	ACCIÓN CORRECTORA	
PRESIÓN DE CARCASA	MÁS	Bloqueo en línea de condensado	Sobrepresión	Alarma de alta presión y apertura de PSV	Abrir purga y eliminar el bloqueo	
		Exceso de vapor sin adecuada salida de condensado	Acumulación de condensado	Variaciones de presión, ruidos y vibraciones	Mejora del drenaje	
	MENOS	Fuga o fallo de junta	Pérdida de eficiencia térmica	Caída de presión	Localizar fuga y repararla	
PRESIÓN DE LOS TUBOS	MÁS	Válvula de salida cerrada	Sobrepresión en tubos	Alarma de alta presión y apertura de PSV	Abrir línea de salida	
	MENOS	Fuga en línea	Pérdida de producto	Caída de presión	Aislar equipo	

 FORMIQ	ANÁLISIS DE RIESGOS				HOJA 14/15	
	EQUIPO:	Evaporador de metanol	ÍTEM:	E-201	ÀREA:	A-200
VARIABLE	PALABRA GUÍA	CAUSAS	CONSECUENCIAS	RESPUESTA	ACCIÓN CORRECTORA	
GRADO DE EVAPORACIÓN	MENOS	Falta de vapor	Mezcla con fracción líquida elevada	Análisis de corriente	Aumentar duty de vapor	
		Caudal de metanol demasiado alto	Tiempo de residencia insuficiente	Temperatura más baja de la esperada	Reducir caudal de metanol	
	MÁS	Exceso de temperatura	Sobrecalentamiento de vapor de metanol	Análisis de temperatura y presión	Reducir vapor y revisar el lazo de control	
COMPOSICIÓN DEL METANOL	DISTINTO DE	Entrada de agua	Cambio de punto de ebullición	Análisis de composición	Revisar calidad en tanques y purgar la línea	
	ADEMÁS DE	Arrastre de aire o gases inertes	Mezclas inflamables en etapas posteriores	Análisis de gases	Revisar inertización, estanqueidad y purgar líneas	

	ANÁLISIS DE RIESGOS				HOJA 15/15	
	EQUIPO:	Evaporador de metanol	ÍTEM:	E-201	ÀREA:	A-200
VARIABLE	PALABRA GUÍA	CAUSAS	CONSECUENCIAS	RESPUESTA	ACCIÓN CORRECTORA	
ENERGÍA DE LA BOMBA	NO	Fallo eléctrico o disparo de protección	Parada de caudal de metanol	Alarma de fallo de motor	Restablecer suministro y revisar protecciones	
		Fallo de combustible	Pérdida de vapor, evaporación nula	Alarmas en caldera y de baja temperatura	Arrancar caldera de reserva	
INSTRUMENTACIÓN	NO	Pérdida de señal	No se detectan errores	Señal perdida en sistema de control	Reparar transmisor	
	DISTINTO DE	Sensor descalibrado	Control incorrecto, operación fuera de condiciones reales	Lecturas incoherentes	Recalibrar, sustituir sensor	

5.3.3 Área 300

Tabla 5.4. Análisis de riesgos del área A-300 con método Hazop

 FORMIQ	ANÁLISIS DE RIESGOS				HOJA 1/8	
	EQUIPO:	Reactor	ÍTEM:	R-301, R-302, R-303	ÀREA:	A-303
VARIABLE	PALABRA GUÍA	CAUSAS	CONSECUENCIAS	RESPUESTA	ACCIÓN CORRECTORA	
TEMPERATURA	MÁS	Fallada de control	Reacción exotérmica descontrolada	Cierre automático del vapor y alarma	Revisar y recalibrar el controlador de temperatura	
		Válvula de vapor atascada	Sobrecalentamiento del reactor	Cierre manual de válvula	Mantenimiento de válvulas y purga periódica	
		Pérdida de refrigerante en la camisa	Puntos calientes y degradación del producto	Alarma de baja presión al circuito refrigerante	Reparar fuga y verificar la integridad de la camisa	
	MENOS	Válvula de vapor cerrada	Reacción incompleta	Alarma de baja temperatura	Verificar suministro de vapor y reabrir la línea	
		Exceso de caudal de refrigerante	Solidificación o aumento de viscosidad	Alarma de baja temperatura	Ajustar caudal de refrigerante y revisar control de la válvula	

	ANÁLISIS DE RIESGOS				HOJA 2/8	
	EQUIPO:	Reactor	ÍTEM:	R-301, R-302, R-303	ÀREA:	A-303
VARIABLE	PALABRA GUÍA	CAUSAS	CONSECUENCIAS		RESPUESTA	ACCIÓN CORRECTORA
TEMPERATURA	NO	Sonda de temperatura averiada	Operación sin control real		Alarma de fallo de instrumento	Sustituir sonda o repararla
	ADEMÁS DE	Reacción secundaria exotérmica	Incremento inesperado de temperatura		Alarma de temperatura alta	Revisar cinética y pureza de los reactivos
	DISTINTO	Perfil de temperatura no homogéneo	Degradación local del producto		Alarma de diferencia entre sondas	Mejorar agitación y posición de sondas
	ANTES/ DESPUÉS	Calentamiento demasiado rápido al principio	Pico de temperatura inicial		Límites de rampa de control	Ajustar rampa de temperatura y estrategia de calentamiento

	ANÁLISIS DE RIESGOS				HOJA 3/8	
	EQUIPO:	Reactor	ÍTEM:	R-301, R-302, R-303	ÀREA:	A-303
VARIABLE	PALABRA GUÍA	CAUSAS	CONSECUENCIAS	RESPUESTA	ACCIÓN CORRECTORA	
PRESIÓN	MÁS	Obstrucción en la línea de salida	Sobrepresión del reactor	Apertura de PSV o disco de ruptura	Limpiar línea y revisar diseño de drenaje	
		Dosificación demasiado rápida de reactivo	Incremento brusco de presión	Alarma de alta presión y parada de alimentación	Ajustar estrategia de dosificación	
	MENOS	Fuga en brida o junta	Entrada de aire y riesgo de oxidación	Alarma de baja presión al circuito refrigerante	Localizar y reparar fuga	
		Condensación rápida	Riesgo de colapso mecánico	Válvula anti-vacía	Revisar rampa de enfriamiento	

	ANÁLISIS DE RIESGOS				HOJA 4/8	
	EQUIPO:	Reactor	ÍTEM:	R-301, R-302, R-303	ÀREA:	A-303
VARIABLE	PALABRA GUÍA	CAUSAS	CONSECUENCIAS		RESPUESTA	ACCIÓN CORRECTORA
PRESIÓN	NO	Sensor de presión fuera de servicio	Operación sin referencia		Alarma de fallo de instrumento	Reparar o sustituir sensor
	ADEMÁS DE	Formación de gas por reacción secundaria	Incremento de presión inesperado		Alarma de alta presión	Revisar receta y subproducto de gases
	INVERSO	Flujo de gas desde colector hacia reactor	Contaminación del reactor		Válvula antirretorno	Instalar válvulas antirretornos
	ANTES/ DESPUÉS	Pico de presión al inicio de la carga	Estrés mecánico		Límites de rampa de carga	Suavizar carga y controlar la presión en la rampa

 FORMIQ	ANÁLISIS DE RIESGOS				HOJA 5/8	
	EQUIPO:	Reactor	ÍTEM:	R-301, R-302, R-303	ÀREA:	A-303
VARIABLE	PALABRA GUÍA	CAUSAS	CONSECUENCIAS	RESPUESTA	ACCIÓN CORRECTORA	
CAUDAL DE METANOL	MÁS	Válvula de control abierta	Mezcla más rica, aumento de presión y temperatura	Alarma de alto caudal	Ajustar set-point	
		Error de operación (del personal)	Desbalance estequiométrico	Desviación en composición de salida	Revisar consignas de operación	
	MENOS	Obstrucción en línea	Menor producción	Alarma de bajo caudal	Limpiar línea y revisar la bomba	
		Válvula parcialmente cerrada	Pérdida de rendimiento	Variaciones del caudal y en variables de calidad	Verificar actuador, reparar o sustituir	
	NO	Parada de la bomba de alimentación	Interrupción de la reacción	Alarma de fallo de bomba	Arrancar bomba de reserva	
	ANTES/ DESPUÉS	Desfase en el arranque	Mezcla fuera de rango	Alarmas de arranque y desviaciones de temperatura y presión	Revisar y corregir secuencia de arranque	

	ANÁLISIS DE RIESGOS				HOJA 6/8	
	EQUIPO:	Reactor	ÍTEM:	R-301, R-302, R-303	ÀREA:	A-303
VARIABLE	PALABRA GUÍA	CAUSAS	CONSECUENCIAS	RESPUESTA	ACCIÓN CORRECTORA	
CAUDAL DE AIRE	MÁS	Válvula de aire demasiado abierta	Mezcla más pobre	Alarma de alto caudal de aire	Ajustar lazo de control	
		Error de operación al aumentar aire sin ajustar el metanol	Disminución de conversión	Desviación de análisis de gases de salida	Revisar consignas	
	MENOS	Filtro obstruido	Mezcla rica en metanol	Alarma de bajo caudal	Limpiar filtros	
		Pérdida de presión en la red de aire por fallo en el compresor	Incapacidad de mantener condiciones de reacción	Alarmas de baja presión y bajo caudal	Restablecer servicio de aire	
	NO	Parada total del compresor del proceso	No suministro de aire, reacción detenida	Alarma de fallo de compresor	Arrancar compresor de reserva	
	PARTE DE	Distribución desigual de aire entre varios reactores	Diferencias de conversión entre reactores	Desviaciones de temperatura y composición	Equilibrar caudales y revisar válvulas de reparto	

	ANÁLISIS DE RIESGOS				HOJA 7/8	
	EQUIPO:	Reactor	ÍTEM:	R-301, R-302, R-303	ÀREA:	A-303
VARIABLE	PALABRA GUÍA	CAUSAS	CONSECUENCIAS		RESPUESTA	ACCIÓN CORRECTORA
COMPOSICIÓN	MÁS (Metanol)	Caudal de metanol alto o caudal de aire bajo	Mezcla más rica en combustible		Desviación en análisis de gases y alarmas de temperatura y presión	Ajustar caudales de metanol y aire
	MÁS (Formol)	Condiciones de operación más selectivas	Aumento de rendimiento a formol		Variación en calidad del producto	Verificar que todo se mantiene dentro de lo especificado
	MENOS (Formol)	Temperatura inadecuada	Menor rendimiento		Desviación en análisis de producto y gases	Revisar estado del catalizador
	MENOS (Aire/O ₂)	Fallo en el suministro de aire	Mezcla rica en metanol		Alarmas de bajo caudal de aire	Restablecer caudal de aire

	ANÁLISIS DE RIESGOS				HOJA 8/8	
	EQUIPO:	Reactor	ÍTEM:	R-301, R-302, R-303	ÀREA:	A-303
VARIABLE	PALABRA GUÍA	CAUSAS	CONSECUENCIAS		RESPUESTA	ACCIÓN CORRECTORA
COMPOSICIÓN	NO	Fallo en analizadores	Falta de información fiable sobre selectividad		Alarmas de fallo de analizadores	Verificar y recalibrar
	DISTINTO DE	Descalibración de analizadores	Interpretación errónea de la calidad		Diferencias entre análisis en línea y de laboratorio	Recalibrar analizadores
	ADEMÁS DE	Presencia de contaminantes no previstos	Formación de subproductos		Desviaciones en análisis de composición	Identificar origen de contaminantes

5.3.4 Área 400

Tabla 5.5. Análisis de riesgos del área A-400 método HAZOP

	ANÁLISIS DE RIESGOS				HOJA 1/8	
	EQUIPO:	Intercambiador de salida reactores	ÍTEM:	E-401, E-404	ÁREA:	A-400
VARIABLE	PALABRA GUÍA	CAUSAS	CONSECUENCIAS		RESPUESTA	ACCIÓN CORRECTORA
TEMPERATURA DEL GAS A LA SALIDA	MÁS	Caudal de agua refrigerante insuficiente	Gas entra demasiado caliente a la absorción		Alarma de temperatura alta de salida	Aumentar caudal de agua
		Agua de entrada demasiado caliente	Pérdida de capacidad de enfriamiento		Alarma de temperatura alta	Revisar sistema de refrigeración
	MENOS	Exceso de caudal de agua	Condensación excesiva		Alarma de temperatura baja	Reducir caudal de agua
	NO	Sensor de temperatura averiado y mala lectura	Riesgo de no detectar desviaciones de temperatura		Alarma de fallo de instrumento	Verificar manualmente

 FORMIQ	ANÁLISIS DE RIESGOS				HOJA 2/8	
	EQUIPO:	Intercambiador de salida reactores	ÍTEM:	E-401, E-404	ÀREA:	A-400
VARIABLE	PALABRA GUÍA	CAUSAS	CONSECUENCIAS	RESPUESTA	ACCIÓN CORRECTORA	
PERDIDA DE CARGA DEL GAS	MÁS	Suciedad en los tubos	Reparto desigual de caudal	Alarma de perdida de carga alta	Programar limpiezas	
		Condensados acumulados	Arrastre del líquido	Alarma de perdida de carga alta	Revisar y limpiar drenajes	
		Caudal de gas superior al de diseño	Perdida de carga elevada	Alarma de perdida de carga alta	Revisar consigna del caudal	
	MENOS	Baipás abierto	No se detecta el ensuciamiento	Alarma de temperatura y perdida de carga	Cerrar baipás	
		Fuga en línea de gas	Pérdida de contención	Alarma de presión	Localizar y reparar fuga	

	ANÁLISIS DE RIESGOS				HOJA 3/8	
	EQUIPO:	Intercambiador de salida reactores	ÍTEM:	E-401, E-404	ÀREA:	A-400
VARIABLE	PALABRA GUÍA	CAUSAS	CONSECUENCIAS	RESPUESTA	ACCIÓN CORRECTORA	
CAUDAL DEL GAS	MÁS	Aumento de producción sin revisar capacidad de enfriamiento	Temperatura de salida demasiado alta	Alarma de temperatura alta	Coordinar aumento de carga con revisión de la capacidad térmica	
		Válvula de control abierta	Perdida de carga elevada	Alarma de perdida de carga alta	Reparar actuador	
	MENOS	Restricción en elemento anterior	Operación fuera del punto óptimo	Alarmas de bajo caudal	Inspeccionar equipos anteriores y eliminar restricciones	
		Error de consigna en el controlador del caudal	Variaciones de temperatura	Desviaciones en análisis	Corregir consigna	
	NO	Parada del reactor	Riesgo de choque térmico en el arranque	Alarma de caudal	Seguir procedimiento de parada de emergencia	

	ANÁLISIS DE RIESGOS				HOJA 4/8	
	EQUIPO:	Intercambiador de salida reactores	ÍTEM:	E-401, E-404	ÀREA:	A-400
VARIABLE	PALABRA GUÍA	CAUSAS	CONSECUENCIAS	RESPUESTA	ACCIÓN CORRECTORA	
CAUDAL DE AGUA	MÁS	Consigna demasiado alta o válvula abierta	Sobre enfriamiento	Alarma de temperatura baja	Optimizar consigna	
		Bomba sobredimensionada	Inestabilidad de la temperatura	Alarma de caudal y presión	Ajustar bypass	
	MENOS	Filtro sucio	Temperatura del gas demasiado alta	Alarma de temperatura alta	Limpiar filtro	
		Bomba degradada o cavitación	Caudal inestable	Vibraciones	Revisar NSPH, reparar o sustituir	
	NO	Bomba parada	Pérdida total del enfriamiento	Alarmas de temperatura	Arrancar bomba de reserva	

	ANÁLISIS DE RIESGOS				HOJA 5/8	
	EQUIPO:	Intercambiador de salida reactores	ÍTEM:	E-401, E-404	ÀREA:	A-400
VARIABLE	PALABRA GUÍA	CAUSAS	CONSECUENCIAS		RESPUESTA	ACCIÓN CORRECTORA
FUGA	MÁS	Perforación de tubos por corrosión/erosión	Mezcla gas-agua (contaminación)		Detección de cambio en la composición	Aislar intercambiador
	ADEMÁS DE	Aparición de compuestos extra	Contaminación		Alarmas de calidad del agua	Gestionar agua contaminada y revisar la integridad
	NO	No monitoreo específico	Fuga lenta no detectada		anomalías en diferentes puntos	Implementar monitoreo de otras variables (conductividad)

 FORMIQ	ANÁLISIS DE RIESGOS				HOJA 6/8	
	EQUIPO:	Intercambiador de salida reactores	ÍTEM:	E-401, E-404	ÀREA:	A-400
VARIABLE	PALABRA GUÍA	CAUSAS	CONSECUENCIAS	RESPUESTA	ACCIÓN CORRECTORA	
TEMPERATURA DE SALIDA	MÁS	Caudal de agua de servicio insuficiente	Formol sale demasiado caliente	Alarma de temperatura alta	Aumentar caudal de agua	
		Agua de entrada demasiado caliente	Pérdida de control de la temperatura	Alarma de temperatura alta	Revisar sistema de refrigeración	
		Baipás de formol abierto	Parte del formol no se enfría	Alarma de temperatura alta	Ajustar/cerrar baipás	
	MENOS	Exceso de caudal de agua	Formol demasiado frío	Alarma de temperatura baja	Reducir caudal de agua	
		Error de set-point	Operación fuera de especificaciones de diseño	Desviaciones en análisis de calidad	Corregir set-point	
	NO	Sensor de temperatura averiado	Control de temperatura sin referencia fiable	Alarma de fallo de instrumento	Verificar manualmente	

 FORMIQ	ANÁLISIS DE RIESGOS				HOJA 7/8	
	EQUIPO:	Intercambiador de salida reactores	ÍTEM:	E-401, E-404	ÀREA:	A-400
VARIABLE	PALABRA GUÍA	CAUSAS	CONSECUENCIAS	RESPUESTA	ACCIÓN CORRECTORA	
CAUDAL DE FORMOL	MÁS	Aumento de producción sin revisar la capacidad	Tiempo de residencia menor	Alarma de temperatura	Ajustar caudal de agua	
		Válvula de control abierta	Inestabilidad de temperatura	Alarmas de caudal y temperatura	Reparar actuador y revisar el lazo de control	
	MENOS	Filtro sucio o restricción anterior	Menor caudal del producto	Alarma de caudal bajo	Limpiar filtro y revisar elementos anteriores	
		Error de consigna en el controlador del caudal	Variaciones de temperatura	Desviaciones en análisis de calidad	Corregir consigna	
	NO	Bomba parada	Parada del flujo de fomrol	Alamas de caudal	Conectar bomba de reserva	

 FORMIQ	ANÁLISIS DE RIESGOS				HOJA 8/8	
	EQUIPO:	Intercambiador de salida reactores	ÍTEM:	E-401, E-404	ÀREA:	A-400
VARIABLE	PALABRA GUÍA	CAUSAS	CONSECUENCIAS	RESPUESTA	ACCIÓN CORRECTORA	
CAUDAL DE AGUA	MÁS	Consigna demasiado alta	Sobre enfriamiento	Alarmas de temperatura	Optimizar consigna	
		Bomba sobredimensionada	Inestabilidad de temperatura	Alarmas de caudal y presión	Revisar selección de bomba	
	MENOS	Filtro sucio o línea parcialmente obstruida	Pérdida de capacidad de intercambio	Alarma de temperatura	Limpiar filtro, inspeccionar línea	
		Cavitación	Variaciones de caudal	Alarmas de la bomba	Revisar NPSH, reparar o sustituir bomba	
	NO	Bomba parada	Pérdida total del intercambio	Alarmas críticas de temperatura	Conectar bomba de reserva	

5.3.5 Área 500

Tabla 5.6. Análisis de riesgo del área A-500 método Hazop

 FORMIQ	ANÁLISIS DE RIESGOS				HOJA 1/3	
	EQUIPO:	Tanque de almacenamiento de formaldehído	ÍTEM:	T-501, T-502, T-503	ÀREA:	A-500
VARIABLE	PALABRA GUÍA	CAUSAS	CONSECUENCIAS	RESPUESTA	ACCIÓN CORRECTORA	
NIVEL	MÁS	Válvula de entrada atascada abierta	Sobrellenado del tanque y posible derrame de formaldehído	Alarma de nivel alto	Cerrar válvula y reparar el actuador	
		Fallo del transmisor de nivel indicando nivel bajo	Continuación del llenado hasta rebose	Alarma independiente de alto nivel	Calibrar o sustituir transmisor	
	MENOS	Bajo caudal de entrada	Riesgo de vaciado del tanque	Monitorización continua del nivel	Restablecer caudal	
		Fuga en el tanque	Pérdida de producto y contaminación ambiental	Cubeto de contención	Reparar fugas	
	NO	Fuga de gran magnitud	Pérdida total del contenido	Cubeto y detección de fugas	Aislar y reparar	
		Parada total de alimentación	Tanque vacío y parada de producción	Alarma de nivel muy bajo	Restablecer suministro	

 FORMIQ	ANÁLISIS DE RIESGOS				HOJA 2/3	
	EQUIPO:	Tanque de almacenamiento de formaldehído	ÍTEM:	T-501, T-502, T-503	ÀREA:	A-500
VARIABLE	PALABRA GUÍA	CAUSAS	CONSECUENCIAS	RESPUESTA	ACCIÓN CORRECTORA	
TEMPERATURA	MÁS	Entrada de formaldehído caliente	Incremento de evaporación de formaldehído	Alarma de temperatura alta	Reducir temperatura de alimentación	
	MENOS	Temperatura ambiente baja	Formación de paraformaldehído	Control de temperatura	Aplicar calentamiento	
		Parada prolongada del tanque	Sedimentación de polímeros	Procedimiento de mantenimiento	Recircular producto	
PRESIÓN	MÁS	Temperatura excesiva	Aumento de vapores y presión interna	Monitorización de temperatura	Reducir temperatura	
		Ventoeo obstruido	Sobrepresión y posible daño mecánico	PSV y alarma de presión alta	Limpiar ventoeo	
	MENOS	Descarga rápida del tanque	Formación de vacío interno	Válvula rompe-vacío	Reducir velocidad de descarga	

 FORMIQ	ANÁLISIS DE RIESGOS				HOJA 3/3	
	EQUIPO:	Tanque de almacenamiento de formaldehído	ÍTEM:	T-501, T-502, T-503	ÀREA:	A-500
VARIABLE	PALABRA GUÍA	CAUSAS	CONSECUENCIAS		RESPUESTA	ACCIÓN CORRECTORA
PRESIÓN	MENOS	Condensación de vapores internos	Depresión en el interior		Sistema de respiración	Inspeccionar condiciones operativas
		Ventoe bloqueado	Deformación estructural del tanque		Protección contra vacío	Revisar venteos
COMPOSICIÓN	ADEMÁS DE	Entrada de agua	Disminución de la concentración de formaldehído		Control analítico	Reparar fugas
		Condensados procedentes de líneas	Producto fuera de especificación		Muestreos periódicos	Eliminar ingreso de condensados

5.3.6 Área 600

 FORMIQ	ANÁLISIS DE RIESGOS				HOJA 1/3	
	EQUIPO:	Tanque de almacenamiento de nitrógeno líquido	ÍTEM:	T-601, T-602	ÀREA:	A-600
VARIABLE	PALABRA GUÍA	CAUSAS	CONSECUENCIAS	RESPUESTA	ACCIÓN CORRECTORA	
PRESIÓN	MÁS	Fallo del regulador de presión	Sobrepresión en el tanque de nitrógeno	Válvula de seguridad	Reparar o sustituir regulador	
		Exposición a temperaturas elevadas	Incremento de la presión interna	Monitorización de presión	Reducir temperatura del tanque	
		Válvula de salida cerrada con aporte de nitrógeno	Acumulación de presión	Alarma de presión alta	Abrir línea o detener aporte	
	MENOS	Fuga en tanque o tuberías	Pérdida de capacidad de inertización	Alarma de presión baja	Reparar fuga	
		Consumo excesivo de nitrógeno	Presión insuficiente para inertizar	Monitorización de presión	Reducir consumo o aumentar suministro	
	NO	Tanque vacío	Pérdida total de inertización de los tanques de metanol	Alarma de presión mínima	Restablecer suministro	

 FORMIQ	ANÁLISIS DE RIESGOS				HOJA 2/3	
	EQUIPO:	Tanque de almacenamiento de nitrógeno líquido	ÍTEM:	T-601, T-602	ÀREA:	A-600
VARIABLE	PALABRA GUÍA	CAUSAS	CONSECUENCIAS	RESPUESTA	ACCIÓN CORRECTORA	
PREISÓN	NO	Cierre accidental de válvula principal	Interrupción completa del suministro	Procedimientos operativos	Abrir válvula	
		Rotura importante de una línea	Descarga completa de nitrógeno	Alarmas de presión	Aislar línea dañada	
NIVEL	MENOS	Consumo superior al previsto	Agotamiento prematuro del inventario	Indicador de nivel	Reponer nitrógeno	
		Retraso en el suministro externo	Nivel insuficiente para operación	Gestión de inventario	Programar reposición	
	NO	Falta de reposición	Tanque vacío	Alarma de nivel bajo	Recargar tanque	
CAUDAL DE SUMINISTRO	MÁS	Fallo del sistema de control	Descarga innecesaria de nitrógeno	Alarmas de caudal	Reparar control	

 FORMIQ	ANÁLISIS DE RIESGOS				HOJA 3/3	
	EQUIPO:	Tanque de almacenamiento de nitrógeno líquido	ÍTEM:	T-601, T-602	ÀREA:	A-600
VARIABLE	PALABRA GUÍA	CAUSAS	CONSECUENCIAS	RESPUESTA	ACCIÓN CORRECTORA	
CAUDAL DE SUMINISTRO	MÁS	Regulador mal ajustado	Consumo excesivo de nitrógeno	Caudalímetro	Ajustar regulador	
		Válvula demasiado abierta	Sobrecoste operativo	Control de caudal	Ajusta válvula	
	NO	Tanque vacío	Entrada de aire en tanques de metanol	Monitorización de presión	Reponer nitrógeno	
		Válvula cerrada	Pérdida de inertización	Alarma de flujo cero	Abrir válvula	
	MENOS	Obstrucción en la línea	Inertización insuficiente	Indicador de caudal	Limpiar línea	
		Regulador defectuoso	Menor aporte de nitrógeno	Alarmas de caudal bajo	Sustituir regulador	

 FORMIQ	ANÁLISIS DE RIESGOS				HOJA1/3	
	EQUIPO:	Caldera de aceite térmico	ÍTEM:	CL-601, CL-602, CL-603	ÁREA:	A-600
VARIABLE	PALABRA GUÍA	CAUSAS	CONSECUENCIAS	RESPUESTA	ACCIÓN CORRECTORA	
CAUDAL DE ACEITE TÉRMICO	NO	Fallo de bomba	Sobrecalentamiento del aceite en el serpentín	Activación de alarma de flujo bajo	Reparación o sustitución de bomba	
		Válvula de descarga cerrada	Incremento rápido de temperatura loca	Interlock de seguridad por alta temperatura	Revisión de operación y bloqueo de válvulas	
		Filtro obstruido	Caudal insuficiente y degradación térmica del aceite	Alarma diferencial de presión	Limpieza o cambio de filtros	
	MENOS	Cavitación en bomba	Transferencia térmica inestable	Alarma de baja presión de aspiración	Revisar nivel del tanque o mejorar el NPSH	
		Obstrucción parcial en tubería	Puntos calientes en el sistema	Monitorización del diferencial de temperatura anormal	Limpieza mecánica de línea	
	MÁS	Válvula de control abierta en exceso	Baja eficiencia térmica	Alarma de desviación de temperatura	Ajuste del lazo de control	

 FORMIQ	ANÁLISIS DE RIESGOS				HOJA 2/3	
	EQUIPO:	Caldera de aceite térmico	ÍTEM:	CL-601, CL-602, CL-603	ÁREA:	A-600
VARIABLE	PALABRA GUÍA	CAUSAS	CONSECUENCIAS		RESPUESTA	ACCIÓN CORRECTORA
CAUDAL DE ACEITE TÉRMICO	MÁS	Fallo de regulación de bomba	Sobrecarga del sistema de retorno		Monitorización de presión elevada	Recalibración del variador de frecuencia
TEMPERATURA DE SALIDA	MÁS	Fallo del sistema de control del quemador	Degradación del aceite		Parada de emergencia por alta temperatura	Mantenimiento del controlador y sensores
		Bajo caudal de aceite	Sobrecalentamiento del fluido		Interlock por baja circulación	Añadir más caudal
	MENOS	Fallo del quemador	Baja eficiencia del proceso		Alarma de baja temperatura	Mantenimiento del sistema de combustión
		Exceso de caudal	Insuficiente transferencia térmica		Ajuste automático del control PID	Recalibrar lazos de control
PRESIÓN DEL SISTEMA	MÁS	Expansión térmica del aceite	Riesgo de rotura de tuberías		Apertura de válvula de seguridad	Verificar vaso de expansión

 FORMIQ	ANÁLISIS DE RIESGOS				HOJA3/3	
	EQUIPO:	Caldera de aceite térmico	ÍTEM:	CL-601, CL-602, CL-603	ÀREA:	A-600
VARIABLE	PALABRA GUÍA	CAUSAS	CONSECUENCIAS	RESPUESTA		ACCIÓN CORRECTORA
PRESIÓN DEL SISTEMA	MÁS	Obstrucción en línea de retorno	Sobrepresión localizada	Alarma de presión alta		Limpieza de líneas
	MENOS	Fuga de aceite térmico	Entrada de aire en el sistema	Alarma de baja presión		Reparación de fugas
COMBUSTIÓN DEL QUEMADOR	NO	Fallo de suministro de combustible	Parada del sistema	Sistema de bloqueo automático		Verificar alimentación de combustible
		Extinción de la llama	Acumulación de combustible (riesgo de explosión)	Corte inmediato de combustible		Revisión de sensores de llama
		Fallo del sistema de encendido	Acumulación de combustible no quemado	Purga automática de seguridad		Control del sistema de encendido
	MÁS	Mala regulación del aire o del combustible	Sobre temperatura del sistema	Detector de llama con corte de seguridad		Ajuste de combustión

 FORMIQ	ANÁLISIS DE RIESGOS				HOJA 1/5	
	EQUIPO:	Caldera de vapor	ÍTEM:	CL-604, CL-605, CL-606	ÀREA:	A-600
VARIABLE	PALABRA GUÍA	CAUSAS	CONSECUENCIAS	RESPUESTA		ACCIÓN CORRECTORA
PRESIÓN	MÁS	Válvula de salida de vapor cerrada	Sobrepresión en caldera	Válvula de seguridad		Abrir línea de vapor
		Fallo del control de presión del quemador	Aumento continuo de generación de vapor	Alarma de alta presión		Ajustar control de combustión
		Obstrucción en línea de vapor	Acumulación de presión interna	Sistema de alivio de presión		Limpiar tubería
	MENOS	Demanda de vapor superior a la producción	Caída de presión en red	Alarma de baja presión		Ajustar demanda o aumentar carga
		Fallo del quemador	Disminución de generación de vapor	Monitorización de presión		Reparar quemador
		Fugas en línea de vapor	Pérdida de presión y energía	Inspección de fugas		Sellar fugas

 FORMIQ	ANÁLISIS DE RIESGOS				HOJA 2/5	
	EQUIPO:	Caldera de vapor	ÍTEM:	CL-604, CL-605, CL-606	ÀREA:	A-600
VARIABLE	PALABRA GUÍA	CAUSAS	CONSECUENCIAS	RESPUESTA	ACCIÓN CORRECTORA	
PRESIÓN	INVERSO	Retorno de condensado por fallo de válvula	Daños en caldera	Válvulas antirretorno	Sustituir válvula	
		Diferencial de presión invertido	Flujo no deseado hacia caldera	Alarmas de presión diferencial	Corregir sistema hidráulico	
NIVEL DEL AGUA	MÁS	Fallo de válvula de alimentación abierta	Arrastre de agua con vapor	Alarma de nivel alto	Cerrar válvula	
		Error del controlador de nivel	Sobrellenado del domo	Indicador de nivel redundante	Reparar control	
		Aporte excesivo de agua de alimentación	Reducción de eficiencia térmica	Control de nivel automático	Ajustar caudal	
	MENOS	Fuga en caldera	Riesgo de sobrecalentamiento y explosión	Alarma de nivel bajo	Parada de emergencia	

 FORMIQ	ANÁLISIS DE RIESGOS				HOJA 3/5	
	EQUIPO:	Caldera de vapor	ÍTEM:	CL-604, CL-605, CL-606	ÁREA:	A-600
VARIABLE	PALABRA GUÍA	CAUSAS	CONSECUENCIAS		RESPUESTA	ACCIÓN CORRECTORA
NIVEL DEL AGUA	MENOS	Fallo de bomba de alimentación	Descenso progresivo del nivel		Sistema de corte automático	Reparar bomba
		Consumo de vapor elevado	Baja reposición de agua		Control de nivel bajo	Aumentar alimentación
	NO	Vaciado completo por fuga	Sobrecalentamiento de tubos y posible explosión		Trip de seguridad de caldera	Parada inmediata
		Fallo total de alimentación	Daño irreversible en caldera		Sistema de emergencia	Reparación completa
TEMPERATURA	MÁS	Exceso de combustible	Sobrecalentamiento de agua o vapor		Control de llama	Ajustar quemador
		Fallo de regulación del aire	Combustión ineficiente y alta temperatura		Alarma de combustión	Calibrar sistema

 FORMIQ	ANÁLISIS DE RIESGOS				HOJA 4/5	
	EQUIPO:	Caldera de vapor	ÍTEM:	CL-604, CL-605, CL-606	ÀREA:	A-600
VARIABLE	PALABRA GUÍA	CAUSAS	CONSECUENCIAS	RESPUESTA	ACCIÓN CORRECTORA	
TEMPERATURA	MÁS	Baja extracción de vapor	Acumulación de energía térmica	Control de presión o temperatura	Ajustar demanda	
	MENOS	Insuficiente combustión	Baja producción de vapor	Alarma de temperatura baja	Revisar quemador	
		Exceso de aire en combustión	Enfriamiento del sistema	Control de relación aire/combustible	Ajustar mezcla	
CAUDAL DEL AGUA DE ALIMENTACIÓN	MÁS	Válvula de control abierta en exceso	Inundación de la caldera	Alarma de nivel alto	Regular válvula	
		Fallo de control automático	Desequilibrio agua/vapor	Sistema de nivel redundante	Reparar control	
	MENOS	Bomba de alimentación defectuosa	Descenso de nivel de agua	Alarma de nivel bajo	Reparar bomba	

 FORMIQ	ANÁLISIS DE RIESGOS				HOJA 5/5	
	EQUIPO:	Caldera de vapor	ÍTEM:	CL-604, CL-605, CL-606	ÀREA:	A-600
VARIABLE	PALABRA GUÍA	CAUSAS	CONSECUENCIAS		RESPUESTA	ACCIÓN CORRECTORA
CAUDAL DEL AGUA DE ALIMENTACIÓN	MENOS	Obstrucción en línea	Falta de alimentación		Indicador de caudal	Limpiar línea
COMBUSTIÓN	DISTINTO	Relación aire-combustible incorrecta	Inundación de la caldera		Alarma de nivel alto	Regular válvula
		Fallo de control automático	Desequilibrio agua/vapor		Sistema de nivel redundante	Reparar control
	MENOS	Bomba de alimentación defectuosa	Descenso de nivel de agua		Alarma de nivel bajo	Reparar bomba
		Obstrucción en línea	Falta de alimentación		Indicador de caudal	Limpiar línea

 FORMIQ	ANÁLISIS DE RIESGOS					HOJA 1/8	
	EQUIPO:	Chiller de agua	ÍTEM:	CH-601, CH-602, CH-603		ÁREA:	A-600
VARIABLE	PALABRA GUÍA	CAUSAS	CONSECUENCIAS		RESPUESTA		ACCIÓN CORRECTORA
CAUDAL DE AGUA FRÍA	NO	Bomba parada	No circula agua por el evaporador		Alarma de bajo caudal y paro del chiller		Revisar bomba y alimentación eléctrica
		Válvula cerrada	Riesgo de congelación del evaporador		Interruptor de flujo		Abrir válvula y revisar enclavamiento
	MENOS	Filtro sucio	Baja eficiencia térmica		Alarma de bajo caudal		Limpieza periódica del filtro
		Fuga en el circuito	Pérdida de presión y caudal		Alarma de presión/caudal		Localizar y reparar fuga
	MÁS	Bomba sobredimensionada	Consumo eléctrico elevado		Medidor de caudal		Regular bomba
	ADEMÁS DE	Mal purgado	Cavitación en bomba		Ruido, vibraciones y alarma		Purgar circuito

 FORMIQ	ANÁLISIS DE RIESGOS				HOJA 2/8	
	EQUIPO:	Chiller de agua	ÍTEM:	CH-601, CH-602, CH-603	ÀREA:	A-600
VARIABLE	PALABRA GUÍA	CAUSAS	CONSECUENCIAS	RESPUESTA		ACCIÓN CORRECTORA
CAUDAL DE AGUA FRÍA	ADEMÁS DE	Suciedad en tuberías	Obstrucción del evaporador	Filtro en línea		Limpiar circuito
	INVERSO	Válvula antirretorno defectuosa	Mala circulación y posible daño en bomba	Detección de sentido de flujo		Sustituir válvula
	ANTES	Secuencia incorrecta ya que el chiller arranca antes que la bomba	Daño en evaporador	Interlock bomba-chiller		Programar arranque seguro
TEMPERATURA DEL AGUA DE SALIDA	NO	Compresor parado	El proceso no recibe agua fría	Alarma de alta temperatura		Revisar compresor
		Falta total de refrigerante	Pérdida de capacidad frigorífica	Presostato de baja presión		Reparar fuga y recargar
	MÁS	Condensador sucio	El chiller pierde rendimiento	Alarma alta temperatura		Limpiar condensador

 FORMIQ	ANÁLISIS DE RIESGOS				HOJA 3/8	
	EQUIPO:	Chiller de agua	ÍTEM:	CH-601, CH-602, CH-603	ÀREA:	A-600
VARIABLE	PALABRA GUÍA	CAUSAS	CONSECUENCIAS		RESPUESTA	ACCIÓN CORRECTORA
TEMPERATURA DEL AGUA DE SALIDA	MÁS	Carga térmica superior a la prevista	No se alcanza el setpoint		Controlador de temperatura	Revisar dimensionamiento
	MENOS	Setpoint demasiado bajo	Riesgo de congelación		Alarma de baja temperatura	Corregir setpoint
		Válvula de expansión mal regulada	Enfriamiento excesivo		Control de temperatura	Ajustar válvula
	ADEMÁS DE	PID mal ajustado (la Temperatura oscila)	Inestabilidad del proceso		Controlador de temperatura	Reajustar PID
	INVERSO	Modo de operación incorrecto (calienta en vez de enfriar)	Sobrecalentamiento del proceso		Alarma alta temperatura	Revisar configuración
	DESPUÉS	Chiller arranca tarde	Pico térmico en el proceso		Alarma de temperatura	Aplicar arranque

 FORMIQ	ANÁLISIS DE RIESGOS				HOJA 4/8	
	EQUIPO:	Chiller de agua	ÍTEM:	CH-601, CH-602, CH-603	ÀREA:	A-600
VARIABLE	PALABRA GUÍA	CAUSAS	CONSECUENCIAS	RESPUESTA		ACCIÓN CORRECTORA
PRESIÓN DEL CIRCUITO DE AGUA	NO	Bomba parada	No hay circulación	Presostato de baja presión		Revisar bomba
		Fuga importante	Pérdida de agua del circuito	Alarma baja presión		Reparar fuga
	MÁS	Válvula de impulsión cerrada	Riesgo de rotura de tubería	Presostato de alta presión		Abrir válvula
		Obstrucción en tubería	Sobrecarga de bomba	Válvula de seguridad		Limpiar obstrucción
	MENOS	Aire en circuito	Cavitación y bajo caudal	Alarma baja presión		Purgar circuito
		Fuga pequeña	Funcionamiento inestable	Manómetro/presostato		Reparar fuga

 FORMIQ	ANÁLISIS DE RIESGOS				HOJA 5/8	
	EQUIPO:	Chiller de agua	ÍTEM:	CH-601, CH-602, CH-603	ÀREA:	A-600
VARIABLE	PALABRA GUÍA	CAUSAS	CONSECUENCIAS		RESPUESTA	ACCIÓN CORRECTORA
PRESIÓN DEL CIRCUITO DE AGUA	ADEMÁS DE	Cierre brusco de válvulas	Inestabilidad del proceso		Controlador de temperatura	Reajustar PID
	INVERSO	Modo de operación incorrecto (calienta en vez de enfriar)	Sobrecalentamiento del proceso		Alarma alta temperatura	Revisar configuración
	DESPUÉS	Chiller arranca tarde	Pico térmico en el proceso		Alarma de temperatura	Aplicar arranque
ESTADO DEL COMPRESOR	NO	Corte eléctrico	Chiller no enfría		Alarma de fallada eléctrica	Restablecer el suministro
		Protección térmica activada	Parada del compresor		Relé térmico	Revisar sobrecarga
	MENOS	Tensión insuficiente	Bajo rendimiento		Alarma de tensión	Revisar línea eléctrica

 FORMIQ	ANÁLISIS DE RIESGOS					HOJA 6/8	
	EQUIPO:	Chiller de agua	ÍTEM:	CH-601, CH-602, CH-603	ÀREA:	A-600	
VARIABLE	PALABRA GUÍA	CAUSAS	CONSECUENCIAS		RESPUESTA	ACCIÓN CORRECTORA	
ESTADO DEL COMPRESOR	MENOS	Pérdida de fase	Vibraciones y riesgo de avería		Protección electrónica	Revisar cuadro	
	MÁS	Consumo anómalo	Sobrecalentamiento		Protección térmica	Revisar lubricación	
	DESPUÉS	Retraso en el arranque	Pico térmico		Secuencia automática	Revisar PLC	
CALIDAD DEL AGUA	MÁS	Incrustaciones	Pérdida de eficacia		Alarma del filtro	Limpieza del circuito	
		Sólidos en suspensión	Sobrecarga de la bomba		Manómetro diferencial	Lavado del circuito	
	MENOS	Bajo inhibidor	Corrosión interna		Inspección	Añadir aditivos	

 FORMIQ	ANÁLISIS DE RIESGOS				HOJA 7/8	
	EQUIPO:	Chiller de agua	ÍTEM:	CH-601, CH-602, CH-603	ÀREA:	A-600
VARIABLE	PALABRA GUÍA	CAUSAS	CONSECUENCIAS		RESPUESTA	ACCIÓN CORRECTORA
CALIDAD DEL AGUA	MENOS	Naja calidad del agua	Fugas progresivas		Control visual	Mejorar tratamiento
	ADEMÁS DE	Aire y suciedad	Cavitación e inestabilidad		Purgadores	Revisar estanqueidad
	INVERSO	Contaminación con aceite	Ineficiencia total		Diagnóstico de mantenimiento	Limpieza profunda
ESTADO DE LOS COMPONENTES	MÁS	Vibraciones excesivas	Fatiga mecánica		Sensor de vibración	Revisar anclas
		Sobrecarga mecánica	Calentamiento		Alarma de temperatura	Revisar compresor
	MENOS	Lubricación insuficiente	Avería del compresor		Alarma de temperatura	Reposar lubricante

	ANÁLISIS DE RIESGOS				HOJA 8/8	
	EQUIPO:	Chiller de agua	ÍTEM:	CH-601, CH-602, CH-603	ÀREA:	A-600
VARIABLE	PALABRA GUÍA	CAUSAS	CONSECUENCIAS		RESPUESTA	ACCIÓN CORRECTORA
ESTADO DE LOS COMPONENTES	NO	Junta rota	Pérdida de agua		Baja presión	Reparación inmediata
		Fuga	Parada del sistema		Presión baja	Sustituir componente
	DESPUÉS	Mantenimiento tarde	Falladas recurrentes		Registro de mantenimiento	Ajustar plan preventivo

5.3.7 Área 700 y 800

Tabla 5.7. Análisis de riesgos del área A700 y A-800 con el método Hazop

 FORMIQ	ANÁLISIS DE RIESGOS				HOJA 1/3	
	EQUIPO:	CAMIONES	ÍTEM:	ZONA CARGA Y DESCARGA DE CAMIONES	ÀREA:	A-700 Y A-800
VARIABLE	PALABRA GUÍA	CAUSAS	CONSECUENCIAS		RESPUESTA	ACCIÓN CORRECTORA
CAUDAL DE CARGA	MÁS	Consigna demasiado alta	Sobrecarga, riesgo de sobrellenado		Alarma de alto nivel	Reducir consigna
		Baipás cerrado, bomba sobredimensionada	Riesgo de rotura de manga		Vibraciones, ruido, alarma de alta presión	Abrir baipás
	MENOS	Obstrucción parcial o filtro sucio	Tiempo de carga largo, retraso logístico		Desviaciones del planning de transporte	Limpiar filtro, inspeccionar línea
	NO	Bomba parada	No se puede cargar el tanque		Alarma de fallo de bomba	Verificar causa
NIVEL DEL TANQUE	MÁS	Fallo del sistema de alto nivel	Sobrellenado, posible vertido		Vertidos, activación de plan de emergencia	Parar carga y contener el vertido
	MENOS	Error en la consigna	Tanque cargado por debajo del objetivo		Mal funcionamiento del proceso	Revisar consigna y sistema de llenado de tanques

 FORMIQ	ANÁLISIS DE RIESGOS				HOJA 2/3	
	EQUIPO:	CAMIONES	ÍTEM:	ZONA CARGA Y DESCARGA DE CAMIONES	ÀREA:	A-700 Y A-800
VARIABLE	PALABRA GUÍA	CAUSAS	CONSECUENCIAS	RESPUESTA	ACCIÓN CORRECTORA	
NIVEL DEL TANQUE	NO	Sin medida fiable	Carga a ciegas	Operación insegura, dependencia total	Bloquear carga hasta reparar medida	
PRESIÓN EN LA LÍNEA DE CARGA	MÁS	Válvula de salida cerrada	Sobrepresión, riesgo de rotura de la manguera	Alarma de alta presión	Parar bomba de carga y liberar la presión	
	MENOS	Fuga en la manguera	Pérdida de reactivo	Olor y detección visual de fuga	Parar carga y aislar zona	
CONEXIÓN	NO	Camión conectado a una línea equivocada	Contaminación del tanque	Detección en el análisis o al usar el producto	Implantar codificación clara de líneas	
	ADEMÁS DE	Líneas compartidas sin purga adecuada	Arrastre de producto anterior	Desviaciones de calidad	Establecer procedimiento de purga	

	ANÁLISIS DE RIESGOS				HOJA 3/3	
	EQUIPO:	CAMIONES	ÍTEM:	ZONA CARGA Y DESCARGA DE CAMIONES	ÀREA:	A-700 Y A-800
VARIABLE	PALABRA GUÍA	CAUSAS	CONSECUENCIAS		RESPUESTA	ACCIÓN CORRECTORA
CALIDAD	MENOS	Camión llega con producto fuera de especificación	Impacto en la reacción		Detección en análisis de recepción	No descargar sin analizar el reactivo
CALIDAD	ADEMÁS DE	Contaminación en camión	Producto contaminado en el tanque o camión		Olor o color anómalos	Exigir camiones dedicados a limpieza certificada
OPERACIÓN	MÁS	Presión por descargar/cargar rápido	Aumento de errores humanos		Incidentes, derrames y mezclas no deseadas	Ajustar planificación
	MENOS	No siguen todos los pasos del procedimiento	Conexiones erróneas		Incidentes repetitivos	Implementar check-lists obligatorias

5.3.8 Área 900

Tabla 5.8. Análisis de riesgos del área A-900 con el método Hazop

 FORMIQ	ANÁLISIS DE RIESGOS				HOJA 1/3	
	EQUIPO:	-	ÍTEM:	Laboratorios y sala de control	ÀREA:	A-900
VARIABLE	PALABRA GUÍA	CAUSAS	CONSECUENCIAS	RESPUESTA	ACCIÓN CORRECTORA	
SEÑAL	NO	Fallo del transmisor, cableado, pérdida de comunicación	Operador sin información fiable	Alarmas de fallo de instrumento	Reparar instrumento	
	MÁS/MENOS	Descalibración	El operador cree que el proceso está bien	Ajustes de consignas	Calibraciones periódicas	
CONTROL	NO	Fallo de servidor, PLC, red o alimentación	Pérdida de control automático, paso a modo manual	Alarmas generales	Diseñar redundancias	
	MÁS	Fallo parcial de módulos	Algunas variables sin control	Operación más difícil, riesgo de más errores	Reparar módulos	
	MENOS	Lógica de control incorrecta	Actuaciones inesperadas sobre válvulas/bombas	Alarmas, quejas de operadores	Gestión de cambios formal	
ALARMAS	MÁS	Mal ajuste de límites, alarmas irrelevantes	El operador deja de hacer caso	Alarmas constantes en sala de control	Racionalización de alarmas, clasificación por prioridad	

 FORMIQ	ANÁLISIS DE RIESGOS				HOJA 2/3	
	EQUIPO:	-	ÍTEM:	Laboratorios y sala de control	ÀREA:	A-900
VARIABLE	PALABRA GUÍA	CAUSAS	CONSECUENCIAS	RESPUESTA		ACCIÓN CORRECTORA
ALARMAS	NO	No configuradas o deshabilitadas	No se avisan desviaciones importantes	Solo se detecta cuando el problema ya es grande		Revisar filosofía de alarmas
ANÁLISIS	NO	Falta de tiempo	Se opera sin datos de calidad	Problemas detectados tarde		Plan de muestreo mínimo obligatorio
	MÁS/MENOS	Error de muestreo o mala conservación	Decisiones de operación basadas en datos falsos	Ajustes de proceso incorrectos		Procedimientos de muestreo claros
	ADEMÁS DE	Contaminación de la muestra	Resultados no representativos del proceso real	Interpretación errónea de la situación		Estandarizar envases, purgar líneas de muestreo
OPERADORES	NO	Falta de procedimientos escritos o desactualizados	Cada operador actúa a su manera	Mayor probabilidad de error humano		Redactar y mantener procedimientos y actualizaciones periódicas
	MENOS	Operadores nuevos sin formación suficiente	Mala interpretación de alarmas	Incidentes evitables, operación inestable		Plan de formación inicial y continua

 FORMIQ	ANÁLISIS DE RIESGOS				HOJA 3/3	
	EQUIPO:	-	ÍTEM:	Laboratorios y sala de control	ÀREA:	A-900
VARIABLE	PALABRA GUÍA	CAUSAS	CONSECUENCIAS	RESPUESTA	ACCIÓN CORRECTORA	
ERGONOMÍA	MÁS	demasiadas tareas simultáneas	Operador saturado	Incidentes por falta de seguimiento	Ajusta dotación de personal	
	MENOS	Iluminación deficiente, ruido, pantallas mal dispuestas	Fatiga, errores de lectura, menor atención	Errores de operación	Mejorar ergonomía	

5.3.10 Área 1200

Tabla 9. Análisis de riesgos del área A-1200 con el método Hazop

 FORMIQ	ANÁLISIS DE RIESGOS				HOJA 1/3	
	EQUIPO:	-	ÍTEM:	Taller de mantenimiento	ÀREA:	A-1200
VARIABLE	PALABRA GUÍA	CAUSAS	CONSECUENCIAS	RESPUESTA	ACCIÓN CORRECTORA	
PLAN DE MANTENIMIENTO	MÁS	Exceso de intervenciones	Equipos parados innecesariamente	Conflicto con producción	Revisar criticidad y coordinar con planificación	
	MENOS	Falta de planificación preventiva	Más paradas imprevistas	Aumentan incidencias	Implantas plan de mantenimiento preventivo	
	NO	No existe plan formal	Desconocimiento del estado real de los equipos	Incidentes por fallo de equipos clave	Definir plan documentado	
AISLAMIENTO DE EQUIPOS LOTO (Lock Out and tag Out)	MÁS	Procedimientos excesivamente complejos	Se tiende a saltárselos por rapidez	Incumplimientos sistemáticos	Simplificar sin perder seguridad	
	MENOS	Bloqueos parciales	Energías residuales	Riesgo de fugas	Incluir todas las energías en el análisis	
	NO	No se aplica bloqueo/etiquetado	Puesta en marcha inesperada durante intervención	Accidentes graves	Implementar sistema LOTO	

 FORMIQ	ANÁLISIS DE RIESGOS				HOJA 2/3	
	EQUIPO:	-	ÍTEM:	Taller de mantenimiento	ÀREA:	A-1200
VARIABLE	PALABRA GUÍA	CAUSAS	CONSECUENCIAS		RESPUESTA	ACCIÓN CORRECTORA
REPUESTOS	MENOS	Piezas no originales o de baja calidad	Fallos repetidos, menor vida útil		Más averías	Homologar proveedores
	NO	Falta de stock	Paradas largas por espera de material		Pérdida de producción	Definir lista de repuestos
REPUESTOS	MENOS	Piezas no originales o de baja calidad	Fallos repetidos, menor vida útil		Más averías	Homologar proveedores
	NO	Falta de stock	Paradas largas por espera de material		Pérdida de producción	Definir lista de repuestos

 FORMIQ	ANÁLISIS DE RIESGOS				HOJA 3/3	
	EQUIPO:	-	ÍTEM:	Taller de mantenimiento	ÀREA:	A-1200
VARIABLE	PALABRA GUÍA	CAUSAS	CONSECUENCIAS		RESPUESTA	ACCIÓN CORRECTORA
CALIDAD DE LAS INTERVENCIONES	MENOS	Falta de formación	Equipos montados incorrectamente		Averías tras mantenimiento	Procedimientos escritos, formación técnica
	NO	No se hacen pruebas funcionales tras el mantenimiento	Fallos aparecen en operación normal		Riesgo de fallo en servicio	Definir pruebas mínimas por tipo de equipo
COORDINACIÓN MANTENIMIENTO - OPERACIÓN	MENOS	Historial de averías incompleto	Se repiten los mismos fallos		Mantenimiento reactivo	Registrar averías correctamente
	NO	Falta de comunicación entre sala de control y mantenimiento	Trabajos en equipos de servicio, maniobras contradictorias		Riesgo de incidentes	Reuniones de coordinación, comunicación fluida

5.3.11 Área 1300

Tabla 5.10. Análisis de riesgos del área A-1300 con el método Hazop

 FORMIQ	ANÁLISIS DE RIESGOS				HOJA 1/2	
	EQUIPO:	Tanque de almacenamiento de metanol	ÍTEM:	T-101, T-102, T-103	ÀREA:	A-100
VARIABLE	PALABRA GUÍA	CAUSAS	CONSECUENCIAS	RESPUESTA	ACCIÓN CORRECTORA	
CANTIDAD DE RESIDUO EN EL CONTENEDOR	MÁS	Se siguen llenando contenedores sin comprobar su capacidad	Sobrellenado	Observación visual	Definir nivel máximo de llenado	
	MENOS	Se cambia de contenedor antes de llenarlo	Más contenedores gestionados (más coste)	Ineficiencia logística	Instrucciones claras de llenado óptimo	
CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS	NO	Se tiran residuos de distinta naturaleza en el mismo contenedor	Código de residuo incorrecto	Incidencias con gestor	Segregar por tipo, etiquetado claro	
	ADEMÁS DE	Se mezclan residuos incompatibles	Riesgo de olores lixiviados	Reclamaciones	Definir qué puede ir en cada contenedor	
INTEGRIDAD DEL CONTENEDOR	NO	Contenedor dañado	Pérdida de residuos sólidos	Detección visual	Inspección previa	
	MENOS	Sacos rotos, manipulación brusca	Caída de residuos al suelo	Observación visual	Uso de envases adecuados a cada residuo	

 FORMIQ	ANÁLISIS DE RIESGOS				HOJA 2/2	
	EQUIPO:	Tanque de almacenamiento de metanol	ÍTEM:	T-101, T-102, T-103	ÀREA:	A-100
VARIABLE	PALABRA GUÍA	CAUSAS	CONSECUENCIAS	RESPUESTA	ACCIÓN CORRECTORA	
MANIPULACIÓN	MÁS	Carga manual pesada	Riesgo ergonómico	Accidentes leves	Definir pesos máximos	
	NO	Falta de medios mecánicos	Esfuerzo físico excesivo	Mayor probabilidad de lesiones	Dotar de medios adecuados	
LIMPIEZA DE LA ZONA	MENOS	Vertido de residuos pulverulentos sin limpiar	Generación de polvo	Olor/polvo visible	Uso de EPI y limpieza periódica	
		No se limpia tras caídas de residuos	Zona sucia	Observación en inspecciones	Implementar rutina de limpieza y 5S en zona de residuos	
PROCEDIMIENTO/ ETIQUETADO	NO	Contenedores sin etiqueta o con información incompleta	Pérdida de trazabilidad	No conformidades en auditorías	Etiquetado obligatorio	
	MENOS	Falta de instrucciones claras sobre qué va a cada contenedor	Cada turno hace a su manera	Incidentes menores recurrentes	Redactar procedimiento sencillo	

5.3.12. Área 1400

Tabla 5.11. Análisis de riesgos del área A-1400 con el método Hazop

 FORMIQ	ANÁLISIS DE RIESGOS				HOJA 1/4	
	EQUIPO:	Intercambiador para gases de escape	ÍTEM:	E-1401, E-1402	ÀREA:	A-1400
VARIABLE	PALABRA GUÍA	CAUSAS	CONSECUENCIAS	RESPUESTA	ACCIÓN CORRECTORA	
CAUDAL DE GASES	MENOS	Incrustaciones internas por polvo o partículas	Menor transferencia térmica	Alarmas de temperatura alta	Limpieza mecánica y química	
		Válvula parcialmente cerrada por maniobra incorrecta	Pérdida de rendimiento energético	Variación de temperatura en reactor/horno	Revisar posiciones	
	MÁS	Baipás parcialmente abierto	El intercambiador trabaja fuera de rango	Alarmas de temperatura baja en el fluido de servicio	Revisar lógica de bypass	
	NO	Parada del equipo aguas arriba	Sin flujo, choque térmico	Caída brusca de temperatura	Procedimiento de parada controlada	
CAUDAL DE SERVICIO	MÁS	Consigna demasiado alta	Enfriamiento excesivo	Corrosión en chimenea	Ajustar consigna	
	MENOS	Bomba degradada o cavitación	Sobrecalentamiento	Alarma de temperatura alta	Revisar bomba	

 FORMIQ	ANÁLISIS DE RIESGOS				HOJA 2/4	
	EQUIPO:	Intercambiador para gases de escape	ÍTEM:	E-1401, E-1402	ÀREA:	A-1400
VARIABLE	PALABRA GUÍA	CAUSAS	CONSECUENCIAS	RESPUESTA	ACCIÓN CORRECTORA	
CAUDAL SE SERVICIO	MENOS	Filtro sucio	Flujo insuficiente	Temperatura inestable	Limpieza de filtros	
	ADEMÁS DE	Entrada de aire en circuito	Pérdida de eficiencia térmica	Fluctuaciones de temperatura	Purgar circuito	
TEMPERATURA DE GASES DE SALIDA	MÁS	Ensuciamiento severo	Gases demasiado calientes	Alarmas de temperatura alta	Programar limpieza	
		Caudal de servicio insuficiente	Menor recuperación de calor	Variación de temperatura en el proceso	Aumentar caudal de servicio	
	MENOS	Exceso de fluido de servicio frío	Condensación de componentes	Corrosión acelerada	Ajustar temperatura mínima	
	ADEMÁS DE	Entrada de aire falso en conductos	Enfriamiento no previsto	Inestabilidad térmica	Revisar fugas	

 FORMIQ	ANÁLISIS DE RIESGOS				HOJA 3/4	
	EQUIPO:	Intercambiador para gases de escape	ÍTEM:	E-1401, E-1402	ÁREA:	A-1400
VARIABLE	PALABRA GUÍA	CAUSAS	CONSECUENCIAS	RESPUESTA	ACCIÓN CORRECTORA	
PRESIÓN DE GASES	MÁS	Obstrucción en salida del intercambiador	Sobrepresión	Alarmas de presión alta	Inspección y limpieza	
		Acumulación de partículas	Caída de rendimiento	Ruidos	Limpieza programada	
PRESIÓN DE GASES	MENOS	Fuga importante en conducto	Pérdida de contención	Olor y ruido	Aislar la zona y reparar conducto	
	NO	Ventilador aguas arriba parado	Sin presión y sin transferencia	Parada del sistema	Procedimiento de parada segura	
INTEGRIDAD	NO	Rotura de tubo por fatiga térmica	Contaminación cruzada	Alarma de presión	Sustituir tubos	
	MENOS	Material inadecuado para temperatura real	Fallo prematuro del intercambiador	Parada no planificada	Revisar especificaciones de materiales	

 FORMIQ	ANÁLISIS DE RIESGOS				HOJA 4/4	
	EQUIPO:	Intercambiador para gases de escape	ÍTEM:	E-1401, E-1402	ÀREA:	A-1400
VARIABLE	PALABRA GUÍA	CAUSAS	CONSECUENCIAS		RESPUESTA	ACCIÓN CORRECTORA
INTEGRIDAD	ADEMÁS DE	Corrosión por condensados ácidos	Mezcla de gas con fluido de servicio		Cambios en análisis	Ensayos de estanqueidad

	ANÁLISIS DE RIESGOS				HOJA 1/3	
	EQUIPO:	Reactor tubular de oxidación catalítica	ÍTEM:	R-1401	ÀREA:	A-1400
VARIABLE	PALABRA GUÍA	CAUSAS	CONSECUENCIAS	RESPUESTA		ACCIÓN CORRECTORA
CAUDAL DE ALIMENTACIÓN	MÁS	Error de consigna	Sobrecarga del reactor	Alarma de temperatura y presión altas		Ajustar consigna
	MENOS	Falla caudalímetro	menor carga al reactor	Alarmas de caudal bajo		Verificar instrumentación
	NO	Parada de bomba o dosificador	Reactor sin alimentación	Caída de temperatura		Procedimiento de parada controlada
RELACIÓN METANOL/AIRE	MÁS (METANOL)	Dosificación de metanol aire alta	Mezcla más rica	Aumento de temperatura		Revisar control de relación
	MENOS (METANOL)	Dosificación baja de metanol	Conversión baja	Análisis con menos formaldehído		Ajustar consigna
	ADEMÁS DE	Entrada de inertes o contaminantes	Cambio en capacidad térmica	Inestabilidad de temperatura		Control de calidad del aire

 FORMIQ	ANÁLISIS DE RIESGOS				HOJA 2/3	
	EQUIPO:	Reactor tubular de oxidación catalítica	ÍTEM:	R-1401	ÀREA:	A-1400
VARIABLE	PALABRA GUÍA	CAUSAS	CONSECUENCIAS	RESPUESTA	ACCIÓN CORRECTORA	
TEMPERATURA DE ENTRADA	MÁS	Exceso d calentamiento	Entrad demasiado caliente	Alarmas de temperatura alta	Limitar temperatura máxima	
		Reacción demasiado intensa	Sobre temperatura	Alarma de temperatura alta	Ajustar relación metanol/aire	
	MENOS	Fallo en precalentador	Arranque difícil de reacción	Temperatura baja en primer tramo	Revisar calentador	
		Conversión baja	Menor producción de formaldehído	Análisis de salda con baja conversión	Evaluar actividad del catalizador	
PRESIÓN DIFERENCIAL	MÁS	Ensuciamiento	Aumento de diferencia de presión	Alarmas de pérdida de carga	Programar limpieza o regeneración	
		Válvula de salida parcialmente cerrada	Sobrepresión en reactor	Alarma de presión alta	Revisar línea de salida	

	ANÁLISIS DE RIESGOS				HOJA 3/3	
	EQUIPO:	Reactor tubular de oxidación catalítica	ÍTEM:	R-1401	ÀREA:	A-1400
VARIABLE	PALABRA GUÍA	CAUSAS	CONSECUENCIAS	RESPUESTA	ACCIÓN CORRECTORA	
PRESIÓN DIFERENCIAL	MENOS	Pérdida de catalizador	Menor contacto gas-catalizador	Análisis con menor rendimiento	Inspeccionar y verificar integridad mecánica	
ACTIVIDAD DEL CATALIZADOR	MENOS	Envejecimiento o envenenamiento por impurezas	Conversión baja	Desviaciones de análisis	Plan de seguimiento de actividad del catalizador	
	ADEMÁS DE	Mal reparto en cabezal	Zonas con poco flujo y otras sobrecargadas	Perfil de temperatura irregular	Revisar diseño de distribución	
CONTROL	MENOS	Procedimiento incompleto, temperatura irregular	Choques térmicos	Incidencias recurrentes en arranque	Procedimiento detallado de arranque	
	NO	Set-points mal configurados	Operación fuera de rango seguro	Riesgo de sobrettemperatura	Revisar filosofía de seguridad y control	

5.4 Clasificación de sustancias químicas

Es muy importante tener identificadas todas las sustancias químicas implicadas en el proceso ya que así, se puede aplicar correctamente todas las medidas de seguridad, higiene y protección ambiental de acuerdo con la normativa vigente, principalmente el reglamento CLP (CE) 1272/2008.

Todas las sustancias que se usan en este proceso son:

- **Metanol (CH_3OH)** → materia prima principal del proceso.
- **Aire (O_2 y N_2)** → mezcla gaseosa que actúa como agente oxidante del proceso.
- **Hierro-molibdeno (Fe-Mo)** → se usa como catalizador.
- **Disolución acuosa de formaldehído al 37% (formol)** → producto comercial final del proceso.
- **Agua (H_2O)** → medio de absorción del formaldehído.
- **Monóxido de carbono (CO)** → subproducto de la oxidación incompleta del metanol.
- **Dióxido de carbono (CO_2)** → subproducto de la oxidación total del metanol.
- **Nitrógeno (N_2)** → inertización de equipos.
- **Dowtherm A Heat Transfer Fluid** → aceite térmico.

Todas las sustancias están correctamente etiquetadas siguiendo los criterios CLP. Se incluyen los peligros, los pictogramas, las indicaciones y los consejos de prudencia. De esta manera, se garantiza que se conozcan los riesgos y como se gestionan estos productos.

5.4.1. Clasificación general de sustancias químicas peligrosas

Es importante saber todos los riesgos que pueden generar tanto para la salud de los trabajadores como para las instalaciones todas las sustancias que intervienen en el proceso. Estos riesgos están clasificados y especificados en las fichas de seguridad y en la propia etiqueta del producto. El reglamento (CE) 1272/2008 (CLP) y el Real Decreto 255/2003 establece el marco legal para la clasificación, el etiquetaje y el envasado de sustancias y mezclas peligrosas.

Según el CLP, los peligros se dividen en tres grandes grupos, peligros físicos, peligros para la salud y peligros para el medio ambiente. Además, cada sustancia peligrosa tiene que ir correctamente señalada con los pictogramas de peligro, indicaciones de peligro que están codificadas con la letra H y consejos de prudencia codificados con la letra P.

5.4.1.1. Peligros físicos

Inflamables:

Una sustancia o mezcla explosiva es una sustancia sólida o líquida (o mezcla de sustancias) que, de manera espontánea, por reacción química, puede desprender gases a una temperatura, presión y velocidad tales que pueden ocasionar daños a su entorno.

Las sustancias de esta clase se clasifican como explosivos inestables donde se distinguen:

- **H200** → explosivo inestable
- **H201** → explosivo, peligro de explosión en masa
- **H202** → explosión, grave peligro de proyección

- **H203** → explosivo, peligro de incendio, de onda expansivo o de proyección
- **H204** → peligro de incendio o de proyección
- **H205** → peligro de explosión en masa en caso de incendio

Las sustancias de esta clase que no están clasificados como explosivos inestables se clasificarán en una de las seis divisiones siguientes con arreglo al tipo de peligro que presentan:

- **División 1.1** → sustancias que presentan un peligro de explosión en masa
- **División 1.2** → sustancias que presentan un peligro de proyección sin riesgo de explosión en masa
- **División 1.3** → sustancias que pueden provocar un incendio con peligro de que se produzcan pequeños efectos de onda expansiva o de proyección, o ambos efectos, pero sin peligro de explosión en masa.
- **División 1.4** → sustancias que no presentan un riesgo significativo.
- **División 1.5** → sustancias muy insensibles que presentan un peligro de explosión en masa
- **División 1.6** → sustancias extremadamente insensibles que no supongan riesgo de explosión en masa

Este tipo de productos se representan con el pictograma de la *figura 5.1*.



Figura 5.1. Pictograma para sustancias inflamables

Gases a presión:

Los gases a presión son gases que se encuentran en un recipiente a una presión de 200 kPa o superior, o que están licuados y refrigerados. Se incluyen los gases comprimidos, licuados, disueltos y licuados refrigerados.

Los gases se clasificarán, con arreglo a su estado físico cuando se envasan, en unos de los cuatro grupos siguientes:

- **Gas comprimido** → un gas que, cuando se envasa a presión, es totalmente gaseoso a -50°C; en este grupo se incluyen todos los gases con una temperatura crítica < -50°C.
- **Gas licuado** → un gas que, cuando se envasa a presión, es parcialmente líquido a temperaturas superiores a -50°C. Hay que distinguir entre:
 - **Gas licuado a alta presión** → un gas con una temperatura crítica entre -50°C y +65°C
 - **Gas licuado a baja presión** → un gas con una temperatura crítica superior a +65°C.

Gas licuado refrigerado → un gas que, cuando se envasa, se encuentra parcialmente en estado líquido a causa de su baja temperatura.

- **Gas disuelto** → un gas que, cuando se envasa a presión, está disuelto en un disolvente en fase líquida.



Figura 5.2. Pictograma para gases a presión

5.4.1.2. Peligros para la salud

Toxicidad aguda:

La toxicidad aguda se refiere a los efectos adversos que se manifiestan tras la administración por vía oral o cutánea de una sola dosis de una sustancia o mezcla, de dosis múltiples administradas a lo largo de 24 horas, o como consecuencias de una exposición por inhalación durante 4 horas.

Las sustancias pueden clasificarse en cuatro categorías de toxicidad basadas en la toxicidad aguda por vía oral, cutánea o por inhalación, con arreglo a unos criterios numéricos.

Este tipo de productos se representan con el pictograma de la *figura 5.3*.



Figura 5.3. Pictograma para sustancias tóxicas

Sensibilización respiratoria:

Sustancia cuya inhalación induce hipersensibilidad de las vías respiratorias manifestándose como asma, rinitis, conjuntivitis y alveolitis. La alteración tendrá el carácter clínico de una reacción alérgica. No obstante, tendrán que demostrarse los mecanismos inmunológicos.

Todas las sustancias que provocan una sensibilización respiratoria pertenecen a la categoría 1 que son aquellas en las que se demuestra con pruebas de que la sustancia puede inducir hipersensibilidad respiratoria específica en personas o si hay resultados positivos en ensayos adecuados con animales.

Este tipo de productos se representan con el pictograma de la *figura 5.4*.



Figura 5.4. Pictograma para sustancias de sensibilización respiratoria

Corrosión cutánea:

Por corrosión cutánea se entiende la aparición de una lesión irreversible en la piel, esto es, una necrosis visible a través de la epidermis que alcanza la dermis, como consecuencia de la aplicación de una sustancia de ensayo durante un periodo de hasta 4 horas. Las reacciones corrosivas se caracterizan por úlceras, sangrado, escaras sangrantes y, tras un periodo de observación de 14 días, por decoloración debida al blanqueo de la piel, zonas completas de alopecia y cicatrices. Debe recurrirse a la histopatología para evaluar las lesiones dudosas.

Una sustancia se clasifica como corrosiva cuando la concentración de la sustancia es mayor que el 5% y en función de los resultados de ensayos con animales:

- **Categoría 1A** → exposición durante menos de 3 minutos y las consecuencias se observan 1 hora después.
- **Categoría 1B** → exposición entre 3 minutos y 1 horas y las consecuencias se observan en menos de 14 días.
- **Categoría 1C** → exposición entre 1 y 4 horas y las consecuencias se observan en menos de 14 días.

Este tipo de productos se representan con el pictograma de la *figura 5.5*.



Figura 5.5. Pictograma para sustancias corrosivas

Peligros para la salud de carácter leve o moderado:

Este pictograma se utiliza para indicar peligros para la salud de carácter leve o moderado, así como ciertos efectos adversos no clasificados como altamente graves. En concreto, señala que una sustancia o una mezcla puede provocar:

- Irritación cutánea y ocular
- Sensibilización cutánea (reacciones alérgicas en la piel)
- Toxicidad aguda de categoría 4 (nociva por ingestión, inhalación o contacto)
- Irritación de las vías respiratorias
- Efectos narcóticos como somnolencias o mareos

En términos de clasificación, este pictograma se asocia a indicaciones de peligro como H302 (nocivo en caso de ingestión), H312 (nocivo en contacto con la piel), H332 (nocivo por inhalación), H315 (provoca irritación cutánea), H319 (provoca irritación ocular grave), H335 (puede provocar una reacción alérgica en la piel) y H335/H336 (puede irritar las vías respiratorias o provocar somnolencia o vértigo).

La presencia de este pictograma implica la necesidad de adoptar medidas preventivas básicas, como el uso de equipos de protección individual y una adecuada ventilación. Se debe también evitar la exposición directa, con el fin de reducir los riesgos para la salud del usuario.

Las sustancias que tienen este peligro se representan con el pictograma representado en la *Figura 5.7*.



Figura 5.6. Representación pictograma de peligrosidad

5.4.1.3. Peligro para el medio ambiente

El pictograma de peligro para el medio ambiente forma parte del sistema de clasificación establecido por el Reglamento (CE) nº 1272/2008, que adapta en la Unión Europea el Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos.

Este pictograma indica que una sustancia o mezcla presenta toxicidad para el medio ambiente acuático, pudiendo causar efectos adversos sobre organismos acuáticos como peces, algas o crustáceos. Dichos efectos pueden manifestarse tanto de forma aguda (a corto plazo) como crónica (a largo plazo), incluyendo daños persistentes y bioacumulativos en los ecosistemas.

En términos de clasificación, este peligro se asocia habitualmente a las indicaciones de peligro H400 (muy tóxico para los organismos acuáticos), H410 (muy tóxico con efectos duraderos) y H412 (nocivo con efectos duraderos).

La presencia de este pictograma implica la necesidad de adoptar medidas específicas de prevención, tales como evitar su liberación al medio ambiente, aplicar sistemas adecuados de contención y garantizar una correcta gestión de los residuos, con el fin de minimizar el impacto ambiental.

Este tipo de peligros se notifican con el pictograma que se representa en la *figura 5.6*.



Figura 5.7. Pictograma de peligro para el medio ambiente

5.4.2. Clasificación de sustancias químicas de la planta

A continuación, se muestran los pictogramas, las indicaciones de peligro y los consejos de prudencia que tienen las sustancias que intervienen en el proceso de la empresa Formiq.

Metanol (CH_3OH):

Tabla 5.12. Clasificación del pictograma, indicaciones de peligro y consejos de prudencia para el metanol

Pictograma	
Indicación de peligro	Definición de la indicación
H225	Líquido y vapores muy inflamables
H301	Tóxico en caso de ingestión
H311	Tóxico en contacto con la piel
H331	Tóxico en caso de inhalación
H370	Provoca daños en los órganos (ojo)
Consejo de prudencia - prevención	Definición del consejo
P210	Mantener alejado de fuentes de calor, chispas, llama abierta o superficies calientes. No fumar
P270	No comer, beber ni fumar durante su utilización
P280	Llevar guantes/gafas de protección
Consejo de prudencia - respuesta	Definición del consejo
P303+P361+P353	En caso de contacto con la piel: Quitar inmediatamente toda la ropa contaminada. Enjuagar la piel con agua.
P204+P340	En caso de inhalación: Transportar a la persona al aire libre y mantenerla en posición que le facilite la respiración.
P308+P311	En caso de exposición: Llamar a un centro de toxicología

Aire (O₂ y N₂):

Tabla 5.13. Clasificación del pictograma, indicaciones de peligro y consejos de prudencia para el aire

Pictograma	
Indicación de peligro	Consejo de prudencia para la prevención
H280 (Contiene gas a presión; peligro de explosión en caso de calentamiento)	P410 + P403

Disolución acuosa de formaldehído al 37% (formol):

Tabla 5.14. Clasificación del pictograma, indicaciones de peligro y consejos de prudencia para una disolución acuosa de formaldehído al 37%

Pictograma	  
Indicación de peligro	Definición de la indicación
H302	Nocivo en caso de ingestión
H314	Provoca quemaduras en la piel y lesiones oculares graves
H317	Puede provocar una reacción alérgica en la piel
H330	Mortal en caso de inhalación
H341	Se sospecha que provoca defectos genéticos
H350	Puede provocar cáncer
Consejo de prudencia - prevención	Definición del consejo
P261	Evitar respirar el gas/la niebla/los vapores/el aerosol
P280	Llevar guantes/gafas de protección
Consejo de prudencia - respuesta	Definición del consejo
P303+P361+P353	En caso de contacto con la piel: Quitar inmediatamente toda la ropa contaminada. Enjuagar la piel con agua.
P301+P330+P331	En caso de ingestión: Enjuagar la boca. NO provocar el vómito
P308+P313	En caso de exposición: Consultar a un médico
P305+P351+P338	En caso de contacto con los ojos: Enjuagar con agua cuidadosamente durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto cuando estén presentes y pueda hacerse con facilidad. Proseguir con el lavado.

Monóxido de carbono:

Tabla 5.15. Clasificación del pictograma, indicaciones de peligro y consejos de prudencia para el monóxido de carbono

Pictograma	    
Indicación de peligro	Definición de la indicación
H220	Gas extremadamente inflamable
H280	Contiene gas a presión; puede explotar si se calienta
H331	Tóxico si se inhala
H360	Puede perjudicar la fertilidad o dañar al feto
H370	Provoca daños en los órganos
H373	Puede provocar cáncer
Consejo de prudencia - prevención	Definición del consejo
P261	Evitar respirar el gas/la niebla/los vapores/el aerosol
P280	Llevar guantes/gafas de protección
Consejo de prudencia - respuesta	Definición del consejo
P303+P361+P353	En caso de contacto con la piel: Quitar inmediatamente toda la ropa contaminada. Enjuagar la piel con agua.
P301+P330+P331	En caso de ingestión: Enjuagar la boca. NO provocar el vómito
P308+P313	En caso de exposición: Consultar a un médico
P305+P351+P338	En caso de contacto con los ojos: Enjuagar con agua cuidadosamente durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto cuando estén presentes y pueda hacerse con facilidad. Proseguir con el lavado.

Dióxido de carbono

Tabla 5.16. Clasificación del pictograma, indicaciones de peligro y consejos de prudencia para el dióxido de carbono

Pictograma		
Indicación de peligro	Definición de la indicación	
H280	Contiene gas a presión; puede explotar si se calienta	
H336	Puede provocar somnolencia o vértigo	
Consejo de prudencia - prevención	Definición del consejo	
P261	Evitar respirar el gas/la niebla/los vapores/el aerosol	
P271	Utilizar sólo al aire libre o en un lugar bien ventilado	
Consejo de prudencia – intervención	Definición del consejo	
P304+P340	En caso de inhalación: Transportar a la persona al aire libre y mantenerla en una posición que le facilite la respiración	
P312	Llamar a un centro de toxicología/médico... si la persona se encuentra mal	
Consejo de prudencia - almacenamiento	Definición del consejo	
P403 + P233	Almacenar en un lugar bien ventilado. Mantener el recipiente herméticamente cerrado	
P410 + P403	Proteger de la luz solar. Almacenar en un lugar bien ventilado.	
Consejo de prudencia – eliminación	Definición del consejo	
P501	Eliminar el contenido del recipiente	

Nitrógeno

Tabla 5.17. Clasificación del pictograma, indicaciones de peligro y consejos de prudencia para el nitrógeno

Pictograma		
Indicación de peligro	Definición de la indicación	
H280	Contiene gas a presión; puede explotar si se calienta	
Consejo de prudencia – intervención	Definición del consejo	
P410+P403	Proteger de la luz solar. Almacenar en un lugar bien ventilado.	

DOWTHERM A Heat Transfer Fluid

Tabla 5.18. Clasificación del pictograma, indicaciones de peligro y consejos de prudencia para el aceite térmico

Pictograma	  		
Indicación de peligro	Definición de la indicación		
H315	Provoca irritación cutánea		
H319	Provoca irritación ocular grave		
H335	Puede irritar las vías respiratorias		
H360Fd	Puede perjudicar a la fertilidad. Se sospecha que daña el feto		
H410	Muy tóxico para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos		
Consejo de prudencia - prevención	Definición del consejo		
P201	Solicitar instrucciones especiales antes del uso		
P261	Evitar respirar la niebla o los vapores		
P273	Evitar su liberación al medio ambiente		
P280	Llevar guantes/ropa de protección/equipo de protección para los ojos/la cara/los oídos		
P308 + P313	En caso de exposición manifiesta o presunta: Consultar a un médico.		
P391	Recoger el vertido		

5.5 Clasificación de riesgos

La clasificación de riesgos en la planta de producción del formaldehído permite identificar, evaluar y priorizar los peligros presentes en cada etapa del proceso. Esta clasificación es fundamental para establecer medidas preventivas adecuadas y garantizar el cumplimiento del Real Decreto 374/2001 que hace referencia a la protección de los trabajadores.

Estos riesgos los agrupamos en 4 categorías distintas; riesgos físicos, químicos, mecánicos y ambientales. Cada categoría se analiza en función de su probabilidad de ocurrencia y gravedad de sus consecuencias, siguiendo los criterios utilizados en el análisis HAZOP.

5.5.1 Riesgos físicos

Tabla 5.19. Tabla de los riesgos físicos y sus respectivas descripciones

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
Definición	Riesgos derivados de condiciones del entorno, equipos o instalaciones que pueden causar daños sin intervención química.
Ejemplos en la planta	• Incendio en zonas ATEX
	• Explosión por acumulación de vapores inflamables
	• Temperaturas elevadas en reactor y líneas
	• Riesgo eléctrico en cuadros y bombas
Consecuencias potenciales	• Quemaduras térmicas
	• Explosiones
	• Electrocución
	• Daños estructurales
Medidas preventivas	• Señalización ATEX
	• Sistemas de extinción y detección
	• Aislamiento térmico
	• Mantenimiento eléctrico
	• Formación del personal

5.5.2 Riesgo químicos

Tabla 5.20. Tablas de los riesgos químicos y sus respectivas descripciones

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
Definición	Riesgos derivados de la exposición a sustancias tóxicas, corrosivas, inflamables o cancerígenas.
Ejemplos en la planta	• Vapores de formaldehído
	• Inhalación de metanol
	• Contacto con formol 37%
	• Exposición a monóxido de carbono
Consecuencias potenciales	• Toxicidad aguda
	• Irritación respiratoria
	• Quemaduras
	• Sensibilización
Medidas preventivas	• Ventilación y extracción localizada
	• Control de emisiones fugitivos
	• Uso de EPI adecuados
	• Medición de VLA
	• Procedimientos de manipulación segura

5.5.3 Riesgo mecánicos

Tabla 5.21. Tabla de los riesgos mecánicos y sus respectivas descripciones

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
Definición	Riesgos derivados del uso de maquinaria, equipos rotativos, herramientas o elementos móviles.
Ejemplos en la planta	• Atrapamientos en bombas o agitadores
	• Proyecciones por rotura de tuberías
	• Golpes durante mantenimiento
	• Cortes con herramientas
Consecuencias potenciales	• Fracturas
	• Lesiones por atrapamientos
	• Cortes profundos
	• Contusiones
Medidas preventivas	• Resguardos mecánicos
	• Uso de EPI
	• Señalización
	• Formación en mantenimiento seguro

5.5.4 Riesgos ambientales

Tabla 5.22. Tabla de los riesgos ambientales y sus respectivas descripciones

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
Definición	Riesgos asociados a la liberación de sustancias peligrosas para el entorno y el medio ambiente
Ejemplos en la planta	• Emisiones de vapores de formaldehído
	• Vertidos de metanol o formol
	• Residuos peligrosos mal gestionados
Consecuencias potenciales	• Contaminación del aire
	• Contaminación del suelo y aguas
	• Impacto en flora y fauna
Medidas preventivas	• Cubetos de retención
	• Gestión adecuada de residuos
	• Sistemas de contención
	• Ventilación controlada

La clasificación de riesgos permite estructurar de forma clara los peligros presentes en la planta y facilita la aplicación de medidas preventivas, así como el análisis de riesgo HAZOP.

5.6 Fichas de seguridad

Las fichas de seguridad (FDS) son documentos en los que se encuentra toda la información del producto químico. En estas fichas constan las propiedades fisicoquímicas, los peligros y las instrucciones que se deben seguir en caso de manipulación, almacenaje y medidas en caso de accidente cuando se usan estos productos.

En la empresa Formiq se tratan con productos que tienen fichas de seguridad y que, por lo tanto, tienen un riesgo. Por lo cual, como entidad responsable de comercialización de la sustancia a la que se hace referencia a la ficha de seguridad se asegurará de que contenga las partes estipuladas en el Real Decreto 255/2003.

1. Identificación de la sustancia o la mezcla y de la sociedad o la empresa
2. Identificación de los peligros
3. Composición/información sobre los componentes
4. Primeros auxilios
5. Medidas de lucha contra incendios
6. Medidas en caso de vertido accidental
7. Manipulación y almacenamiento
8. Controles de exposición/protección individual
9. Propiedades físicas y químicas
10. Estabilidad y reactividad
11. Información toxicológica
12. Información ecológica
13. Consideraciones relativas a la eliminación
14. Información relativa al transporte
15. Información reglamentaria
16. Otra información

Las fichas de seguridad de los productos que se manipulan en la planta se encuentran en la bibliografía.

5.7 Envasado del producto

El único producto que se envasa en esta planta de producción es el formol que es una solución acuosa de formaldehído.

Este producto se envasa siempre en recipientes cerrados, compatibles químicamente, diseñados para evitar pérdidas de contenido y con etiquetado CLP completo. Esto se basa en los requisitos generales de envasado de sustancias peligrosas del Reglamento CLP y en las guías de almacenamiento seguro. En aplicación del artículo 21.d) de la Ley 7/2022, de 8 de abril, de residuos y suelos contaminados para una economía circular, los residuos peligrosos se deben envasar según el artículo 35 del Reglamento (CE) 1272/2008, de 16 de diciembre de 2008, sobre clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas, y por el que se modifican y derogan las Directivas 67/548/CEE y 1999/45/CE y se modifica el Reglamento (CE) n.º 1907/2006.

En la planta de producción de Formiq, se usan IBC/GRG de 1000L o bidones de acero inoxidable 316L. Los envases deben cumplir el Reglamento CLP y, por lo tanto, evitar pérdidas de contenido, ser resistentes al producto, no reaccionar con él y mantener cierre seguro y repetible.

Las guías de manipulación segura del formol indican que se deben mantener los envases siempre cerrados, cuando se realicen trasvases se tiene que hacer con extracción localizada, se tiene que evitar contacto con la piel, ojos y ropa y no se puede comer ni beber en la zona de trabajo. Además, la zona en la que se haga debe ser una zona ATEX ya que es inflamable. Se debe tener también un cubeto de retención para contener un derrame accidental y evitar que el producto se disperse en zonas de la instalación.

5.8 Almacenaje del producto

Para saber las condiciones de almacenaje de las sustancias que se tratan en esta planta de producción, se debe tener en cuenta la normativa en la cual se rigen este tipo de instalaciones para garantizar la seguridad y prevenir riesgos laborales e industriales.

Es totalmente necesario incorporar controles y revisiones periódicas para asegurarse que se garantice la normativa. Si los elementos que la componen no se encuentran en condiciones óptimas, se deberán tener en cuenta medidas pertinentes para el funcionamiento correcto.

5.8.1. Normativa aplicable al almacenamiento

Dependiendo de la peligrosidad de las sustancias químicas, se debe tener en cuenta un diseño o unas medidas correspondientes. Toda esta información se indica y detalla en la ficha de seguridad de cada producto utilizado.

La normativa que se usa para este almacenamiento de productos químicos es el Real Decreto 656/2017, formado por 10 instrucciones técnicas complementarias que hacen referencia a diferentes sustancias:

- **ITC MIE APQ-1** → Almacenamiento de líquidos inflamables y combustibles en recipientes fijos.
- **ITC MIE APQ-2** → Almacenamiento de óxido de etileno en recipientes fijos.
- **ITC MIE APQ-3** → Almacenamiento de cloro.
- **ITC MIE APQ-4** → Almacenamiento de amoníaco anhidro.
- **ITC MIE APQ-5** → Almacenamiento de gases en recipientes a presión móviles.
- **ITC MIE APQ-6** → Almacenamiento de líquidos corrosivos en recipientes fijos.
- **ITC MIE APQ-7** → Almacenamiento de líquidos tóxicos en recipientes fijos.
- **ITC MIE APQ-8** → Almacenamiento de fertilizantes a base de nitrato amónico con alto contenido en nitrógeno.
- **ITC MIE APQ-9** → Almacenamiento de peróxidos orgánicos y de materias autocorrectivas.
- **ITC MIE APQ-10** → Almacenamiento en recipientes móviles.

Cada sustancia que se tiene almacenada se tiene que clasificar según las ITC MIE-APQ que se han mencionado anteriormente. Dependiendo de cuál se aplique, se tomarán unas consideraciones u otras a la hora de diseñar los tanques y de tomar las medidas de seguridad pertinentes. En la

siguiente tabla (*Tabla 5.23*), se muestran las APQ que debe cumplir cada sustancia tratada en la planta de formación de formaldehído de la empresa Formiq.

Tabla 5.23. ITC MIE APQ referentes a cada sustancia

Sustancia	ITC MIE APQ
Metanol	ITC MIE APQ-1 e ITC MIE APQ-7
Aire a presión	REP *
Formaldehído	ITC MIE APQ-7 e ITC MIE APQ-6
Monóxido de carbono	No debe cumplir ninguna porque no está almacenado. Es un subproducto que se elimina junto a los gases residuales.
Dióxido de carbono	No debe cumplir ninguna porque no está almacenado. Es un subproducto que se elimina junto a los gases residuales.
Hierro-molibdeno	No es un producto químico peligroso a efectos del Reglamento APQ.
Nitrógeno	ITC MIE APQ-5
DOWTHERM A Heat Transfer Fluid	ITC MIE APQ-1

*El aire a presión no está clasificado como gas peligroso y no figura como sustancia regulada en APQ. Por lo tanto, según el Real Decreto 809/2021, debe seguir el Reglamento de Equipos a Presión (REP).

Como se ve en la tabla anterior, todos los productos que se manejan en planta tienen más de una instrucción técnica complementaria por lo que se priorizará la más restrictiva. Se basarán los diseños de los equipos en la que se ha priorizado teniendo en cuenta, aun así, las otras.

Vistas las instrucciones técnicas complementarias que deben seguir nuestros productos, se explicarán más detalladamente la 1 y la 7 ya que son las de real importancia.

ITC MIE APQ-1

Regula el almacenamiento de líquidos inflamables y combustibles en recipientes fijos. Hay tres tipos de clases para la clasificación de estos productos:

- Clase A → Productos licuados cuya presión de vapor absoluta cuando están a 15°C es superior a 1 bar. Se distinguen dos subcategorías dependiendo de su temperatura de almacenamiento. Si se almacenan por debajo de los 0°C es A1 y si se almacenan en diferentes circunstancias que la A1, es A2.
- Clase B → Productos en que su punto de inflamación es inferior a 55°C y no se clasifican en la clase A. Según su punto de inflamación se distinguen dos subcategorías, la B1 que es superior a los 38°C y la B2 en la que el punto de inflamación es superior a los 38°C e inferior a los 55°C.
- Clase C → Productos en que el punto de inflamación es entre 55 y 100°C.

El metanol, con un punto de inflamación aproximado de 11°C, se clasifica como líquido inflamable de clase B conforme a la ITC MIE APQ-1. Por otro lado, la disolución acuosa de

formaldehído al 36% con un punto de inflamación aproximado de 50-55°C. se clasifica como líquido inflamable de clase C conforme a la ITC MIE APQ-1.

En el caso del aceite térmico utilizado en esta planta, el Dowtherm A Heat Transfer Fluid, no pertenece a ninguna categoría de las mencionadas anteriormente debido a que su punto de inflamación es de 113°C y, por lo tanto, no entra en la definición de líquido combustible regulado.

ITC MIE APQ-5

Regula las condiciones de seguridad para el almacenamiento de gases comprimidos, licuados y disueltos a presión, estableciendo los requisitos técnicos necesarios para prevenir riesgos derivados de su manipulación y almacenamiento en instalaciones industriales.

En el marco del reglamento (CE) nº 1272/2008 (CLP), estos productos se clasifican principalmente como gases a presión, categoría que engloba sustancias cuyo principal riesgo no radica en su reactividad química, sino en la energía almacenada en forma de presión.

Esta instrucción técnica complementaria establece una serie de requisitos fundamentales para garantizar un almacenamiento seguro, entre los que destacan:

- **Diseño y ubicación de las instalaciones:**
 - Los recipientes deben situarse en zonas adecuadamente ventiladas, preferentemente en exteriores o locales con ventilación suficiente.
 - Se deben evitar espacios confinados donde puedan acumularse gases, especialmente en el caso de gases asfixiantes como es el caso del nitrógeno.
 - Debe garantizarse la accesibilidad para operaciones de mantenimiento y emergencia.
- **Condiciones de los recipientes y equipos:**
 - Los depósitos, botellas y equipos asociados deben cumplir con la normativa aplicable de equipos a presión.
 - Se exige la instalación de válvulas de seguridad para evitar sobrepresiones
 - Los recipientes deben estar protegidos frente a daños mecánicos, caídas o impactos.
- **Medidas de seguridad y protección:**
 - Instalación de sistemas de detección de fugas cuando sea necesario.
 - Señalización adecuada de los riesgos conforme al CLP
 - Protección frente a fuentes de calor que puedan aumentar la presión interna.
- **Manipulación y almacenamiento:**
 - Debe estar almacenado vertical y correctamente sujetas
 - Separación de gases incompatibles
 - Control de las condiciones de carga y descarga para evitar fugas o sobrepresiones

En conjunto, la ITC MIE APQ-5 traduce la clasificación de peligros establecida por el Reglamento CLP en requisitos técnicos concretos que garantizan la seguridad en el almacenamiento de gases a presión, minimizando los riesgos de sobrepresión, fugas y exposición para los trabajadores y el entorno.

ITC MIE APQ-6

Instrucción Técnica Complementaria incluida en el Reglamento de almacenamiento de productos químicos en España, y regula específicamente el almacenamiento de líquidos corrosivos. Su objetivo es establecer las condiciones de seguridad necesarias para prevenir riesgos derivados de la manipulación y almacenamiento de este tipo de sustancias, tales como fugas, derramos o reacciones peligrosas.

En el marco del Reglamento (CE) nº 1272/2008 (CLP), los líquidos corrosivos se clasifican según su peligrosidad para la salud humana y los materiales, lo que permite determinar las medidas de seguridad adecuadas en su almacenamiento. A partir de esta clasificación, la APQ-6 define requisitos técnicos como:

- Condiciones de los recipientes y materiales compatibles
- Sistemas de contención
- Ventilación y señalización del área de almacenamiento
- Separación de sustancias incompatibles
- Medidas de protección para las personas y el entorno

En conjunto, la APQ-6 traduce los criterios de clasificación del CLP en medidas prácticas de almacenamiento seguro, garantizando la protección de los trabajadores, las instalaciones y el medio ambiente.

ITC MIE APQ-7

Se regula el almacenamiento de sustancias tóxicas en recipientes fijos. De acuerdo con el Reglamento (CE) núm. 1272/2008 (CLP), estas sustancias se clasifican según su toxicidad aguda mediante categorías numéricas e indicaciones de peligro:

- Categoría 1 o 2 (Toxicidad aguda por inhalación) → sustancias mortales que tienen la concentración letal CL_{50} muy baja. Estas sustancias requieren medidas de seguridad extremas debido a su elevada peligrosidad.
- Categoría 3 (Toxicidad aguda) → Sustancias tóxicas si se inhalan, ingieren o se ponen en contacto con la piel. El riesgo es menor que en las categorías 1 y 2 pero siguen siendo muy peligrosas y requieren controles específicos y rigurosos.
- Categoría 4 (Toxicidad aguda) → sustancias nocivas que tienen efectos nocivos para la salud humana en dosis elevadas. Igualmente, se tienen que manipular con precaución.

El caso del metanol está clasificado como tóxico por inhalación, por ingestión y por contacto con la piel, en la categoría de peligro 1. Por otro lado, el formaldehído es más tóxico y por lo tanto, corresponde a la categoría 2.

5.8.2. Consideraciones en el almacenamiento

El almacenamiento se hará en recipientes fijos de superficie que en la planta de Formiq se usarán tanques atmosféricos, verticales y cilíndricos. Estos estarán situados dentro del edificio. El material utilizado para diseñar estos tanques es el acero inoxidable 316L ya que es el material más estable, seguro y resistente en entornos industriales sobre todo cuando la corrosión y la inflamabilidad son riesgos importantes para tener en cuenta.

El almacenamiento de sustancias en la planta debe cumplir con el Reglamento (CE) nº 1272/2008, que permite clasificar los productos según su peligrosidad.

En el caso del metanol, aunque presente propiedades tóxicas según el Reglamento CLP, su almacenamiento se rige por la ITC MIE APQ-1 al tratarse de un líquido inflamable, siendo este el riesgo predominante. Además, se adoptan medidas adicionales para minimizar la exposición debido a su toxicidad. Por lo tanto, su almacenamiento debe ser en tanques cerrados con cubeto de retención, deben de estar en una zona clasificada ATEX por riesgo de vapores inflamables, alejados de oxidantes y fuentes de ignición y deben tener sistemas de ventilación y detección de vapores además de una puesta a tierra para evitar cargas electroestáticas.

El formol, como producto final del proceso, se almacena en tanques fijos y posteriormente se transfiere a cisternas para su distribución. Al tratarse de una sustancia tóxica y corrosiva debe de estar almacenado en materiales compatibles como el acero inoxidable. El tanque debe tener ventilación obligatoria para evitar la acumulación de vapores y debe tener también un sistema de retención de derrames.

Desde el punto de vista del almacenamiento del nitrógeno, se rige por la ITC MIE APQ-5, debiendo garantizarse condiciones adecuadas de ventilación, uso de recipientes homologados, protección frente a sobrepresiones y control de posibles fugas, con especial atención de riesgo de generaciones de atmósferas asfixiantes. Las consideraciones de seguridad derivadas del uso de nitrógeno se deben incorporar al diseño mediante la implementación de un sistema de inertización en los tanques de metanol, basado en el mantenimiento de una ligera sobrepresión mediante blanketing con nitrógeno. Asimismo, el almacenamiento del nitrógeno debe ser en zonas ventiladas, utilizando recipientes a presión dotados de válvulas de seguridad y sistemas de control de fugas, conforme la ITC MIE APQ-5. Estas medidas permiten minimizar tanto el riesgo de formación de atmósferas inflamables como la posible generación de atmósferas asfixiantes.

En cuanto el almacenamiento del Dowtherm A Heat Transfer Fluid, debe realizarse siguiendo criterios de seguridad industrial. Debe tener una zona ventilada, preferiblemente con ventilación natural cruzada para evitar acumulación de vapores en caso de fuga. La temperatura debe estar controlada, evitando la exposición a fuentes de calor que puedan provocar descomposición térmica y se debe evitar que le dé la luz solar directamente y las condiciones ambientales extremas. Estará almacenado en recipientes herméticos, fabricados de acero inoxidable 316L y también se tendrán cubetas de retención por si hay derrames.

El Dowtherm A es químicamente estable en condiciones normales, pero debe evitarse el contacto con agentes oxidantes fuertes, ácidos y bases fuertes ya que pueden provocar reacciones peligrosas o degradación del fluido.

5.8.3. Carga y descarga

Las operaciones de carga y descarga de productos químicos en la planta de producción de formaldehído constituyen una parte esencial de la instalación de almacenamiento y deben diseñarse conforme lo establecido en el Real Decreto 656/2017, por el que se aprueba el Reglamento de almacenamiento de productos químicos y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC).

En la presente instalación, los productos implicados en dichas operaciones son metanol, formol y nitrógeno, los cuales presentan diferentes peligrosidades y, por tanto, están sujetos a distintas ITC.

En Formiq, vienen camiones con el producto en una cisterna y lo descargan en los tanques de almacenamiento que corresponda. A la inversa se procede igual, el producto final que se ha formado se almacena en los tanques de almacenamiento adecuados para que cuando venga el camión, cargue el producto a la cisterna y se distribuya. Los camiones tienen un área específica en la que tienen que cargar (Área 700) y descargar (Área 800).

De acuerdo con el reglamento, las zonas destinadas a operaciones de trasiego deben cumplir ciertas condiciones. Deben estar definidas como áreas específicas, diferenciadas del resto de la instalación, correctamente señalizadas y con acceso restringido a personal autorizado. Están situadas en una zona suficientemente ventilada para evitar la acumulación de vapores peligrosos. Se dispone de un acceso adecuado para vehículos con cisterna, con un espacio suficiente para maniobras seguras y evacuación en caso de emergencia.

Las operaciones de carga/descarga deberán realizarse mediante instalaciones fijas o semifijas diseñadas específicamente para tal fin. Las mangueras, tuberías y conexiones deben ser de material que sea resistente a la corrosión como el acero inoxidable 316L que se ha utilizado en toda la instalación. Se emplean acoplamientos estancos con sistemas de cierre automático para minimizar fugas durante la conexión y desconexión. Además, se tienen válvulas de corte accesibles (válvulas de emergencia) que permiten interrumpir rápidamente el flujo en caso de incidente. También se tienen sistemas de control de sobrellenado para que se avise en caso de que el tanque supere la capacidad de llenado.

En el caso del metanol, se establece la obligatoriedad de adoptar medidas para evitar la acumulación de cargas electroestáticas. Todos los elementos implicados en la carga o descarga están conectados a tierra y equipotencialmente unidos.

Además, al ser un producto inflamable, se considera la posible formación de atmósferas explosivas, por lo que se clasifica como zona ATEX. De esta manera, todos los equipos eléctricos e instrumentación de la zona son aptos para atmósferas explosivas, conforme la normativa vigente.

Como en todas las zonas de la planta, se dispone de extintores portátiles adecuados para el tipo de fuego que generan los productos de la clase B, también hay existencia de redes de agua contra incendios y algunas acciones como fumar estarán prohibidas ya que son un foco de ignición.

Específicamente, la carga y descarga del metanol es en una zona clasificada como potencialmente explosiva, hay un control estricto de fuentes de ignición, los equipos están conectados a tierra y hay un control de derrames mediante cubetas de retención.

En cuanto al formol, se usan sistemas cerrados de trasiegos para minimizar emisiones, hay instaladas duchas de emergencia y lavaojos, se dispone de EPI y también tienen sistemas de retención frente a derrames.

Finalmente, el nitrógeno tiene un control de presión y temperatura en estas operaciones para procurar la sobrepresión y se tiene la garantía de que la zona está adecuadamente ventilada para evitar atmósferas deficientes de oxígeno.

La carga y descarga del Dowtherm A, se hace de forma constante cada 5 años solo se cambia cuando se para el proceso debido a que el aceite térmico se va recirculando

5.8.4. Ventilación

La ventilación de las zonas de almacenamiento de productos químicos constituye un aspecto fundamental para garantizar que las instalaciones son seguras, especialmente en el caso de sustancias que son inflamables, tóxicas o asfixiantes.

El reglamento del Real Decreto 656/2017 y sus ITC, establece que las zonas de almacenamiento deben disponer de ventilación adecuada para evitar la acumulación de vapores peligrosos y garantizar condiciones seguras en todo momento.

La ventilación de la zona de almacenamiento de FORMIQ está diseñada para que se impida la formación de atmósferas inflamables, tóxicas o asfixiantes. Asimismo, el diseño de la zona está hecho de forma que se evita la existencia de espacios confinados o mal ventilados donde se pueden acumular vapores peligrosos.

En cuanto el metanol, que es un líquido inflamable cuyos vapores pueden formar mezclas explosivas con aire debe seguir ciertas especificaciones. La ventilación de las zonas en las que se almacena el metanol garantiza que la concentración de vapores se mantenga por debajo del límite de inflamabilidad. Además, como los vapores del metanol son ligeramente más densos que el aire, se ha prestado especial atención a la ventilación en zonas bajas.

En referencia al formol, la ventilación debe garantizar concentraciones de vapor por debajo de los límites de exposición profesional. En este caso, se prioriza el uso de sistemas cerrados pero la ventilación sigue siendo necesaria como medida de seguridad adicional. Como el formaldehído tiene una densidad similar a la del aire, se requiere una ventilación homogénea del recinto y extracción localizada en puntos de posible emisión.

Hablando de la ventilación de las áreas que almacenan nitrógeno, deben disponer de ventilación suficiente para evitar la formación de atmósferas con deficiencia de oxígeno ya que el nitrógeno tiene riesgo de generar asfixia por desplazamiento de oxígeno. Como en Formiq el almacenamiento es en zona cerrada, se ha asegurado una buena ventilación además de una renovación continua del aire.

5.8.5. Distancias entre instalaciones fijas de superficie y entre recipientes

5.8.5.1. Distancias entre instalaciones fijas de superficie

Para determinar las distancias de seguridad entre diferentes puntos de la planta de producción se ha tenido en cuenta el Reglamento de Almacenamiento de Productos Químicos (APQ) determinado por la ley 656/2017.

Dado que el metanol presenta un elevado riesgo de inflamabilidad, la ITC MIE APQ-1 constituye el criterio más restrictivo y, por tanto, se adopta como referencia principal para el

establecimiento de las distancias de seguridad, sin perjuicio de la aplicación de requisitos adicionales específicos derivados del resto de ITC.

Los cálculos se hacen mediante un proceso exhaustivo que tiene en cuenta diferentes coeficientes reductores y multiplicadores, que después de analizar cada caso específico, se obtiene la distancia mínima según el Reglamento APQ-1. En el caso de la planta de producción de FORMIQ, no se considera necesaria la aplicación de coeficientes multiplicadores adicionales para el cálculo de las distancias de seguridad entre áreas. Esta decisión se justifica debido a que las condiciones de almacenamiento previstas no presentan configuraciones especiales de riesgo, ni capacidades excepcionalmente elevadas, ni situaciones de propagación térmica que requieran incrementar las distancias base establecidas en la ITC MIE APQ-1.

En consecuencia, las distancias de seguridad se determinan a partir de los valores base definidos por la normativa, aplicando únicamente los coeficientes reductores correspondientes a las medidas adicionales de protección contra incendios implementadas en la instalación y respetando en todo momento las distancias mínimas exigidas reglamentariamente.

En la Figura 5.8 se puede observar una tabla donde se muestra la distancia en metros entre las instalaciones fijas de superficie en almacenamiento con las otras áreas que forman parte de la planta de producción. En la figura 5.9 se puede ver la leyenda de la tabla de la Figura 5.8.

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

Figura 5.8. Distancias en metros entre dos equipos de la planta

Notas:

- (1) No es objeto de este Reglamento.
 - (2) Sin requerimiento especial de distancias.
 - (3) Pertenecientes al parque de almacenamiento.
 - (4) Salvo las bombas para transferencia de productos susceptibles de ser almacenados en el mismo cubeto, en cuyo caso es suficiente que estén situados fuera del cubeto. (En casos especiales, por ejemplo, por reducción del riesgo).
 - (5) Salvo las bombas de transferencia propias de esta instalación.
 - (6) Aplicar el artículo 18.
 - (7) Salvo los recipientes auxiliares de alimentación o recepción directa del cargadero con capacidad inferior a 25 m³ que pueden estar a distancias no inferiores a: Clase A = 15 m, clase B = 10 m y clase C = 2 m.
 - (8) Ver Reglamento de Equipos a Presión.
 - (9) Si el vallado es de obra de fábrica u hormigón y de altura no inferior a 1,5 m esta distancia no necesita ser superior a 10 m.
 - (10) Respecto a la vía del ferrocarril de la que se derive un apartadero para carga o descarga de vagones cisterna, esta distancia puede reducirse a 15 m con un vallado de muro macizo situado a 12 m del cargadero y altura tal que proteja la instalación.
 - (11) Solamente se requerirá esta distancia cuando se opere simultáneamente en ambos cargaderos con emisión de vapores en alguno de ellos.
- Las distancias entre tanques de almacenamiento y otras instalaciones se considerarán individualmente en función de la clase del producto almacenado en cada tanque y no de la clasificación global del cubeto.

Leyenda:

1. Unidades de proceso.
2. Estaciones de bombeo y compresores.
- 3.1 Recipientes de almacenamiento. Clase A (Paredes del tanque).
- 3.2 Recipientes de almacenamiento. Clase B (Paredes del tanque).
- 3.3 Recipientes de almacenamiento. Clase C (Paredes del tanque).
- 4.1 Cargaderos. Clase A.
- 4.2 Cargaderos. Clase B.
- 4.3 Cargaderos. Clases C.
5. Balsas separadoras.
6. Zonas de fuego abierto.
7. Edificios administrativos y sociales, laboratorios, talleres, almacenes y otros edificios independientes.
8. Estaciones de bombeo de agua contra incendios.
9. Vallado de la planta.
10. Límites de propiedades exteriores en las que pueda edificarse y vías de comunicación públicas.
11. Locales y establecimientos exteriores de pública concurrencia.

Figura 5.9. Leyenda de la Tabla 5.8

El procedimiento de cálculo de las distancias de seguridad se realizan conforme a lo establecido en la ITC MIE APQ-1. En primer lugar, en función del tipo de instalación o equipo que se desea separar, se determina una distancia base de referencia. Posteriormente, sobre dicha distancia se aplican los coeficientes de reducción correspondientes en función de la capacidad global de almacenamiento y, cuando procede, determinados coeficientes multiplicadores, teniendo también en cuenta los criterios restrictivos especificados por la normativa para cada caso particular.

Para la obtención de la distancia mínima entre dos elementos de la instalación, se identifican ambos equipos en la tabla de referencia de la ITC MIE APQ-1: uno de ellos en la primera columna y el otro en la última fila de la tabla. La intersección entre ambos proporciona la distancia mínima de seguridad, expresada en metros, que debe respetarse entre los elementos analizados.

Asimismo, se consideran las observaciones y notas complementarias incluidas a continuación de la tabla, aplicando posteriormente los coeficientes correctores que resulten pertinentes.

En relación con los coeficientes reductores asociados a las medidas de seguridad implementadas, en la presente instalación se han adoptado dos medidas del nivel 1 y una medida del nivel 2:

- Otros sistemas fijos de extinción de incendios de accionamiento manual especialmente adecuados al riesgo protegido.
- Detectores automáticos fijos, con alarma, de mezclas explosivas en la zona circundante a la instalación.
- Sistemas fijos de inertización permanente mediante atmósfera de gas inerte en el interior de los recipientes de almacenamiento.

En el caso de la empresa FORMIQ, la capacidad global de almacenamiento es de 2033,34m³, lo que hace que se tenga que aplicar un coeficiente reductor por capacidad de 0,7. Aplicando esto, se obtienen las siguientes distancias mínimas de seguridad:

Tabla 5.24. Distancias mínimas de seguridad de las áreas de almacenamiento respecto las otras áreas

A-100	A-200	21 m
	A-300	21 m
	A-400	21 m
	A-500	8,4 m
	A-600	10,5 m
	A-700	14 m
	A-800	14 m
	A-900	21 m
	A-1000	21 m
	A-1100	21 m
	A-1200	21 m
	A-1300	14 m
	A-1400	21 m
A-500	A-100	21 m
	A-200	21 m
	A-300	21 m
	A-400	8,4 m
	A-600	10,5 m
	A-700	14 m
	A-800	14 m
	A-900	21 m
	A-1000	21 m
	A-1100	21 m
	A-1200	21 m
	A-1300	14 m
	A-1400	21 m

5.8.5.2. Distancia entre recipientes

Dentro de un área los recipientes deben estar colocados de una manera y cumpliendo unas distancias requeridas para que se cumpla la normativa requerida.

Para saber la distancia entre las paredes de los recipientes, se debe calcular mediante las especificaciones de la Tabla 5.25.

Tabla 5.25. Distancia entre paredes de recipientes

Clase de producto	Tipos de recipiente sobre los que se aplica la distancia		Distancia mínima (D = Dimensión según notas 1 y 6)	Observaciones
A	A1	Entre recipientes de subclase A1.	1/2 de la suma de los diámetros de los recipientes.	Nota 2
		A recipientes para productos de las clases A2, B o C.	D (mínimo: 15 metros).	Nota 2
	A2	Entre recipientes a presión para productos de la subclase A2.	1/4 de la suma de los diámetros de los recipientes con un mínimo de 2 metros.	Nota 2
B	A2	A recipientes para productos de las clases B ó C.	D (mínimo: 15 metros).	Nota 2
		A recipientes para productos de las clases B ó C.	0,5 D (mínimo: 1,5 metros). El valor puede reducirse a 25 metros si es superior.	Nota 5
C	A2	A recipientes para productos de la clase C.	0,3 D (mínimo: 1,5 metros). El valor puede reducirse a 17 metros si es superior.	Nota 5
Líquidos inestables.		A recipientes para productos de cualquier clase.	D (mínimos: Los indicados arriba según su clasificación A1, A2, B ó C).	–

Donde D es el diámetro externo del recipiente. Los productos que se tienen en la planta Formiq se clasifican como productos de la clase B por lo que la distancia es la mitad del valor del diámetro externo de estos recipientes. Además, como se han aplicado las medidas mencionadas anteriormente, 2 medidas del nivel 1 y 1 medida del nivel 2, siguiendo la Tabla 5.26 en la que se muestran los coeficientes reductores, se coge el coeficiente reductor de 0,8 y se multiplica por el valor que se obtiene mediante la Tabla 5.26. Las distancias se encuentran en la Tabla 5.27:

Tabla 5.26. Reducciones de las distancias entre recipientes por protecciones adicionales a las obligatorias

Medidas o sistemas de protección adoptados		Coeficiente de reducción
Nivel	Cantidad	
0	–	No hay reducción
1	Una	0,90
1	Dos o más	0,80
2	Una	0,80
2	Dos	0,70
2	Más de dos	0,65

Tabla 5.27. Distancias entre tanques de almacenamiento de las áreas A-100 y A-500

Distancia entre tanques de almacenamiento de metanol	2.14 m
Distancia entre tanques de almacenamiento de formol	2.58 m

5.8.6. Cubetas de retención

Las cubetas de retención constituyen un elemento fundamental de seguridad en el almacenamiento de productos químicos líquidos, ya que permiten contener posibles fugas o derrames, evitando la propagación del producto y la contaminación del medio ambiente.

En la planta de Formiq, donde se almacenan, entre otros, metanol (líquido inflamable) y formol (líquido corrosivo y tóxico), el diseño de las cubetas de retención se realiza conforme al Reglamento (CE) nº 1272/2008 y a las Instrucciones Complementarias del reglamento APQ, principalmente la ITC MIE APQ-1 y la ITC MIE APQ-6.

Las cubetas deben tener un volumen suficiente para contener al menos el 100% del volumen del mayor tanque para garantizar que, en caso de fuga total, el producto quede completamente confinado. En cuanto a los materiales, deben ser resistentes químicamente al producto almacenado. Para reducir riesgos de reacciones o agravamiento del accidente, se deben usar cubetas independientes para cada producto, por lo que deben ser compatibles con hidrocarburos/alcoholes en el caso de las del metanol y en el caso de formol deben ser resistentes a productos corrosivos. En la planta de Formiq se ha usado como material para hacer estas cubetas de retención, acero inoxidable 316L. Además, deben de ser impermeables y sin fisuras ni conexiones que permitan fugas.

Las cubetas de retención son una medida clave de seguridad pasiva en la planta ya que permiten evitar la propagación de incendios, en el caso del metanol, limitar la exposición a sustancias peligrosas, en el caso del formol y proteger el suelo y las aguas subterráneas.

5.8.7. Mantenimiento e inspecciones periódicas

Las zonas en las que se almacena metanol, al tratarse de un líquido inflamable, se debe realizar una revisión anual de la instalación. En esta revisión se incluye la comprobación del estado de los cubetos, cerramientos, drenajes, bombas, equipos auxiliares, sistemas de protección contra incendios, alarmas, extintores, mangueras y acoplamientos. Además, se debe verificar la continuidad eléctrica de tuberías y elementos metálicos, así como la protección frente a descargas electrostáticas.

En los tanques y tuberías se debe comprobar visualmente el estado de las paredes y realizar mediciones de espesor si se detecta deterioro. Para tanques metálicos de simple pared que no sean equipos a presión, se establece una inspección interior visual con medición de espesores cada 15 años.

En el caso del formol, al tratarse de un líquido corrosivo, la instalación dispone de un plan de mantenimiento, con registro de las revisiones realizadas e historial de equipos, reparaciones y modificaciones.

La revisión anual debe comprobar el estado de los mismos elementos que en el caso del metanol incluyendo las mangueras y los brazos de carga. Además, cada cinco años se miden los espesores de recipientes y tuberías metálicas. Se realiza también una revisión interior para comprobar el estado superficial y la estanqueidad del fondo y soldaduras. Los sistemas como las duchas y los lavaojos deben probarse, como mínimo, una vez por semana.

El nitrógeno se almacena como gas a presión por lo que las revisiones deben centrarse en el buen estado de los recipientes, válvulas, manómetros, conexiones y demás accesorios. La normativa indica que el usuario es el responsable del manejo de los recipientes, del buen estado de los accesorios y de establecer un plan de mantenimiento preventivo de las instalaciones y elementos necesarios para la utilización segura del gas.

Además, se verifica que las botellas estén correctamente identificadas, sujetas, protegidas frente a golpes y posicionadas verticalmente.

En conjunto, la zona de almacenamiento contará con un plan de mantenimiento preventivo y revisiones periódicas adaptadas a la naturaleza de cada sustancia almacenada. Todas las revisiones deberán quedar registradas documentalmente y cada cinco años se presentará el certificado correspondiente emitido por un organismo de control habilitado, conforme al Real Decreto 656/2017.

5.9 Seguridad en la planta

La seguridad es uno de los aspectos fundamentales en el diseño y operación de una planta de producción de formaldehído a partir de metanol, debido a la presencia de sustancias inflamables, tóxicas y potencialmente peligrosas tanto para las personas como para el medio ambiente. En este tipo de instalaciones, el metanol representa uno de los principales focos de riesgo por su elevada inflamabilidad y por la posible formación de atmósferas explosivas durante las etapas de almacenamiento, transporte y proceso. Asimismo, el formaldehído generado presenta riesgos asociados a su toxicidad y a su carácter irritante, lo que hace necesario implementar medidas de seguridad específicas en toda la planta.

Por este motivo, en el presente apartado se analizan las principales medidas de seguridad adoptadas en la instalación, prestando especial atención a la protección contra incendios y a la prevención de atmósferas explosivas.

5.9.1 Protección contra incendios

La seguridad contra incendios constituye uno de los aspectos más críticos en el diseño y operación de la planta de FORMIQ debido a que el metanol y el formaldehído presentan propiedades inflamables y riesgos asociados a atmósferas explosivas, lo que hace imprescindible la implantación de medidas preventivas y de protección adecuadas para garantizar la seguridad de las personas, instalaciones y medio ambiente.

En esta planta química intervienen sustancias químicas inflamables, tóxicas y capaces de generar mezclas combustibles con el aire. Además, el aire comprimido favorece la presencia de oxígeno en concentraciones suficientes para la propagación de incendios en caso de fuga.

El diseño de la planta debe incorporar medidas de seguridad pasivas como la sectorización de áreas, distancias de seguridad entre equipos y almacenamientos, uso de materiales resistentes al fuego y ventilación adecuada, que ya se han tenido en cuenta en el diseño y están especificadas anteriormente. Por otro lado, también deben tener medidas de seguridad activas como son alarmas, sistemas de detección, redes de extinción de incendios, sistemas automáticos rociadores, extintores y procedimientos de actuación ante emergencias.

5.9.1.1. Normativa

La normativa que se debe seguir para la protección contra incendios es la siguiente:

- **Real Decreto 2267/2004**, el cual establece y define los requisitos que deben satisfacer y las condiciones que deben cumplir los establecimientos e instalaciones de uso industrial para su seguridad en caso de incendio, para prevenir su aparición y para dar la respuesta adecuada, en caso de producirse, limitar su propagación y posibilitar su extinción, con el fin de anular o reducir los daños o pérdidas que incendio pueda producir a personas o

bienes. Además, también indica que se tienen que hacer revisiones cada dos años ya que FORMIQ está clasificada como una planta con un riesgo intrínseco alto debido a la presencia de líquidos inflamables y las condiciones de operación del proceso.

- **Real Decreto 513/2017**, el cual establece y define las condiciones que deben cumplir los aparatos, equipos y sistemas, así como su instalación y mantenimiento empleados en la protección contra incendios.

5.9.1.2. Medidas de seguridad

Se debe disponer de diferentes medidas de protección contra incendios destinadas a prevenir la ignición, limitar la propagación del fuego y facilitar la actuación en caso de emergencia.

La combinación de las medidas de protección pasiva, activa y organizativa permite reducir significativamente el riesgo de incendio y explosión en la planta de FORMIQ, garantizando la seguridad de los trabajadores y el cumplimiento de la normativa industrial vigente.

5.9.1.2.1. Medidas de protección pasivas

Las medidas pasivas tienen como objetivo evitar la propagación del incendio y reducir sus consecuencias sin necesidad de intervención automática o manual.

- Sectorización de incendios:

La planta debe dividirse en sectores de incendio independientes para evitar que el fuego se propague entre diferentes áreas de proceso y almacenamiento. Especialmente en el almacenamiento de control, en la zona de reacción, en la sala de control y en las áreas eléctricas.

- Distancias de seguridad:

Los depósitos y equipos que contengan sustancias inflamables deben mantener distancias mínimas de seguridad entre tanques, tuberías, edificios, zonas de proceso y vías de evacuación. Estas distancias reducen la propagación térmica en caso de incendio. Se pueden encontrar en el apartado 5.8.5 de este mismo capítulo.

- Cubetos de retención:

Los tanques de almacenamiento de metanol deben disponer de cubetos capaces de contener posibles derrames, evitando que el líquido inflamable se entienda por la instalación.

Para más información, ver apartado 5.8.6 de este mismo capítulo.

- Resistencia al fuego de estructuras:

Las estructuras metálicas y elementos constructivos deben disponer de protección ignífugo para mantener su estabilidad durante un incendio.

- Ventilación industrial:

Las zonas donde puedan acumularse vapores inflamables deben disponer de sistemas de ventilación adecuados para evitar concentraciones peligrosas de vapores de metanol.

Para más información, ver apartado 5.8.4 de este mismo capítulo.

5.9.1.2.2. Medidas de protección activas

Las medidas activas actúan directamente sobre el incendio mediante detección, alarma o extinción.

- Sistemas de detección de incendios:

La planta debe de disponer de detectores capaces de identificar rápidamente humo, un aumento de la temperatura, la presencia de una llama o gases inflamables especialmente en salas de bombas, almacenamiento, en la zona del reactor o en los cuadros eléctricos.

- Sistemas de alarma:

Debe instalarse un sistema de alarma acústica y visual para alertar al personal en caso de emergencia y facilitar la evacuación.

- Extintores portátiles:

La instalación debe contar con extintores adecuados según el tipo de fuego esperado. En FORMI se emplean principalmente extintores de polo ABC, extintores de CO₂ en zonas eléctricas o espuma para líquidos inflamables.

- Red de hidrantes:

La planta dispone de hidrantes exteriores para facilitar la intervención de los servicios de emergencia y bomberos.

- Sistemas automáticos de extinción:

En áreas de mayor riesgo pueden instalarse rociadores automáticos, sistemas de espuma y sistemas de agua pulverizada ya que son especialmente importantes en incendios de líquidos inflamables como el metanol.

5.9.1.2.3. Medidas organizativas y operativas

Además de las medidas físicas, deben implementarse procedimientos de seguridad industrial.

- Plan de emergencia y evacuación:

La planta dispone de rutas de evacuación, señalización, protocolos de actuación y puntos de reunión. Todos estos elementos se pueden visualizar en el plano de emergencia y evacuación que se encuentra en el capítulo 10 Diagramas y planos.

- Formación del personal:

Los trabajadores reciben una formación antes de entrar a trabajar en la empresa de FORMIQ en el que se les enseña el manejo de extintores, cómo actuar ante fugas, qué riesgos químicos se pueden dar en la planta y los protocolos de emergencia.

- Mantenimiento e inspecciones:

Todos los sistemas de protección contra incendios deben someterse a inspecciones periódicas, pruebas de funcionamiento y mantenimiento preventivo para asegurar una buena protección.

5.9.1.3. Señalización

La planta debe disponer de una señalización adecuada de todos los equipos y sistemas de protección contra incendios con el objetivo de facilitar su rápida localización y utilización en caso de emergencia. La señalización constituye una medida fundamental de seguridad industrial, especialmente en instalaciones químicas con riesgo de incendio y explosión como FORMIQ.

Deben identificarse claramente todos los medios manuales de lucha contra incendios mediante rojas normalizadas UNE 23033. Esta norma define las señales y balizamientos de seguridad, los colores y la identificación de los sistemas y equipos utilizados en el campo de la protección contra incendios.

Las señales que indican protección contra incendios deben ser de forma cuadrada, fondo rojo y símbolo blanco o amarillento claro fotoluminiscente.

5.9.2 Protección contra atmósferas explosivas

La planta FORMIQ presenta zonas con riesgo potencial de formación de atmósferas explosivas debido a la presencia de metanol (líquido extremadamente inflamable), vapores orgánicos del proceso y posibles emisiones en operaciones de carga y descarga. Este apartado recoge la normativa aplicable, la clasificación de zonas ATEX en la planta FORMIQ, las medidas de seguridad implementadas y la señalización obligatoria.

5.9.2.1. Normativa

La protección contra atmósferas explosivas se basa en la legislación europea española vigente:

- **Real Decreto 681/2003**, el cual habla sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo.
- **Directiva 1992/92/CE**, relativa a las disposiciones mínimas para la mejora de la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas. Esta normativa establece los requisitos mínimos para lugares de Trabajo con riesgo de explosión
- **Directiva 2014/34/UE**, sobre la armonización de las legislaciones de los Estados miembros en materia de aparatos y sistemas de protección para uso en atmósferas potencialmente explosivas (refundición). El documento recoge la certificación de equipos y sistemas de protección destinados a zonas ATEX.
- **UNE-EN 60079**, normas técnicas para la clasificación de zonas, selección de equipos y mantenimiento.
- **Real Decreto 374/2001**, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo.

Estas normas establecen la obligación de identificar zonas con riesgo de explosión, seleccionar equipos adecuados y aplicar medidas preventivas y de protección.

5.9.2.2. Zonas ATEX

Las zonas ATEX se clasifican según la probabilidad y duración de la presencia de una atmósfera explosiva formada por vapores inflamables como el metanol. Esta clasificación está definida por el Real Decreto 681/2003 y en la norma UNE-EN 60079.

- **Zona 0:**
Es la zona de máximo riesgo. Se considera Zona 0 un lugar donde una atmósfera explosiva está presente de forma continua, prolongada o frecuente. Sus características principales son la presencia continua de la mezcla de metanol-aire o durante largos periodos. Normalmente se da dentro de equipos abiertos, depósitos con oxígeno o procesos sin inertización.
- **Zona 1:**
Es la zona donde la atmósfera explosiva puede aparecer en funcionamiento normal del proceso. Normalmente se da cuando existen liberaciones ocasionales de vapores inflamables, en operaciones de carga y descarga, mezcla o trasvase.
- **Zona 2:**
Zona donde la atmósfera explosiva no es probable, y si aparece, es de corta duración. Esta zona puede darse en zonas donde son posibles fugas pequeñas o esporádicas o fallos de estanqueidad.

La clasificación de FORMIQ se ha realizado en función de la probabilidad de presencia de una mezcla inflamable metanol-aire durante el funcionamiento normal del proceso.

Tabla 5.28. Tabla de clasificación de zonas ATEX

ZONA	CLASIFICACIÓN	JUSTIFICACIÓN
A-100 – Almacenamiento de materias primas	ZONA 2	Vapores de metanol en respiraderos y trasvases
A-200 – Mezcla y preparación	ZONA 1	Riesgo elevado por dosificación y manipulación directa de metanol
A-300 – Reacción	ZONA 2	Posibles fugas en líneas de alimentación
A-700 – Carga de camiones	ZONA 1	Emisión de vapores durante la carga de producto
A-800 – Descarga de camiones (metanol)	ZONA 1	Manipulación de grandes volúmenes de metanol

No existen zonas clasificadas como Zona 0 ya que no hay presencia continua o prolongada de atmósferas explosivas.

5.9.2.3. Medidas de seguridad

Las medidas implantadas combinan prevención, protección y control operativo

- a) Eliminación de fuentes de ignición:
 - Equipos eléctricos certificados según ATEX
 - Conexión equipotencial y toma de tierra en A-700 y A-800

- Prohibición de trabajos en caliente sin permiso específico
 - Herramientas anti-chispas en mantenimiento A-1200
 - Control de electricidad estática en mangueras y tuberías
- b) Control de ventilación y atmósferas:
- Ventilación forzada en A-200, A-300 y A-800
 - Extracción localizada en puntos de trasvase
 - Detectores de metanol y vapores inflamables conectados a la sala de control (A-900)
 - Parada automática del proceso al superar el 20% del LIE (Límite Inferior de Explosividad)
- c) Contención y gestión de derrame:
- Cubetas de retención en A-100 y A-800
 - Absorbentes compatibles para minimizar evaporación (arena)
 - Procedimiento específico de gestión de derrames
- d) Procedimientos operativos:
- Verificación diaria de tomas de tierra
 - Comprobación de estanqueidad en líneas de metanol
 - Prohibición de abrir equipos sin inertización previa
 - Permiso de trabajo obligatorio en zonas ATEX.

5.9.2.4. Señalización

La señalización de zonas ATEX cumple con el Real Decreto 485/1997 y la normativa europea de señalización de seguridad.

- a) Señales obligatorias en zonas clasificadas:
- Peligro: atmósfera explosiva, triángulo amarillo con símbolo EX
 - Prohibido fumar y prohibido usar llamas abiertas
 - Prohibido utilizar teléfonos móviles o equipos no certificados
 - Obligatorio conectar toma de tierra en A-700 y A-800
- b) Señalización de equipos de emergencia:
- Extintores CO₂ y espuma
 - BIE (Boca de Incendios Equipada) en zonas exteriores
 - Duchas y lavajos en A-400 y A-500
 - Rutas de evacuación y salidas de emergencia según el plano
- c) Señalización de equipos ATEX:

Todos los equipos instalados en zonas clasificadas llevan marcado:

- EX (protección antideflagrante)
- Categoría
- Grupo de gas
- Temperatura máxima de superficie

5.10 Equipos de protección individual (EPI'S)

La operación de una planta de producción de formaldehído implica la exposición potencial a riesgos químicos, térmicos y mecánicos derivados tanto del propio formaldehído como de las condiciones del proceso. Por ello, el uso de Equipos de Protección Individual (EPI) constituye una medida esencial dentro del sistema de seguridad de la instalación. Los EPI actúan como última barrera de protección cuando las medidas colectivas como la ventilación, el confinamiento, la automatización o los sistemas de detección no eliminan completamente el riesgo.

Como ya se ha mencionado anteriormente, el formaldehído es una sustancia con riesgos significativos para la salud; es cancerígeno, tóxico por inhalación, irritante cutáneo y ocular y sensibilizante respiratorio. Además, presenta una elevada volatilidad, lo que incrementa el riesgo de exposición incluso a temperatura ambiente.

De acuerdo con el Real Decreto 773/1997, la empresa debe proporcionar EPIs adecuados, asegurar su mantenimiento y formar al personal en su uso. Los trabajadores, por su parte, deben utilizarlos correctamente y comunicar cualquier deterioro o mal funcionamiento.

En Formiq, la selección de EPIs se basa en los riesgos principales del proceso:

- Exposición a vapores del formaldehído
- Contacto con soluciones de formaldehído
- Manipulación de catalizadores y subproductos irritantes
- Operaciones de mantenimiento con riesgo de fugas
- Trabajo en espacios confinados o zonas con ventilación limitada

Según el riesgo a proteger para el que estén diseñados, los EPI se clasifican en 3 categorías diferentes; Categoría I, II y III. Indiferentemente de su categoría, los EPI deben llevar marcado CE, relativo a los equipos de protección individual.

Tabla 5.29. Señalización de los EPIs

MARCADO CE	
CATEGORÍA I Y II	CATEGORÍA III
	

5.10.1 Categoría I

Esta categoría agrupa los equipos que protegen frente a riesgos leves que no suponen consecuencias graves para la salud del trabajador. En la planta de formaldehído, su uso es complementario, ya que la mayoría de los riesgos son de categoría superior. Aún así, forman parte del equipo de protección básico diario de los operarios.

A) Guantes ligeros de protección mecánica:

Se utilizan para tareas generales sin exposición directa a sustancias químicas peligrosas, como manipulación de herramientas o elementos no contaminados o limpios. Estos guantes ofrecen protección frente a quemaduras leves y pequeños roces y permiten una buena destreza manual.

Su uso se limita a zonas sin presencia de formaldehído ni metanol, ya que no proporcionan resistencia química.

B) Calzado de trabajo básico:

En áreas administrativas o zonas donde no existe el riesgo químico, se emplea calzado de trabajo ligero que protege frente a resbalones o pequeños impactos. Este calzado no es adecuado para las zonas de proceso, con lo que, si los trabajadores necesitan acceder a zonas de trabajo químico, deben modificar su calzado por uno acorde a la protección necesaria en planta.

5.10.2 Categoría II

Los EPI de categoría II protegen frente a riesgos que pueden causar lesiones moderadas. En FORMIQ incluyen principalmente la protección ocular, corporal y parte de la protección cutánea, ya que existe riesgo de salpicadura y contacto con sustancias irritantes o corrosivas.

C) Gafas panorámicas y pantallas faciales:

Las gafas panorámicas y las pantallas faciales certificadas según la UNE-EN 166, estándar europeo que establece los requisitos mínimos de seguridad, calidad óptica, resistencia mecánica y campos de uso para la protección de los ojos y la cara, se utilizan para evitar lesiones oculares. Las gafas se emplean en operaciones generales mientras que las pantallas que utilizan en trasvases o intervenciones con riesgo elevado.

Ambas deben ajustarse debidamente al rostro, mantenerse limpias para garantizar una visión adecuada y utilizarse en uso personal.

D) Ropa de trabajo:

Esta ropa debe utilizarse de manera diaria y continua en todas las áreas operativas de la planta. Se trata de prendas confeccionadas con tejidos resistentes, de manga larga y con un diseño que protege frente a riesgos mecánicos leves, suciedad industrial y pequeñas salpicaduras. Su función principal es evitar el contacto directo de la piel con superficies contaminadas, equipos calientes o elementos que puedan provocar pequeños daños. Además, debe ser cómoda permitir movilidad y no presentar elementos sueltos que puedan engancharse en la maquinaria.

E) Ropa de protección químico tipo 3 o 4:

La ropa certificada según UNE-EN 14605 y UNE-EN 130034 proporciona una barrera eficaz frente a salpicaduras de sustancias corrosivas. Se utiliza durante operaciones de manipulación de formol, apertura de líneas o mantenimiento de zonas donde existe riesgo de contacto con productos químicos. Su diseño evita la penetración de líquidos y reduce la exposición dérmica.

F) Guantes de nitrilo, neopreno o butilo:

Estos guantes se emplean en la mayoría de las operaciones donde existe riesgo de contacto con formaldehído o metanol. Los materiales de los cuales están hechos estos guantes presentan buena resistencia química y evitan quemaduras, irritación o sensibilización cutánea. Deben sustituirse con frecuencia para garantizar su eficacia.

5.10.3 Categoría III

Los EPI de esta categoría protegen frente a riesgos que pueden tener consecuencias muy graves, como intoxicaciones, quemaduras severas, atmósferas tóxicas o caídas desde altura. En la planta

de formaldehído, esta categoría es la más relevante debido a la toxicidad del producto y del metanol, así como la presencia de gases peligrosos y zonas de trabajo en altura.

G) Mascarillas con filtro A1P3 o A2P3:

Las mascarillas con filtro tienen como función principal retener vapores orgánicos como el formaldehído o el metanol y diferentes partículas. Estos filtros, certificados según la norma UNE-EN 14387, permiten retener eficazmente vapores de formaldehído y metanol, ambos altamente tóxicos para la inhalación humana.

Su uso es imprescindible y de obligado uso durante trasvases, apertura de líneas, purgas y cualquier intervención en zonas donde la ventilación puede ser insuficiente.

El trabajador debe comprobar el estado del filtro antes de cada uso y sustituirlo en caso de que se detecte saturación, resistencia anómala a la respiración o cuando se alcance el tiempo máximo recomendado por el fabricante.

H) Equipos de respiración autónoma (ERA):

Los ERA se emplean en emergencias, fugas importantes o acceso a espacios confinados. Proporcionan aire independiente del ambiente, lo que resulta imprescindible cuando existe riesgo de atmósferas tóxicas o de deficiencias de oxígeno, especialmente en tanques interiorizados con nitrógeno. Su uso requiere formación específica y revisiones periódicas.

I) Guantes de protección química de alta resistencia:

Para operaciones de alto riesgo, como intervenciones en equipos contaminados o manipulación de grandes volúmenes de formol, se utilizan guantes de butilo o neopreno de alta resistencia que ofrecen mayor tiempo de permeación y reducen significativamente el riesgo de quemaduras.

J) Guantes y manguitos térmicos:

En zonas donde las temperaturas de trabajo son muy elevadas y se requiere la manipulación del personal, es esencial el uso de guantes o manguitos térmicos certificados según UNE-EN 407. Este tipo de EPI se utilizan principalmente en la zona del reactor (que tiene una temperatura de operación muy elevada) y en líneas de proceso a alta temperatura.

K) Arnese anticaídas:

Para trabajos en altura, como mantenimiento de tanques o acceso a plataformas elevadas, se debe utilizar un arnés anticaída certificado según UNE-EN 361, el cual evita caídas desde altura y debe conectarse siempre a un punto de anclaje seguro.

L) Calzado de seguridad químico:

En las zonas de proceso, es obligatorio el uso del calzado de seguridad resistente a productos químicos que protege frente a derrames corrosivos, impactos y resbalones. Este calzado es obligatorio en todas las áreas donde se manipulan sustancias peligrosas.

5.11 Señalización

La señalización de seguridad constituye un elemento esencial para garantizar un entorno de trabajo seguro en la planta de producción de formaldehído. Su función es advertir, informar y guiar a los trabajadores ante los riesgos presentes en cada zona, facilitando la advertencia de los posibles peligros para tener las medidas preventivas necesarias en cada zona.

La instalación de señalización instalada en FORMIQ cumple con el Real Decreto 485/1997, el cual establece las disposiciones mínimas para la señalización de seguridad y salud en el trabajo.

En una planta como FORMIQ, donde se manipulan sustancias inflamables, tóxicas y corrosivas, la señalización adecuada juega un papel muy importante en la seguridad de los operarios ya que permite indicar, por ejemplo, zonas ATEX, áreas con riesgo químico, rutas de evacuación, equipos de emergencia y obligaciones específicas de protección. Para ello, es esencial una correcta ubicación, visibilidad y mantenimiento de estas señales.

Todas las señales cumplen con un criterio de colores resumido en la siguiente tabla.

Tabla 5.30. Resumen del criterio de colores de las señales

COLOR	CONTRASTE	SIGNIFICADO	INDICACIONES Y PRECISIONES
ROJO	BLANCO	Señal de prohibición	Comportamientos peligrosos
		Peligro – Alarma	Alto, parada, evacuación
		Material y equipos de lucha contra incendios	Identificación y localización
AMARILLO/NARANJA	NEGRO	Señal de advertencia	Atención, precaución y verificación
AZUL	BLANCO	Señal de obligación	Comportamiento o acción específica. Obligación de utilizar un EPI
VERDE	BLANCO	Señal de salvamento o de auxilio	Puertas, salidas, material o puestos de socorro
		Situación de seguridad	Vuelta a la normalidad

5.11.1 Señales de panel

Este tipo de señales son elementos estáticos que transmiten información mediante formas y colores normalizados. Se utilizan en toda la planta para advertir de riesgos, prohibir conductas peligrosas, indicar obligaciones y señalar equipos de emergencia.

Tabla 5.31. Tabla resumen de señalizaciones de panel

TIPO DE SEÑAL	FUNCIÓN PRINCIPAL	FORMATO	COLORES
ADVERTENCIA	Alertar sobre un riesgo o peligro	Triangular	Pictograma negro sobre fondo amarillo
PROHIBICIÓN	Indicar acciones que no están permitidas	Redondo	Pictograma negro sobre fondo blanco, con borde y banda roja
OBLIGACIÓN	Recordar acciones o el uso de EPIs obligatorios	Redondo	Pictograma blanco sobre fondo azul
EMERGENCIA	Indicar rutas de evacuación y equipos de seguridad	Rectangular o cuadrado	Pictograma blanco sobre fondo verde
CONTRA INCENDIOS	Señalan la ubicación de los medios de extinción	Rectangular o cuadrado	Pictograma blanco sobre fondo rojo

- *Señales de advertencia:*

Son señales que advierten de la existencia de un riesgo o peligro en una zona determinada. Su objetivo es alertar al trabajador para que extreme las precauciones antes de acceder o realizar una operación.

Se presentan con forma triangular, fondo amarillo y un pictograma negro.

Tabla 5.32: Señales de advertencia

 PELIGRO DE INCENDIO	 RIESGO ELÉCTRICO	 PELIGRO PASO DE CARRETILLAS	 ESPACIO CONFINADO
 ¡ATENCIÓN! ALTA TEMPERATURA	 RIESGO DE CORROSIÓN	 PELIGRO PRODUCTOS TÓXICOS	 PELIGRO INDETERMINADO
 PELIGRO MAQUINARIA EN FUNCIONAMIENTO	 ¡ATENCIÓN! AIRE COMPRIMIDO	 PELIGRO MATERIAS INFLAMABLES	 PELIGRO MATERIAS EXPLOSIVAS
 ¡ATENCIÓN! CAÍDAS A DISTINTO NIVEL	 ATENCIÓN PASO DE CAMIONES	 PELIGRO ATMÓSFERA EXPLOSIVA	 PELIGRO PRODUCTOS QUÍMICOS
 ATENCIÓN RIEGO DE SALPICADURAS	 PELIGRO CRUCE DE PEATONES	 PELIGRO SUELO RESBALADIZO	 PELIGRO MATERIAL COMBURENTE

- *Señales de prohibición:*

Este tipo de señales indican conductas que no están permitidas porque podrían generar un riesgo adicional o agravar una situación peligrosa. Su función es evitar acciones inseguras como fumar, usar llamas abiertas o acceder sin autorización.

Tienen forma circular, fondo blanco, borde rojo y un pictograma negro.

Tabla 5.33. Señales de prohibición

 ALTO SÓLO PERSONAL AUTORIZADO	 PROHIBIDO FUMAR	 MANTENER LIBRE EL PASO NO DEPOSITAR MATERIALES	 PROHIBIDO EL PASO
 NO UTILIZAR TELÉFONOS MÓVILES	 VELOCIDAD MÁXIMA	 PROHIBIDO BEBER AGUA NO POTABLE	 PROHIBIDO ALMACENAR PRODUCTOS INFLAMABLES
 PROHIBIDO ENCENDER FUEGO	 PROHIBIDO EL PASO DE CARRETILLAS	 NO UTILIZAR EN CASO DE EMERGENCIA	 NO TOCAR
 CIRCULACIÓN PROHIBIDA	 SALIDA DE EMERGENCIA	 PROHIBIDO COMER Y BEBER	 PROHIBIDO DESPLAZAR LOS OBJETOS

- *Señales de obligación:*

Informan sobre acciones o equipos que deben ser utilizados obligatoriamente para garantizar la seguridad del trabajador. Se emplean para indicar el uso de EPIs como guantes, gafas o protección respiratoria.

Son circulares, con fondo azul y un pictograma blanco.

Tabla 5.34. Señales de obligación

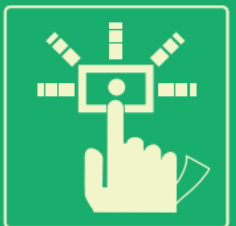
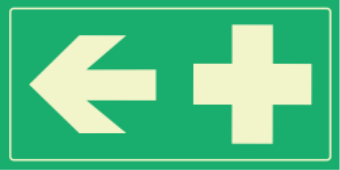
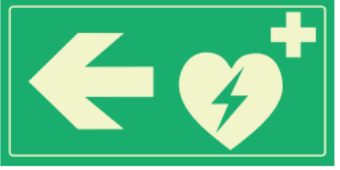
 ES OBLIGATORIO USAR CASCO	 ES OBLIGATORIO USAR GAFAS PROTECTORAS	 ES OBLIGATORIO USAR GUANTES	 ES OBLIGATORIO USAR CALZADO DE SEGURIDAD
 ES OBLIGATORIO USAR ARNÉS DE SEGURIDAD	 ES OBLIGATORIO USAR PROTECCIÓN ACÚSTICA	 USO OBLIGATORIO DE CHALECO REFLECTANTE	 ES OBLIGATORIO USAR GUANTES AISLANTES
 ES OBLIGATORIO USAR PANTALLA PROTECTORA	 ES OBLIGATORIO USAR MÁSCARA	 DIRECCIÓN OBLIGATORIA	 PROTECCIÓN OBLIGATORIA DEL CUERPO

- *Señales de emergencia:*

Indican la ubicación de equipos o instalaciones de emergencia, así como las rutas de evacuación. Su función es facilitar una respuesta rápida ante un accidente, incendio o exposición química.

Tienen forma rectangular, o cuadrada, fondo verde y un pictograma blanco.

Tabla 5.35. Señales de emergencia

		
 PULSAR EN CASO DE EMERGENCIA	 DUCHA DE EMERGENCIA	 LAVAOJOS DE EMERGENCIA
 BOTIQUÍN	 D.E.A.	 PUNTO DE ENCUENTRO
		

- *Señales de equipos de lucha contra incendios:*

Señalan la ubicación de extintores, BIEs, hidrantes y pulsadores de alarma. Permiten una identificación inmediata de los medios de extinción disponibles.

Son rectangulares o cuadrados, con fondo rojo y un pictograma blanco.

Tabla 5.36. Señales de equipos de lucha contra incendios

 AVISADOR SONORO	 EXTINTOR	 BOCA DE INCENDIO EQUIPADA	 PULSADOR DE ALARMA
 HIDRANTE	 NO USAR EN CASO DE INCENDIO	 NO HAY SALIDA	 TELÉFONO DE EMERGENCIA

5.11.2 Señales luminosas

Las señales luminosas se utilizan para alertar de situaciones de riesgo inmediato o para indicar estados operativos de equipos críticos. En FORMIQ se emplean principalmente en:

- Zonas ATEX:
Indicadores de presencia de atmósferas explosivas o activación de ventilación forzada.
- Sala de bombas y reactor:
Luces de advertencia por sobrepresión, fallo de ventilación o apertura de líneas.
- Área de carga y descarga:
Señales luminosas que indican operación en curso, prohibiendo el acceso a personal no autorizado.

El color emitido por cada luz ha de corresponder al criterio de colores mencionado anteriormente, debe ser visible fácilmente (incluso con luz ambiente) y no debe deslumbrar.

5.11.3 Señales acústicas

Las señales acústicas complementan a las luminosas y se utilizan cuando la visibilidad puede ser insuficiente o cuando se requiere una alerta inmediata. En planta, se emplean para:

- Alarmas de fuga de formaldehído o metanol

- Alarmas de incendio
- Avisos de emergencia general
- Avisos de evacuación

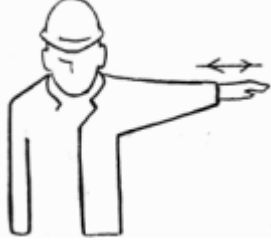
El personal debe estar formado para reconocer cada tipo de señal y actuar según el plan de emergencias.

5.11.4 Señales gestuales:

Las señales gestuales son esenciales en operaciones donde la comunicación verbal es difícil, como maniobras con cisternas o movimientos de carga.

Tabla 5.37. Señales gestuales

SIGNIFICADO	DESCRIPCIÓN	ILUSTRACIÓN
COMIENZO	Los dos brazos extendidos de forma horizontal, las palmas de las manos hacia adelante.	
ALTO	El brazo derecho extendido hacia arriba, la palma de la mano hacia adelante.	
FIN DE LAS OPERACIONES	Las dos manos juntas a la altura del pecho.	
IZAR	Brazo derecho extendido hacia arriba, la palma de la mano derecha hacia adelante, describiendo un círculo lentamente.	

BAJAR	Brazo derecho extendido hacia abajo, palma de la mano derecha hacia el interior, describiendo un círculo lentamente.	
DISTANCIA VERTICAL	Las manos indican la distancia.	
AVANZAR	Los dos brazos doblados, las palmas de las manos hacia el interior, los antebrazos se mueven lentamente hacia el cuerpo.	
RETROCEDER	Los dos brazos doblados, las palmas de las manos hacia el exterior, los antebrazos se mueven lentamente, alejándose del cuerpo.	
HACIA LA DERECHA	El brazo derecho extendido más o menos en horizontal, la palma de la mano derecha hacia abajo, hace pequeños movimientos lentos indicando la dirección.	
HACIA LA IZQUIERDA	El brazo derecho extendido más o menos en horizontal, la palma de la mano derecha hacia abajo hace pequeños movimientos lentos indicando la dirección.	

DISTANCIA HORIZONTAL	Las manos indican la distancia.	
PELIGRO	Los dos brazos extendidos hacia arriba, las palmas de las manos hacia adelante.	

5.11.5 Señalización del transporte

La señalización de transporte se aplica los vehículos que acceden a la planta y a los recipientes móviles que contienen sustancias peligrosas.

A partir del Real Decreto 97/2014, el cual regula las operaciones de transporte de mercancías peligrosas por carretera en territorio español, se clasifican las sustancias a partir del sistema de numeración donde los números de arriba representan el peligro que supone la sustancia transportada, y los números de abajo representan la identificación concreta de cada sustancia. Estos carteles identificativos deben tener una superficie de 40x30 cm, con los números de 10 cm de altura y deben ser naranjas, retro reflectantes y con un reborde negro.



Figura 5.10: Panel naranja numerado correspondiente a ACETAL (1088) y peligro 33

El número de identificación de peligro se compone de 2 o 4 cifras que indican, en general, los peligros siguientes:

Tabla 5.38. Tabla de los números de los paneles naranjas

NÚMERO IDENTIFICATIVO	DEFINICIÓN
2	Emanación de gases resultantes de presión o de una reacción química
3	Inflamabilidad de materias líquidas (vapores) y gases o materia líquida susceptible de autocalentamiento
4	Inflamabilidad de materia sólida o materia sólida susceptible de autocalentamiento
5	Comburente (favorece el incendio)
6	Toxicidad o peligro de infección
7	Radioactividad
8	Corrosividad
9	Peligro de reacción violenta espontánea

5.12 Primeros auxilios

La presencia de sustancias tóxicas, corrosivas e inflamables en FORMIQ hace imprescindible disponer de procedimientos de primeros auxilios claros y estandarizados. Una actuación rápida puede minimizar enormemente los efectos de una exposición química, quemaduras, inhalación o accidente mecánicos.

Para ello, el personal de la planta debe conocer las pautas básicas de intervención, la ubicación de los equipos y los protocolos a seguir en caso de cualquier emergencia sanitaria.

Es importante que se designe a uno o más trabajadores para formarlos en primeros auxilios y que conozcan una serie de pautas o maniobras qué hacer o qué no hacer ante situaciones de emergencia hasta la llegada de personal sanitario

5.12.1 Conducta PAS (Proteger – Avisar – Socorrer)

La conducta PAS constituye la base de cualquier protocolo de actuación ante cualquier tipo de accidente, ya sea laboral o de otro tipo, y debe aplicarse de forma estricta.

1. Proteger:

En primer lugar, este paso implica asegurar la zona del accidente de forma que se pueda evitar que el accidente afecte a más personas o se agrave. En un entorno con formaldehído, esto incluye detener operaciones si es posible, activar la ventilación de emergencia, utilizar protección respiratoria adecuada y evitar la exposición directa a vapores o derrames. El objetivo es impedir que el rescatador se convierta en otra víctima.

2. Avisar:

En segundo lugar, avisar consiste en comunicar inmediatamente la situación a un responsable y en caso de ser posible, al equipo de emergencias. Si es necesario, se debe activar el sistema de alarmas para que los otros trabajadores sean conocedores de la situación de riesgo.

La planta dispone de un protocolo de comunicación que incluye la notificación al servicio médico y en casos graves, la llamada a los servicios externos de emergencia.

La rapidez en esta fase es esencial para coordinar la respuesta y movilizar los recursos necesarios.

3. *Socorrer:*

Finalmente, esta fase implica prestar ayuda a la víctima dentro de las capacidades de cada persona sin asumir riesgos adicionales e innecesarios.

Todas las actuaciones deben registrarse y comunicarse al servicio médico.

5.12.2 Materiales de primeros auxilios

La planta dispone de diversos equipos y materiales destinados a la atención inmediata de emergencias.

- *Botiquines de primeros auxilios:*

Estos elementos contienen material básico como gasas estériles, vendas, suero fisiológico, apósitos, tijeras, guantes desechables y soluciones antisépticas. Estos botiquines deben revisarse periódicamente para garantizar que su contenido esté completo y en buen estado.

Los botiquines se sitúan en las siguientes ubicaciones:

- Sala de control (A-900)
- Zona de oficinas y trabajadores (A-1000 y A-1100)
- Taller de mantenimiento (A-1200)
- Almacén de productos químicos (A-100 y A-500)

- *Duchas de seguridad y lavaojos:*

Son esenciales en caso de contacto con formaldehído o metanol. Estos equipos permiten descontaminación rápida de la piel y los ojos reduciendo significativamente la gravedad de las lesiones químicas.

Sus ubicaciones son las siguientes:

- Zona de separación del producto (A-400)
- Proximidades del reactor (A-300)
- Zona de preparación de soluciones (A-200)
- Zona de almacenamiento de materias primas (A-100)
- Zona de almacenamiento del producto (A-500)

- *Botellas portátiles de lavado ocular, mantas térmicas y equipos de oxigenoterapia:*

En áreas específicas se dispone de estos elementos, útiles para traslados o situaciones donde el acceso al lavaojos fijo puede estar momentáneamente bloqueado. También se cuenta con mantas térmicas, utilizadas para evitar la hipotermia en víctimas de accidentes graves y equipos de oxigenoterapia que permiten asistir a personas afectadas por inhalación de vapores tóxicos.

- *Desfibrilador externo automático (DEA):*

Aún que la normativa vigente no obliga a tener este tipo de material, la planta FORMIQ dispone de un DEA ubicado en la sala de control, accesible en menos de 3 minutos desde cualquier área operativa. Su instalación responde a la necesidad de garantizar una respuesta rápida ante posibles paradas cardiorrespiratorias, especialmente en un entorno donde la exposición a sustancias tóxicas y el trabajo en turnos pueden incrementar el riesgo a sufrir una parada

cardiorrespiratoria. El DEA está señalizado, accesible y su uso forma parte de la formación anual del personal.

5.12.3 Procedimientos específicos ante la exposición a formaldehído y metanol

Dado que el formaldehído y el metanol presentan riesgos singulares, la planta dispone de procedimientos específicos de primeros auxilios adaptados a sus características.

- *Inhalación de formaldehído*

La persona debe ser trasladada inmediatamente a un área ventilada, manteniéndola en reposo y vigilando signos de mala respiración, tos intensa o dificultad para respirar. Si los síntomas persisten, se debe activar el protocolo médico y considerar la administración de oxígeno.

- *Contacto cutáneo con formaldehído*

Se debe retirar la ropa contaminada y lavar la zona afectada con abundante agua durante un mínimo de 15 minutos. El formaldehído puede causar quemaduras químicas y sensibilización, por lo que es necesario evaluar la lesión y registrar la exposición.

Si el contacto es ocular, el lavado debe ser inmediato y prolongado, utilizando el lavaojos durante al menos 15 minutos y evitando frotar los ojos.

- *Ingestión accidental de metanol*

Se debe evitar inducir el vómito y mantener a la persona consciente y en reposo. El metanol es altamente tóxico por vía oral y puede provocar alteraciones visuales, acidosis metabólica y daño neurológico, por lo que se debe activar de inmediato el protocolo de emergencia médica y trasladar a la víctima a un centro sanitario.

5.13 Plan de emergencias

El plan de emergencias de la planta FORMIQ tiene como objetivo establecer los procedimientos de actuación ante incidentes relacionados con sustancias inflamables, tóxicas y corrosivas presentes en el proceso. Su diseño se basa en el Real Decreto 393/2007, que regula la norma básica de autoprotección, y se adapta a las características específicas del proceso de oxidación catalítica del metanol y absorción del formaldehído en agua.

5.13.1 Objetivos del plan

- Proteger la salud de los trabajadores ante exposiciones de formaldehído, metanol y CO.
- Minimizar las consecuencias de incendios o explosiones en zonas ATEX.
- Garantizar una evacuación rápida y ordenada.
- Coordinar la actuación de los equipos internos y servicios externos.
- Restablecer la normalidad operativa en el menor tiempo posible.
- Cumplir con la normativa aplicable en materia de autoprotección y seguridad industrial.

5.13.2 Organización de emergencias

Es indispensable tener repartido desde la apertura de la planta, los siguientes papeles y funciones para la correcta actuación en caso de emergencia, así como la formación de los empleados, que deben estar informados del sistema de evacuación pactado por la empresa.

a) Jefe de emergencia

Dirige y coordina todas las actuaciones durante la emergencia. Evalúa la situación, activa el nivel correspondiente y ordena la evacuación si es necesario. Mantiene comunicación con los servicios externos y autoriza el fin de la emergencia.

b) Equipo de primera intervención (EPI)

Actúa de forma inmediata ante incendios, fugas o derrames. Contiene derrames de metanol o formaldehído y aísla las zonas afectadas. Opera principalmente en las áreas A-100 a A-500.

c) Equipo de evacuación

Garantiza la salida ordenada del personal por las rutas señalizadas en el plano que se adjunta en los siguientes apartados. Comprueba que no queden personas críticas y dirige al punto de reunión exterior. Opera en zonas A-700 a A-1000.

d) Equipo de primeros auxilios

Atiende lesiones, intoxicaciones o exposiciones químicas. Gestiona duchas de emergencia y lavaojos en A-400, A-500 y A-900. Coordina con servicios sanitarios externos.

e) Equipo de apoyo técnico

Encargado del corte de energía, ventilación forzada y control de sistemas automáticos. Actúa en A-600 y A-1200.

f) Coordinado de comunicación

Centraliza la información entre equipos internos y los servicios externos (bomberos, policía, sanidad). Opera desde la sala de control A-900.

5.13.3 Tipos y niveles de emergencia

Para cada zona, se han asignado los posibles riesgos que pueden suceder los cuales provoquen la activación del plan de emergencias.

Tabla 5.39. Tipos y niveles de emergencia

ZONA		RIESGO	ACTUACIÓN
A-100	Almacenamiento de materias primas	• Fuga de metanol • Derrames durante trasvase • Explosión en ATEX	• Cortar igniciones • Ventilación natural • Contención con absorbentes compatibles
A-200	Mezcla y preparación	• Explosión • Sobrepresión	• Parada inmediata de bombas • Aislamiento de válvulas • Activación de extracción localizada

A-300	Reacción	• Sobrecalentamiento • Emisión de CO • Incendio por fuga inflamable	• Activar parada de emergencia • Evacuar zona • Monitorizar CO y formaldehído
A-400	Separación del producto	• Fuga de formaldehído gaseoso • Derrames de solución concentrada • Exposición tóxica	• Aislar torre de absorción • Ventilar inmediatamente • EPI con filtro
A-500	Almacenamiento del producto	• Fuga de formol • Derrame en cubeto	• Neutralización • Contención del cubeto • Retirada como residuo peligroso
A-600	Servicios	• Fallo eléctrico • Incendio en compresores	• Cortar suministro eléctrico • Extinción de CO₂
A-700	Carga de camiones	• Derrame durante carga • Exposición de vapores • Incendio por electricidad estática	• Parar carga • Conectar toma de tierra • Aislar la zona
A-800	Descarga de camiones	• Fuga de metanol • Derrame por fallo de manguera	• Cerrar válvulas • Aplicar absorbente • Ventilar
A-900	Sala de control y laboratorio	• Exposición accidental a muestras • Emergencias médicas	• Activar protocolos de primeros auxilios • Notificar al jefe de emergencias
A-1000	Oficinas	• Evacuación por incendio general	• Seguir rutas señalizadas • Reunirse en punto exterior
A-1100	Zonas de trabajadores	• Evacuación lenta por ocupación	• Equipo de evacuación
A-1200	Taller de mantenimiento	• Trabajos en caliente • Atrapamientos	• Protocolo de primeros auxilios

A-1300	Carga de residuos	• Derrames de residuos peligrosos • Reacciones químicas no controladas	• Aislar la zona • Contener derrame • Notificar a gestor autorizado
A-1400	Tratamiento de gases	• Emisión de gases no tratados • Fallo del sistema externo	• Parada del proceso • Avisar a empresa externa • Evacuar la zona si hay fuga

A parte de la clasificación de los riesgos de cada zona, se pueden diferenciar 3 tipos de niveles de emergencia, que dictaran el tipo de actuación de dicha emergencia.

Tabla 5.40. Niveles de emergencia

NIVEL	DEFINICIÓN	GESTIÓN	EJEMPLOS
NIVEL 0	Incidente controlable	Gestionado por el personal interno	• Derrame pequeño de formol • Activación puntual del detector de formaldehído
NIVEL 1	Emergencia parcial	Requiere intervención de varios equipos	• Fuga moderada de metanol • Incendio en bomba o tubería • Fallo de ventilación en zona ATEX
NIVEL 2	Emergencia general	Evacuación total + servicios externos	• Explosión o riesgo inminente • Fuga masiva de formaldehído • Incendio no controlado

5.13.4 Procedimientos de actuación

- a) Fuga de formaldehído
 1. Activar alarma
 2. Aislar la zona
 3. Usar EPI con mascarilla de filtro o equipo autónomo
 4. Ventilar inmediatamente
 5. Contener la fuga si es seguro
 6. Evacuar si la concentración de formaldehído supera los límites establecidos
- b) Derrame de metanol
 1. Eliminar fuentes de ignición
 2. Aislar la zona ATEX
 3. Ventilar
 4. Retirar residuos como residuo peligroso
- c) Incendio
 1. Activar alarma acústica y luminosa
 2. Usar extintores de CO₂ o de espuma
 3. Cortar alimentación eléctrica

4. Evacuar si no se controla en 1 minuto
- d) Exposición química
 1. Trasladar trabajadores a zona segura
 2. Aplicar ducha de emergencia o lavaojos
 3. Notificar al Equipo de Primeros Auxilios
 4. Contactar con emergencias si procede
- e) Evacuación
 1. Seguir rutas señalizadas
 2. No correr
 3. Reunirse en el punto de encuentro exterior
 4. Esperar instrucciones

5.13.5 Formación y simulacros

La formación y los simulacros constituyen un pilar fundamental del Plan de Emergencias de la planta FORMIQ, garantizando que todo el personal conozca los riesgos asociados al proceso de producción del formaldehído y sepa actuar de forma rápida, coordinada y segura ante cualquier incidente. Estas actividades se diseñan conforme la norma básica de autoprotección y se adaptan a las características específicas de cada zona del plano.

5.13.5.1 Formación

La formación se estructura en tres niveles en función del rol y la exposición al riesgo:

a) Formación general para todo el personal

Impartida anualmente e integrada en el plan de acogida de nuevos integrantes. Incluye:

- Identificación de riesgos químicos
- Uso básico de las EPI
- Procedimiento de evacuación según el plano
- Reconocimiento de alarmas acústicas y luminosas
- Actuación ante un derrame o fuga

b) Formación específica para equipos de emergencia

Dirigida al equipo de primera intervención, equipo de evacuación, primeros auxilios y apoyo técnico e incluye:

- Manejo de extintores y equipos de intervención
- Control de fugas
- Uso de quipos de respiración autónoma
- Procedimientos de confinamiento y aislamiento de zonas
- Actuación en zonas ATEX
- Protocolos de primeros auxilios en exposición química

c) Formación técnica avanzada

Para operadores de sala de control y mantenimiento

- Paradas de emergencia del reactor
- Gestión de fallos en la torre de absorción
- Control de emisiones

5.13.5.2 Simulacros

Los simulacros permiten evaluar la eficacia del plan de emergencia y la capacidad de respuesta del personal. Se realizan con la siguiente frecuencia:

- a) Simulacro general (semestralmente): Incluye la activación de la alarma general, la evacuación completa hacia el punto de encuentro, la intervención del equipo de primera intervención y la coordinación desde sala de control.
- b) Simulacros específicos por escenario: Se realizan cada 6 meses alternando entre los siguientes escenarios; fuga de metanol/formaldehído, incendio en el reactor, derrame en cubeta o emergencia médica.
- c) Simulacros con empresa externa: En coordinación con el gestor de gases, se simula un fallo del sistema de tratamiento de gases, una emisión accidental o una parada del proceso.

5.14 Higiene

Las medidas de higiene industrial en la planta de producción FORMIQ, tienen como finalidad prevenir la exposición de los trabajadores a sustancias peligrosas y garantizar un entorno de trabajo seguro y saludable. Estas medidas complementan los sistemas de protección colectiva, los equipos de protección individual y los procedimientos operativos establecidos.

La higiene industrial aplicada en la planta se basa en la normativa establecida en el Real Decreto 374/2001, sobre la protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de la exposición a agentes químicos durante el trabajo. Este real decreto obliga a evaluar la exposición, aplicar medidas preventivas adecuadas y garantizar que los valores límite ambientales no sean superados en ningún momento.

En la planta FORMIQ intervienen compuestos tóxicos, por lo que es imprescindible aplicar controles muy estrictos.

5.14.1 Disposición mínima de seguridad e higiene

La planta cumple con las disposiciones mínimas de seguridad e higiene establecidas en la normativa vigente, garantizando que las condiciones de trabajo minimicen la exposición a agentes químicos peligrosos. Estas disposiciones son:

- Ventilación general y extracción localizada en zonas de trasvase, bombeo y manipulación de sustancias volátiles
- Sistema de detección de gases para formaldehído, metanol y monóxido de carbono, con alarmas acústicas y luminosas

- Zonas claramente delimitadas para almacenamiento, manipulación y circulación, evitando la contaminación cruzada
- Disponibilidad de duchas de emergencia y lavaojos, situados a menos de 10 segundos de las áreas de riesgo
- Accesibilidad a botiquines, equipos de oxigenoterapia y material de primeros auxilios
- Señalización adecuada de riesgos químicos, rutas de evacuación y equipos de emergencia
- Control periódico de la calidad del aire, verificado que las concentraciones de formaldehído se mantengan por debajo de los Valores Límite Ambientales (VLA)

Estas medidas garantizan una higiene adecuada para los trabajadores en toda la planta de FORMIQ.

5.14.2 Higiene personal

Este tipo de higiene es esencial para minimizar los riesgos de inhalación, derrame o cualquier tipo de accidente personal. En planta se aplican las siguientes medidas.

- Uso obligatorio de ropa de trabajo que debe mantenerse limpia y en buen estado en todo momento
- Prohibición de comer, beber o fumar en áreas operativas, evitando la ingestión accidental de sustancias químicas peligrosas
- Lavado de manos obligatorio antes y después de acceder a zonas comunes, comedores y vestuarios
- Disponibilidad de duchas y vestuarios que permiten separar la ropa de trabajo de la ropa de calle, disponiendo cada trabajador de 2 taquillas separadas.
- Retirada inmediata de ropa contaminada, siguiendo los procedimientos establecidos para evitar la exposición prolongada
- Formación periódica en buenas prácticas de higiene personal y manipulación segura de sustancias químicas.

Estas medidas reducen significativamente el riesgo de exposición y contribuyen a mantener un entorno limpio y seguro.

5.14.3 Limpieza

La limpieza de las instalaciones constituye un elemento esencial dentro del sistema de higiene industrial, ya que permite evitar la acumulación de residuos químicos, minimizar la formación de vapores peligrosos y reducir el riesgo de exposición dérmica o inhalatoria. En una planta donde se manipula formaldehído y metanol, la limpieza debe realizarse siguiendo procedimientos estrictos, planificados y documentados.

FORMIQ dispone de un Plan de Limpieza y Descontaminación que establece la frecuencia, los métodos y los responsables de cada tarea. Este plan se actualiza periódicamente para adaptarse a las nuevas normativas.

Las medidas aplicadas son:

- Limpieza diaria de superficies de trabajo, especialmente mesas, bandejas, zonas de trasvase y puntos donde se manipulan sustancias volátiles.
- Retirada inmediata de derrames, utilizando absorbentes compatibles con el tipo de sustancia derramada. El personal debe seguir un procedimiento específico que incluye el uso de EPI adecuados, la neutralización del residuo y la gestión del material contaminado.
- Limpieza periódica de suelos, empleando productos no reactivos y sistemas de recogida que eviten la dispersión de sustancia peligrosas.
- Descontaminación de equipos y tuberías, especialmente bombas, válvulas, conexiones y líneas de proceso donde pueden producirse emisiones.
- Limpieza de cubetos, bandejas y sistemas de contención, asegurando que no se acumulen restos de formaldehído o metanol.
- Gestión adecuada de los residuos generados durante la limpieza, que deben almacenarse en recipientes etiquetados y gestionarse conforme a la normativa de gestión de residuos peligrosos.
- Control de olores y vapores mediante ventilación adecuada y limpieza frecuente de zonas donde puedan acumularse compuestos volátiles.
- Registro de todas las tareas de limpieza, incluyendo fecha, responsable, zona intervenida y observaciones. Este registro permite garantizar la trazabilidad, verificar el cumplimiento del plan y detectar áreas que requieran medidas adicionales.

Estas acciones proporcionan unas instalaciones en condiciones óptimas y reducen la exposición de agentes químicos, mejorando la seguridad global del proceso.

5.15 Bibliografía

- [1] Seca, M. K. F. R., & Titulación, P. K. F. (s/f). *Ficha de datos de seguridad*. Carlroth.com. Recuperado el 12 de junio de 2026, de <https://www.carlroth.com/medias/SDB-T193-ES-ES.pdf?context=bWFzdGVyfHNIY3VyaXR5RGF0YXNoZWV0c3wzODM4OTZ8YXBwbGljYXRpb24vcGRmfGFEa3pMMmc0TUM4NU1qSXpNVGcxTVRNM05qazBMMU5FUWw5VU1Ua3pYMFZUWD BWVExuQmtaZ3w2ZDRjMWMwYTFIYjAzNWU2MDk2ZWU4ZjY5MjQ0NmZiNGZhNDhkYjRkYmZkZjlxZmNmMjg3MmFIMjFkYTZIMjIj>
- [2] De formaldehído, S., & Metanol, B. en. (s/f). *Ficha de datos de seguridad*. Carlroth.com. Recuperado el 12 de junio de 2026, de <https://www.carlroth.com/medias/SDB-4235-ES-ES.pdf?context=bWFzdGVyfHNIY3VyaXR5RGF0YXNoZWV0c3wzOTM2NTI8YXBwbGljYXRpb24vcGRmfGFEa3pMMmd3Tmk4NU1qSTBNekI6TVRBME56azRMMU5FUWw4ME1qTTFYMFZUWDB WVExuQmtaZ3xhYTFkYjY1YTl2MzAxMWFkMjQ1MjE5MjliNGYwMjRjZjMzMzE5MmMzMTgxY2M2ODk4YjJhOWIwNWQ2MDI1OWNk>
- [3] La Compañía, 1. Identificación D. E. L. Producto Químico Y. (s/f). *Monóxido de Carbono CO*. Messer-co.com. Recuperado el 12 de junio de 2026, de <https://www.messer-co.com/wp-content/uploads/2022/02/FICHAS-DE-DATOS-DE-SEGURIDAD-MONOXIDO-DE-CARBONO.pdf>
- [4] La Compañía, 1. Identificación D. E. L. Producto Químico Y. (s/f-a). *Dióxido de Carbono*. Messer-co.com. Recuperado el 12 de junio de 2026, de <https://www.messer-co.com/wp-content/uploads/2022/02/FICHAS-DE-DATOS-DE-SEGURIDAD-DIOXIDO-DE-CARBONO-INDUSTRIAL.pdf>
- [5] a., P., & Mesh, ~325. (s/f). *Ficha de datos de seguridad*. Carlroth.com. Recuperado el 12 de junio de 2026, de <https://www.carlroth.com/medias/SDB-3KE3-ES-ES.pdf?context=bWFzdGVyfHNIY3VyaXR5RGF0YXNoZWV0c3wyMzE3OTI8YXBwbGljYXRpb24vcGRmfGFHWTRMMmhqTWk4NU1qSXhNelV6TXpBNE1Ua3dMMU5FUWw4elMwVXpYMFZUWD BWVExuQmtaZ3xiOGFjN2ZhOGZiNjU1M2I0ZjEzODU4ZjQwOTRiZjk5ZWw4MjM3NDQ3NzEyMmNkYWFI0GE3NThmMDFiMGZiZjY5>
- [6] La Compañía, 1. Identificación D. E. L. Producto Químico Y. (s/f-c). *Nitrógeno Gaseoso Industrial N*. Messer-co.com. Recuperado el 12 de junio de 2026, de <https://www.messer-co.com/wp-content/uploads/2022/02/FICHAS-DE-DATOS-DE-SEGURIDAD-NITROGENO-GASEOSO-INDUSTRIAL.pdf>
- [7] (S/f-c). Kupdf.net. Recuperado el 12 de junio de 2026, de https://kupdf.net/download/une-23033-1-2019-senalizacionseguridad_6427189ee2b6f5ce6e17d4a0_pdf
- [8] BOE-A-2003-12099 Real Decreto 681/2003, de 12 de junio, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo. (s/f). Boe.es. Recuperado el 12 de junio de 2026, de <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2003-12099>
- [9] BOE.es - DOUE-L-2000-80109 Directiva 1999/92/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 1999, relativa a las disposiciones mínimas para la mejora de la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas

explosivas. (s/f). Boe.es. Recuperado el 12 de junio de 2026, de <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2000-80109>

[10] *BOE.es - DOUE-L-2014-80627 Directiva 2014/34/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 26 de febrero de 2014, sobre la armonización de las legislaciones de los Estados miembros en materia de aparatos y sistemas de protección para uso en atmósferas potencialmente explosivas (refundición).* (s/f). Boe.es. Recuperado el 12 de junio de 2026, de <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2014-80627>

[11] (S/f-d). Insst.es. Recuperado el 12 de junio de 2026, de <https://www.insst.es/documents/94886/789467/ATM%C3%93SFERAS+EXPLOSIVAS.pdf>

[12] *BOE-A-1997-12735 Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.* (s/f). Boe.es. Recuperado el 12 de junio de 2026, de <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1997-12735>

[13] (S/f-e). Gob.es. Recuperado el 12 de junio de 2026, de [https://www.mintur.gob.es/es-es/COVID-19/industria/GuiaFabricacionEpis/Generalidades/Tabla_resumen_de_productos EPI y PS v2.pdf](https://www.mintur.gob.es/es-es/COVID-19/industria/GuiaFabricacionEpis/Generalidades/Tabla_resumen_de_productos_EPI_y_PS_v2.pdf)

[14] *Señalización en Plantas de Curtidos y Química Húmeda.* (2025, noviembre 21). RODMAN | Avisadores acústicos y luminosos, detectores e interruptores. <https://rodman-elect.com/senalizacion-plantas-curtidos/>

[15] (S/f-f). Boe.es. Recuperado el 12 de junio de 2026, de <https://www.boe.es/boe/dias/1997/04/23/pdfs/A12911-12918.pdf>

[16] (S/f-g). Artser.es. Recuperado el 12 de junio de 2026, de https://artser.es/wp-content/uploads/2026/03/catalogo-2026_original.pdf

[17] (S/f-h). Siliceysalud.es. Recuperado el 12 de junio de 2026, de <https://www.siliceysalud.es/wp-content/uploads/2019/12/000peradorEquipos.pdf>

[18] (S/f-i). Insst.es. Recuperado el 12 de junio de 2026, de <https://www.insst.es/documents/94886/203536/Gu%C3%ADa+T%C3%A9cnica+sobre+se%C3%B1alizaci%C3%B3n+de+seguridad+y+salud+en+el+trabajo+-+A%C3%B1o+2023.pdf/9618303b-57f2-d0bb-ef79-e644e5427df9?t=1698134324417>

[19] *BOE-A-2014-2110 Real Decreto 97/2014, de 14 de febrero, por el que se regulan las operaciones de transporte de mercancías peligrosas por carretera en territorio español.* (s/f). Boe.es. Recuperado el 12 de junio de 2026, de <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2014-2110>

[20] *Paneles naranja.* (s/f). SGPCyE. Recuperado el 12 de junio de 2026, de <https://www.proteccioncivil.es/coordinacion/gestion-de-riesgos/tecnologicos/transporte-mercancias-peligrosas/descripcion-de-las-mercancias/paneles-naranja>

- [21] Legi D'aparelladors, C., Tècnics, A., Enginyers D'edificació De Barcelona, I., Bellet, E., Garcia, A. M., Perellò, O., Jiri, T., Moix, J. M., Victoria, G., & Fanlo, P. (s/f). *Guia Pràctica de Seguretat i Salut en treballs de Rehabilitació i Manteniment Treballs sense Projecte*. Gencat.cat. Recuperado el 12 de junio de 2026, de [https://treball.gencat.cat/web/.content/09 -
_seguretat i salut laboral/publicacions/imatges/Guia_SSL_Rehabilitacio_Manteniment.pdf](https://treball.gencat.cat/web/.content/09_-_seguretat_i_salut_laboral/publicacions/imatges/Guia_SSL_Rehabilitacio_Manteniment.pdf)
- [22] (S/f-j). Diba.cat. Recuperado el 12 de junio de 2026, de https://www.diba.cat/documents/d/salutpublica/guia_primerauxilis21_web_nm
- [23] (S/f-k). Gob.es. Recuperado el 12 de junio de 2026, de [https://www.interior.gob.es/opencms/pdf/archivos-y-documentacion/documentacion-y-
publicaciones/publicaciones-descargables/proteccion-civil/Guia-tecnica-para-la-elaboracion-
de-un-plan-de-autoproteccion-NIPO-126-12-045-6.pdf?utm](https://www.interior.gob.es/opencms/pdf/archivos-y-documentacion/documentacion-y-publicaciones/publicaciones-descargables/proteccion-civil/Guia-tecnica-para-la-elaboracion-de-un-plan-de-autoproteccion-NIPO-126-12-045-6.pdf?utm)
- [24] Cultura, D. (s/f). *Guía para un Plan*. Gob.es. Recuperado el 12 de junio de 2026, de [https://www.cultura.gob.es/planes-nacionales/dam/jcr:caa86b1f-71e9-4821-a40d-
64ff872b031c/guia-plan-proteccion-colecciones-ante-emergencias.pdf](https://www.cultura.gob.es/planes-nacionales/dam/jcr:caa86b1f-71e9-4821-a40d-64ff872b031c/guia-plan-proteccion-colecciones-ante-emergencias.pdf)
- [25] BOE-A-1997-8669 *Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo*. (s/f). Boe.es. Recuperado el 12 de junio de 2026, de <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1997-8669>