



MINISTERIO
DE AGRICULTURA Y PESCA,
ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE

SECRETARÍA DE ESTADO
DE MEDIO AMBIENTE

DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD
Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

MIRAT

Sector de la fundición

ANEJOS MEMORIA MIRAT

**COMISIÓN TÉCNICA DE PREVENCIÓN Y REPARACIÓN DE DAÑOS
MEDIOAMBIENTALES**

MIRAT

Sector de la fundición

ANEJO I: ELEMENTOS DEL MODELO

Índice

I. INTRODUCCIÓN	1
II. TABLA DE ELEMENTOS DEL MODELO	6

I. INTRODUCCIÓN

El presente anejo recopila los principales elementos que conforman el MIRAT, a través de una tabla resumen. La identificación de los elementos del modelo para el análisis de riesgos se construye a partir de unas zonas relativamente homogéneas en términos de riesgo medioambiental, a saber:

- Zona de proceso.
- Zona de moldeo y machería.
- Zona de almacenamiento de materias primas, otras sustancias químicas y residuos.
- Zona de almacenamiento de combustibles.
- Zona de tratamiento de aguas de proceso y residuales.
- Zona de transformadores eléctricos.
- Zonas de carga y descarga.
- Zonas de sistemas de tuberías.
- Zona de vertedero de residuos no peligrosos.

Estas zonas llevan asociadas unas fuentes de peligro en función de las sustancias y/o actividades que se realicen en las mismas; la existencia de estas fuentes de peligro y la participación de unas causas, que también se identifican entre los elementos del modelo, dan lugar a la aparición de los denominados sucesos iniciadores, que se configuran como la manifestación del funcionamiento anormal de la instalación (derrame, incendio, etc.). En la tabla también se recogen el agente causante del daño y el tipo de árbol de sucesos a aplicar para la generación de los escenarios accidentales a partir de cada suceso accidental.

Los campos recogidos en la Tabla 6 son los siguientes:

Zona: es la zona a la que pertenece cada fuente de peligro.

Código: código alfanumérico único asignado a cada fuente de peligro. Su estructura es F.X.Y, donde la F indica que se trata de una fuente de peligro, la X es el código de zona a la que pertenece y la Y el número de fuente de peligro dentro de la zona.

Fuente de peligro: se trata de cada una de las fuentes de peligro identificadas a nivel sectorial en el presente análisis de riesgos.

Causas: identificación de las principales causas que pueden desencadenar un suceso iniciador en cada fuente de peligro.

Suceso básico: suceso o conjunto de sucesos que dan lugar a un determinado suceso iniciador, vinculado a cada fuente de peligro debido a la concurrencia de una o varias de las causas identificadas.

Código suceso básico: código alfanumérico único asignado a cada suceso básico. Su estructura es S.X.Y, donde la S indica que se trata de un suceso básico, la X es el código de zona en la que se daría y la Y el número de suceso básico dentro de la zona.

Código suceso iniciador: código alfanumérico único asignado a cada suceso iniciador. En esta columna se incluyen los códigos de los sucesos iniciadores, que pueden ser similares a los de los sucesos básicos, en caso de sucesos no combinados, o tener su propia codificación en función de los sucesos que abarquen. La estructura para los sucesos aditivos será S.X.AyB, donde X es el código de zona y A y B son los números de los sucesos básicos que se combinan.

Los sucesos iniciadores combinados son aquellos que, teniendo las mismas consecuencias, se generan por motivos distintos (rotura del depósito o rotura por impacto de vehículo, por ejemplo), debiéndose sumar las probabilidades para el tratamiento conjunto en el análisis de riesgos.

Agente causante de daño: es el agente causante de daño asociado a cada suceso iniciador.

Árbol de sucesos tipo: código del árbol de sucesos tipo que debe emplearse para identificar los escenarios accidentales a los que podría dar lugar cada suceso iniciador (1, derrames; 2, incendios; 3, líquidos tratados inadecuadamente; y 4, vertido de sustancias sólidas).

La identificación de las causas que ocasionan el fallo de determinado equipo o en una actividad y, con ello, desencadenan el suceso básico/iniciador se han construido, en lo posible, recurriendo a la bibliografía existente, complementándose mediante juicio experto cuando no se ha localizado en la bibliografía las causas de determinados fallos.

Las siguientes tablas recopilan las causas identificadas por la bibliografía. En la Tabla 7 se hace referencia a las Tablas 1-6 cuando la fuente de peligro haga referencia a los equipos a los que se refieren estas tablas.

Causas	Contribución (%)
Corrosión	9,40%
Erosión	0,80%
Presión externa	2,99%
Temperatura	3,80%
Instalación errónea	4,00%
Error de procedimiento	18,20%
Impacto	4,75%
Sobrepresión	12,10%
Vibración	1,50%
Error material	31,86%
Causas desconocidas	9,00%
Otras	1,52%

Tabla 1. Causas de rotura de tubería aérea. Fuente: Elaboración propia a partir de Flemish Government (2009)

Tipo de tubería	Causas	Contribución (%)
Tuberías de gas	Actividad de terceros (excavaciones, etc.)	49,60%
	Corrosión	15,40%
	Construcción/material	16,50%
	Movimientos naturales del suelo	7,30%
	Error de operación	4,60%
	Otros/desconocidas	6,70%
Tuberías de líquidos	Mecánicas (constructivas, de diseño y material)	28,42%
	Operativas (del sistema y humanas)	7,87%
	Corrosión	18,54%
	Peligros naturales (movimientos del suelo, etc.)	3,80%
	Actividad de terceros (excavaciones, etc.)	41,38%

Tabla 2. Causas de rotura de tubería subterránea. Fuente: Elaboración propia a partir de Flemish Government (2009)

Causas	Contribución (%)
Corrosión	20,00%
Rotura de los soportes del techo	1,00%
Rotura de la bobina de vapor	3,00%
Fallo del drenaje del techo	14,00%
Fuga en el mezclador	9,00%
Fuga en la tubería, bridas y válvulas	17,00%
Sobrellenado	15,00%
Desconocidas	22,00%

Tabla 3. Causas de rotura de depósitos atmosféricos. Fuente: Elaboración propia a partir de Flemish Government (2009)

Causas	Contribución (%)
Fatiga del material	22,56%
Corrosión	13,60%
Defectos antes de ponerlo en operación	27,26%
Desconocido	26,76%
Varios (arrastre, mal funcionamiento, error humano, etc.)	7,32%
Defectos existentes antes de la entrega	2,00%

Tabla 4. Causas de rotura de depósitos a presión. Fuente: Elaboración propia a partir de Flemish Government (2009)

Causas	Contribución (%)
Error de fabricación	4,05%
Error de material	13,51%
Estrés mecánico	8,11%
Corrosión	8,11%
Sobrellenado	2,70%
Instalación errónea	1,35%
Desconexión de un botellón no vacío	5,41%
Conexión con material incompatible	8,11%
Caída	8,11%
Otros (principalmente, error humano)	40,54%

Tabla 5. Causas de rotura de depósitos móviles a presión (botellones de gas). Fuente: Elaboración propia a partir de Flemish Government (2009)

Causas
Acumulación de gas
Fallo del sistema de refrigeración
Aumento de la presión

Tabla 6. Causas de fallo de los hornos. Fuente: Elaboración propia a partir de SGS India Pvt. Ltd. (2009)

II. TABLA DE ELEMENTOS DEL MODELO

Zona	Código	Fuente de peligro	Causas	Suceso básico	Código suceso básico	Código suceso iniciador	Agente causante del daño	Árbol de sucesos tipo
Proceso	F.P.1	Hornos	Ver Tabla 6	Incendio/explosión del horno + Derrame aguas extinción	S.P.1	S.P.1	Incendio + aguas de extinción	Tipo 2
	F.P.2	Balsas para tratamientos térmicos o de decapado	Ver Tabla 3	Fuga/derrame del depósito de aguas de temple o de decapado	S.P.2	S.P.2	Aguas de tratamiento térmico o de decapado	Tipo 1
	F.P.3	Granalladora	Foco de ignición Ausencia de revisiones y controles Desgaste/corrosión Error humano Fallo del equipo	Incendio/explosión por acumulación polvo metálico + Derrame aguas extinción	S.P.3	S.P.3	Incendio + aguas de extinción	Tipo 2
Moldeo y machería	F.M.1/F.M.2	Depósitos/recipientes de proceso fijos aéreos de sustancias líquidas (no inflamables/inflamables)	Ver Tabla 3	Fuga/derrame de sustancias desde depósito de proceso	S.M.1	S.M.1	Sustancias líquidas	Tipo 1
	F.M.2	Depósitos/recipientes de proceso fijos aéreos de sustancias líquidas inflamables	Foco de ignición Derrame por rotura (S.M.1)	Incendio/explosión por fuga/derrame de líquido inflamable desde depósito de proceso + Derrame aguas extinción	S.M.2	S.M.2	Incendio + aguas de extinción	Tipo 2
	F.M.3	Depósitos/recipientes de proceso fijos aéreos de sustancias gaseosas inflamables	Foco de ignición Liberación de gas-Ver Tabla 4	Incendio/explosión por fuga de gas inflamable desde tanque de proceso a presión + Derrame aguas extinción	S.M.3	S.M.3	Incendio + aguas de extinción	Tipo 2
	F.M.4	Oxidador térmico	Fallo del equipo	Incendio/explosión en oxidador térmico + Derrame aguas extinción	S.M.4	S.M.4	Incendio + aguas de extinción	Tipo 2
Almacenamiento de materias primas, otras sustancias químicas y residuos	F.A.1/F.A.2	Depósitos/recipientes fijos aéreos de sustancias líquidas (no inflamables/inflamables)	Ver Tabla 3	Fuga/derrame de sustancias líquidas por rotura de depósito fijo aéreo	S.A.1	S.A.1y2	Sustancias líquidas	Tipo 1
			Ausencia de revisiones y controles Error humano Señalización y/o visibilidad defectuosa	Fuga/derrame de sustancias líquidas por rotura de depósito fijo aéreo por colisión de vehículo	S.A.2			
	F.A.2	Depósitos/recipientes fijos aéreos de sustancias líquidas inflamables	Foco de ignición Derrame por rotura (S.A.1)	Incendio/explosión por fuga/derrame líquidos inflamables desde depósito fijo aéreo + Derrame aguas de extinción	S.A.3	S.A.3y4	Incendio + aguas de extinción	Tipo 2
			Foco de ignición Derrame por colisión (S.A.2)	Incendio/explosión por fuga/derrame líquidos inflamables desde depósito fijo aéreo por colisión de vehículo + Derrame aguas de extinción	S.A.4			
	F.A.3/F.A.4	Depósitos/recipientes móviles de sustancias líquidas (no inflamables/inflamables)	Ausencia de revisiones y controles Desgaste/corrosión Error humano	Fuga/derrame de sustancias líquidas por rotura de depósito móvil	S.A.5	S.A.5y6	Sustancias líquidas	Tipo 1
			Ausencia de revisiones y controles Error humano Señalización y/o visibilidad defectuosa	Fuga/derrame de sustancias líquidas por rotura de depósito móvil por colisión de vehículo	S.A.6			
	F.A.4	Depósitos/recipientes móviles de sustancias líquidas inflamables	Foco de ignición Derrame por rotura (S.A.5)	Incendio/explosión por fuga/derrame depósito móvil con líquidos inflamables + Derrame aguas de extinción	S.A.7	S.A.7y8	Incendio + aguas de extinción	Tipo 2
			Foco de ignición Derrame por colisión (S.A.6)	Incendio/explosión por fuga/derrame líquidos inflamables desde depósito móvil por colisión de vehículo + Derrame aguas de extinción	S.A.8			
	F.A.5	Depósitos/recipientes fijos aéreos de sustancias gaseosas inflamables	Foco de ignición Liberación de gas-Ver Tabla 4	Incendio/explosión por fuga/derrame desde depósitos a presión aéreos + Derrame aguas de extinción	S.A.9	S.A.9	Incendio + aguas de extinción	Tipo 2
	F.A.6	Depósitos/recipientes móviles de sustancias gaseosas inflamables	Foco de ignición Liberación de gas-Ver Tabla 5	Incendio/explosión por fuga/derrame desde depósitos móviles a presión + Derrame aguas de extinción	S.A.10	S.A.10	Incendio + aguas de extinción	Tipo 2
	F.A.7	Depósitos/recipientes fijos aéreos con material sólido	Ver Tabla 3	Vertido de sólidos desde depósitos atmosféricos de almacenaje	S.A.11	S.A.11y12	Sólidos	Tipo 4
			Ausencia de revisiones y controles Error humano Señalización y/o visibilidad defectuosa	Vertido de sólidos por rotura de depósito aéreo por colisión de vehículo	S.A.12			

Tabla 7. Elementos considerados en el análisis de riesgos. Fuente: Elaboración propia.

Zona	Código	Fuente de peligro	Causas	Suceso básico	Código suceso básico	Código suceso iniciador	Agente causante del daño	Árbol de sucesos tipo	
Almacenamiento de combustibles	F.C.1	Depósitos/recipientes fijos aéreos de sustancias líquidas inflamables/combustibles	Ver Tabla 3	Fuga/derrame de combustibles por rotura de depósito fijo aéreo de almacenaje	S.C.1	S.C.1y2	Combustible	Tipo 1	
			Ausencia de revisiones y controles Error humano Señalización y/o visibilidad defectuosa	Fuga/derrame de combustibles por rotura de depósito fijo aéreo por colisión de vehículo	S.C.2				
			Foco de ignición Derrame por rotura (S.C.1)	Incendio/explosión por fuga/derrame depósito fijo aéreo con líquidos muy inflamables/inflamables + Derrame aguas de extinción	S.C.3	S.C.3y4	Incendio + aguas de extinción	Tipo 2	
			Foco de ignición Derrame por colisión (S.C.3)	Incendio/explosión por fuga/derrame líquidos muy inflamables/inflamables desde depósito fijo aéreo por colisión de vehículo + Derrame aguas de extinción	S.C.4				
	F.C.2	Depósitos/recipientes fijos subterráneos de sustancias líquidas inflamables/combustibles	Ver Tabla 3	Fuga/derrame de combustibles por rotura de depósito subterráneo de almacenaje	S.C.5	S.C.5	Combustible	Tipo 1	
			Foco de ignición Derrame por rotura (S.C.5)	Incendio/explosión por fuga/derrame depósito subterráneo con líquidos muy inflamables/inflamables + Derrame aguas de extinción	S.C.6	S.C.6	Incendio + aguas de extinción	Tipo 2	
	F.C.3	Depósitos/recipientes fijos aéreos de sustancias gaseosas inflamables/combustibles	Foco de ignición Liberación de gas-Ver Tabla 4	Incendio/explosión por fuga/derrame desde depósitos a presión aéreos + Derrame aguas de extinción	S.C.7	S.C.7	Incendio + aguas de extinción	Tipo 2	
	Tratamiento de aguas de proceso y residuales	F.TA.1	Depósitos/recipientes fijos de depuración de aguas residuales	Ver Tabla 3	Fuga/derrame de aguas contaminadas por rotura de depósito fijo aéreo o de balsa de tratamiento	S.TA.1	S.TA.1y2	Aguas contaminadas	Tipo 1
				Ausencia de revisiones y controles Error humano Señalización y/o visibilidad defectuosa	Fuga/derrame de aguas contaminadas por rotura de depósito fijo aéreo por colisión de vehículo	S.TA.2			
F.TA.2		Sistema de tratamiento de aguas residuales	Ausencia de revisiones y controles Desgaste/corrosión Error humano Fallo del equipo	Fuga/derrame de aguas contaminadas por fallo de instrumentación de depuración	S.TA.3	S.TA.3	Aguas contaminadas	Tipo 3	
F.TA.3		Depósitos/recipientes fijos aéreos con aditivos del tratamiento de aguas	Ver Tabla 3	Fuga/derrame de aditivos por rotura de depósito fijo aéreo	S.TA.4	S.TA.4	Aditivos de depuración (biocidas, etc.)	Tipo 1	
F.TA.4		Depósitos/recipientes móviles de sustancias líquidas	Ausencia de revisiones y controles Desgaste/corrosión Error humano	Fuga/derrame de sustancias líquidas por rotura de depósito móvil	S.TA.5	S.TA.5y6	Sustancias líquidas	Tipo 1	
			Ausencia de revisiones y controles Error humano Señalización y/o visibilidad defectuosa	Fuga/derrame de sustancias líquidas por rotura de depósito móvil por colisión de vehículo	S.TA.6				
F.TA.5		Circuito de refrigeración	Ausencia de revisiones y controles Desgaste/corrosión Error humano Fallo del equipo	Fuga/derrame de aguas calientes por fallo de instrumentación en el sistema de refrigeración	S.TA.7	S.TA.7y8	Aguas calientes	Tipo 1	
			Ausencia de revisiones y controles Desgaste/corrosión Error humano Fallo del equipo	Fuga/derrame de aguas calientes por fuga desde el intercambiador de calor	S.TA.8				

Tabla 7 (continuación). Elementos considerados en el análisis de riesgos. Fuente: Elaboración propia.

Zona	Código	Fuente de peligro	Causas	Suceso básico	Código suceso básico	Código suceso iniciador	Agente causante del daño	Árbol de sucesos tipo
Transformadores eléctricos	F.TR.1	Transformadores	Ver Tabla 3	Fuga/derrame de aceites por rotura de transformador	S.TR.1	S.TR.1	Aceite	Tipo 1
			Ausencia de revisiones y controles Desgaste/corrosión Error humano Fallo del equipo	Incendio/explosión de transformador + Derrame aguas de extinción	S.TR.2	S.TR.2	Incendio + aguas de extinción	Tipo 2
Carga y descarga	F.CD.1/F.CD.2	Carga y descarga de depósitos con sustancias líquidas (no inflamables/inflamables)	Ausencia de revisiones y controles Desgaste/corrosión Error humano	Fuga/derrame de sustancias líquidas en operación de carga y descarga	S.CD.1	S.CD.1	Sustancias líquidas	Tipo 1
	F.CD.2	Carga y descarga de depósitos con sustancias líquidas inflamables	Foco de ignición Derrame de sustancia (S.CD.1)	Incendio/explosión por fuga/derrame de líquidos inflamables en operación de carga y descarga + Derrame aguas de extinción	S.CD.2	S.CD.2	Incendio + aguas de extinción	Tipo 2
	F.CD.3	Carga y descarga de depósitos con sustancias gaseosas inflamables	Foco de ignición Ausencia de revisiones y controles Desgaste/corrosión Error humano	Incendio/explosión por fuga de gases inflamables/comburentes en operación de carga y descarga + Derrame aguas de extinción	S.CD.3	S.CD.3	Incendio + aguas de extinción	Tipo 2
Sistemas de tuberías	F.TB.1/F.TB.2	Tuberías aéreas de sustancias líquidas (no inflamables/inflamables)	Ver Tabla 1	Fuga/derrame por rotura de tuberías aéreas con sustancias líquidas	S.TB.1	S.TB.1y2	Sustancias líquidas	Tipo 1
			Ausencia de revisiones y controles Error humano Señalización y/o visibilidad defectuosa	Fuga/derrame de sustancias líquidas por rotura de tuberías aéreas por colisión de vehículo	S.TB.2			
	F.TB.2	Tuberías aéreas de sustancias líquidas inflamables	Foco de ignición Derrame de líquidos inflamables (S.TB.1)	Incendio/explosión por rotura de tuberías aéreas con líquidos inflamables + Derrame aguas de extinción	S.TB.3	S.TB.3y4	Incendio + aguas de extinción	Tipo 2
			Foco de ignición Derrame de líquidos inflamable (S.TB.2)	Incendio/explosión por colisión de un vehículo en el sistema de tuberías de líquido inflamable + Derrame aguas de extinción	S.TB.4			
	F.TB.3/F.TB.4	Tuberías subterráneas de sustancias líquidas (no inflamables/inflamables)	Ver Tabla 2	Fuga/derrame por rotura de tuberías subterráneas con sustancias líquidas	S.TB.5	S.TB.5	Sustancias líquidas	Tipo 1
	F.TB.4	Tuberías subterráneas de sustancias líquidas inflamables	Foco de ignición Derrame de líquidos inflamables (S.TB.5)	Incendio/explosión por rotura de tuberías subterráneas con líquidos inflamables + Derrame aguas de extinción	S.TB.6	S.TB.6	Incendio + aguas de extinción	Tipo 2
	F.TB.5	Tuberías aéreas de gases inflamables	Foco de ignición Liberación del gas-Ver Tabla 1	Incendio/explosión por fuga desde las tuberías aéreas con gas inflamable + Derrame aguas de extinción	S.TB.7	S.TB.7y8	Incendio + aguas de extinción	Tipo 2
Foco de ignición Liberación del gas-Ver Tabla 1			Incendio/explosión por colisión de un vehículo en el sistema de tuberías de gas inflamable + Derrame aguas de extinción	S.TB.8				
F.TB.6	Tuberías subterráneas de gases inflamables	Foco de ignición Liberación del gas-Ver Tabla 2	Incendio/explosión por rotura de tuberías subterráneas con gas inflamable + Derrame aguas de extinción	S.TB.9	S.TB.9	Incendio + aguas de extinción	Tipo 2	
Vertedero de residuos no peligrosos	F.V.1	Estructura del vertedero	Ausencia de revisiones y controles Diseño inadecuado Error humano	Deslizamiento de taludes de vertedero	S.V.1	S.V.1	Material sólido de vertedero	Tipo 4
	F.V.2	Sistema de retención de lixiviados	Lluvia Ausencia de revisiones y controles Diseño inadecuado	Rebose de balsa de lixiviados	S.V.2	S.V.2	Lixiviados de vertedero	Tipo 1
			Ausencia de revisiones y controles Desgaste/corrosión Error humano Diseño inadecuado	Fuga/derrame por rotura de balsa de lixiviados	S.V.3	S.V.3	Lixiviados de vertedero	Tipo 1

Tabla 7 (continuación). Elementos considerados en el análisis de riesgos. Fuente: Elaboración propia.

MIRAT

Sector de la fundición

ANEJO II: ARBOLES DE SUCESOS

Índice

I. INTRODUCCIÓN	2
II. ÁRBOLES DE SUCESOS.....	6

III. INTRODUCCIÓN

Este anejo recoge los árboles de sucesos elaborados en el marco del presente MIRAT, que representan gráficamente la evolución de los sucesos iniciadores identificados a nivel sectorial. En concreto, se han diseñado cuatro árboles tipo:

- Árbol tipo 1: dirigido al análisis de la evolución de derrames de sustancias químicas líquidas.
- Árbol tipo 2: dirigido al análisis de la evolución de incendios.
- Árbol tipo 3: dirigido al análisis de la evolución de derrames de líquidos tratados inadecuadamente.
- Árbol tipo 4: dirigido al análisis de la evolución del vertido de sustancias sólidas.

En la Tabla 1 se identifica el árbol de sucesos que ha de aplicarse a cada suceso iniciador atendiendo a la codificación de los mismos recogida en el Anejo I del MIRAT.

Árbol de sucesos tipo	Descripción del árbol tipo	Código suceso iniciador
Tipo 1	Derrames	S.P.2
		S.M.1
		S.A.1y2
		S.A.5y6
		S.C.1y2
		S.C.5
		S.TA.1y2
		S.TA.4
		S.TA.5y6
		S.TA.7y8
		S.TR.1
		S.CD.1
		S.TB.1y2
		S.TB.5
S.V.2		
S.V.3		
Tipo 2	Incendios	S.P.1
		S.P.3
		S.M.2
		S.M.3
		S.M.4
		S.A.3y4
		S.A.7y8
		S.A.9
		S.A.10
		S.C.3y4
		S.C.6
		S.C.7
		S.TR.2
		S.CD.2
		S.CD.3
S.TB.3y4		
S.TB.6		
S.TB.7y8		
S.TB.9		
Tipo 3	Derrames de líquidos tratados inadecuadamente	S.TA.3
Tipo 4	Vertido de sustancias sólidas	S.A.11y12
		S.V.1

Tabla 1. Sucesos iniciadores vinculados a cada árbol tipo. Fuente: Elaboración propia.

En las páginas siguientes se muestran los citados árboles de sucesos. Los árboles contienen los siguientes campos:

Suceso iniciador: resumen del tipo de suceso iniciador al que se dirige el árbol.

Prob. (veces/año): campo en el que el operador deberá introducir la probabilidad de ocurrencia del suceso iniciador, atendiendo a las indicaciones ofrecidas en la memoria del MIRAT.

Vol. (m³) ó (t): campo en el que el operador deberá introducir la cantidad de agente causante de daño (en metros cúbicos para derrames de sustancias líquidas o en toneladas para vertidos de sólidos) asociada al suceso iniciador, atendiendo a las indicaciones ofrecidas en la memoria del MIRAT.

Factores condicionantes: cada árbol presenta unos factores condicionantes específicos cuyo fin consiste en prever la posible evolución del suceso iniciador. Los factores condicionantes recogidos en los árboles son los siguientes: actuación de la contención automática, actuación de la contención manual, actuación de la gestión de aguas y derrames y actuación de la detección y extinción temprana de incendios.

Código: código de cada escenario accidental, respondiendo a la estructura E.X.Y., donde X es el código del tipo de árbol al que pertenece (1: derrame de sustancias químicas líquidas; 2: incendio; 3: derrames de líquidos tratados inadecuadamente; 4: vertido de sustancias sólidas) y la Y el número de escenario dentro del árbol.

Prob. Esc. (veces/año): es la probabilidad de ocurrencia del escenario accidental calculada según las indicaciones ofrecidas en el presente MIRAT.

Vol. Esc. (m³) ó (t): es la cantidad de agente que sería liberada bajo las hipótesis establecidas en cada escenario accidental calculada atendiendo a lo expuesto en la memoria del MIRAT.

Relevante: Indica si el escenario se considera o no relevante. En este sentido, un escenario se ha considerado relevante de cara a la evaluación de sus posibles daños medioambientales si su probabilidad de ocurrencia y su volumen liberado son mayores que cero.

Recursos afectados: identificación de los recursos naturales cubiertos por la normativa de responsabilidad medioambiental que podrían verse afectados, al menos potencialmente, bajo las hipótesis establecidas en cada escenario accidental, empleándose las siguientes iniciales: A (para agua), S (para suelo), H (para especies vegetales) y E (para especies animales). La ribera del mar y de las rías puede considerarse una combinación de los recursos anteriores.

Las afecciones a cada recurso se han denotado marcando con una letra la casilla correspondiente a dicho recurso para cada escenario. Las letras empleadas han sido: Q (si se prevé una posible afección por agentes químicos), I (si se prevé una posible afección por incendio) y F (si el daño medioambiental susceptible de generarse tiene carácter físico, como

el vertido de sustancias sólidas o el vertido de aguas calientes). Las celdas en blanco se corresponden a las afecciones que, al menos *a priori*, no se consideran relevantes.

IV. ÁRBOLES DE SUCESOS

Suceso iniciador	Prob. (veces/año)	Vol. (m ³)	¿Actúa eficazmente la contención automática?	Prob. (veces/año)	Vol. (m ³)	¿Actúa eficazmente la contención manual?	Prob. (veces/año)	Vol. (m ³)	¿Actúa eficazmente la gestión de aguas y derrames?	Prob. (veces/año)	Vol. (m ³)	Código	Prob. Esc. (veces/año)	Vol. Esc. (m ³)	Relevante	Recursos afectados			
																A	S	H	E
Derrame de sustancias químicas líquidas			Sí			Sí			Sí			E.1.1							
						No			No			E.1.2							
						No			Sí			E.1.3							
									No			E.1.4							
			No			Sí			Sí			E.1.5							
									No			E.1.6				Q/F	Q/F	Q/F	Q/F
						No			Sí			E.1.7							
									No			E.1.8				Q/F	Q/F	Q/F	Q/F

Q: posible afección por vertido de agentes químicos
 F: posible afección por vertido de agentes físicos (temperatura)

En los árboles sectoriales que se presentan se ha asumido que la contención automática y la gestión de aguas y derrames tienen una capacidad de contención suficiente para retener la totalidad del agente causante del daño; mientras, la contención manual, sólo ofrecería una retención parcial. Si bien, como se ha indicado en la memoria del MIRAT, cada operador deberá evaluar su caso concreto con objeto de adaptar el modelo a sus circunstancias específicas.

Figura 1. Árbol de sucesos de Tipo 1: Derrame de sustancias químicas líquidas. Fuente: Elaboración propia.

Suceso iniciador	Prob. (veces/año)	Vol. (m ³)	¿Actúa eficazmente la detección y extinción temprana de incendios?	Prob. (veces/año)	Vol. (m ³)	¿Actúa eficazmente la gestión de aguas y derrames?	Prob. (veces/año)	Vol. (m ³)	Código	Prob. Esc. (veces/año)	Vol. Esc. (m ³)	Relevante	Recursos afectados					
													A	S	H	E		
Incendio			Sí						E.2.1									
			No			Sí			E.2.2							I	I	
						No			E.2.3					Q	Q	Q/I	Q/I	

Q: posible afección por vertido de agentes químicos
I: posible afección por incendio

En los árboles sectoriales que se presentan se ha asumido que la extinción temprana no supondría un derrame de sustancias químicas (los medios de extinción empleados no serían de gran relevancia en cuanto a su volumen al tratarse de extintores y elementos similares). En caso de no existir extinción temprana se produciría un incendio que llevará aparejado el vertido de agua de extinción en caso de funcionamiento deficiente del sistema de gestión de aguas y derrames. Si bien, como se ha indicado en la memoria del MIRAT, cada operador deberá evaluar su caso concreto con objeto de adaptar el modelo a sus circunstancias específicas

Figura 2. Árbol de sucesos de Tipo 2: Incendio. Fuente: Elaboración propia.

Suceso iniciador	Prob. (veces/año)	Vol. (m ³)	¿Actúa eficazmente la contención automática?	Prob. (veces/año)	Vol. (m ³)	¿Actúa eficazmente la contención manual?	Prob. (veces/año)	Vol. (m ³)	Código	Prob. Esc. (veces/año)	Vol. Esc. (m ³)	Relevante	Recursos afectados				
													A	S	H	E	
Derrame de líquidos tratados inadecuadamente			Sí			Sí			E.3.1								
						No			E.3.2								
			No			Sí			E.3.3				Q	Q	Q	Q	
						No			E.3.4				Q	Q	Q	Q	

Q: posible afección por vertido de agentes químicos

En los árboles sectoriales que se presentan se ha asumido que la contención automática tiene una capacidad de contención suficiente para retener la totalidad del agente causante del daño; mientras, la contención manual, sólo ofrecería una retención parcial. Si bien, como se ha indicado en la memoria del MIRAT, cada operador deberá evaluar su caso concreto con objeto de adaptar el modelo a sus circunstancias específicas.

Figura 3. Árbol de sucesos de Tipo 3: Derrame de líquidos tratados inadecuadamente. Fuente: Elaboración propia.

Suceso iniciador	Prob. (veces/año)	Vol. (t)	¿Actúa eficazmente la contención automática?	Prob. (veces/año)	Vol. (t)	Código	Prob. Esc. (veces/año)	Vol. Esc. (t)	Relevante	Recursos afectados			
										A	S	H	E
Vertido de sustancias sólidas			Sí			E.4.1							
			No			E.4.2				F	F		

F: posible afección por vertido de agentes físicos (vertido de sustancias sólidas)

En los árboles sectoriales que se presentan se ha asumido que la contención automática tiene una capacidad de contención suficiente para retener la totalidad del agente causante del daño. No se consideran afecciones relevantes a los hábitats y las especies dado que los vertederos (al ser de residuos de baja peligrosidad) producirían daños en superficies relativamente pequeñas (se asume que el deslizamiento de los materiales acopiados no ocuparía una gran superficie). Si bien, como se ha indicado en la memoria del MIRAT, cada operador deberá evaluar su caso concreto con objeto de adaptar el modelo a sus circunstancias específicas.

Figura 4. Árbol de sucesos de Tipo 4: Vertido de sustancias sólidas. Fuente: Elaboración propia.

MIRAT

Sector de la fundición

**ANEJO III: PROBABILIDAD DE OCURRENCIA DE LOS
SUCESOS INICIADORES**

Índice

I. INTRODUCCIÓN	2
II. PROBABILIDAD GENÉRICA DE LOS SUCESOS BÁSICOS.....	7

I. INTRODUCCIÓN

El presente anejo expone las probabilidades de ocurrencia que el MIRAT recomienda emplear para los distintos sucesos básicos identificados para el sector de la fundición. Aunque se invite a utilizar estas probabilidades de ocurrencia, por considerar que son las más adecuadas de entre las consultadas en la bibliografía especializada, los operadores podrán determinar y emplear valores diferentes, de forma razonada y siempre que los mismos se ajusten más a las características de su instalación. Estos valores alternativos de probabilidad de ocurrencia podrán obtenerse de bibliografía especializada o del registro histórico de accidentes de la instalación.

Tal y como queda expuesto en la memoria del MIRAT, una vez definidas las zonas, sus fuentes de peligro y las causas asociadas, se han concretado los sucesos básicos que se pueden presentar en una fundición tipo. En total, se han estimado 50 sucesos básicos que, en su mayoría, abarcan eventos de fuga/derrame de sustancias desde depósitos o tuberías y, para los casos de sustancias inflamables, la probabilidad de una ignición posterior.

De la concreción de estos sucesos básicos se llega a la definición de los sucesos iniciadores. Se ha concluido que, basándose en la fuente de peligro, la zona y la sustancia implicada, 26 de estos sucesos básicos se pueden agregar entre ellos para dar lugar a 13 sucesos iniciadores distintos. Esto es, asumiendo consecuencias y orígenes similares, sus probabilidades se adicionan, según la siguiente fórmula:

$$prob_{S.I} = prob_{S.B_1} + prob_{S.B_2} + \dots + prob_{S.B_n} \text{ (Ec.1)}$$

De esta forma, quedará a criterio del analista, decidir qué probabilidades de sucesos básicos tener en cuenta, en función de los sucesos iniciadores que se puedan presentar en su planta. A modo de ejemplo, en la siguiente tabla se muestra cómo 2 sucesos básicos se agrupan para valorar un único suceso iniciador. En el ejemplo, el analista puede decidir si para hallar la probabilidad del suceso iniciador de incendio por fuga desde depósito con líquidos inflamables tiene en cuenta la probabilidad de que ocurra por rotura directa de depósito, por rotura por colisión o por ambos sucesos. Si se valoran conjuntamente, habrá de aplicar la Ecuación 1 (Ec.1) con los datos de probabilidad de sus sucesos básicos.

SUCESO BÁSICO	CÓDIGO SUCESO BÁSICO	CÓDIGO SUCESO INICIADOR	SUCESO INICIADOR
Incendio/explosión por fuga/derrame depósito con líquidos inflamables + Derrame aguas de extinción	S.B.1	S.I.1y2	Incendio/explosión por fuga/derrame desde depósito con líquidos inflamables o por colisión de vehículo + Derrame de aguas de extinción
Incendio/explosión por fuga/derrame líquidos inflamables desde depósito por colisión de vehículo + Derrame aguas de extinción	S.B.2		

Tabla 1. Ejemplo de combinación de 2 sucesos básicos para hallar un suceso iniciador.

En la Tabla 3 se exponen, a partir de todos los sucesos básicos definidos en el Anejo I del MIRAT, los que se considera podrían evaluarse de manera combinada en caso de presentarse en las instalaciones. Se indica también el agente causante del daño y el árbol de sucesos en el que se concretarían las consecuencias. Para su combinatoria se acudirá a las probabilidades que plantea la

Tabla 4 siempre y cuando el operador no maneje otras que estime más convenientes y cuya utilización pueda justificar.

Asignación de probabilidad a la fuga/derrame

Las probabilidades que se han encontrado en la bibliografía especializada para los incidentes de fuga/derrame desde tanques o sistemas de tuberías son datos directos de tasas de fallo, con lo que el operador simplemente tendrá que asignar a cada suceso iniciador la que mejor se ajuste a su instalación. Por el contrario, en los sucesos iniciadores que aúnan dos eventos, como en el caso de fuga/derrame de sustancia inflamable e ignición ulterior, la probabilidad final será resultado de multiplicar ambas probabilidades, puesto que se ha contemplado que, sin fuga de sustancia no habría ignición.

Asignación de probabilidad de ignición

En vistas a valorar los escenarios agregados (fuga/derrame+ignición), es necesario evaluar si la ignición es inmediata, retardada o en forma de explosión. El tipo de ignición, según la bibliografía, dependerá de las características de la sustancia.

A continuación se enuncia el procedimiento de cálculo de este valor de probabilidad (de ignición, inmediata o retardada, y de explosión) en función del tipo de sustancia (líquida o gaseosa) y de la inflamabilidad de la misma. A estos datos se hace referencia en la Tabla 2 del presente Anejo III que recopila las probabilidades de ocurrencia de los distintos sucesos iniciadores.

Flemish Government (2009) presenta un árbol de sucesos como el recogido en la Figura 1 para evaluar la probabilidad de incendio o explosión tras el vertido, derrame o fuga de una sustancia inflamable. De los cuatro escenarios resultantes, únicamente los tres primeros (E1, E2 y E3) generan un episodio de incendio o explosión: de esta forma, la probabilidad de incendio o explosión resulta ser la suma de la probabilidad de ocurrencia de estos tres escenarios.

Suceso iniciador básico	Prob. (veces/año)	Ignición directa	Prob. (veces/año)	Ignición retardada	Prob. (veces/año)	Explosión	Prob. (veces/año)	Código Esc.	Prob. Esc. (veces/año)
Derrame, vertido o fuga		Sí	P_D					E1	P_D
		No	$1 - P_D$	Sí	P_V	Sí	P_E	E2	$(1-P_D) \times P_V \times P_E$
						No	$1 - P_E$	E3	$(1-P_D) \times P_V \times (1-P_E)$
		No	$1 - P_V$					E4	$(1-P_D) \times (1-P_V)$

Figura 1. Árbol de sucesos para la evaluación de la probabilidad de incendio o explosión después del vertido de una sustancia, líquida o gaseosa, inflamable. Fuente: Elaboración propia a partir de Flemish Government (2009).

La probabilidad de cada uno de los eventos considerados (ignición directa- P_D , ignición retardada- P_V y explosión- P_E) depende de las características de la sustancia involucrada en el suceso iniciador básico, que en el marco del presente MIRAT se define como el vertido, derrame o fuga de una sustancia inflamable, líquida o gaseosa.

La misma fuente (Flemish Government, 2009) proporciona los valores de estas probabilidades según el tipo de sustancia. En el marco del presente MIRAT se han identificado tres tipos de sustancias inflamables que, tras su fuga/derrame, pueden generar un incendio o explosión:

- **Líquido muy inflamable:** sustancia Grupo 1, en el que se incluyen productos que han alcanzado su punto de inflamabilidad pero no el punto de ebullición a presión atmosférica. Por ejemplo, los líquidos denominados P1 (punto de inflamabilidad por debajo de los 21°C).
- **Líquido inflamable:** sustancia Grupo 2, en el que se incluyen productos que se encuentran a una temperatura inferior a 35°C por debajo del punto de inflamabilidad. Por ejemplo, los líquidos denominados P2 (punto de inflamabilidad entre 55°C y 21°C) (gasóleo).
- **Gas inflamable:** sustancia Grupo 0, en el que se incluyen productos en estado gaseoso. En este caso, se han escogido los valores de P_D , P_V y P_E correspondientes a gases de media o elevada reactividad.

Por último, y atendiendo a las características de los sucesos iniciadores básicos en los que participa un gas inflamable (rotura o fuga en menos de 10 minutos) sobre los que se construyen los escenarios de incendio o explosión y a la dimensión más común dentro del sector de los equipos involucrados (depósitos, tuberías, etc.), se han escogido los valores de P_D , P_V y P_E que proporciona Flemish Government (2009) para las sustancias gaseosas (Grupo 0) de media o elevada reactividad para unas características de fuga de entre 10 y 100 kg/s (fuga continua) o de entre 1.000 y 10.000 kg (fuga instantánea). En cuanto a las sustancias líquidas, según los datos proporcionados por Flemish Government (2009), los valores de P_D , P_V y P_E no varían en función de la cantidad vertida o derramada.

La Tabla 2 recopila los valores de P_D , P_V y P_E y la correspondiente probabilidad de incendio o explosión para los tres tipos de sustancias identificados en el marco del presente MIRAT.

Tipo de sustancia	Probabilidad ignición directa (P_D)	Probabilidad ignición retardada (P_V)	Probabilidad explosión (P_E)	Probabilidad incendio/explosión
Líquido muy inflamable	0,065	0,070	0,200	0,13045
Líquido inflamable	0,020	-	-	0,02000
Líquido combustible	0,006	-	-	0,00600
Gas inflamable	0,500	0,200	0,300	0,60000

Líquido muy inflamable, punto de ignición < 21 °C. Líquido inflamable, punto de ignición 21-55 °C. Líquido combustible, punto de ignición > 55 °C.

Tabla 2. Probabilidad de incendio/explosión tras derrame, vertido o fuga según el tipo de sustancia. Fuente: Flemish Government (2009).

Todos estos valores, junto con el resto de probabilidades halladas para los sucesos básicos en la bibliografía de referencia, se exponen en la Tabla 4, donde además se incluyen los siguientes campos:

Código de suceso básico: código alfanumérico único asignado a cada suceso básico. Su descripción y la/s fuente/s de peligro de las que derivan pueden consultarse en el Anejo I. del presente MIRAT.

Suceso básico: breve descripción del suceso básico.

Probabilidad de fallo: valor de probabilidad de ocurrencia recomendado para cada suceso básico.

Unidades: unidad en la que se expresa cada probabilidad de ocurrencia.

Descripción: descripción de la fuente de peligro que origina el suceso básico conforme aparece en la referencia bibliográfica que se cita en la tabla. Para aquellos sucesos compuestos por la combinación de varios sucesos, se indica el procedimiento de cálculo de la probabilidad compuesta.

Fuente: referencia bibliográfica de la que se ha extraído tanto la probabilidad de ocurrencia como la descripción del origen del suceso básico.

Notas: observaciones realizadas, si procede, sobre cada dato concreto de probabilidad de ocurrencia.

ZONA	SUCESO BÁSICO	CÓDIGO SUCESO BÁSICO	CÓDIGO SUCESO INICIADOR	SUCESO INICIADOR	AGENTE CAUSANTE DEL DAÑO	ÁRBOL DE SUCESOS TIPO
Almacenamiento de materias primas, otras sustancias químicas y residuos	Fuga/derrame de sustancias líquidas por rotura de depósito fijo aéreo	S.A.1	S.A.1y2	Fuga/derrame de sustancias líquidas desde depósito fijo aéreo o por colisión de vehículo	Sustancias líquidas	Tipo 1
	Fuga/derrame de sustancias líquidas por rotura de depósito fijo aéreo por colisión de vehículo	S.A.2				
	Incendio/explosión por fuga/derrame líquidos inflamables desde depósito fijo aéreo + Derrame aguas de extinción	S.A.3	S.A.3y4	Incendio/explosión por fuga/derrame de depósito fijo aéreo con líquidos inflamables o por colisión de vehículo + Derrame de aguas de extinción	Incendio + aguas de extinción	Tipo 2
	Incendio/explosión por fuga/derrame líquidos inflamables desde depósito fijo aéreo por colisión de vehículo + Derrame aguas de extinción	S.A.4				
	Fuga/derrame de sustancias líquidas por rotura de depósito móvil	S.A.5	S.A.5y6	Fuga/derrame de sustancias líquidas desde depósito móvil o por colisión de vehículo	Sustancias líquidas	Tipo 1
	Fuga/derrame de sustancias líquidas por rotura de depósito móvil por colisión de vehículo	S.A.6				
	Incendio/explosión por fuga/derrame depósito móvil con líquidos inflamables + Derrame aguas de extinción	S.A.7	S.A.7y8	Incendio/explosión por fuga/derrame de depósito móvil con líquidos inflamables o por colisión de vehículo + Derrame de aguas de extinción	Incendio + aguas de extinción	Tipo 2
	Incendio/explosión por fuga/derrame líquidos inflamables desde depósito móvil por colisión de vehículo + Derrame aguas de extinción	S.A.8				
	Vertido de sólidos desde depósitos atmosféricos de almacenaje	S.A.11	S.A.11y12	Vertido de sólidos desde depósitos atmosféricos de almacenaje o por colisión de vehículo	Sólidos	Tipo 4
	Vertido de sólidos por rotura de depósito aéreo por colisión de vehículo	S.A.12				
Almacenamiento de combustibles	Fuga/derrame de combustibles por rotura de depósito fijo aéreo de almacenaje	S.C.1	S.C.1y2	Fuga/derrame de combustibles desde depósito fijo aéreo o por colisión de vehículo	Combustible	Tipo 1
	Fuga/derrame de combustibles por rotura de depósito fijo aéreo por colisión de vehículo	S.C.2				
	Incendio/explosión por fuga/derrame depósito fijo aéreo con líquidos muy inflamables/inflamables + Derrame aguas de extinción	S.C.3	S.C.3y4	Incendio/explosión por fuga/derrame de depósito fijo aéreo con líquidos inflamables o por colisión de vehículo + Derrame de aguas de extinción	Incendio + aguas de extinción	Tipo 2
	Incendio/explosión por fuga/derrame líquidos muy inflamables/inflamables desde depósito fijo aéreo por colisión de vehículo + Derrame aguas de extinción	S.C.4				
Tratamiento de aguas de proceso y residuales	Fuga/derrame de aguas contaminadas por rotura de depósito fijo aéreo o de balsa de tratamiento	S.TA.1	S.TA.1y2	Fuga/derrame de aguas contaminadas desde depósito o balsa de tratamiento de la depuradora o por colisión de vehículo	Aguas contaminadas	Tipo 1
	Fuga/derrame de aguas contaminadas por rotura de depósito fijo aéreo por colisión de vehículo	S.TA.2				
	Fuga/derrame de sustancias líquidas por rotura de depósito móvil	S.TA.5	S.TA.5y6	Fuga/derrame desde depósito móvil con sustancias líquidas o por colisión de vehículo + Derrame de aguas de extinción	Sustancias líquidas	Tipo 1
	Fuga/derrame de sustancias líquidas por rotura de depósito móvil por colisión de vehículo	S.TA.6				
	Fuga/derrame de aguas calientes por fallo de instrumentación en el sistema de refrigeración	S.TA.7	S.TA.7y8	Fuga/derrame de aguas calientes por fallo de instrumentación en el sistema de refrigeración o por fuga desde el intercambiador de calor	Aguas calientes	Tipo 1
	Fuga/derrame de aguas calientes por fuga desde el intercambiador de calor	S.TA.8				
Sistemas de tuberías	Fuga/derrame por rotura de tuberías aéreas con sustancias líquidas	S.TB.1	S.TB.1y2	Fuga/derrame desde tuberías aéreas con sustancias líquidas o por colisión de vehículo	Sustancias líquidas	Tipo 1
	Fuga/derrame de sustancias líquidas por rotura de tuberías aéreas por colisión de vehículo	S.TB.2				
	Incendio/explosión por rotura de tuberías aéreas con líquidos inflamables + Derrame aguas de extinción	S.TB.3	S.TB.3y4	Incendio/explosión por fuga/derrame de tuberías aéreas con líquidos inflamables o por colisión de vehículo + Derrame de aguas de extinción	Incendio + aguas de extinción	Tipo 2
	Incendio/explosión por colisión de un vehículo en el sistema de tuberías de líquido inflamable + Derrame aguas de extinción	S.TB.4				
	Incendio/explosión por fuga desde las tuberías aéreas con gas inflamable + Derrame aguas de extinción	S.TB.7	S.TB.7y8	Incendio/explosión por fuga/derrame de tuberías aéreas con gases inflamables o por colisión de vehículo + Derrame de aguas de extinción	Incendio + aguas de extinción	Tipo 2
	Incendio/explosión por colisión de un vehículo en el sistema de tuberías de gas inflamable + Derrame aguas de extinción	S.TB.8				

Tabla 3. Agregación de sucesos básicos en sucesos iniciadores. Fuente: Elaboración propia

II. PROBABILIDAD GENÉRICA DE LOS SUCESOS BÁSICOS

Código suceso básico	Suceso básico	Tasas de fallo				
		Probabilidad de fallo	Unidades	Descripción	Fuente	Notas
S.P.1	Incendio/explosión del horno + Derrame aguas extinción	8,55E-06	incidentes/horno.año	Explosión en alto horno	SGS India Pvt. Ltd (2009)	
S.P.2	Fuga/derrame del depósito de aguas de temple o de decapado	1,00E-08	incidentes/tanque.año	Tanques atmosféricos subterráneos (fuga completa en 10 minutos o rotura)	Flemish Government (2009)	La disposición típica de las balsas de temple (piscinas semienterradas) sugiere su asimilación a tanques atmosféricos subterráneos. La probabilidad de ocurrencia depende del número de tanques de este tipo en esta zona.
		5,00E-06		Tanque aéreo atmosférico de almacenaje Tipo 1 (fuga completa en 10 minutos o rotura).		Tipo 1: tanque aéreo atmosférico de una sola capa. La probabilidad depende del número de tanques de este tipo en la zona.
		5,00E-07		Tanque aéreo atmosférico de almacenaje Tipo 2 (fuga completa en 10 minutos o rotura)		Tipo 2: tanque aéreo atmosférico de doble capa no resistente a explosiones, escombros y bajas temperaturas. La probabilidad depende del número de tanques de este tipo en la zona.
		1,20E-08		Tanque aéreo atmosférico de almacenaje Tipo 3 (fuga completa en 10 minutos o rotura)		Tipo 3: tanque aéreo atmosférico de doble capa resistente a explosiones, escombros y bajas temperaturas y NO diseñada para retener vapores si la primera capa falla. La probabilidad depende del número de tanques de este tipo en la zona.
		1,00E-08		Tanque aéreo atmosférico de almacenaje Tipo 4 (fuga completa en 10 minutos o rotura)		Tipo 4: tanque aéreo atmosférico de doble capa resistente a explosiones, escombros y bajas temperaturas y diseñada para retener vapores si la primera capa falla. La probabilidad depende del número de tanques de este tipo en la zona.
S.P.3	Incendio/explosión por acumulación polvo metálico + Derrame aguas extinción	6,00E-05	incidentes/año	Probabilidad compuesta: [Rotura de compresor] * [Probabilidad de ignición de gas inflamable (ver tabla 2)]	Flemish Government (2009)	
S.M.1	Fuga/derrame de sustancias desde depósito de proceso	5,00E-05	incidentes/tanque.año	Tanque atmosférico de proceso (fuga completa en 10 minutos o rotura)	Flemish Government (2009)	
S.M.2	Incendio/explosión por fuga/derrame de líquido inflamable desde depósito de proceso + Derrame aguas extinción	6,52E-06	incidentes/tanque.año	Probabilidad compuesta: [Tanque atmosférico de proceso (fuga completa en 10 minutos o rotura)] * [Probabilidad de ignición de sustancias líquidas muy inflamables (ver tabla 2)]	Flemish Government (2009)	La probabilidad de ocurrencia depende del número de tanques de este tipo en la zona.
		1,00E-06		Probabilidad compuesta: [Tanque atmosférico de proceso (fuga completa en 10 minutos o rotura)] * [Probabilidad de ignición de sustancias líquidas inflamables (ver tabla 2)]		
		3,00E-07		Probabilidad compuesta: [Tanque atmosférico de proceso (fuga completa en 10 minutos o rotura)] * [Probabilidad de ignición de sustancias líquidas combustibles (ver tabla 2)]		
S.M.3	Incendio/explosión por fuga de gas inflamable desde tanque de proceso a presión + Derrame aguas extinción	1,92E-06	incidentes/tanque.año	Probabilidad compuesta: [Tanque aéreo de proceso a presión (fuga completa en 10 minutos o rotura)] * [Probabilidad de ignición de gas inflamable (ver tabla 2)]	Flemish Government (2009)	La probabilidad de ocurrencia depende del número de tanques de este tipo en la zona.
S.M.4	Incendio/explosión en oxidador térmico + Derrame aguas extinción	5,00E-06	incidentes/oxidador.año	Explosión interna del oxidador térmico	Shewring (2004)	
S.A.1	Fuga/derrame de sustancias líquidas por rotura de depósito fijo aéreo	5,00E-06	incidentes/tanque.año	Tanque aéreo atmosférico de almacenaje Tipo 1 (fuga completa en 10 minutos o rotura).	Flemish Government (2009)	Tipo 1: tanque aéreo atmosférico de una sola capa. La probabilidad depende del número de tanques de este tipo en la zona.
		5,00E-07		Tanque aéreo atmosférico de almacenaje Tipo 2 (fuga completa en 10 minutos o rotura)		Tipo 2: tanque aéreo atmosférico de doble capa no resistente a explosiones, escombros y bajas temperaturas. La probabilidad depende del número de tanques de este tipo en la zona.
		1,20E-08		Tanque aéreo atmosférico de almacenaje Tipo 3 (fuga completa en 10 minutos o rotura)		Tipo 3: tanque aéreo atmosférico de doble capa resistente a explosiones, escombros y bajas temperaturas y NO diseñada para retener vapores si la primera capa falla. La probabilidad depende del número de tanques de este tipo en la zona.
		1,00E-08		Tanque aéreo atmosférico de almacenaje Tipo 4 (fuga completa en 10 minutos o rotura)		Tipo 4: tanque aéreo atmosférico de doble capa resistente a explosiones, escombros y bajas temperaturas y diseñada para retener vapores si la primera capa falla. La probabilidad depende del número de tanques de este tipo en la zona.

Tabla 4. Probabilidad de ocurrencia de cada suceso iniciador. Fuente: Elaboración propia y referencias indicadas en el contenido de la Tabla

Código suceso básico	Suceso básico	Tasas de fallo				
		Probabilidad de fallo	Unidades	Descripción	Fuente	Notas
S.A.2	Fuga/derrame de sustancias líquidas por rotura de depósito fijo aéreo por colisión de vehículo	1,00E-08	incidentes/año	Colisión de un vehículo pesado sobre el soporte	Dirección General de Protección Civil y Emergencias (2004)	
S.A.3	Incendio/explosión por fuga/derrame líquidos inflamables desde depósito fijo aéreo + Derrame aguas de extinción	6,52E-07	incidentes/tanque.año	Probabilidad compuesta: [Tanque aéreo atmosférico de almacenaje Tipo 1 (fuga completa en 10 minutos o rotura)] * [Probabilidad de ignición de sustancias líquidas muy inflamables (ver tabla 2)]	Flemish Government (2009)	Tipo 1: tanque aéreo atmosférico de una sola capa. La probabilidad depende del número de tanques de este tipo en la zona.
		6,52E-08		Probabilidad compuesta: [Tanque aéreo atmosférico de almacenaje Tipo 2 (fuga completa en 10 minutos o rotura)] * [Probabilidad de ignición de sustancias líquidas muy inflamables (ver tabla 2)]		Tipo 2: tanque aéreo atmosférico de doble capa no resistente a explosiones, escombros y bajas temperaturas. La probabilidad depende del número de tanques de este tipo en la zona.
		1,57E-09		Probabilidad compuesta: [Tanque aéreo atmosférico de almacenaje Tipo 3 (fuga completa en 10 minutos o rotura)] * [Probabilidad de ignición de sustancias líquidas muy inflamables (ver tabla 2)]		Tipo 3: tanque aéreo atmosférico de doble capa resistente a explosiones, escombros y bajas temperaturas y NO diseñada para retener vapores si la primera capa falla. La probabilidad depende del número de tanques de este tipo en la zona.
		1,30E-09		Probabilidad compuesta: [Tanque aéreo atmosférico de almacenaje Tipo 4 (fuga completa en 10 minutos o rotura)] * [Probabilidad de ignición de sustancias muy líquidas inflamables (ver tabla 2)]		Tipo 4: tanque aéreo atmosférico de doble capa resistente a explosiones, escombros y bajas temperaturas y diseñada para retener vapores si la primera capa falla. La probabilidad depende del número de tanques de este tipo en la zona.
		1,00E-07		Probabilidad compuesta: [Tanque aéreo atmosférico de almacenaje Tipo 1 (fuga completa en 10 minutos o rotura)] * [Probabilidad de ignición de sustancias líquidas inflamables (ver tabla 2)]		Tipo 1: tanque aéreo atmosférico de una sola capa. La probabilidad depende del número de tanques de este tipo en la zona.
		1,00E-08		Probabilidad compuesta: [Tanque aéreo atmosférico de almacenaje Tipo 2 (fuga completa en 10 minutos o rotura)] * [Probabilidad de ignición de sustancias líquidas inflamables (ver tabla 2)]		Tipo 2: tanque aéreo atmosférico de doble capa no resistente a explosiones, escombros y bajas temperaturas. La probabilidad depende del número de tanques de este tipo en la zona.
		2,40E-10		Probabilidad compuesta: [Tanque aéreo atmosférico de almacenaje Tipo 3 (fuga completa en 10 minutos o rotura)] * [Probabilidad de ignición de sustancias líquidas inflamables (ver tabla 2)]		Tipo 3: tanque aéreo atmosférico de doble capa resistente a explosiones, escombros y bajas temperaturas y NO diseñada para retener vapores si la primera capa falla. La probabilidad depende del número de tanques de este tipo en la zona.
		2,00E-10		Probabilidad compuesta: [Tanque aéreo atmosférico de almacenaje Tipo 4 (fuga completa en 10 minutos o rotura)] * [Probabilidad de ignición de sustancias líquidas inflamables (ver tabla 2)]		Tipo 4: tanque aéreo atmosférico de doble capa resistente a explosiones, escombros y bajas temperaturas y diseñada para retener vapores si la primera capa falla. La probabilidad depende del número de tanques de este tipo en la zona.
		3,00E-08		Probabilidad compuesta: [Tanque aéreo atmosférico de almacenaje Tipo 1 (fuga completa en 10 minutos o rotura)] * [Probabilidad de ignición de sustancias líquidas combustibles (ver tabla 2)]		Tipo 1: tanque aéreo atmosférico de una sola capa. La probabilidad depende del número de tanques de este tipo en la zona.
		3,00E-09		Probabilidad compuesta: [Tanque aéreo atmosférico de almacenaje Tipo 2 (fuga completa en 10 minutos o rotura)] * [Probabilidad de ignición de sustancias líquidas combustibles (ver tabla 2)]		Tipo 2: tanque aéreo atmosférico de doble capa no resistente a explosiones, escombros y bajas temperaturas. La probabilidad depende del número de tanques de este tipo en la zona.
7,20E-11	Probabilidad compuesta: [Tanque aéreo atmosférico de almacenaje Tipo 3 (fuga completa en 10 minutos o rotura)] * [Probabilidad de ignición de sustancias líquidas combustibles (ver tabla 2)]	Tipo 3: tanque aéreo atmosférico de doble capa resistente a explosiones, escombros y bajas temperaturas y NO diseñada para retener vapores si la primera capa falla. La probabilidad depende del número de tanques de este tipo en la zona.				
6,00E-11	Probabilidad compuesta: [Tanque aéreo atmosférico de almacenaje Tipo 4 (fuga completa en 10 minutos o rotura)] * [Probabilidad de ignición de sustancias líquidas combustibles (ver tabla 2)]	Tipo 4: tanque aéreo atmosférico de doble capa resistente a explosiones, escombros y bajas temperaturas y diseñada para retener vapores si la primera capa falla. La probabilidad depende del número de tanques de este tipo en la zona.				
S.A.4	Incendio/explosión por fuga/derrame líquidos inflamables desde depósito fijo aéreo por colisión de vehículo + Derrame aguas de extinción	1,30E-09	incidentes/año	Probabilidad compuesta: [Colisión de un vehículo pesado sobre el soporte] * [Probabilidad de ignición de sustancias líquidas muy inflamables (ver tabla 2)]	Dirección General de Protección Civil y Emergencias (2004) y Flemish Government (2009)	
		2,00E-10		Probabilidad compuesta: [Colisión de un vehículo pesado sobre el soporte] * [Probabilidad de ignición de sustancias líquidas inflamables (ver tabla 2)]		
		6,00E-11		Probabilidad compuesta: [Colisión de un vehículo pesado sobre el soporte] * [Probabilidad de ignición de sustancias líquidas combustibles (ver tabla 2)]		
S.A.5	Fuga/derrame de sustancias líquidas por rotura de depósito móvil	2,00E-06	incidentes/depósito.año	Fallo espontáneo de un bidón	HSE (2012)	Se ha seleccionado la probabilidad de rotura espontánea de bidón, al ser las más adecuada entre las disponibles.

Tabla 4 (cont.). Probabilidad de ocurrencia de cada suceso iniciador. Fuente: Elaboración propia y referencias indicadas la Tabla.

Código suceso básico	Suceso básico	Tasas de fallo				
		Probabilidad de fallo	Unidades	Descripción	Fuente	Notas
S.A.6	Fuga/derrame de sustancias líquidas por rotura de depósito móvil por colisión de vehículo	1,00E-08	incidentes/año	Colisión de un vehículo pesado sobre el soporte	Dirección General de Protección Civil y Emergencias (2004)	
S.A.7	Incendio/explosión por fuga/derrame depósito móvil con líquidos inflamables + Derrame aguas de extinción	2,61E-07	incidentes/depósito.año	Probabilidad compuesta: [Fuga/derrame de sustancias líquidas por rotura de depósito móvil] * [Probabilidad de ignición de sustancias líquidas muy inflamables (ver tabla 2)]	HSE (2012) y Flemish Government (2009)	
		4,00E-08		Probabilidad compuesta: [Fuga/derrame de sustancias líquidas por rotura de depósito móvil] * [Probabilidad de ignición de sustancias líquidas inflamables (ver tabla 2)]		
		1,20E-08		Probabilidad compuesta: [Fuga/derrame de sustancias líquidas por rotura de depósito móvil] * [Probabilidad de ignición de sustancias líquidas combustibles (ver tabla 2)]		
S.A.8	Incendio/explosión por fuga/derrame líquidos inflamables desde depósito móvil por colisión de vehículo + Derrame aguas de extinción	1,30E-09	incidentes/año	Probabilidad compuesta: [Fuga/derrame de sustancias líquidas por rotura por colisión de vehículo] * [Probabilidad de ignición de sustancias líquidas muy inflamables (ver tabla 2)]	Dirección General de Protección Civil y Emergencias (2004) y Flemish Government (2009)	
		2,00E-10		Probabilidad compuesta: [Fuga/derrame de sustancias líquidas por rotura por colisión de vehículo] * [Probabilidad de ignición de sustancias líquidas inflamables (ver tabla 2)]		
		6,00E-11		Probabilidad compuesta: [Fuga/derrame de sustancias líquidas por rotura por colisión de vehículo] * [Probabilidad de ignición de sustancias líquidas combustibles (ver tabla 2)]		
S.A.9	Incendio/explosión por fuga/derrame desde depósitos a presión aéreos + Derrame aguas de extinción	1,92E-07	incidentes/tanque.año	Probabilidad compuesta: [Tanque aéreo a presión (fuga completa en 10 minutos o rotura)] * [Probabilidad de ignición de gas inflamable (ver tabla 2)]	Flemish Government (2009)	La probabilidad depende del número de tanques a presión con gas inflamable en la zona
S.A.10	Incendio/explosión por fuga/derrame desde depósitos móviles a presión + Derrame aguas de extinción	6,60E-07	incidentes/botella.año	Probabilidad compuesta: [Botellones (rotura)] * [Probabilidad de ignición de gas inflamable (ver tabla 2)]	Flemish Government (2009)	La probabilidad depende del número de botellones con gas inflamable en la zona
S.A.11	Vertido de sólidos desde depósitos atmosféricos de almacenaje	5,00E-06	incidentes/tanque.año	Tanque atmosférico de almacenaje Tipo 1 (fuga completa en 10 minutos o rotura)	Flemish Government (2009)	Los depósitos o silos donde se almacenan materiales sólidos se han asemejado a tanques atmosféricos de almacenaje de Tipo 1 (de una sola capa).
S.A.12	Vertido de sólidos por rotura de depósito aéreo por colisión de vehículo	1,00E-08	incidentes/año	Colisión de un vehículo pesado sobre el soporte	Dirección General de Protección Civil y Emergencias (2004)	La probabilidad de ocurrencia depende del número de tanques de este tipo en la zona.
S.C.1	Fuga/derrame de combustibles por rotura de depósito fijo aéreo de almacenaje	5,00E-06	incidentes/tanque.año	Tanque aéreo atmosférico de almacenaje Tipo 1 (fuga completa en 10 minutos o rotura)	Flemish Government (2009)	Tipo 1: tanque aéreo atmosférico de una sola capa. La probabilidad depende del número de tanques de este tipo en la zona.
		5,00E-07		Tanque aéreo atmosférico de almacenaje Tipo 2 (fuga completa en 10 minutos o rotura)		Tipo 2: tanque aéreo atmosférico de doble capa no resistente a explosiones, escombros y bajas temperaturas. La probabilidad depende del número de tanques de este tipo en la zona.
		1,20E-08		Tanque aéreo atmosférico de almacenaje Tipo 3 (fuga completa en 10 minutos o rotura)		Tipo 3: tanque aéreo atmosférico de doble capa resistente a explosiones, escombros y bajas temperaturas y NO diseñada para retener vapores si la primera capa falla. La probabilidad depende del número de tanques de este tipo en la zona.
		1,00E-08		Tanque aéreo atmosférico de almacenaje Tipo 4 (fuga completa en 10 minutos o rotura)		Tipo 4: tanque aéreo atmosférico de doble capa resistente a explosiones, escombros y bajas temperaturas y diseñada para retener vapores si la primera capa falla. La probabilidad depende del número de tanques de este tipo en la zona.
S.C.2	Fuga/derrame de combustibles por rotura de depósito fijo aéreo por colisión de vehículo	1,00E-08	incidentes/año	Colisión de un vehículo pesado sobre el soporte	Dirección General de Protección Civil y Emergencias (2004)	

Tabla 4 (cont.). Probabilidad de ocurrencia de cada suceso iniciador. Fuente: Elaboración propia y referencias indicadas en la Tabla.

Código suceso básico	Suceso básico	Tasas de fallo				
		Probabilidad de fallo	Unidades	Descripción	Fuente	Notas
S.C.3	Incendio/explosión por fuga/derrame depósito fijo aéreo con líquidos muy inflamables/inflamables + Derrame aguas de extinción	6,52E-07	incidentes/tanque.año	Probabilidad compuesta: [Tanque aéreo atmosférico de almacenaje Tipo 1 (fuga completa en 10 minutos o rotura)] * [Probabilidad de ignición de sustancias líquidas muy inflamables (ver tabla 2)]	Flemish Government (2009)	Tipo 1: tanque aéreo atmosférico de una sola capa. La probabilidad depende del número de tanques de este tipo en la zona.
		6,52E-08		Probabilidad compuesta: [Tanque aéreo atmosférico de almacenaje Tipo 2 (fuga completa en 10 minutos o rotura)] * [Probabilidad de ignición de sustancias líquidas muy inflamables (ver tabla 2)]		Tipo 2: tanque aéreo atmosférico de doble capa no resistente a explosiones, escombros y bajas temperaturas. La probabilidad depende del número de tanques de este tipo en la zona.
		1,57E-09		Probabilidad compuesta: [Tanque aéreo atmosférico de almacenaje Tipo 3 (fuga completa en 10 minutos o rotura)] * [Probabilidad de ignición de sustancias líquidas muy inflamables (ver tabla 2)]		Tipo 3: tanque aéreo atmosférico de doble capa resistente a explosiones, escombros y bajas temperaturas y NO diseñada para retener vapores si la primera capa falla. La probabilidad depende del número de tanques de este tipo en la zona.
		1,30E-09		Probabilidad compuesta: [Tanque aéreo atmosférico de almacenaje Tipo 4 (fuga completa en 10 minutos o rotura)] * [Probabilidad de ignición de sustancias líquidas muy inflamables (ver tabla 2)]		Tipo 4: tanque aéreo atmosférico de doble capa resistente a explosiones, escombros y bajas temperaturas y diseñada para retener vapores si la primera capa falla. La probabilidad depende del número de tanques de este tipo en la zona.
		1,00E-07		Probabilidad compuesta: [Tanque aéreo atmosférico de almacenaje Tipo 1 (fuga completa en 10 minutos o rotura)] * [Probabilidad de ignición de sustancias líquidas inflamables (ver tabla 2)]		Tipo 1: tanque aéreo atmosférico de una sola capa. La probabilidad depende del número de tanques de este tipo en la zona.
		1,00E-08		Probabilidad compuesta: [Tanque aéreo atmosférico de almacenaje Tipo 2 (fuga completa en 10 minutos o rotura)] * [Probabilidad de ignición de sustancias líquidas inflamables (ver tabla 2)]		Tipo 2: tanque aéreo atmosférico de doble capa no resistente a explosiones, escombros y bajas temperaturas. La probabilidad depende del número de tanques de este tipo en la zona.
		2,40E-10		Probabilidad compuesta: [Tanque aéreo atmosférico de almacenaje Tipo 3 (fuga completa en 10 minutos o rotura)] * [Probabilidad de ignición de sustancias líquidas inflamables (ver tabla 2)]		Tipo 3: tanque aéreo atmosférico de doble capa resistente a explosiones, escombros y bajas temperaturas y NO diseñada para retener vapores si la primera capa falla. La probabilidad depende del número de tanques de este tipo en la zona.
		2,00E-10		Probabilidad compuesta: [Tanque aéreo atmosférico de almacenaje Tipo 4 (fuga completa en 10 minutos o rotura)] * [Probabilidad de ignición de sustancias líquidas inflamables (ver tabla 2)]		Tipo 4: tanque aéreo atmosférico de doble capa resistente a explosiones, escombros y bajas temperaturas y diseñada para retener vapores si la primera capa falla. La probabilidad depende del número de tanques de este tipo en la zona.
S.C.4	Incendio/explosión por fuga/derrame líquidos muy inflamables/inflamables desde depósito fijo aéreo por colisión de vehículo + Derrame aguas de extinción	1,30E-09	incidentes/año	Probabilidad compuesta: [Colisión de un vehículo pesado sobre el soporte] * [Probabilidad de ignición de sustancias líquidas muy inflamables (ver tabla 2)]	Dirección General de Protección Civil y Emergencias (2004) y Flemish Government (2009)	
		2,00E-10		Probabilidad compuesta: [Colisión de un vehículo pesado sobre el soporte] * [Probabilidad de ignición de sustancias líquidas inflamables (ver tabla 2)]		
S.C.5	Fuga/derrame de combustibles por rotura de depósito subterráneo de almacenaje	1,00E-08	incidentes/tanque.año	Tanques atmosféricos subterráneos (fuga completa en 10 minutos o rotura)	Flemish Government (2009)	La probabilidad de ocurrencia depende del número de tanques subterráneos en la zona
S.C.6	Incendio/explosión por fuga/derrame depósito subterráneo con líquidos muy inflamables/inflamables + Derrame aguas de extinción	1,30E-09	incidentes/tanque.año	Probabilidad compuesta: [Tanques atmosféricos subterráneos (fuga completa en 10 minutos o rotura)] * [Probabilidad de ignición de sustancias líquidas muy inflamables (ver tabla 2)]	Flemish Government (2009)	
		2,00E-10		Probabilidad compuesta: [Tanques atmosféricos subterráneos (fuga completa en 10 minutos o rotura)] * [Probabilidad de ignición de sustancias líquidas inflamables (ver tabla 2)]		
S.C.7	Incendio/explosión por fuga/derrame desde depósitos a presión aéreos + Derrame aguas de extinción	1,92E-06	incidentes/tanque.año	Probabilidad compuesta: [tanque aéreo a presión (fuga completa en 10 minutos o rotura)] * [Probabilidad de ignición de gas inflamable (ver tabla 2)]	Flemish Government (2009)	La probabilidad de ocurrencia depende del número de tanques a presión con gas inflamable en la zona

Tabla 4 (cont.). Probabilidad de ocurrencia de cada suceso iniciador. Fuente: Elaboración propia y referencias indicadas en la Tabla.

Código suceso básico	Suceso básico	Tasas de fallo				
		Probabilidad de fallo	Unidades	Descripción	Fuente	Notas
S.TA.1	Fuga/derrame de aguas contaminadas por rotura de depósito fijo aéreo o de balsa de tratamiento	5,00E-06	incidentes/tanque.año	Tanque aéreo atmosférico de almacenaje Tipo 1 (fuga completa en 10 minutos o rotura)	Flemish Government (2009)	Tipo 1: tanque aéreo atmosférico de una sola capa. La probabilidad depende del número de tanques de este tipo en la zona.
		5,00E-07		Tanque aéreo atmosférico de almacenaje Tipo 2 (fuga completa en 10 minutos o rotura)		Tipo 2: tanque aéreo atmosférico de doble capa no resistente a explosiones, escombros y bajas temperaturas. La probabilidad depende del número de tanques de este tipo en la zona.
		1,20E-08		Tanque aéreo atmosférico de almacenaje Tipo 3 (fuga completa en 10 minutos o rotura)		Tipo 3: tanque aéreo atmosférico de doble capa resistente a explosiones, escombros y bajas temperaturas y NO diseñada para retener vapores si la primera capa falla. La probabilidad depende del número de tanques de este tipo en la zona.
		1,00E-08		Tanque aéreo atmosférico de almacenaje Tipo 4 (fuga completa en 10 minutos o rotura)		Tipo 4: tanque aéreo atmosférico de doble capa resistente a explosiones, escombros y bajas temperaturas y diseñada para retener vapores si la primera capa falla. La probabilidad depende del número de tanques de este tipo en la zona.
		1,00E-08		Tanque atmosférico subterráneo (fuga completa en 10 minutos o rotura)		La disposición típica de las balsas de tratamiento (piscinas semienterradas) sugiere su asimilación a tanques atmosféricos subterráneos. La probabilidad depende del número de tanques de este tipo en la zona
S.TA.2	Fuga/derrame de aguas contaminadas por rotura de depósito fijo aéreo por colisión de vehículo	1,00E-08	incidentes/año	Colisión de un vehículo pesado sobre el soporte	Dirección General de Protección Civil y Emergencias (2004)	
S.TA.3	Fuga/derrame de aguas contaminadas por fallo de instrumentación de depuración	7,20E-07	incidentes/h.año	Probabilidad de funcionamiento incorrecto de interruptores/instrumentación	Schüller (2005)	La probabilidad de ocurrencia depende del tiempo anual de operación del equipo en horas (h)
S.TA.4	Fuga/derrame de aditivos por rotura de depósito fijo aéreo	5,00E-06	incidentes/tanque.año	Tanque aéreo atmosférico de almacenaje Tipo 1 (fuga completa en 10 minutos o rotura)	Flemish Government (2009)	Tipo 1: tanque aéreo atmosférico de una sola capa. La probabilidad depende del número de tanques de este tipo en la zona.
		5,00E-07		Tanque aéreo atmosférico de almacenaje Tipo 2 (fuga completa en 10 minutos o rotura)		Tipo 2: tanque aéreo atmosférico de doble capa no resistente a explosiones, escombros y bajas temperaturas. La probabilidad depende del número de tanques de este tipo en la zona.
		1,20E-08		Tanque aéreo atmosférico de almacenaje Tipo 3 (fuga completa en 10 minutos o rotura)		Tipo 3: tanque aéreo atmosférico de doble capa resistente a explosiones, escombros y bajas temperaturas y NO diseñada para retener vapores si la primera capa falla. La probabilidad depende del número de tanques de este tipo en la zona.
		1,00E-08		Tanque aéreo atmosférico de almacenaje Tipo 4 (fuga completa en 10 minutos o rotura)		Tipo 4: tanque aéreo atmosférico de doble capa resistente a explosiones, escombros y bajas temperaturas y diseñada para retener vapores si la primera capa falla. La probabilidad depende del número de tanques de este tipo en la zona.
S.TA.5	Fuga/derrame de sustancias líquidas por rotura de depósito móvil	2,00E-06	incidentes/depósito.año	Fallo espontáneo de un bidón	HSE (2012)	Se ha seleccionado la probabilidad de rotura espontánea de bidón, al ser las más adecuada entre las disponibles.
S.TA.6	Fuga/derrame de sustancias líquidas por rotura de depósito móvil por colisión de vehículo	1,00E-08	incidentes/año	Colisión de un vehículo pesado sobre el soporte	Dirección General de Protección Civil y Emergencias (2004)	
S.TA.7	Fuga/derrame de aguas calientes por fallo de instrumentación en el sistema de refrigeración	7,20E-07	incidentes/h.año	Funcionamiento incorrecto de interruptores/instrumentación	Schüller (2005)	La probabilidad de ocurrencia depende del tiempo anual de operación del equipo en horas (h)

Tabla 4 (cont.). Probabilidad de ocurrencia de cada suceso iniciador. Fuente: Elaboración propia y referencias indicadas en la Tabla.

Código suceso básico	Suceso básico	Tasas de fallo				
		Probabilidad de fallo	Unidades	Descripción	Fuente	Notas
S.TA.8	Fuga/derrame de aguas calientes por fuga desde el intercambiador de calor	1,30E-05	incidentes/intercambiador.año	Intercambiador de calor de tubería (rotura)	Flemish Government (2009)	La probabilidad de ocurrencia depende del número de intercambiadores de calor presentes en la zona
		5,50E-06		Intercambiador de calor de placas (presión de trabajo menor a 5 bares)		
		8,30E-06		Intercambiador de calor de placas (presión de trabajo entre 8 y 5 bares)		
		2,00E-05		Intercambiador de calor de placas (presión de trabajo superior a 8 bares)		
S.TR.1	Fuga/derrame de aceites por rotura de transformador	5,00E-06	incidentes/tanque.año	Tanque aéreo atmosférico de almacenaje Tipo 1 (fuga completa en 10 minutos o rotura)	Flemish Government (2009)	Tipo 1: tanque aéreo atmosférico de una sola capa. La probabilidad depende del número de tanques de este tipo en la zona.
		5,00E-07		Tanque aéreo atmosférico de almacenaje Tipo 2 (fuga completa en 10 minutos o rotura)		Tipo 2: tanque aéreo atmosférico de doble capa no resistente a explosiones, escombros y bajas temperaturas. La probabilidad depende del número de tanques de este tipo en la zona.
		1,20E-08		Tanque aéreo atmosférico de almacenaje Tipo 3 (fuga completa en 10 minutos o rotura)		Tipo 3: tanque aéreo atmosférico de doble capa resistente a explosiones, escombros y bajas temperaturas y NO diseñada para retener vapores si la primera capa falla. La probabilidad depende del número de tanques de este tipo en la zona.
		1,00E-08		Tanque aéreo atmosférico de almacenaje Tipo 4 (fuga completa en 10 minutos o rotura)		Tipo 4: tanque aéreo atmosférico de doble capa resistente a explosiones, escombros y bajas temperaturas y diseñada para retener vapores si la primera capa falla. La probabilidad depende del número de tanques de este tipo en la zona.
S.TR.2	Incendio/explosión de transformador + Derrame aguas de extinción	9,00E-04	incidentes/transformador.año	Incendio en transformador	Petersen (2008), en Martín (2009)	
S.CD.1	Fuga/derrame de sustancias líquidas en operación de carga y descarga	3,00E-08	incidentes/h.año	Rotura de brazo durante la operación de carga o descarga	Flemish Government (2009)	La probabilidad de ocurrencia depende del tiempo anual de operación del equipo en horas (h)
		4,00E-06	incidentes/h.año	Rotura de manguera durante la operación de carga o descarga		
S.CD.2	Incendio/explosión por fuga/derrame de líquidos inflamables en operación de carga y descarga + Derrame aguas de extinción	3,91E-09	incidentes/h.año	Probabilidad compuesta: [Rotura de brazo durante la operación de carga o descarga] * [Probabilidad de ignición de sustancias líquidas muy inflamables (ver tabla 2)]	Flemish Government (2009)	La probabilidad de ocurrencia depende del tiempo anual de operación del equipo en horas (h)
		6,00E-10		Probabilidad compuesta: [Rotura de brazo durante la operación de carga o descarga] * [Probabilidad de ignición de sustancias líquidas inflamables (ver tabla 2)]		
		1,80E-10		Probabilidad compuesta: [Rotura de brazo durante la operación de carga o descarga] * [Probabilidad de ignición de sustancias líquidas combustibles (ver tabla 2)]		
		5,22E-07		Probabilidad compuesta: [Rotura de manguera durante la operación de carga o descarga] * [Probabilidad de ignición de sustancias líquidas muy inflamables (ver tabla 2)]		
		8,00E-08		Probabilidad compuesta: [Rotura de manguera durante la operación de carga o descarga] * [Probabilidad de ignición de sustancias líquidas inflamables (ver tabla 2)]		
		2,40E-08		Probabilidad compuesta: [Rotura de manguera durante la operación de carga o descarga] * [Probabilidad de ignición de sustancias líquidas combustibles (ver tabla 2)]		
S.CD.3	Incendio/explosión por fuga de gases inflamables/comburentes en operación de carga y descarga + Derrame aguas de extinción	3,24E-07	incidentes/h.año	Probabilidad compuesta: [Rotura de manguera durante la operación de carga o descarga de GNL] * [Probabilidad de ignición de gas inflamable (ver tabla 2)]	Flemish Government (2009)	La probabilidad de ocurrencia depende del tiempo anual de operación del equipo en horas (h)

Tabla 4 (cont.). Probabilidad de ocurrencia de cada suceso iniciador. Fuente: Elaboración propia y referencias indicadas en la Tabla.

Código suceso básico	Suceso básico	Tasas de fallo				
		Probabilidad de fallo	Unidades	Descripción	Fuente	Notas
S.TB.1	Fuga/derrame por rotura de tuberías aéreas con sustancias líquidas	2,20E-08	incidentes/año * L/D	Tubería aérea (rotura)	Flemish Government (2009)	La probabilidad de ocurrencia depende de la longitud de la tubería (L) y del diámetro de la misma (D)
S.TB.2	Fuga/derrame de sustancias líquidas por rotura de tuberías aéreas por colisión de vehículo	1,00E-08	incidentes/año	Colisión de un vehículo pesado sobre la tubería	Dirección General de Protección Civil y Emergencias (2004)	
S.TB.3	Incendio/explosión por rotura de tuberías aéreas con líquidos inflamables + Derrame aguas de extinción	2,87E-09	incidentes/año * L/D	Probabilidad compuesta: [Rotura de tubería aérea] * [Probabilidad de ignición de sustancias líquidas muy inflamables (ver tabla 2)]	Flemish Government (2009)	La probabilidad de ocurrencia depende de la longitud de la tubería (L) y del diámetro de la misma (D)
		4,40E-10		Probabilidad compuesta: [Rotura de tubería aérea] * [Probabilidad de ignición de sustancias líquidas inflamables (ver tabla 2)]		
		1,32E-10		Probabilidad compuesta: [Rotura de tubería aérea] * [Probabilidad de ignición de sustancias líquidas combustibles (ver tabla 2)]		
S.TB.4	Incendio/explosión por colisión de un vehículo en el sistema de tuberías de líquido inflamable + Derrame aguas de extinción	1,30E-09	incidentes/año	Probabilidad compuesta: [Colisión de un vehículo sobre la tubería] * [Probabilidad de ignición de sustancias líquidas muy inflamables (ver tabla 2)]	Dirección General de Protección Civil y Emergencias (2004) y Flemish Government (2009)	
		2,00E-10		Probabilidad compuesta: [Colisión de un vehículo sobre la tubería] * [Probabilidad de ignición de sustancias inflamables (ver tabla 2)]		
		6,00E-11		Probabilidad compuesta: [Colisión de un vehículo sobre la tubería] * [Probabilidad de ignición de sustancias combustibles (ver tabla 2)]		
S.TB.5	Fuga/derrame por rotura de tuberías subterráneas con sustancias líquidas	2,80E-08	incidentes/año * L	Tubería subterránea (rotura)	Flemish Government (2009)	La probabilidad de ocurrencia depende de la longitud de la tubería (L) medida en metros
S.TB.6	Incendio/explosión por rotura de tuberías subterráneas con líquidos inflamables + Derrame aguas de extinción	3,65E-09	incidentes/año * L	Probabilidad compuesta: [Rotura de tubería subterránea] * [Probabilidad de ignición de sustancias líquidas muy inflamables (ver tabla 2)]	Flemish Government (2009)	
		5,60E-10		Probabilidad compuesta: [Rotura de tubería subterránea] * [Probabilidad de ignición de sustancias líquidas inflamables (ver tabla 2)]		
		1,68E-10		Probabilidad compuesta: [Rotura de tubería subterránea] * [Probabilidad de ignición de sustancias líquidas combustibles (ver tabla 2)]		
S.TB.7	Incendio/explosión por fuga desde las tuberías aéreas con gas inflamable + Derrame aguas de extinción	1,32E-08	incidentes/año * L/D	Probabilidad compuesta: [Rotura de tubería aérea] * [Probabilidad de ignición de gas inflamable (ver tabla 2)]	Flemish Government (2009)	La probabilidad de ocurrencia depende de la longitud de la tubería (L) y del diámetro de la misma (D)
S.TB.8	Incendio/explosión por colisión de un vehículo en el sistema de tuberías de gas inflamable + Derrame aguas de extinción	6,00E-09	incidentes/año	Probabilidad compuesta: [Colisión de un vehículo pesado sobre la tubería] * [Probabilidad de ignición de gas inflamable (ver tabla 2)]	Dirección General de Protección Civil y Emergencias (2004) y Flemish Government (2009)	
S.TB.9	Incendio/explosión por rotura de tuberías subterráneas con gas inflamable + Derrame aguas de extinción	1,68E-08	incidentes/año * L/D	Probabilidad compuesta: [Rotura de tubería subterránea] * [Probabilidad de ignición de gas inflamable (ver tabla 2)]	Flemish Government (2009)	La probabilidad de ocurrencia depende de la longitud de la tubería (L) y del diámetro de la misma (D)
S.V.1	Deslizamiento de taludes de vertedero	1,00E-07	incidentes/año	Probabilidad de que se produzca un deslizamiento de taludes por diseño inadecuado del vertedero	Dirección General de Protección Civil y Emergencias (2004)	
S.V.2	Rebose de balsa de lixiviados	1,00E-07	incidentes/año	Probabilidad de que se produzca un rebose por diseño inadecuado de la balsa de lixiviados	Dirección General de Protección Civil y Emergencias (2004)	
S.V.3	Fuga/derrame por rotura de balsa de lixiviados	1,00E-04	incidentes/año	Probabilidad de fuga continua desde un poro con un diámetro de 10 mm	Purple Book. Sdu Uitgevers, Den Haag (1999)	

Tabla 4 (cont.). Probabilidad de ocurrencia de cada suceso iniciador. Fuente: Elaboración propia y referencias indicadas en la Tabla.

MIRAT

Sector de la fundición

**ANEJO IV: PROBABILIDAD DE FALLO DE LOS FACTORES
CONDICIONANTES**

Índice

I. INTRODUCCIÓN	2
II. PROBABILIDAD DE FALLO DE LOS FACTORES CONDICIONANTES	3

I. INTRODUCCIÓN

De igual forma a lo expuesto para los sucesos iniciadores en el Anejo III, en el presente Anejo IV se presentan las probabilidades de fallo que el presente MIRAT recomienda emplear para cada uno de los factores condicionantes identificados en el modelo.

Independientemente de la recomendación que desde el presente MIRAT se realiza respecto a las probabilidades de fallo de los factores condicionantes, el operador, en el desarrollo de su análisis particular de riesgos medioambientales, podrá emplear valores diferentes a los recomendados, de forma justificada y siempre que los mismos se adecúen en mayor medida a las características de la instalación objeto de análisis.

Los datos de probabilidad se han recogido en una tabla en la que figuran los siguientes campos:

Descripción del factor condicionante: nombre de cada uno de los factores condicionantes identificados previamente en el Anejo II del presente MIRAT.

Probabilidad de fallo: valor de probabilidad de fallo recomendado para cada factor condicionante.

Unidades: unidad en la que se expresa cada probabilidad de fallo.

Fuente: referencia bibliográfica de la que se ha extraído la probabilidad de fallo.

II. PROBABILIDAD DE FALLO DE LOS FACTORES CONDICIONANTES

Descripción del factor condicionante	Tasa de fallo de los equipos		
	Probabilidad de fallo	Unidades	Fuente
Sistemas de contención			
Contención automática	1,00E-01	fallos/demanda	Flemish Government (2009)
Contención manual	5,00E-01	fallos/demanda	Schüller (2005)
Gestión de aguas y derrames			
Gestión de aguas y derrames automática o pasiva	1,00E-01	fallos/demanda	Flemish Government (2009)
Gestión de aguas y derrames manual	5,00E-01	fallos/demanda	Schüller (2005)
Detección y extinción temprana de incendios			
Detección del incendio			
Sistema de detección manual	9,00E-01	veces/demanda	HSE (2003)
Sistema automático de detección	2,00E-01	veces/demanda	HSE (2003)
Sistema mixto de detección (manual y automático)	1,80E-01	veces/demanda	HSE (2003)
Extinción del incendio			
Sistema de extinción manual	9,00E-01	veces/demanda	HSE (2003)
Sistema automático de extinción	6,00E-02	veces/demanda	HSE (2003)

Tabla 1. Probabilidad de fallo de cada factor condicionante. Fuente: Elaboración propia y referencias indicadas en el contenido de la Tabla.

MIRAT

Sector de la fundición

**ANEJO INFORMATIVO: EL SECTOR DE LA FUNDICIÓN,
MEDIO AMBIENTE Y VALORIZACIÓN DE ARENAS**

III. EL SECTOR DE LA FUNDICIÓN, MEDIO AMBIENTE Y LA VALORIZACIÓN DE ARENAS

El sector de Fundición es un Sector que ha sabido adaptar sus sistemas productivos a la normativa medioambiental, incorporando progresivamente nuevas tecnologías, herramientas y modos de gestión, a través de potencial humano bien preparado mediante una formación continua y permanente.

Durante los ejercicios 1992 y 1993 un conjunto de 23 fundiciones realizaron auditorias medioambientales, lo cual permitió identificar los aspectos prioritarios a abordar por el Sector desde el punto de vista medioambiental, principalmente en emisiones a la atmósfera (finos recogidos en las depuraciones de los hornos), residuos sólidos (arenas y finos de moldeo) y vertidos líquidos, iniciándose una campaña de sensibilización en el Sector hacia el logro de una Mejora Medioambiental.

Desde 1994, desde la FEAF hemos apoyado y asesorado a nuestras fundiciones de cara a facilitar la gestión de sus residuos con los vertederos.

Una vez detectado que las arenas usadas suponían el 90% de los residuos del Sector, entre los años 1997 y 2000, la FEAF lideró un proyecto de Cooperación en el País Vasco en el que se analizaron las diferentes posibilidades de ahorro en la generación de subproductos de arenas, trabajando en tres conceptos :minimización, regeneración y reutilización.

Como resultado de este proyecto, año a año, ha ido incrementándose la vía de reutilización de arena de moldeo en la cementera, valorizándose en 2015 un total de 21.000 t de arena de fundición en dos importantes cementeras del País Vasco. En 2006 se alcanzó el máximo valor de arenas valorizadas con más de 60.000 t en el sector cementero por empresas de FEAF a nivel nacional.

En el año 1998 se realizó a petición del Ministerio un Informe Tecnológico Ambiental de las empresas afectadas por la Directiva IPPC y se estudiaron y analizaron las Mejores Técnicas Disponibles. En 1999 la FEAF fue designada por el Ministerio de Medio Ambiente como el representante en el Grupo de Trabajo Europeo creado en el IPTS en Sevilla para debatir la aplicación de la IPPC en los sectores de Forja y Fundición.

Siendo conscientes de que la problemática medioambiental asociada a los residuos de las fundiciones es un problema de cantidad, en el año 2001 se empezó a trabajar en un nuevo proyecto para crear una planta gestora integral de residuos no peligrosos.

Fruto de este proyecto, en 2004 se constituyó la empresa ECOFOND en Salvatierra (Vitoria) una planta de regeneración de arenas de moldeo en verde, impulsada y apoyada desde sus inicios por esta Federación, que mediante un sistema de regeneración por vía húmeda

permite que las propias fundiciones puedan reutilizar las arenas usadas de nuevo en sus procesos.

En el año 2015 las fundiciones de FEAF generaron en torno a 345.000 t de arenas y finos de moldeo. Concretamente, en el País Vasco se generaron 134.000 t. En los últimos cinco años, el Sector ha pasado de un porcentaje de valorización de arenas y finos del 32,13% al 44,26%.

Actualmente la gestión de las arenas usadas, pasa en primer lugar por la reutilización de las mismas en los procesos productivos del propio sector, y la valorización en otros sectores industriales, principalmente el cemento y el ladrillo. La arena de fundición se utiliza también con fines constructivos y parte se regenera en la planta ECOFOND. Otras alternativas de valorización que aprovechamos son la recuperación de metales y la regeneración térmica de arenas.

Concretamente en el País Vasco, conocido el carácter no peligroso de las arenas de fundición, el Gobierno Vasco viene apoyando en los últimos años una serie de proyectos demostración para aumentar los porcentajes de valorización de las arenas en verde y químicas en los sectores del cemento, morteros y prefabricados de hormigón. En paralelo desde la FEAF se está participando y/o colaborando en dos proyectos europeos para la valorización de arenas en baldosas cerámicas (FOUNDRYTILE) y en compostaje con fines agrícolas (FOUNDRYSAND).

De no ser posible la valorización, las arenas usadas de fundición pueden depositarse en vertederos para residuos no peligrosos, que garanticen la impermeabilización del terreno y una correcta gestión de los lixiviados.



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN
Y MEDIO AMBIENTE

SECRETARÍA DE ESTADO
DE MEDIO AMBIENTE

DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD
Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

COMISIÓN TÉCNICA DE PREVENCIÓN Y REPARACIÓN DE DAÑOS MEDIOAMBIENTALES