



# MIRAT

## Sector: Actividades de transporte de mercancías por carretera

**APÉNDICE: Aplicación a un caso hipotético.**

**Memoria explicativa**

**Anejos. Sección elementos estáticos**

## **MIRAT**

**Sector: Actividades de transporte de mercancías por  
carretera**

**APÉNDICE: Aplicación a un caso hipotético.**

**ANEJO A.E.I: Posibles causas asociadas a cada suceso  
iniciador**

## INTRODUCCIÓN

En el presente anejo se recoge la identificación de las causas que se ha realizado para cada uno de los sucesos iniciadores en función de la fuente de peligro de la cual proceden. A continuación se describe cada una de las mismas:

- **Ausencia de revisiones y controles.** Generalmente los equipos, las instalaciones, los almacenamientos, etc. deben ser objeto de una serie de revisiones periódicas que garanticen su funcionamiento adecuado. De esta forma, se considera que una realización deficiente de los controles pertinentes puede desencadenar un suceso iniciador.
- **Desgaste/corrosión.** El desgaste y la corrosión de los materiales de los que se componen los diferentes equipos puede ocasionar que éstos dejen de funcionar de forma correcta dando lugar a un suceso iniciador.
- **Error humano.** El error humano se entiende bajo un enfoque amplio como cualquier incidente que puede producirse al fallar el personal encargado de los equipos o de las operaciones.
- **Fallo del equipo.** Bajo la causa fallo del equipo se da cabida en el análisis a los incidentes desencadenados por un equipo que, al menos aparentemente, se encontraba en buen estado atendiendo a los controles, a sus niveles de desgaste, a la operación por parte del personal, etc. pero que, sin embargo, provoca un incidente debido a fallos intrínsecos al mismo.
- **Foco de ignición.** En el caso de posibles daños por incendio se atiende a una triple causa conocida como triángulo del fuego. Con base en dicho triángulo se asume que únicamente se da un incendio cuando concurren una fuente de ignición, un combustible y un comburente.

Los focos de ignición pueden ser de cuatro tipos:

- i) Focos eléctricos: Cortocircuitos, arco eléctrico, cargas estáticas, etc.
  - ii) Focos químicos: Reacciones exotérmicas, sustancias reactivas o sustancias auto-oxidables.
  - iii) Focos térmicos: Soldadura, chispas de combustión, superficies calientes, etc.
  - iv) Focos mecánicos: Chispas de herramientas o fricciones mecánicas.
- **Rotura por impacto.** En el presente análisis de riesgos la causa de rotura por impacto se considera asociada al impacto ocasionado por el choque de un vehículo. Por lo tanto, únicamente se ha considerado en aquellas zonas o actividades en las cuales existe una circulación de medios de transporte.

Las causas asociadas a cada suceso iniciador se muestran a través de una tabla en la que figuran los siguientes campos:

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

**Código F.:** código de la fuente de peligro.

**Fuente de peligro:** descripción de la fuente de peligro.

**Suceso iniciador:** sucesos iniciadores vinculados a cada fuente de peligro debido a la ocurrencia de una o varias de las causas identificadas.

**Código S.I.:** código del suceso iniciador.

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

## IDENTIFICACIÓN DE CAUSAS PARA CADA SUCESO INICIADOR

Zona	Código F.	Fuente de peligro	Suceso iniciador	Código S.I.	Causas
Estacionamiento	F.E.3	Vehículos estacionados sin carga de mercancía	Derrame de combustible	S.E.8	Ausencia de revisiones y controles
					Desgaste/corrosión
					Error humano
					Fallo del equipo
			Incendio/Explosión del combustible Vertido de aguas de extinción	S.E.9	Ausencia de revisiones y controles
					Desgaste/corrosión
					Error humano
					Fallo del equipo
Instalaciones auxiliares	F.A.2	Depósito de combustible aéreo	Derrame de combustible	S.A.3	Ausencia de revisiones y controles
					Desgaste/corrosión
					Error humano
					Fallo del equipo
			Incendio/Explosión del combustible Vertido de aguas de extinción	S.A.4	Rotura por impacto
					Foco de ignición
	F.A.3	Descarga de combustible desde camión de suministro	Derrame de combustible	S.A.5	Ausencia de revisiones y controles
					Desgaste/corrosión
					Error humano
					Fallo del equipo
			Incendio/Explosión del combustible Vertido de aguas de extinción	S.A.6	Rotura por impacto
					Foco de ignición

Tabla 1. Causas vinculadas a cada suceso iniciador. Fuente: Elaboración propia.

## **MIRAT**

**Sector: Actividades de transporte de mercancías por  
carretera**

**APÉNDICE: Aplicación a un caso hipotético.**

**ANEJO A.E.II: Árboles de sucesos**

## INTRODUCCIÓN

En el presente anejo se recogen los árboles de sucesos construidos específicamente para el presente caso práctico.

Con el fin de exponer la metodología pero no duplicar la información, se han incorporado en este anejo los árboles con toda la información necesaria ya incluida en los mismos, si bien la descripción detallada de su cumplimentación —principalmente el cálculo de las probabilidades de ocurrencia y de los volúmenes de agente causante de daño— se desglosa en la memoria del apéndice y en los Anejos A.E.III. (dedicado a la evaluación de la cantidad de agente causante de daño que retendría cada factor condicionante), A.E.IV. (dedicado a la evaluación de la probabilidad de ocurrencia de los sucesos iniciadores) y A.E.V. (dedicado a la evaluación de la probabilidad de ocurrencia de los factores condicionantes).

Los campos que se consideran en los árboles son los siguientes:

- a) **Suceso iniciador.** Es la descripción del suceso iniciador al que corresponde el árbol consecuencial. El código específico de cada suceso iniciador se indica en el pie de cada figura.
- b) **Prob.** Es la probabilidad de ocurrencia del suceso iniciador y de cada uno de los factores condicionantes.
- c) **Vol. (m<sup>3</sup>).** Es el volumen de agente causante de daño que supera cada uno de los factores condicionantes pasando al siguiente elemento del árbol. El primer volumen del árbol coincide con la cantidad de agente liberado bajo las hipótesis establecidas en cada suceso iniciador y el último volumen con la cantidad de agente que entraría en contacto con los recursos naturales.
- d) **Código.** Es el código del escenario accidental. Dicho código se ha construido con la siguiente estructura: "S.X.Y\_EZ", donde "S.X.Y" se corresponde con el código del suceso iniciador que desencadena cada árbol y "EZ" con el número de escenario concreto dentro de cada árbol.
- e) **Prob. Esc.** Es la probabilidad de ocurrencia del escenario accidental, expresada en veces que ocurre el episodio al año.
- f) **Vol. Esc. (m<sup>3</sup>).** Es el volumen que podría resultar liberado al medio bajo las hipótesis establecidas en cada escenario accidental.
- g) **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.
- h) **Recursos afectados.** Indica mediante una "Q" (en caso de daños por agentes químicos) o mediante una "I" (en caso de daños por incendio) cuales de los recursos naturales

cubiertos por la Ley de Responsabilidad Medioambiental podrían verse potencialmente afectados, conforme con las hipótesis establecidas en cada escenario accidental. Las iniciales empleadas en este campo para cada recurso natural son las siguientes:

- A, agua superficial continental y marina.
- S, suelo y agua subterránea.
- H, especies vegetales.
- E, especies animales.

## ÁRBOLES DE SUCESOS

Suceso iniciador	Prob.	Vol. (m <sup>3</sup> )	¿Actúa eficazmente la contención automática?		¿Actúa eficazmente la contención manual?		¿Actúa eficazmente la gestión de aguas y derrames?		Prob.	Vol. (m <sup>3</sup> )	Código	Prob Esc.	Vol. Esc. (m <sup>3</sup> )	Relevante	Recursos afectados				
			Prob.	Vol. (m <sup>3</sup> )	Prob.	Vol. (m <sup>3</sup> )	Prob.	Vol. (m <sup>3</sup> )							A	S	H	E	
Derrame de combustible desde camión estacionado sin carga	4,70E-06	0,7	Sí	0,00	0,70	Sí	0,55	0,00	Sí	0,91	0,00	S.E.8_E1	0,00E+00	0,00	No				
								No	0,09	0,00	S.E.8_E2	0,00E+00	0,00	No					
					No	0,46	0,70	Sí	0,91	0,00	S.E.8_E3	0,00E+00	0,00	No					
								No	0,09	0,00	S.E.8_E4	0,00E+00	0,00	No					
			No	1,00	0,70	Sí	0,55	0,00	Sí	0,91	0,00	S.E.8_E5	2,32E-06	0,00	No				
								No	0,09	0,00	S.E.8_E6	2,40E-07	0,00	No					
					No	0,46	0,70	Sí	0,91	0,00	S.E.8_E7	1,94E-06	0,00	No					
								No	0,09	0,00	S.E.8_E8	2,01E-07	0,00	No					

Figura 1. Árbol consecucional para el suceso iniciador S.E.8. Fuente: Elaboración propia.

Suceso iniciador	Prob.	Vol. (m <sup>3</sup> )	¿Actúa eficazmente la detección y extinción temprana de incendios?	Prob.	Vol. (m <sup>3</sup> )	¿Actúa eficazmente la gestión de aguas y derrames?	Prob.	Vol. (m <sup>3</sup> )	Código	Prob Esc.	Vol. Esc. (m <sup>3</sup> )	Relevante	Recursos afectados			
													A	S	H	E
Incendio y Vertido de aguas de extinción	1,98E-04	0,00	Sí	0,26	0,00				S.E.9_E.1	5,19E-05	0,00	No				
			No	0,74	15,14	Sí	0,91	0,00	S.E.9_E.2	1,32E-04	0,00	No				
			No	0,09	12,02	S.E.9_E.3	1,37E-05	12,02	Sí		Q					

Q: posible afección por vertido de agentes químicos.

Figura 2. Árbol consecucional para el suceso S.E.9. Fuente: Elaboración propia.

Suceso iniciador	Prob.	Vol. (m <sup>3</sup> )	¿Actúa eficazmente la contención automática?	Prob.	Vol. (m <sup>3</sup> )	¿Actúa eficazmente la contención manual?	Prob.	Vol. (m <sup>3</sup> )	¿Actúa eficazmente la gestión de aguas y derrames?	Prob.	Vol. (m <sup>3</sup> )	Código	Prob Esc.	Vol. Esc. (m <sup>3</sup> )	Relevante	Recursos afectados			
																A	S	H	E
<b>Derrame de combustible desde depósito aéreo</b>	4,68E-06	27	Sí	0,91	0,00	Sí	0,55	0,00	Sí	0,91	0,00	S.A.3_E.1	2,10E-06	0,00	No				
									No	0,09	0,00	S.A.3_E.2	2,17E-07	0,00	No				
						No	0,46	0,00	Sí	0,91	0,00	S.A.3_E.3	1,75E-06	0,00	No				
									No	0,09	0,00	S.A.3_E.4	1,81E-07	0,00	No				
			No	0,09	24,56	Sí	0,55	23,56	Sí	0,91	0,00	S.A.3_E.5	2,12E-07	0,00	No				
									No	0,09	20,44	S.A.3_E.6	2,20E-08	20,44	Sí		Q		
						No	0,46	24,56	Sí	0,91	0,00	S.A.3_E.7	1,77E-07	0,00	No				
									No	0,09	21,44	S.A.3_E.8	1,83E-08	21,44	Sí		Q		

Q: posible afección por vertido de agentes químicos.

**Figura 3.** Árbol consecucional para el suceso iniciador S.A.3. Fuente: Elaboración propia.

Suceso iniciador	Prob.	Vol. (m <sup>3</sup> )	¿Actúa eficazmente la detección y extinción temprana de incendios?	Prob.	Vol. (m <sup>3</sup> )	¿Actúa eficazmente la gestión de aguas y derrames?	Prob.	Vol. (m <sup>3</sup> )	Código	Prob Esc.	Vol. Esc. (m <sup>3</sup> )	Relevante	Recursos afectados			
													A	S	H	E
Incendio y Vertido de aguas de extinción	1,96E-04	0,00	Sí	0,26	0,00				S.A.4_E.1	5,16E-05	0,00	No				
			No	0,74	20,40	Sí	0,91	0,00	S.A.4_E.2	1,31E-04	0,00	No				
						No	0,09	17,28	S.A.4_E.3	1,36E-05	17,28	Sí		Q		

Q: posible afección por vertido de agentes químicos.

**Figura 4.** Árbol consecuencial para el suceso iniciador S.A.4. Fuente: Elaboración propia.

Suceso iniciador	Prob.	Vol. (m <sup>3</sup> )	¿Actúa eficazmente la contención automática?	Prob.	Vol. (m <sup>3</sup> )	¿Actúa eficazmente la contención manual?	Prob.	Vol. (m <sup>3</sup> )	¿Actúa eficazmente la gestión de aguas y derrames?	Prob.	Vol. (m <sup>3</sup> )	Código	Prob Esc.	Vol. Esc. (m <sup>3</sup> )	Relevante	Recursos afectados												
																A	S	H	E									
<b>Derrame de combustible durante la descarga desde camión de suministro</b>	4,46E-05	1,2	Sí	0,00	1,20	Sí	0,55	0,20	Sí	0,91	0,00	S.A.5_E.1	0,00E+00	0,00	No													
						No			0,09						0,00	S.A.5_E.2	0,00E+00	0,00	No									
						No			0,46						1,20	Sí	0,91	0,00	S.A.5_E.3	0,00E+00	0,00	No						
						No			0,09						0,00	S.A.5_E.4	0,00E+00	0,00	No									
			No			1,00			1,20						Sí	0,55	0,20	Sí	0,91	0,00	S.A.5_E.5	2,20E-05	0,00	No				
						No			0,09						0,00	S.A.5_E.6	2,28E-06	0,00	No									
						No			0,46						1,20	Sí	0,91	0,00	S.A.5_E.7	1,84E-05	0,00	No						
						No			0,09						0,00	S.A.5_E.8	1,90E-06	0,00	No									

Figura 5. Árbol consecucional para el suceso iniciador S.A.5. Fuente: Elaboración propia.

Suceso iniciador	Prob.	Vol. (m <sup>3</sup> )	¿Actúa eficazmente la detección y extinción temprana de incendios?	Prob.	Vol. (m <sup>3</sup> )	¿Actúa eficazmente la gestión de aguas y derrames?	Prob.	Vol. (m <sup>3</sup> )	Código	Prob Esc.	Vol. Esc. (m <sup>3</sup> )	Relevante	Recursos afectados			
													A	S	H	E
Incendio y Vertido de aguas de extinción	8,88E-07	0,00	Sí	0,26	0,00				S.A.6_E.1	2,33E-07	0,00	No				
			No	0,74	15,24	Sí	0,91	0,00	S.A.6_E.2	5,93E-07	0,00	No				
						No	0,09	12,12	S.A.6_E.3	6,14E-08	12,12	Sí		Q		

Q: posible afección por vertido de agentes químicos.

Figura 6. Árbol consecuencial para el suceso iniciador S.A.6. Fuente: Elaboración propia.

## **MIRAT**

**Sector: Actividades de transporte de mercancías por  
carretera**

**APÉNDICE: Aplicación a un caso hipotético.**

**ANEJO A.E.III: Modificación de la cantidad retenida  
por los factores condicionantes**

## INTRODUCCIÓN

En el presente MIRAT se ha considerado la existencia de algunos factores condicionantes que permiten retener, al menos parcialmente, el agente causante de daño previamente a que el mismo provoque unos efectos negativos sobre los recursos naturales. Este es el caso, entre otros sistemas, de los cubetos de contención, de los kits manuales antiderrame o de las redes de drenaje cerradas al exterior.

El modelo planteado asume que, en caso de que el factor condicionante no falle (conforme se prevé en cada rama de los árboles de sucesos, Anejo A.E.II), estos sistemas reducirían la cantidad de agente causante del daño en un volumen igual a su capacidad de retención. Esto es, si se considera que el sistema actúa eficazmente éste retendría el 100 por ciento de su capacidad nominal de contención.

Adicionalmente, el modelo considera de forma favorable la mera presencia de los sistemas de emergencia en la instalación aunque los mismos, conforme con su correspondiente rama del árbol de sucesos, no funcionen de forma eficaz o fallen. De esta forma se pretende valorar de forma positiva la adopción de un mayor número de este tipo de equipos. En concreto, en caso de mal funcionamiento del elemento, se considera que estos equipos pueden llegar a reducir la cantidad de agente liberada que finalmente entra en contacto con los recursos naturales en un porcentaje máximo de un 10 por ciento de su capacidad de contención. El valor específico de dicho porcentaje se determina atendiendo a la gestión que el operador realiza de sus instalaciones, evaluada a través de la respuesta dada a una serie de preguntas del SQAS.

En el presente anejo se indican las preguntas del cuestionario SQAS que se han considerado para cada factor condicionante y el cálculo de su correspondiente capacidad mínima de contención atendiendo a la respuesta dada a las mismas.

## ESTIMACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CONTENCIÓN MÍNIMA

FACTORES CONDICIONANTES			Contención derrames		Gestión aguas	
			Contención manual de derrames		Gestión de aguas automática	
Capacidad de contención del Factor Condicionante (m <sup>3</sup> ) - C			1,00		50,00	
Capacidad de contención mínima del Factor Condicionante (m <sup>3</sup> ) - C <sub>MÍN</sub>			0,00		5,00	
Modulo	Pregunta	Texto	Puntuación parcial (N <sub>RA</sub> )	Puntuación total pregunta (P <sub>p</sub> )	Puntuación parcial (N <sub>RA</sub> )	Puntuación total pregunta (P <sub>p</sub> )
Warehouse	4.5.3.	¿Es requerido un equipo de limpieza de derrames en la evaluación de riesgos y está disponible en estado de uso, y existen procedimientos disponibles sobre la contención/recogida de derrames?	1	1		
Core	2.2.2.1.	¿Hay un plan por escrito para responder en casos de emergencia y crisis potenciales que se produzcan dentro del centro?	1	1	1	1
Core	2.2.2.2.	¿Contiene este plan escrito la siguiente información :	1	0,5	1	0,5
	2.2.2.2a	- responsabilidades individuales?			0	
	2.2.2.2b*	- una cobertura 24 horas todos los días de la semana por personal responsable formado?	0			
Core	2.2.2.3.	¿Se mantiene o verifica el equipo de emergencia con una frecuencia definida?	1	1	1	1
Core	2.2.2.4.	¿Se ha realizado un simulacro de emergencia en el centro durante los 12 últimos meses?	1	1	1	1
Tank cleaning	10.1.24.	¿Es adecuado el drenaje del suelo y contención de agua del recinto para asegurar continuidad de operaciones?			1	1
Tank cleaning	10.1.7.	¿Está el sitio pavimentado de acuerdo a los requerimientos y las actividades que se realizan?			1	1
Tank cleaning	10.2.24	¿Está el alcantarillado de aguas industriales separado del sistema de alcantarillado de aguas pluviales?			0	0
Tank cleaning	10.3.4.	¿Hay contención de derrames en el lugar para todos los tanques?	1	1	1	1
Tank cleaning	10.5.1.	El equipamiento de emergencia definido en el plan de emergencia (basado en las evaluaciones de riesgos), ¿se encuentra disponible, en buen estado de uso y regularmente chequeado?	1	1	1	1
Tank cleaning	10.5.2b	¿Incluye el equipo de emergencia materiales de limpieza/absorbentes?	1	1		
Tank cleaning	9.3.13.	¿Existe un sistema de contención para derrames y escapes, que permita el aislamiento del drenaje ?			0	0
Tank cleaning	9.3.14.	¿Hay un equipo adecuado de contención de derrame a disposición en el lugar?	1	1		
Core	1.2.2.2	¿Incluye el programa de formación una formación inicial para cualquier nuevo trabajador?	1	1		
Core	1.2.2.4.	¿Están los siguientes puntos cubiertos en el programa de formación para el personal operacional:	1	1		
	1.2.2.4a	- informes, investigación y análisis de incidentes?				
	1.2.2.4g	- Principios de Seguridad Basada en Comportamiento (BBS)?	1			
	1.2.2.4i	- Evaluación y Gestión del Riesgo?	1			
Core	1.2.2.7.	¿Se utiliza personal cualificado/formado en tareas que requieran formación(técnica)/experiencia específicas?	1	1		
Warehouse	8.1.5.	¿Está entrenado adecuadamente el personal que trabaja en las actividades relacionadas?	1	1		
Warehouse	5.1.24	¿Está el sistema de drenaje de aguas de lluvias en las áreas operacionales controlado para prevenir descargas no autorizadas?			0	0
Warehouse	5.1.25	¿Dónde exista contención de emergencia, hay sistemas y procedimientos para asegurar que el continente se mantiene vacío?			0	0
Core	1.2.2.4e	¿Contiene el programa de formación: procedimientos de emergencia de la compañía?	1	1		
Core	1.2.2.4f	¿Contiene el programa de formación: control y prevención de derrame?	0	0		
Sumatorio de las puntuaciones (ΣP <sub>p</sub> )			ΣP <sub>p</sub>	13,50	ΣP <sub>p</sub>	7,50
Total preguntas (T <sub>p</sub> )			T <sub>p</sub>	15,00	T <sub>p</sub>	12,00
Factor de ajuste (F <sub>A</sub> )			F <sub>A</sub>	0,9000	F <sub>A</sub>	0,6250
Cantidad mínima de contención ajustada (C <sub>MÍN-A</sub> )			C <sub>MÍN-A</sub>	0,00	C <sub>MÍN-A</sub>	3,13

**Tabla 1.** Contención mínima de los factores condicionantes correspondientes al suceso S.E.8.  
Fuente: Elaboración propia.

FACTORES CONDICIONANTES			Gestión aguas	
			Gestión de aguas automática	
Capacidad de contención del Factor Condicionante (m <sup>3</sup> ) - C			50,00	
Capacidad de contención mínima del Factor Condicionante (m <sup>3</sup> ) - C <sub>MÍN</sub>			5,00	
Modulo	Pregunta	Texto	Puntuación parcial (N <sub>RA</sub> )	Puntuación total pregunta (P <sub>p</sub> )
Core	2.2.2.1.	¿Hay un plan por escrito para responder en casos de emergencia y crisis potenciales que se produzcan dentro del centro?	1	1
Core	2.2.2.2.	¿Contiene este plan escrito la siguiente información :	1	0,5
	2.2.2.2a	- responsabilidades individuales?		
	2.2.2.2b*	- una cobertura 24 horas todos los días de la semana por personal responsable formado?	0	
Core	2.2.2.3.	¿Se mantiene o verifica el equipo de emergencia con una frecuencia definida?	1	1
Core	2.2.2.4.	¿Se ha realizado un simulacro de emergencia en el centro durante los 12 últimos meses?	1	1
Tank cleaning	10.1.24.	¿Es adecuado el drenaje del suelo y contención de agua del recinto para asegurar continuidad de operaciones?	1	1
Tank cleaning	10.1.7.	¿Está el sitio pavimentado de acuerdo a los requerimientos y las actividades que se realizan?	1	1
Tank cleaning	10.2.24	¿Está el alcantarillado de aguas industriales separado del sistema de alcantarillado de aguas pluviales?	0	0
Tank cleaning	10.3.4.	¿Hay contención de derrames en el lugar para todos los tanques?	1	1
Tank cleaning	10.5.1.	El equipamiento de emergencia definido en el plan de emergencia (basado en las evaluaciones de riesgos), ¿se encuentra disponible, en buen estado de uso y regularmente chequeado?	1	1
Tank cleaning	9.3.13.	¿Existe un sistema de contención para derrames y escapes, que permita el aislamiento del drenaje ?	0	0
Warehouse	5.1.24	¿Está el sistema de drenaje de aguas de lluvias en las áreas operacionales controlado para prevenir descargas no autorizadas?	0	0
Warehouse	5.1.25	¿Dónde exista contención de emergencia, hay sistemas y procedimientos para asegurar que el continente se mantiene vacío?	0	0
Sumatorio de las puntuaciones ( $\sum P_p$ )			$\sum P_p$	7,50
Total preguntas (T <sub>p</sub> )			T <sub>p</sub>	12,00
Factor de ajuste (F <sub>A</sub> )			F <sub>A</sub>	0,6250
Cantidad mínima de contención ajustada (C <sub>MÍN-A</sub> )			C <sub>MÍN-A</sub>	3,13

**Tabla 2.** Contención mínima de los factores condicionantes correspondientes al suceso S.E.9.  
Fuente: Elaboración propia.

FACTORES CONDICIONANTES			Contención derrames				Gestión aguas		
			Contención automática de derrames		Contención manual de derrames		Gestión de aguas automática		
Capacidad de contención del Factor Condicionante (m <sup>3</sup> ) - C			30,00		1,00		50,00		
Capacidad de contención mínima del Factor Condicionante (m <sup>3</sup> ) - C <sub>MÍN</sub>			3,00		0,00		5,00		
Modulo	Pregunta	Texto	Puntuación parcial (N <sub>RA</sub> )	Puntuación total pregunta (P <sub>P</sub> )	Puntuación parcial (N <sub>RA</sub> )	Puntuación total pregunta (P <sub>P</sub> )	Puntuación parcial (N <sub>RA</sub> )	Puntuación total pregunta (P <sub>P</sub> )	
Warehouse	4.5.3.	¿Es requerido un equipo de limpieza de derrames en la evaluación de riesgos y está disponible en estado de uso, y existen procedimientos disponibles sobre la contención/recogida de derrames?			1	1			
Core	2.2.2.1.	¿Hay un plan por escrito para responder en casos de emergencia y crisis potenciales que se produzcan dentro del centro?	1	1	1	1	1	1	
Core	2.2.2.2.	¿Contiene este plan escrito la siguiente información :	1	0,5	1	0,5	1	0,5	
	2.2.2.2a	- responsabilidades individuales?							
	2.2.2.2b*	- una cobertura 24 horas todos los días de la semana por personal responsable formado?	0		0		0		0
Core	2.2.2.3.	¿Se mantiene o verifica el equipo de emergencia con una frecuencia definida?	1	1	1	1	1	1	
Core	2.2.2.4.	¿Se ha realizado un simulacro de emergencia en el centro durante los 12 últimos meses?	1	1	1	1	1	1	
Tank cleaning	10.1.24.	¿Es adecuado el drenaje del suelo y contención de agua del recinto para asegurar continuidad de operaciones?					1	1	
Tank cleaning	10.1.7.	¿Está el sitio pavimentado de acuerdo a los requerimientos y las actividades que se realizan?					1	1	
Tank cleaning	10.2.24	¿Está el alcantarillado de aguas industriales separado del sistema de alcantarillado de aguas pluviales?					0	0	
Tank cleaning	10.3.4.	¿Hay contención de derrames en el lugar para todos los tanques?	1	1	1	1	1	1	
Tank cleaning	10.3.9.	¿Cumple el cubeto de retención con los requisitos legales y está en buenas condiciones?	1	1					
Tank cleaning	10.5.1.	El equipamiento de emergencia definido en el plan de emergencia (basado en las evaluaciones de riesgos), ¿se encuentra disponible, en buen estado de uso y regularmente chequeado?	1	1	1	1	1	1	
Tank cleaning	10.5.2b	¿Incluye el equipo de emergencia materiales de limpieza/absorbentes?			1	1			
Tank cleaning	9.3.13.	¿Existe un sistema de contención para derrames y escapes, que permita el aislamiento del drenaje ?					0	0	
Tank cleaning	9.3.14.	¿Hay un equipo adecuado de contención de derrame a disposición en el lugar?			1	1			
Core	1.2.2.2	¿Incluye el programa de formación una formación inicial para cualquier nuevo trabajador?			1	1			
Core	1.2.2.4.	¿Están los siguientes puntos cubiertos en el programa de formación para el personal operacional:			1	1			
	1.2.2.4a	- Informes, investigación y análisis de incidentes?							
	1.2.2.4g	- Principios de Seguridad Basada en Comportamiento (BBS)?			1				
	1.2.2.4i	- Evaluación y Gestión del Riesgo?			1				
Core	1.2.2.7.	¿Se utiliza personal cualificado/formado en tareas que requieran formación(técnica)/experiencia específicas?			1	1			
Warehouse	8.1.5.	¿Está entrenado adecuadamente el personal que trabaja en las actividades relacionadas?			1	1			
Warehouse	5.1.24	¿Está el sistema de drenaje de aguas de lluvias en las áreas operacionales controlado para prevenir descargas no autorizadas?					0	0	
Warehouse	5.1.25	¿Dónde exista contención de emergencia, hay sistemas y procedimientos para asegurar que el continente se mantiene vacío?	0	0			0	0	
Core	1.2.2.4e	¿Contiene el programa de formación: procedimientos de emergencia de la compañía?			1	1			
Core	1.2.2.4f	¿Contiene el programa de formación: control y prevención de derrame?			0	0			
Sumatorio de las puntuaciones (ΣP <sub>P</sub> )			6,50		ΣP <sub>P</sub>		13,50		
Total preguntas (T <sub>P</sub> )			8,00		T <sub>P</sub>		15,00		
Factor de ajuste (F <sub>A</sub> )			0,8125		F <sub>A</sub>		0,9000		
Cantidad mínima de contención ajustada (C <sub>MÍN-A</sub> )			2,44		C <sub>MÍN-A</sub>		0,00		
							7,50		
							12,00		
							0,6250		
							3,13		

**Tabla 3.** Contención mínima de los factores condicionantes correspondientes al suceso S.A.3.  
Fuente: Elaboración propia.

FACTORES CONDICIONANTES			Gestión aguas	
			Gestión de aguas automática	
Capacidad de contención del Factor Condicionante (m <sup>3</sup> ) - C			50,00	
Capacidad de contención mínima del Factor Condicionante (m <sup>3</sup> ) - C <sub>MÍN</sub>			5,00	
Modulo	Pregunta	Texto	Puntuación parcial (N <sub>RA</sub> )	Puntuación total pregunta (P <sub>p</sub> )
Core	2.2.2.1.	¿Hay un plan por escrito para responder en casos de emergencia y crisis potenciales que se produzcan dentro del centro?	1	1
Core	2.2.2.2.	¿Contiene este plan escrito la siguiente información :	1	0,5
	2.2.2.2a	- responsabilidades individuales?		
	2.2.2.2b*	- una cobertura 24 horas todos los días de la semana por personal responsable formado?	0	
Core	2.2.2.3.	¿Se mantiene o verifica el equipo de emergencia con una frecuencia definida?	1	1
Core	2.2.2.4.	¿Se ha realizado un simulacro de emergencia en el centro durante los 12 últimos meses?	1	1
Tank cleaning	10.1.24.	¿Es adecuado el drenaje del suelo y contención de agua del recinto para asegurar continuidad de operaciones?	1	1
Tank cleaning	10.1.7.	¿Está el sitio pavimentado de acuerdo a los requerimientos y las actividades que se realizan?	1	1
Tank cleaning	10.2.24	¿Está el alcantarillado de aguas industriales separado del sistema de alcantarillado de aguas pluviales?	0	0
Tank cleaning	10.3.4.	¿Hay contención de derrames en el lugar para todos los tanques?	1	1
Tank cleaning	10.5.1.	El equipamiento de emergencia definido en el plan de emergencia (basado en las evaluaciones de riesgos), ¿se encuentra disponible, en buen estado de uso y regularmente chequeado?	1	1
Tank cleaning	9.3.13.	¿Existe un sistema de contención para derrames y escapes, que permita el aislamiento del drenaje ?	0	0
Warehouse	5.1.24	¿Está el sistema de drenaje de aguas de lluvias en las áreas operacionales controlado para prevenir descargas no autorizadas?	0	0
Warehouse	5.1.25	¿Dónde exista contención de emergencia, hay sistemas y procedimientos para asegurar que el continente se mantiene vacío?	0	0
Sumatorio de las puntuaciones ( $\sum P_p$ )			$\sum P_p$	7,50
Total preguntas (T <sub>p</sub> )			T <sub>p</sub>	12,00
Factor de ajuste (F <sub>A</sub> )			F <sub>A</sub>	0,6250
Cantidad mínima de contención ajustada (C <sub>MÍN-A</sub> )			C <sub>MÍN-A</sub>	3,13

**Tabla 4.** Contención mínima de los factores condicionantes correspondientes al suceso S.A.4.  
Fuente: Elaboración propia.

FACTORES CONDICIONANTES			Contención derrames		Gestión aguas	
			Contención manual de derrames		Gestión de aguas automática	
Capacidad de contención del Factor Condicionante (m <sup>3</sup> ) - C			1,00		50,00	
Capacidad de contención mínima del Factor Condicionante (m <sup>3</sup> ) - C <sub>MIN</sub>			0,00		5,00	
Modulo	Pregunta	Texto	Puntuación parcial (N <sub>RA</sub> )	Puntuación total pregunta (P <sub>p</sub> )	Puntuación parcial (N <sub>RA</sub> )	Puntuación total pregunta (P <sub>p</sub> )
Warehouse	4.5.3.	¿Es requerido un equipo de limpieza de derrames en la evaluación de riesgos y está disponible en estado de uso, y existen procedimientos disponibles sobre la contención/recogida de derrames?	1	1		
Core	2.2.2.1.	¿Hay un plan por escrito para responder en casos de emergencia y crisis potenciales que se produzcan dentro del centro?	1	1	1	1
Core	2.2.2.2.	¿Contiene este plan escrito la siguiente información :	1	0,5	1	0,5
	2.2.2.2a	- responsabilidades individuales?				
	2.2.2.2b*	- una cobertura 24 horas todos los días de la semana por personal responsable formado?	0		0	
Core	2.2.2.3.	¿Se mantiene o verifica el equipo de emergencia con una frecuencia definida?	1	1	1	1
Core	2.2.2.4.	¿Se ha realizado un simulacro de emergencia en el centro durante los 12 últimos meses?	1	1	1	1
Tank cleaning	10.1.24.	¿Es adecuado el drenaje del suelo y contención de agua del recinto para asegurar continuidad de operaciones?			1	1
Tank cleaning	10.1.7.	¿Está el sitio pavimentado de acuerdo a los requerimientos y las actividades que se realizan?			1	1
Tank cleaning	10.2.24	¿Está el alcantarillado de aguas industriales separado del sistema de alcantarillado de aguas pluviales?			0	0
Tank cleaning	10.3.4.	¿Hay contención de derrames en el lugar para todos los tanques?	1	1	1	1
Tank cleaning	10.3.9.	¿Cumple el cubeto de retención con los requisitos legales y está en buenas condiciones?				
Tank cleaning	10.5.1.	El equipamiento de emergencia definido en el plan de emergencia (basado en las evaluaciones de riesgos), ¿se encuentra disponible, en buen estado de uso y regularmente chequeado?	1	1	1	1
Tank cleaning	10.5.2b	¿Incluye el equipo de emergencia materiales de limpieza/absorbentes?	1	1		
Tank cleaning	9.3.13.	¿Existe un sistema de contención para derrames y escapes, que permita el aislamiento del drenaje ?			0	0
Tank cleaning	9.3.14.	¿Hay un equipo adecuado de contención de derrame a disposición en el lugar?	1	1		
Core	1.2.2.2	¿Incluye el programa de formación una formación inicial para cualquier nuevo trabajador?	1	1		
Core	1.2.2.4.	¿Están los siguientes puntos cubiertos en el programa de formación para el personal operacional:	1	1		
	1.2.2.4a	- informes, investigación y análisis de incidentes?				
	1.2.2.4g	- Principios de Seguridad Basada en Comportamiento (BBS)?	1			
	1.2.2.4i	- Evaluación y Gestión del Riesgo?	1			
Core	1.2.2.7.	¿Se utiliza personal cualificado/formado en tareas que requieran formación(técnica)/experiencia específicas?	1	1		
Warehouse	8.1.5.	¿Está entrenado adecuadamente el personal que trabaja en las actividades relacionadas?	1	1		
Warehouse	5.1.24	¿Está el sistema de drenaje de aguas de lluvias en las áreas operacionales controlado para prevenir descargas no autorizadas?			0	0
Warehouse	5.1.25	¿Dónde exista contención de emergencia, hay sistemas y procedimientos para asegurar que el continente se mantiene vacío?			0	0
Core	1.2.2.4e	¿Contiene el programa de formación: procedimientos de emergencia de la compañía?	1	1		
Core	1.2.2.4f	¿Contiene el programa de formación: control y prevención de derrame?	0	0		
Sumatorio de las puntuaciones (ΣP <sub>p</sub> )			ΣP <sub>p</sub>	13,50	ΣP <sub>p</sub>	7,50
Total preguntas (T <sub>p</sub> )			T <sub>p</sub>	15,00	T <sub>p</sub>	12,00
Factor de ajuste (F <sub>A</sub> )			F <sub>A</sub>	0,9000	F <sub>A</sub>	0,6250
Cantidad mínima de contención ajustada (C <sub>MIN-A</sub> )			C <sub>MIN-A</sub>	0,00	C <sub>MIN-A</sub>	3,13

**Tabla 5.** Contención mínima de los factores condicionantes correspondientes al suceso S.A.5.  
Fuente: Elaboración propia.

FACTORES CONDICIONANTES			Gestión aguas	
			Gestión de aguas automática	
Capacidad de contención del Factor Condicionante (m <sup>3</sup> ) - C			50,00	
Capacidad de contención mínima del Factor Condicionante (m <sup>3</sup> ) - C <sub>MÍN</sub>			5,00	
Modulo	Pregunta	Texto	Puntuación parcial (N <sub>RA</sub> )	Puntuación total pregunta (P <sub>p</sub> )
Core	2.2.2.1.	¿Hay un plan por escrito para responder en casos de emergencia y crisis potenciales que se produzcan dentro del centro?	1	1
Core	2.2.2.2.	¿Contiene este plan escrito la siguiente información :	1	0,5
	2.2.2.2a	- responsabilidades individuales?		
	2.2.2.2b*	- una cobertura 24 horas todos los días de la semana por personal responsable formado?	0	
Core	2.2.2.3.	¿Se mantiene o verifica el equipo de emergencia con una frecuencia definida?	1	1
Core	2.2.2.4.	¿Se ha realizado un simulacro de emergencia en el centro durante los 12 últimos meses?	1	1
Tank cleaning	10.1.24.	¿Es adecuado el drenaje del suelo y contención de agua del recinto para asegurar continuidad de operaciones?	1	1
Tank cleaning	10.1.7.	¿Está el sitio pavimentado de acuerdo a los requerimientos y las actividades que se realizan?	1	1
Tank cleaning	10.2.24	¿Está el alcantarillado de aguas industriales separado del sistema de alcantarillado de aguas pluviales?	0	0
Tank cleaning	10.3.4.	¿Hay contención de derrames en el lugar para todos los tanques?	1	1
Tank cleaning	10.5.1.	El equipamiento de emergencia definido en el plan de emergencia (basado en las evaluaciones de riesgos), ¿se encuentra disponible, en buen estado de uso y regularmente chequeado?	1	1
Tank cleaning	9.3.13.	¿Existe un sistema de contención para derrames y escapes, que permita el aislamiento del drenaje ?	0	0
Warehouse	5.1.24	¿Está el sistema de drenaje de aguas de lluvias en las áreas operacionales controlado para prevenir descargas no autorizadas?	0	0
Warehouse	5.1.25	¿Dónde exista contención de emergencia, hay sistemas y procedimientos para asegurar que el continente se mantiene vacío?	0	0
Sumatorio de las puntuaciones ( $\sum P_p$ )			$\sum P_p$	7,50
Total preguntas (T <sub>p</sub> )			T <sub>p</sub>	12,00
Factor de ajuste (F <sub>A</sub> )			F <sub>A</sub>	0,6250
Cantidad mínima de contención ajustada (C <sub>MÍN-A</sub> )			C <sub>MÍN-A</sub>	3,13

**Tabla 6.** Contención mínima de los factores condicionantes correspondientes al suceso S.A.6.  
Fuente: Elaboración propia.

## **MIRAT**

**Sector: Actividades de transporte de mercancías por  
carretera**

**APÉNDICE: Aplicación a un caso hipotético.**

**ANEJO A.E.IV: Modificación de la probabilidad  
asociada al suceso iniciador por gestión del riesgo**



## INTRODUCCIÓN

En el ámbito del presente MIRAT, la probabilidad de ocurrencia genérica de cada suceso iniciador puede verse modificada en un determinado porcentaje atendiendo a ciertas cuestiones relacionadas con la gestión del riesgo que se realiza en la instalación. De esta forma se permite ajustar en mayor medida los datos de probabilidad a las características concretas de cada operador.

Para determinar el porcentaje de reducción que se debe aplicar a la probabilidad de cada uno de sus sucesos iniciadores, se ha acudido como referencia a los distintos cuestionarios recogidos en el SQAS —*Safety & Quality Assessment System*—.

La totalidad de preguntas empleadas para cada suceso iniciador en el caso práctico, así como las respuestas asociadas, se recogen en el presente anejo.

## ESTIMACIÓN DE LA PROBABILIDAD DE CADA SUCESO INICIADOR

FUENTE DE PELIGRO			Vehículos estacionados sin carga de mercancía	
Tasa de fallo genérica (T <sub>FG</sub> )			5,00E-06	
Modulo SQAS	Pregunta SQAS	Texto	Puntuación parcial (N <sub>RA</sub> )	Puntuación total pregunta (P <sub>p</sub> )
Warehouse	10.3.2.16*	¿Los equipos están protegidos de posibles colisiones?	0	0,00
Core	1.2.2.2	¿Incluye el programa de formación una formación inicial para cualquier nuevo trabajador?	1	1,00
Core	1.2.2.4.	¿Están los siguientes puntos cubiertos en el programa de formación para el personal operacional:	1	0,75
	1.2.2.4a	- informes, investigación y análisis de incidentes?		
	1.2.2.4g	- Principios de Seguridad Basada en Comportamiento (BBS)?	1	
	1.2.2.4h	- conciencia de protección según el riesgo y su papel dentro de la actividad de la compañía?	0	
Core	1.2.2.4i	- Evaluación y Gestión del Riesgo?	1	
Core	1.2.2.7.	¿Se utiliza personal cualificado/formado en tareas que requieran formación(técnica)/experiencia específicas?	1	1,00
Tank cleaning	7.2.2.2.	¿Reciben los conductores instrucciones de seguridad de las instalaciones?	0	0,00
Warehouse	6.2.2.	¿Están definidos y medidos los indicadores de mejora y progreso (individuales y de grupo), tales como :	1	0,50
	6.2.2a	- estadísticas de accidentes/incidentes/derrames?		
	6.2.2b*	- Niveles de daños a los equipos?	0	
Warehouse	8.1.5.	¿Está entrenado adecuadamente el personal que trabaja en las actividades relacionadas?	1	1,00
Core	2.1.5.	¿Se toman medidas para controlar/minimizar todos los riesgos potenciales identificados?	0	0,00
Transport	11.1.13	¿Es la ubicación de las instalaciones apta para el acceso de vehículos y está garantizado un fácil movimiento de estos en su interior?	1	1,00
Transport	11.1.9.	¿Hay un sistema de iluminación en las instalaciones?	1	1,00
Warehouse	5.1.17	¿Está el tráfico controlado en el centro?	1	1,00
Warehouse	5.1.18	¿Está el giro de vehículos bajo control en el centro?	0	0,00
Warehouse	5.1.20	¿Están las zonas, carreteras, pasillos y pasos adecuadamente pavimentados, en buenas condiciones, limpios y libres de obstrucciones?	1	1,00
Tank cleaning	4.2.1.1.	¿Existe un procedimiento actualizado para el mantenimiento preventivo?	0	0,00
Tank cleaning	10.1.8.	¿Están las calzadas y el área de estacionamiento en un estado aceptable y seguro?	1	1,00
Tank cleaning	10.1.9.	¿Es fácil el acceso al sitio para los vehículos, así como la circulación en los alrededores?	1	1,00
Tank cleaning	9.3.9.	¿Está el tráfico correctamente dirigido (signos, señales en el camino, direcciones de flujo) y se cumple?	0	0,00
Core	1.4.2.4.	¿Se realizan y documentan inspecciones internas periódicas de seguridad por parte de personal apropiado?	0	0,00
Tank cleaning	4.1.1.2.	¿Se hace una comprobación respecto a las especificaciones de los equipos y el equipamiento de las instalaciones antes de su uso?	1	1,00
Sumatorio de las puntuaciones ( $\sum P_p$ )			11,25	
Total preguntas (TP)			19	
Factor de reducción (F <sub>R</sub> )			0,0592	
Tasa de fallo ajustada (T <sub>FA</sub> )			4,70E-06	

Tabla 1. Cálculo de la tasa de fallo ajustada para el suceso S.E.8. Fuente: Elaboración propia.

FUENTE DE PELIGRO			Vehículos estacionados sin carga de mercancía	
Tasa de fallo genérica ( $T_{FG}$ )			2,10E-04	
Modulo SQAS	Pregunta SQAS	Texto	Puntuación parcial ( $N_{RA}$ )	Puntuación total pregunta ( $P_p$ )
Warehouse	10.3.2.16*	¿Los equipos están protegidos de posibles colisiones?	0	0,00
Core	1.2.2.2	¿Incluye el programa de formación una formación inicial para cualquier nuevo trabajador?	1	1,00
Core	1.2.2.4.	¿Están los siguientes puntos cubiertos en el programa de formación para el personal operacional:	1	0,75
	1.2.2.4a	- informes, investigación y análisis de incidentes?		
	1.2.2.4g	- Principios de Seguridad Basada en Comportamiento (BBS)?	1	
	1.2.2.4h	- conciencia de protección según el riesgo y su papel dentro de la actividad de la compañía?	0	
	1.2.2.4i	- Evaluación y Gestión del Riesgo?	1	
Core	1.2.2.7.	¿Se utiliza personal cualificado/formado en tareas que requieran formación(técnica)/experiencia específicas?	1	1,00
Tank cleaning	7.2.2.2.	¿Reciben los conductores instrucciones de seguridad de las instalaciones?	0	0,00
Warehouse	6.2.2.	¿Están definidos y medidos los indicadores de mejora y progreso (individuales y de grupo), tales como :	1	0,50
	6.2.2a	- estadísticas de accidentes/incidentes/derrames?		
	6.2.2b*	- Niveles de daños a los equipos?	0	
Warehouse	8.1.5.	¿Está entrenado adecuadamente el personal que trabaja en las actividades relacionadas?	1	1,00
Core	2.1.5.	¿Se toman medidas para controlar/minimizar todos los riesgos potenciales identificados?	0	0,00
Transport	11.1.13	¿Es la ubicación de las instalaciones apta para el acceso de vehículos y está garantizado un fácil movimiento de estos en su interior?	1	1,00
Transport	11.1.9.	¿Hay un sistema de iluminación en las instalaciones?	1	1,00
Warehouse	5.1.17	¿Está el tráfico controlado en el centro?	1	1,00
Warehouse	5.1.18	¿Está el giro de vehículos bajo control en el centro?	0	0,00
Warehouse	5.1.20	¿Están las zonas, carreteras, pasillos y pasos adecuadamente pavimentados, en buenas condiciones, limpios y libres de obstrucciones?	1	1,00
Tank cleaning	4.2.1.1.	¿Existe un procedimiento actualizado para el mantenimiento preventivo?	0	0,00
Tank cleaning	10.1.8.	¿Están las calzadas y el área de estacionamiento en un estado aceptable y seguro?	1	1,00
Tank cleaning	10.1.9.	¿Es fácil el acceso al sitio para los vehículos, así como la circulación en los alrededores?	1	1,00
Tank cleaning	9.3.9.	¿Está el tráfico correctamente dirigido (signos, señales en el camino, direcciones de flujo) y se cumple?	0	0,00
Core	1.4.2.4.	¿Se realizan y documentan inspecciones internas periódicas de seguridad por parte de personal apropiado?	0	0,00
Tank cleaning	4.1.1.2.	¿Se hace una comprobación respecto a las especificaciones de los equipos y el equipamiento de las instalaciones antes de su uso?	1	1,00
Sumatorio de las puntuaciones ( $\sum P_p$ )				11,25
Total preguntas ( $T_p$ )				19,00
Factor de reducción ( $F_R$ )				0,0592
Tasa de fallo ajustada ( $T_{FA}$ )				1,98E-04

Tabla 2. Cálculo de la tasa de fallo ajustada para el suceso S.E.9. Fuente: Elaboración propia.

FUENTE DE PELIGRO			Depósito de combustible aéreo	
Tasa de fallo genérica ( $T_{FG}$ )			5,00E-06	
Modulo SQAS	Pregunta SQAS	Texto	Puntuación parcial ( $N_{RA}$ )	Puntuación total pregunta ( $P_p$ )
Warehouse	10.3.2.16*	¿Los equipos están protegidos de posibles colisiones?	1	1,00
Core	1.2.2.2	¿Incluye el programa de formación una formación inicial para cualquier nuevo trabajador?	1	1,00
Core	1.2.2.4.	¿Están los siguientes puntos cubiertos en el programa de formación para el personal operacional:	1	0,75
	1.2.2.4a	- informes, investigación y análisis de incidentes?		
	1.2.2.4g	- Principios de Seguridad Basada en Comportamiento (BBS)?	1	
	1.2.2.4h	- conciencia de protección según el riesgo y su papel dentro de la actividad de la compañía?	0	
	1.2.2.4i	- Evaluación y Gestión del Riesgo?	1	
Core	1.2.2.7.	¿Se utiliza personal cualificado/formado en tareas que requieran formación(técnica)/experiencia específicas?	1	1,00
Tank cleaning	7.2.2.2.	¿Reciben los conductores instrucciones de seguridad de las instalaciones?	0	0,00
Warehouse	6.2.2.	¿Están definidos y medidos los indicadores de mejora y progreso (individuales y de grupo), tales como :	1	0,50
	6.2.2a	- estadísticas de accidentes/incidentes/derrames?		
	6.2.2b*	- Niveles de daños a los equipos?	0	
Warehouse	8.1.5.	¿Está entrenado adecuadamente el personal que trabaja en las actividades relacionadas?	1	1,00
Warehouse	10.2.4.1.	¿Los tanques están aprobados para las mercancías almacenadas y por consiguiente identificados y etiquetados?	1	1,00
Warehouse	10.2.4.3.	¿Las alarmas de alto nivel están instaladas en los tanques de almacenamiento y se inspeccionan/mantienen periódicamente?	0	0,00
Core	2.1.5.	¿Se toman medidas para controlar/minimizar todos los riesgos potenciales identificados?	0	0,00
Transport	11.1.13	¿Es la ubicación de las instalaciones apta para el acceso de vehículos y está garantizado un fácil movimiento de estos en su interior?	1	1,00
Transport	11.1.9.	¿Hay un sistema de iluminación en las instalaciones?	1	1,00
Warehouse	5.1.17	¿Está el tráfico controlado en el centro?	1	1,00
Warehouse	5.1.18	¿Está el giro de vehículos bajo control en el centro?	0	0,00
Warehouse	5.1.20	¿Están las zonas, carreteras, pasillos y pasos adecuadamente pavimentados, en buenas condiciones, limpios y libres de obstrucciones?	1	1,00
Warehouse	4.4.1.	¿Hay señales de seguridad y de prohibido fumar claramente visibles?	1	1,00
Tank cleaning	4.2.1.1.	¿Existe un procedimiento actualizado para el mantenimiento preventivo?	0	0,00
Tank cleaning	10.1.8.	¿Están las calzadas y el área de estacionamiento en un estado aceptable y seguro?	1	1,00
Tank cleaning	10.1.9.	¿Es fácil el acceso al sitio para los vehículos, así como la circulación en los alrededores?	1	1,00
Tank cleaning	9.3.9.	¿Está el tráfico correctamente dirigido (signos, señales en el camino, direcciones de flujo) y se cumple?	1	1,00
Core	1.4.2.4.	¿Se realizan y documentan inspecciones internas periódicas de seguridad por parte de personal apropiado?	0	0,00
Tank cleaning	4.1.1.2.	¿Se hace una comprobación respecto a las especificaciones de los equipos y el equipamiento de las instalaciones antes de su uso?	0	0,00
Sumatorio de las puntuaciones ( $\Sigma P_p$ )				14,25
Total preguntas ( $T_p$ )				22,00
Factor de reducción ( $F_R$ )				0,0648
Tasa de fallo ajustada ( $T_{FA}$ )				4,68E-06

Tabla 3. Cálculo de la tasa de fallo ajustada para el suceso S.A.3. Fuente: Elaboración propia.

FUENTE DE PELIGRO			Depósito de combustible aéreo	
Tasa de fallo genérica ( $T_{FG}$ )			2,10E-04	
Modulo SQAS	Pregunta SQAS	Texto	Puntuación parcial ( $N_{RA}$ )	Puntuación total pregunta ( $P_p$ )
Warehouse	10.3.2.16*	¿Los equipos están protegidos de posibles colisiones?	1	1,00
Core	1.2.2.2	¿Incluye el programa de formación una formación inicial para cualquier nuevo trabajador?	1	1,00
Core	1.2.2.4.	¿Están los siguientes puntos cubiertos en el programa de formación para el personal operacional:	1	0,75
	1.2.2.4a	- informes, investigación y análisis de incidentes?		
	1.2.2.4g	- Principios de Seguridad Basada en Comportamiento (BBS)?	1	
	1.2.2.4h	- conciencia de protección según el riesgo y su papel dentro de la actividad de la compañía?	0	
	1.2.2.4i	- Evaluación y Gestión del Riesgo?	1	
Core	1.2.2.7.	¿Se utiliza personal cualificado/formado en tareas que requieran formación(técnica)/experiencia específicas?	1	1,00
Tank cleaning	7.2.2.2.	¿Reciben los conductores instrucciones de seguridad de las instalaciones?	0	0,00
Warehouse	6.2.2.	¿Están definidos y medidos los indicadores de mejora y progreso (individuales y de grupo), tales como :	1	0,50
	6.2.2a	- estadísticas de accidentes/incidentes/derrames?		
	6.2.2b*	- Niveles de daños a los equipos?	0	
Warehouse	8.1.5.	¿Está entrenado adecuadamente el personal que trabaja en las actividades relacionadas?	1	1,00
Warehouse	10.2.4.1.	¿Los tanques están aprobados para las mercancías almacenadas y por consiguiente identificados y etiquetados?	1	1,00
Warehouse	10.2.4.3.	¿Las alarmas de alto nivel están instaladas en los tanques de almacenamiento y se inspeccionan/mantienen periódicamente?	0	0,00
Core	2.1.5.	¿Se toman medidas para controlar/minimizar todos los riesgos potenciales identificados?	0	0,00
Transport	11.1.13	¿Es la ubicación de las instalaciones apta para el acceso de vehículos y está garantizado un fácil movimiento de estos en su interior?	1	1,00
Transport	11.1.9.	¿Hay un sistema de iluminación en las instalaciones?	1	1,00
Warehouse	5.1.17	¿Está el tráfico controlado en el centro?	1	1,00
Warehouse	5.1.18	¿Está el giro de vehículos bajo control en el centro?	0	0,00
Warehouse	5.1.20	¿Están las zonas, carreteras, pasillos y pasos adecuadamente pavimentados, en buenas condiciones, limpios y libres de obstrucciones?	1	1,00
Warehouse	4.4.1.	¿Hay señales de seguridad y de prohibido fumar claramente visibles?	1	1,00
Tank cleaning	4.2.1.1.	¿Existe un procedimiento actualizado para el mantenimiento preventivo?	0	0,00
Tank cleaning	10.1.8.	¿Están las calzadas y el área de estacionamiento en un estado aceptable y seguro?	1	1,00
Tank cleaning	10.1.9.	¿Es fácil el acceso al sitio para los vehículos, así como la circulación en los alrededores?	1	1,00
Tank cleaning	9.3.9.	¿Está el tráfico correctamente dirigido (signos, señales en el camino, direcciones de flujo) y se cumple?	1	1,00
Core	1.4.2.4.	¿Se realizan y documentan inspecciones internas periódicas de seguridad por parte de personal apropiado?	0	0,00
Tank cleaning	4.1.1.2.	¿Se hace una comprobación respecto a las especificaciones de los equipos y el equipamiento de las instalaciones antes de su uso?	0	0,00
Sumatorio de las puntuaciones ( $\Sigma P_p$ )				14,25
Total preguntas ( $T_p$ )				22,00
Factor de reducción ( $F_R$ )				0,0648
Tasa de fallo ajustada ( $T_{FA}$ )				1,96E-04

Tabla 4. Cálculo de la tasa de fallo ajustada para el suceso S.A.4. Fuente: Elaboración propia.

FUENTE DE PELIGRO			Descarga de combustible	
Tasa de fallo genérica ( $T_{FG}$ )			4,80E-05	
Modulo SQAS	Pregunta SQAS	Texto	Puntuación parcial ( $N_{RA}$ )	Puntuación total pregunta ( $P_p$ )
Core	1.2.2.2	¿Incluye el programa de formación una formación inicial para cualquier nuevo trabajador?	1	1,00
Core	1.2.2.4.	¿Están los siguientes puntos cubiertos en el programa de formación para el personal operacional:	1	0,75
	1.2.2.4a	- informes, investigación y análisis de incidentes?		
	1.2.2.4g	- Principios de Seguridad Basada en Comportamiento (BBS)?	1	
	1.2.2.4h	- conciencia de protección según el riesgo y su papel dentro de la actividad de la compañía?	0	
	1.2.2.4i	- Evaluación y Gestión del Riesgo?	1	
Core	1.2.2.7.	¿Se utiliza personal cualificado/formado en tareas que requieran formación(técnica)/experiencia específicas?	1	1,00
Transport	11.1.9.	¿Hay un sistema de iluminación en las instalaciones?	1	1,00
Transport	6.1.2.2.d	¿ Están definidos los indicadores de mejora y progreso, tales como accidentes e incidentes en lugares de descarga?	0	0,00
Transport	9.4.4.*	¿Está entrenado de forma adecuada el personal involucrado en las transferencia de combustible?	1	1,00
Transport	9.4.7.*	¿Se realiza utilizando medios adecuados y seguros la transferencia de combustible?	1	1,00
Transport	11.2.3.c*	¿Hay en las instalaciones procedimientos claros sobre prácticas seguras para la carga y descarga?	0	0,00
Sumatorio de las puntuaciones ( $\sum P_p$ )				5,75
Total preguntas ( $T_p$ )				8,00
Factor de reducción ( $F_R$ )				0,0719
Tasa de fallo ajustada ( $T_{FA}$ )				4,46E-05

**Tabla 5.** Cálculo de la tasa de fallo ajustada para el suceso S.A.5. Fuente: Elaboración propia.

FUENTE DE PELIGRO			Depósito de combustible	
Tasa de fallo genérica ( $T_{FG}$ )			9,60E-07	
Modulo SQAS	Pregunta SQAS	Texto	Puntuación parcial ( $N_{RA}$ )	Puntuación total pregunta ( $P_p$ )
Core	1.2.2.2	¿Incluye el programa de formación una formación inicial para cualquier nuevo trabajador?	1	1
Core	1.2.2.4.	¿Están los siguientes puntos cubiertos en el programa de formación para el personal operacional:	1	0,75
	1.2.2.4a	- informes, investigación y análisis de incidentes?		
	1.2.2.4g	- Principios de Seguridad Basada en Comportamiento (BBS)?	1	
	1.2.2.4h	- conciencia de protección según el riesgo y su papel dentro de la actividad de la compañía?	0	
	1.2.2.4i	- Evaluación y Gestión del Riesgo?	1	
Core	1.2.2.7.	¿Se utiliza personal cualificado/formado en tareas que requieran formación(técnica)/experiencia específicas?	1	1
Transport	11.1.9.	¿Hay un sistema de iluminación en las instalaciones?	1	1
Transport	6.1.2.2.d	¿ Están definidos los indicadores de mejora y progreso, tales como accidentes e incidentes en lugares de descarga?	0	0
Transport	9.4.4.*	¿Está entrenado de forma adecuada el personal involucrado en las transferencia de combustible?	1	1
Transport	9.4.7.*	¿Se realiza utilizando medios adecuados y seguros la transferencia de combustible?	1	1
Transport	11.2.3.c*	¿Hay en las instalaciones procedimientos claros sobre prácticas seguras para la carga y descarga?	0	0
Transport	11.3.3.	¿Se han instalado señales, indicadores, letreros y/o pictogramas de precaución (prohibido fumar, obligación de usar casco, etc.)?	1	1
Sumatorio de las puntuaciones ( $\sum P_p$ )				7,50
Total preguntas ( $T_p$ )				10,00
Factor de reducción ( $F_R$ )				0,0750
Tasa de fallo ajustada ( $T_{FA}$ )				8,88E-07

**Tabla 6.** Cálculo de la tasa de fallo ajustada para el suceso S.A.6. Fuente: Elaboración propia.

## **MIRAT**

**Sector: Actividades de transporte de mercancías por  
carretera**

**APÉNDICE: Aplicación a un caso hipotético.**

**ANEJO A.E.V: Modificación de la probabilidad  
asociada a los factores condicionantes por gestión del  
riesgo**

## **INTRODUCCIÓN**

De forma similar a la metodología seguida para la asignación de probabilidades de ocurrencia a los sucesos iniciadores, en el MIRAT la probabilidad de éxito de los factores condicionantes parte de una tasa de fallo genérica tomada de la bibliografía. Posteriormente dicha tasa es objeto de una matización con objeto de ajustarla en mayor medida a las características concretas de cada instalación. En concreto, el modelo persigue valorar de forma positiva a aquellas instalaciones que implementen unos mejores sistemas de gestión de sus riesgos, permitiendo que las mismas reduzcan la tasa de fallo genérica hasta en un 10 por ciento.

El valor específico de reducción de la tasa de fallo es función de la respuesta dada a una serie de cuestiones del SQAS relativas a cada factor condicionante. El presente anejo recoge dichas cuestiones del SQAS así como la respuesta y puntuaciones asignadas a cada una de las mismas.

## ESTIMACIÓN DE LA TASA DE FALLO DE LOS FACTORES CONDICIONANTES

FACTORES CONDICIONANTES			Contención derrames		Gestión aguas		
			Contención manual de		Gestión de aguas automática		
Tasa de fallo genérica ( $T_{FG}$ )			5,00E-01		1,00E-01		
Modulo	Pregunta	Texto	Puntuación parcial ( $N_{RA}$ )	Puntuación total pregunta ( $P_p$ )	Puntuación parcial ( $N_{RA}$ )	Puntuación total pregunta ( $P_p$ )	
Warehouse	4.5.3.	Es requerido un equipo de limpieza de derrames en la evaluación de riesgos y está disponible en estado de uso, y existen procedimientos disponibles sobre la contención/recogida de derrames?	1	1			
Core	2.2.2.1.	¿Hay un plan por escrito para responder en casos de emergencia y crisis potenciales que se produzcan dentro del centro?	1	1	1	1	
Core	2.2.2.2.	¿Contiene este plan escrito la siguiente información :	1	0,5	1	0,5	
	2.2.2.2a	- responsabilidades individuales?					
	2.2.2.2b*	- una cobertura 24 horas todos los días de la semana por personal responsable formado?	0	0			
Core	2.2.2.3.	¿Se mantiene o verifica el equipo de emergencia con una frecuencia definida?	1	1	1	1	
Core	2.2.2.4.	¿Se ha realizado un simulacro de emergencia en el centro durante los 12 últimos meses?	1	1	1	1	
Tank cleaning	10.1.24.	¿Es adecuado el drenaje del suelo y contención de agua del recinto para asegurar continuidad de operaciones?			1	1	
Tank cleaning	10.1.7.	¿Está el sitio pavimentado de acuerdo a los requerimientos y las actividades que se realizan?			1	1	
Tank cleaning	10.2.24	¿Está el alcantarillado de aguas industriales separado del sistema de alcantarillado de aguas pluviales?			0	0	
Tank cleaning	10.3.4.	¿Hay contención de derrames en el lugar para todos los tanques?	1	1	1	1	
Tank cleaning	10.5.1.	El equipamiento de emergencia definido en el plan de emergencia (basado en las evaluaciones de riesgos), ¿se encuentra disponible, en buen estado de uso y regularmente chequeado?	1	1	1	1	
Tank cleaning	10.5.2b	¿Incluye el equipo de emergencia materiales de limpieza/absorbentes?	1	1			
Tank cleaning	9.3.13.	¿Existe un sistema de contención para derrames y escapes, que permita el aislamiento del drenaje ?			0	0	
Tank cleaning	9.3.14.	¿Hay un equipo adecuado de contención de derrame a disposición en el lugar?	1	1			
Core	1.2.2.2	¿Incluye el programa de formación una formación inicial para cualquier nuevo trabajador?	1	1			
Core	1.2.2.4.	¿Están los siguientes puntos cubiertos en el programa de formación para el personal operacional:	1	1			
	1.2.2.4a	- informes, investigación y análisis de incidentes?					
	1.2.2.4g	- Principios de Seguridad Basada en Comportamiento (BBS)?	1				
	1.2.2.4i	- Evaluación y Gestión del Riesgo?	1				
Core	1.2.2.7.	¿Se utiliza personal cualificado/formado en tareas que requieran formación(técnica)/experiencia específicas?	1	1			
Warehouse	8.1.5.	¿Está entrenado adecuadamente el personal que trabaja en las actividades relacionadas?	1	1			
Warehouse	5.1.24	¿Está el sistema de drenaje de aguas de lluvias en las áreas operacionales controlado para prevenir descargas no autorizadas?			0	0	
Warehouse	5.1.25	¿Dónde exista contención de emergencia, hay sistemas y procedimientos para asegurar que el continente se mantiene vacío?			0	0	
Core	1.2.2.4e	¿Contiene el programa de formación: procedimientos de emergencia de la compañía?	1	1			
Core	1.2.2.4f	¿Contiene el programa de formación: control y prevención de derrame?	0	0			
Sumatorio de las puntuaciones ( $\Sigma P_p$ )				13,50		$\Sigma P_p$	7,50
Total preguntas ( $T_p$ )				15,00		$T_p$	12,00
Factor de reducción ( $F_R$ )				0,0900		$F_R$	0,0625
Tasa de fallo ajustada ( $T_{FA}$ )				4,55E-01		$T_{FA}$	9,38E-02

**Tabla 1.** Tasa de fallo de los factores condicionantes vinculados al suceso S.E.8. Fuente: Elaboración propia.

FACTORES CONDICIONANTES			Detección/extinción incendios		Gestión aguas	
			Detección/extinción manual incendios		Gestión de aguas automática	
Tasa de fallo genérica (T <sub>FG</sub> )			8,10E-01		1,00E-01	
Modulo	Pregunta	Texto	Puntuación parcial (N <sub>RA</sub> )	Puntuación total pregunta (P <sub>p</sub> )	Puntuación parcial (N <sub>RA</sub> )	Puntuación total pregunta (P <sub>p</sub> )
Transport	11.1.15	¿Se dispone de suficientes elementos contraincendios si se almacenan/estacionan sustancias químicas inflamables en las instalaciones?	1	1,00		
Warehouse	4.1.1.2.	¿El Plan contra incendios cumple con los requisitos de la licencia de actividad?	1	1,00		
Warehouse	4.1.1.4.*	¿Está seguro de que el Plan contra incendios se actualiza periódicamente (período de menos de 5 años) para reflejar cambios significativos en productos almacenados, cantidades almacenadas y características técnicas, administrativas y de construcción antiincendios?	1	1,00		
Warehouse	4.1.4.1.*	¿El Plan contra incendios contiene el suficiente abastecimiento de agua en términos de volumen, presión y fiabilidad?	1	0,50		
Warehouse	4.3.1.	¿La protección técnica contra incendios del almacén (detectores de humo, sistemas de extinción fijos, aberturas para humos y calor, extintores...) cumple con las regulaciones locales y está documentado esto en certificados?	1	1,00		
Warehouse	4.3.3.	¿Está el equipamiento contraincendios mantenido, testado o chequeado periódicamente?	0	0,00		
Core	2.2.2.1.	¿Hay un plan por escrito para responder en casos de emergencia y crisis potenciales que se produzcan dentro del centro?	1	1,00	1	1,00
Core	2.2.2.2.	¿Contiene este plan escrito la siguiente información :	1	0,50	1	0,50
	2.2.2.2a	- responsabilidades individuales?				
Core	2.2.2.2b*	- una cobertura 24 horas todos los días de la semana por personal responsable formado?	0		0	
Core	2.2.2.3.	¿Se mantiene o verifica el equipo de emergencia con una frecuencia definida?	1	1,00	1	1,00
Core	2.2.2.4.	¿Se ha realizado un simulacro de emergencia en el centro durante los 12 últimos meses?	1	1,00	1	1,00
Tank cleaning	10.1.12.	¿Hay un sistema de extinción de incendios instalado?	1	1,00		
Tank cleaning	10.1.14.	¿Se encuentran marcadas sobre los equipos de seguridad (ej: extintores, BLE's) de toda la instalación las inspecciones de todos los equipos?	1	1,00		
Tank cleaning	10.1.15.	¿Tiene la bomba de agua contra incendios poder de emergencia?	1	1,00		
Tank cleaning	10.1.16.	¿Es la accesibilidad del sitio y de los edificios adecuada para el control del fuego?	1	1,00		
Tank cleaning	10.1.24.	¿Es adecuado el drenaje del suelo y contención de agua del recinto para asegurar continuidad de operaciones?			1	1,00
Tank cleaning	10.1.7.	¿Está el sitio pavimentado de acuerdo a los requerimientos y las actividades que se realizan?			1	1,00
Tank cleaning	10.2.24	¿Está el alcantarillado de aguas industriales separado del sistema de alcantarillado de aguas pluviales?			0	0,00
Tank cleaning	10.3.4.	¿Hay contención de derrames en el lugar para todos los tanques?			1	1,00
Tank cleaning	10.5.1.	El equipamiento de emergencia definido en el plan de emergencia (basado en las evaluaciones de riesgos), ¿se encuentra disponible, en buen estado de uso y regularmente chequeado?	1	1,00	1	1,00
Tank cleaning	9.3.13.	¿Existe un sistema de contención para derrames y escapes, que permita el aislamiento del drenaje ?			0	0,00
Core	1.2.2.2	¿Incluye el programa de formación una formación inicial para cualquier nuevo trabajador?	1	1,00		
Core	1.2.2.4.	¿Están los siguientes puntos cubiertos en el programa de formación para el personal operacional:	1	1,00		
	1.2.2.4a	- Informes, investigación y análisis de incidentes?				
	1.2.2.4g	- Principios de Seguridad Basada en Comportamiento (BBS)?	1			
	1.2.2.4i	- Evaluación y Gestión del Riesgo?	1			
Core	1.2.2.7.	¿Se utiliza personal cualificado/formado en tareas que requieran formación(técnica)/experiencia específicas?	1	1,00		
Warehouse	8.1.5.	¿Está entrenado adecuadamente el personal que trabaja en las actividades relacionadas?	1	1,00		
Warehouse	5.1.24	¿Está el sistema de drenaje de aguas de lluvias en las áreas operacionales controlado para prevenir descargas no autorizadas?			0	0,00
Warehouse	5.1.25	¿Dónde exista contención de emergencia, hay sistemas y procedimientos para asegurar que el continente se mantiene vacío?			0	0,00
Core	1.2.2.4e	¿Contiene el programa de formación: procedimientos de emergencia de la compañía?	1	1,00		
Sumatorio de las puntuaciones (ΣP <sub>p</sub> )			ΣP <sub>p</sub>	18,00	ΣP <sub>p</sub>	7,50
Total preguntas (T <sub>p</sub> )			T <sub>p</sub>	20,00	T <sub>p</sub>	12,00
Factor de reducción (F <sub>R</sub> )			F <sub>R</sub>	0,0900	F <sub>R</sub>	0,0625
Tasa de fallo ajustada (T <sub>FA</sub> )			T <sub>FA</sub>	7,37E-01	T <sub>FA</sub>	9,38E-02

**Tabla 2.** Tasa de fallo de los factores condicionantes vinculados al suceso S.E.9. Fuente: Elaboración propia.

FACTORES CONDICIONANTES			Contención derrames				Gestión aguas	
			Contención automática de derrames		Contención manual de derrames		Gestión de aguas automática	
Tasa de fallo genérica (T <sub>FG</sub> )			1,00E-01		5,00E-01		1,00E-01	
Modulo	Pregunta	Texto	Puntuación parcial (N <sub>RA</sub> )	Puntuación total pregunta (P <sub>p</sub> )	Puntuación parcial (N <sub>RA</sub> )	Puntuación total pregunta (P <sub>p</sub> )	Puntuación parcial (N <sub>RA</sub> )	Puntuación total pregunta (P <sub>p</sub> )
Warehouse	4.5.3.	¿Es requerido un equipo de limpieza de derrames en la evaluación de riesgos y está disponible en estado de uso, y existen procedimientos disponibles sobre la contención/recogida de derrames?			1	1		
Core	2.2.2.1.	¿Hay un plan por escrito para responder en casos de emergencia y crisis potenciales que se produzcan dentro del centro?	1	1	1	1	1	1
Core	2.2.2.2.	¿Contiene este plan escrito la siguiente información :	1	0,5	1	0,5	1	0,5
	2.2.2.2a	- responsabilidades individuales?						
Core	2.2.2.2b*	- una cobertura 24 horas todos los días de la semana por personal responsable formado?	0		0		0	
Core	2.2.2.3.	¿Se mantiene o verifica el equipo de emergencia con una frecuencia definida?	1	1	1	1	1	1
Core	2.2.2.4.	¿Se ha realizado un simulacro de emergencia en el centro durante los 12 últimos meses?	1	1	1	1	1	1
Tank cleaning	10.1.24.	¿Es adecuado el drenaje del suelo y contención de agua del recinto para asegurar continuidad de operaciones?					1	1
Tank cleaning	10.1.7.	¿Está el sitio pavimentado de acuerdo a los requerimientos y las actividades que se realizan?					1	1
Tank cleaning	10.2.24	¿Está el alcantarillado de aguas industriales separado del sistema de alcantarillado de aguas pluviales?					0	0
Tank cleaning	10.3.4.	¿Hay contención de derrames en el lugar para todos los tanques?	1	1	1	1	1	1
Tank cleaning	10.3.9.	¿Cumple el cubeto de retención con los requisitos legales y está en buenas condiciones?	1	1				
Tank cleaning	10.5.1.	El equipamiento de emergencia definido en el plan de emergencia (basado en las evaluaciones de riesgos), ¿se encuentra disponible, en buen estado de uso y regularmente chequeado?	1	1	1	1	1	1
Tank cleaning	10.5.2b	¿Incluye el equipo de emergencia materiales de limpieza/absorbentes?			1	1		
Tank cleaning	9.3.13.	¿Existe un sistema de contención para derrames y escapes, que permita el aislamiento del drenaje?					0	0
Tank cleaning	9.3.14.	¿Hay un equipo adecuado de contención de derrame a disposición en el lugar?			1	1		
Core	1.2.2.2	¿Incluye el programa de formación una formación inicial para cualquier nuevo trabajador?			1	1		
Core	1.2.2.4.	¿Están los siguientes puntos cubiertos en el programa de formación para el personal operacional:			1	1		
	1.2.2.4a	- informes, investigación y análisis de incidentes?						
	1.2.2.4g	- Principios de Seguridad Basada en Comportamiento (BBS)?			1			
	1.2.2.4i	- Evaluación y Gestión del Riesgo?			1			
Core	1.2.2.7.	¿Se utiliza personal cualificado/formado en tareas que requieran formación(técnica)/experiencia específicas?			1	1		
Warehouse	8.1.5.	¿Está entrenado adecuadamente el personal que trabaja en las actividades relacionadas?			1	1		
Warehouse	5.1.24	¿Está el sistema de drenaje de aguas de lluvias en las áreas operacionales controlado para prevenir descargas no autorizadas?					0	0
Warehouse	5.1.25	¿Dónde exista contención de emergencia, hay sistemas y procedimientos para asegurar que el continente se mantiene vacío?	0	0			0	0
Core	1.2.2.4e	¿Contiene el programa de formación: procedimientos de emergencia de la compañía?			1	1		
Core	1.2.2.4f	¿Contiene el programa de formación: control y prevención de derrame?			0	0		
Sumatorio de las puntuaciones (ΣP <sub>p</sub> )			6,50		ΣP <sub>p</sub>	13,50	ΣP <sub>p</sub>	7,50
Total preguntas (T <sub>p</sub> )			8,00		T <sub>p</sub>	15,00	T <sub>p</sub>	12,00
Factor de reducción (F <sub>d</sub> )			0,0813		F <sub>d</sub>	0,0900	F <sub>d</sub>	0,0625
Tasa de fallo ajustada (T <sub>FA</sub> )			9,19E-02		T <sub>FA</sub>	4,55E-01	T <sub>FA</sub>	9,38E-02

**Tabla 3.** Tasa de fallo de los factores condicionantes vinculados al suceso S.A.3. Fuente: Elaboración propia.

FACTORES CONDICIONANTES			Detección/extinción incendios		Gestión aguas	
			Detección/extinción manual incendios		Gestión de aguas automática	
Tasa de fallo genérica (T <sub>FG</sub> )			8,10E-01		1,00E-01	
Modulo	Pregunta	Texto	Puntuación parcial (N <sub>RA</sub> )	Puntuación total pregunta (P <sub>p</sub> )	Puntuación parcial (N <sub>RA</sub> )	Puntuación total pregunta (P <sub>p</sub> )
Transport	11.1.15	¿Se dispone de suficientes elementos contraincendios si se almacenan/estacionan sustancias químicas inflamables en las instalaciones?	1	1,00		
Warehouse	4.1.1.2.	¿El Plan contra incendios cumple con los requisitos de la licencia de actividad?	1	1,00		
Warehouse	4.1.1.4.*	¿Está seguro de que el Plan contra incendios se actualiza periódicamente (periodo de menos de 5 años) para reflejar cambios significativos en productos almacenados, cantidades almacenadas y características técnicas, administrativas y de construcción antiincendios?	1	1,00		
Warehouse	4.1.4.1.*	¿El Plan contra incendios contiene el suficiente abastecimiento de agua en términos de volumen, presión y fiabilidad?	1	0,50		
Warehouse	4.3.1.	¿La protección técnica contra incendios del almacén (detectores de humo, sistemas de extinción fijos, aberturas para humos y calor, extintores...) cumple con las regulaciones locales y está documentado esto en certificados?	1	1,00		
Warehouse	4.3.3.	¿Está el equipamiento contraincendios mantenido, testado o chequeado periódicamente?	0	0,00		
Core	2.2.2.1.	¿Hay un plan por escrito para responder en casos de emergencia y crisis potenciales que se produzcan dentro del centro?	1	1,00	1	1,00
Core	2.2.2.2.	¿Contiene este plan escrito la siguiente información :	1	0,50	1	0,50
	2.2.2.2a	- responsabilidades individuales?				
Core	2.2.2.2b*	- una cobertura 24 horas todos los días de la semana por personal responsable formado?	0		0	
Core	2.2.2.3.	¿Se mantiene o verifica el equipo de emergencia con una frecuencia definida?	1	1,00	1	1,00
Core	2.2.2.4.	¿Se ha realizado un simulacro de emergencia en el centro durante los 12 últimos meses?	1	1,00	1	1,00
Tank cleaning	10.1.12.	¿Hay un sistema de extinción de incendios instalado?	1	1,00		
Tank cleaning	10.1.14.	¿Se encuentran marcadas sobre los equipos de seguridad (ej: extintores, BIE's) de toda la instalación las inspecciones de todos los equipos?	1	1,00		
Tank cleaning	10.1.15.	¿Tiene la bomba de agua contra incendios poder de emergencia?	1	1,00		
Tank cleaning	10.1.16.	¿Es la accesibilidad del sitio y de los edificios adecuada para el control del fuego?	1	1,00		
Tank cleaning	10.1.24.	¿Es adecuado el drenaje del suelo y contención de agua del recinto para asegurar continuidad de operaciones?			1	1,00
Tank cleaning	10.1.7.	¿Está el sitio pavimentado de acuerdo a los requerimientos y las actividades que se realizan?			1	1,00
Tank cleaning	10.2.24	¿Está el alcantarillado de aguas industriales separado del sistema de alcantarillado de aguas pluviales?			0	0,00
Tank cleaning	10.3.4.	¿Hay contención de derrames en el lugar para todos los tanques?			1	1,00
Tank cleaning	10.5.1.	El equipamiento de emergencia definido en el plan de emergencia (basado en las evaluaciones de riesgos), ¿se encuentra disponible, en buen estado de uso y regularmente chequeado?	1	1,00	1	1,00
Tank cleaning	9.3.13.	¿Existe un sistema de contención para derrames y escapes, que permita el aislamiento del drenaje ?			0	0,00
Core	1.2.2.2	¿Incluye el programa de formación una formación inicial para cualquier nuevo trabajador?	1	1,00		
Core	1.2.2.4.	¿Están los siguientes puntos cubiertos en el programa de formación para el personal operacional:	1	1,00		
	1.2.2.4a	- informes, investigación y análisis de incidentes?				
	1.2.2.4g	- Principios de Seguridad Basada en Comportamiento (BBS)?	1			
Core	1.2.2.4i	- Evaluación y Gestión del Riesgo?	1			
Core	1.2.2.7.	¿Se utiliza personal cualificado/formado en tareas que requieran formación(técnica)/experiencia específicas?	1	1,00		
Warehouse	8.1.5.	¿Está entrenado adecuadamente el personal que trabaja en las actividades relacionadas?	1	1,00		
Warehouse	5.1.24	¿Está el sistema de drenaje de aguas de lluvias en las áreas operacionales controlado para prevenir descargas no autorizadas?			0	0,00
Warehouse	5.1.25	¿Dónde exista contención de emergencia, hay sistemas y procedimientos para asegurar que el continente se mantiene vacío?			0	0,00
Core	1.2.2.4e	¿Contiene el programa de formación: procedimientos de emergencia de la compañía?	1	1,00		
Sumatorio de las puntuaciones (ΣP <sub>p</sub> )			ΣP <sub>p</sub>	18,00	ΣP <sub>p</sub>	7,50
Total preguntas (T <sub>p</sub> )			T <sub>p</sub>	20,00	T <sub>p</sub>	12,00
Factor de reducción (F <sub>a</sub> )			F <sub>a</sub>	0,0900	F <sub>a</sub>	0,0625
Tasa de fallo ajustada (T <sub>FA</sub> )			T <sub>FA</sub>	7,37E-01	T <sub>FA</sub>	9,38E-02

**Tabla 4.** Tasa de fallo de los factores condicionantes vinculados al suceso S.A.4. Fuente: Elaboración propia.

FACTORES CONDICIONANTES			Contención derrames		Gestión aguas	
			Contención manual de derrames		Gestión de aguas automática	
Tasa de fallo genérica (T <sub>FG</sub> )			5,00E-01		1,00E-01	
Modulo	Pregunta	Texto	Puntuación parcial (N <sub>RA</sub> )	Puntuación total pregunta (P <sub>p</sub> )	Puntuación parcial (N <sub>RA</sub> )	Puntuación total pregunta (P <sub>p</sub> )
Warehouse	4.5.3.	¿Es requerido un equipo de limpieza de derrames en la evaluación de riesgos y está disponible en estado de uso, y existen procedimientos disponibles sobre la contención/recogida de derrames?	1	1		
Core	2.2.2.1.	¿Hay un plan por escrito para responder en casos de emergencia y crisis potenciales que se produzcan dentro del centro?	1	1	1	1
Core	2.2.2.2.	¿Contiene este plan escrito la siguiente información :	1	0,5	1	0,5
	2.2.2.2a	- responsabilidades individuales?				
	2.2.2.2b*	- una cobertura 24 horas todos los días de la semana por personal responsable formado?	0		0	
Core	2.2.2.3.	¿Se mantiene o verifica el equipo de emergencia con una frecuencia definida?	1	1	1	1
Core	2.2.2.4.	¿Se ha realizado un simulacro de emergencia en el centro durante los 12 últimos meses?	1	1	1	1
Tank cleaning	10.1.24.	¿Es adecuado el drenaje del suelo y contención de agua del recinto para asegurar continuidad de operaciones?			1	1
Tank cleaning	10.1.7.	¿Está el sitio pavimentado de acuerdo a los requerimientos y las actividades que se realizan?			1	1
Tank cleaning	10.2.24	¿Está el alcantarillado de aguas industriales separado del sistema de alcantarillado de aguas pluviales?			0	0
Tank cleaning	10.3.4.	¿Hay contención de derrames en el lugar para todos los tanques?	1	1	1	1
Tank cleaning	10.3.9.	¿Cumple el cubeto de retención con los requisitos legales y está en buenas condiciones?				
Tank cleaning	10.5.1.	El equipamiento de emergencia definido en el plan de emergencia (basado en las evaluaciones de riesgos), ¿se encuentra disponible, en buen estado de uso y regularmente chequeado?	1	1	1	1
Tank cleaning	10.5.2b	¿Incluye el equipo de emergencia materiales de limpieza/absorbentes?	1	1		
Tank cleaning	9.3.13.	¿Existe un sistema de contención para derrames y escapes, que permita el aislamiento del drenaje ?			0	0
Tank cleaning	9.3.14.	¿Hay un equipo adecuado de contención de derrame a disposición en el lugar?	1	1		
Core	1.2.2.2	¿Incluye el programa de formación una formación inicial para cualquier nuevo trabajador?	1	1		
Core	1.2.2.4.	¿Están los siguientes puntos cubiertos en el programa de formación para el personal operacional:	1	1		
	1.2.2.4a	- informes, investigación y análisis de incidentes?				
	1.2.2.4g	- Principios de Seguridad Basada en Comportamiento (BBS)?	1			
	1.2.2.4i	- Evaluación y Gestión del Riesgo?	1			
Core	1.2.2.7.	¿Se utiliza personal cualificado/formado en tareas que requieran formación(técnica)/experiencia específicas?	1	1		
Warehouse	8.1.5.	¿Está entrenado adecuadamente el personal que trabaja en las actividades relacionadas?	1	1		
Warehouse	5.1.24	¿Está el sistema de drenaje de aguas de lluvias en las áreas operacionales controlado para prevenir descargas no autorizadas?			0	0
Warehouse	5.1.25	¿Dónde exista contención de emergencia, hay sistemas y procedimientos para asegurar que el continente se mantiene vacío?			0	0
Core	1.2.2.4e	¿Contiene el programa de formación: procedimientos de emergencia de la compañía?	1	1		
Core	1.2.2.4f	¿Contiene el programa de formación: control y prevención de derrame?	0	0		
Sumatorio de las puntuaciones (ΣP <sub>p</sub> )			ΣP <sub>p</sub>	13,50	ΣP <sub>p</sub>	7,50
Total preguntas (T <sub>p</sub> )			T <sub>p</sub>	15,00	T <sub>p</sub>	12,00
Factor de reducción (F <sub>R</sub> )			F <sub>R</sub>	0,0900	F <sub>R</sub>	0,0625
Tasa de fallo ajustada (T <sub>FA</sub> )			T <sub>FA</sub>	4,55E-01	T <sub>FA</sub>	9,38E-02

**Tabla 5.** Tasa de fallo de los factores condicionantes vinculados al suceso S.A.5. Fuente: Elaboración propia.

FACTORES CONDICIONANTES			Detección/extinción incendios		Gestión aguas	
			Detección/extinción manual incendios		Gestión de aguas automática	
Tasa de fallo genérica (T <sub>FG</sub> )			8,10E-01		1,00E-01	
Modulo	Pregunta	Texto	Puntuación parcial (N <sub>RA</sub> )	Puntuación total pregunta (P <sub>p</sub> )	Puntuación parcial (N <sub>RA</sub> )	Puntuación total pregunta (P <sub>p</sub> )
Transport	11.1.15	¿Se dispone de suficientes elementos contraincendios si se almacenan/estacionan sustancias químicas inflamables en las instalaciones?	1	1,00		
Warehouse	4.1.1.2.	¿El Plan contra incendios cumple con los requisitos de la licencia de actividad?	1	1,00		
Warehouse	4.1.1.4.*	¿Está seguro de que el Plan contra incendios se actualiza periódicamente (período de menos de 5 años) para reflejar cambios significativos en productos almacenados, cantidades almacenadas y características técnicas, administrativas y de construcción antiincendios?	1	1,00		
Warehouse	4.1.4.1.*	¿El Plan contra incendios contiene el suficiente abastecimiento de agua en términos de volumen, presión y fiabilidad?	1	0,50		
Warehouse	4.3.1.	¿La protección técnica contra incendios del almacén (detectores de humo, sistemas de extinción fijos, aberturas para humos y calor, extintores...) cumple con las regulaciones locales y está documentado esto en certificados?	1	1,00		
Warehouse	4.3.3.	¿Está el equipamiento contraincendios mantenido, testado o chequeado periódicamente?	0	0,00		
Core	2.2.2.1.	¿Hay un plan por escrito para responder en casos de emergencia y crisis potenciales que se produzcan dentro del centro?	1	1,00	1	1,00
Core	2.2.2.2.	¿Contiene este plan escrito la siguiente información :	1	0,50	1	0,50
	2.2.2.2a	- responsabilidades individuales?				
Core	2.2.2.2b*	- una cobertura 24 horas todos los días de la semana por personal responsable formado?	0		0	
Core	2.2.2.3.	¿Se mantiene o verifica el equipo de emergencia con una frecuencia definida?	1	1,00	1	1,00
Core	2.2.2.4.	¿Se ha realizado un simulacro de emergencia en el centro durante los 12 últimos meses?	1	1,00	1	1,00
Tank cleaning	10.1.12.	¿Hay un sistema de extinción de incendios instalado?	1	1,00		
Tank cleaning	10.1.14.	¿Se encuentran marcadas sobre los equipos de seguridad (ej: extintores, BIE's) de toda la instalación las inspecciones de todos los equipos?	1	1,00		
Tank cleaning	10.1.15.	¿Tiene la bomba de agua contra incendios poder de emergencia?	1	1,00		
Tank cleaning	10.1.16.	¿Es la accesibilidad del sitio y de los edificios adecuada para el control del fuego?	1	1,00		
Tank cleaning	10.1.24.	¿Es adecuado el drenaje del suelo y contención de agua del recinto para asegurar continuidad de operaciones?			1	1,00
Tank cleaning	10.1.7.	¿Está el sitio pavimentado de acuerdo a los requerimientos y las actividades que se realizan?			1	1,00
Tank cleaning	10.2.24	¿Está el alcantarillado de aguas industriales separado del sistema de alcantarillado de aguas pluviales?			0	0,00
Tank cleaning	10.3.4.	¿Hay contención de derrames en el lugar para todos los tanques?			1	1,00
Tank cleaning	10.5.1.	El equipamiento de emergencia definido en el plan de emergencia (basado en las evaluaciones de riesgos), ¿se encuentra disponible, en buen estado de uso y regularmente chequeado?	1	1,00	1	1,00
Tank cleaning	9.3.13.	¿Existe un sistema de contención para derrames y escapes, que permita el aislamiento del drenaje ?			0	0,00
Core	1.2.2.2	¿Incluye el programa de formación una formación inicial para cualquier nuevo trabajador?	1	1,00		
Core	1.2.2.4.	¿Están los siguientes puntos cubiertos en el programa de formación para el personal operacional:	1	1,00		
	1.2.2.4a	- informes, investigación y análisis de incidentes?				
	1.2.2.4g	- Principios de Seguridad Basada en Comportamiento (BBS)?	1			
Core	1.2.2.4i	- Evaluación y Gestión del Riesgo?	1			
Core	1.2.2.7.	¿Se utiliza personal cualificado/formado en tareas que requieran formación(técnica)/experiencia específicas?	1	1,00		
Warehouse	8.1.5.	¿Está entrenado adecuadamente el personal que trabaja en las actividades relacionadas?	1	1,00		
Warehouse	5.1.24	¿Está el sistema de drenaje de aguas de lluvias en las áreas operacionales controlado para prevenir descargas no autorizadas?			0	0,00
Warehouse	5.1.25	¿Dónde exista contención de emergencia, hay sistemas y procedimientos para asegurar que el continente se mantiene vacío?			0	0,00
Core	1.2.2.4e	¿Contiene el programa de formación: procedimientos de emergencia de la compañía?	1	1,00		
Sumatorio de las puntuaciones (ΣP <sub>p</sub> )			ΣP <sub>p</sub>	18,00	ΣP <sub>p</sub>	7,50
Total preguntas (T <sub>p</sub> )			T <sub>p</sub>	20,00	T <sub>p</sub>	12,00
Factor de reducción (F <sub>R</sub> )			F <sub>R</sub>	0,0900	F <sub>R</sub>	0,0625
Tasa de fallo ajustada (T <sub>FA</sub> )			T <sub>FA</sub>	7,37E-01	T <sub>FA</sub>	9,38E-02

**Tabla 6.** Tasa de fallo de los factores condicionantes vinculados al suceso S.A.6. Fuente: Elaboración propia

## **MIRAT**

**Sector: Actividades de transporte de mercancías por  
carretera**

**APÉNDICE: Aplicación a un caso hipotético.**

**ANEJO A.E.VI: Descripción del modelo de dispersión  
para daños por agentes químicos sobre el suelo y el  
agua subterránea**

## **Índice**

I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. CÁLCULO DE LA SUPERFICIE AFECTADA POR UN VERTIDO .....	1
III. CÁLCULO DE LA PROFUNDIDAD AFECTADA POR UN VERTIDO .....	3



## I. INTRODUCCIÓN

En el presente anejo se expone de forma detallada el modelo de dispersión de contaminantes propuesto en Grimaz *et al.* (2007) y Grimaz *et al.* (2008), dado su elevado interés para la cuantificación de daños al suelo y al agua subterránea.

Este modelo ofrece una estimación de la superficie afectada por el vertido y de la profundidad alcanzada por el mismo, siendo una herramienta válida para la evaluación de la extensión de los daños medioambientales considerados en los análisis de riesgos.

Como documentos básicos de partida para la elaboración del anejo se han tomado los análisis de riesgos sectoriales puestos a disposición pública a través de la página web del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente<sup>1</sup>.

## II. CÁLCULO DE LA SUPERFICIE AFECTADA POR UN VERTIDO

El modelo de dispersión permite la simulación de diferentes hipótesis de vertido: puntuales o lineales, en terreno con pendiente o sin pendiente, etc. No obstante, en el ámbito del presente análisis de riesgos se propone a los operadores emplear las ecuaciones correspondientes a vertidos puntuales sobre superficies planas, dado que estas características pueden ser asumibles dadas las características de las hipótesis accidentales que se han considerado.

Bajo estas premisas, la superficie de vertido se corresponde con un círculo cuyo centro se encuentra en el origen del derrame y cuyo área —expresada en metros cuadrados— es el resultado de aplicar la siguiente expresión:

$$A_{pool} = \pi \cdot s(t)^2 \quad \text{[Ec.1]}$$

Donde:

- $A_{pool}$  = superficie de la mancha de vertido [m<sup>2</sup>].
- $s(t)$  = distancia de difusión [m].

La ecuación propuesta por Huppert (Huppert, 2006) para dimensionar la distancia de difusión se calcula con la siguiente expresión:

$$s(t) = \zeta_N(\alpha, n)(Rq^3)^{1/(5+3n)} t^{(3\alpha+1)/(5+3n)} \quad \text{[Ec.2]}$$

---

<sup>1</sup> <http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/responsabilidad-mediambiental/analisis-de-riesgos-sectoriales/herramientas.aspx>

Donde:

- $s(t)$  = coordenada espacial que define la extensión del área. Para  $n=1^2$ , correspondiente a una fuente de vertido puntual;  $s$ =radio [m].
- $\zeta_N(\alpha, n)$  = coeficiente adimensional definido por Huppert, que varía en función del valor que tomen los parámetros  $\alpha^3$  y  $n$  según se muestra en la Tabla 1. En el presente análisis se recomienda asumir un valor  $\alpha=1$  —correspondiente a vertidos de flujo constante—.

Tipo de vertido	n = 0	n = 1
$\alpha=0$	1,411	0,894
$\alpha=1$	1,010	0,715
$\alpha=2$	0,850	0,623

**Tabla 1.** Valores del coeficiente  $\zeta_N(\alpha, n)$  en la ecuación de Huppert, en función de los parámetros  $\alpha$  y  $n$ . Fuente: Grimaz *et al.*, 2007 (AIDIC).

- $R$  = difusión efectiva, se calcula a partir de la aceleración de la gravedad ( $g$ ) [ $m/s^2$ ], la densidad ( $\rho$ ) [ $kg/m^3$ ] y la viscosidad dinámica ( $\mu$ )<sup>4</sup> [ $kg\cdot m/s$ ] mediante la siguiente ecuación:

$$R = \frac{\rho g}{3 \mu} = \frac{g}{3 \nu} \quad \text{[Ec.4]}$$

- $q$  = caudal de vertido [ $m^3/s$ ], calculado mediante la división del volumen vertido entre el tiempo de vertido.
- $t$  = tiempo de transición [s], se calcula a partir de los parámetros  $\alpha$  y  $n$ , la aceleración de la gravedad ( $g$ ) [ $m/s^2$ ], y la permeabilidad del suelo ( $k$ ) [ $m^2$ ] aplicando la siguiente expresión:

$$t \approx 0,697^n \times \left[ 3^{1-n} \left( \frac{6}{\pi} \right)^n \frac{q^{2-n} \nu^{6-n}}{g^{6-n} k^{5-n}} \right]^{\frac{1}{(6-n)-(2-n)\alpha}} \quad \text{[Ec.5]}$$

<sup>2</sup> Los valores que puede tomar  $n$  indican el tipo de fuente que origina el daño; así, se utiliza:  $n=0$  para fuentes lineales, y  $n=1$  para fuentes puntuales.

<sup>3</sup> Los valores de  $\alpha$  indican el comportamiento del vertido a lo largo del tiempo; así:  $\alpha=0$  indica que el vertido es instantáneo,  $\alpha=1$  que se trata de un vertido de flujo constante, y  $\alpha=2$  que el flujo de vertido sigue una tendencia lineal.

<sup>4</sup> La viscosidad cinemática ( $\nu$ ) [ $m^2/s$ ] es el resultado de dividir la viscosidad dinámica ( $\mu$ ) [ $kg\cdot m/s$ ] entre la densidad ( $\rho$ ) [ $kg/m^3$ ].

### III. CÁLCULO DE LA PROFUNDIDAD AFECTADA POR UN VERTIDO

Las sustancias químicas susceptibles de derramarse, además de expandirse superficialmente, pueden infiltrarse en el suelo siempre que éste tenga cierto grado de permeabilidad.

De esta forma, la cantidad de recurso afectado puede evaluarse en unidades de volumen —superficie por profundidad—, para posteriormente convertirse en unidades de masa (toneladas) aplicando un determinado valor de densidad. En caso de que el operador no disponga de un dato específico para su instalación puede acudir a valores recogidos en la bibliografía —a modo de ejemplo, podría tomarse una densidad promedio de 1,35 g/cm<sup>3</sup> tomada de EPA (1996) y YU *et al.*, (1993)—.

Los autores del modelo de dispersión, proponen la siguiente expresión para la estimación de la profundidad que alcanza el vertido en el suelo:

$$D_{MP} = \frac{V_{spill} - V_E}{A_{pool} R \xi} \quad \text{[Ec.6]}$$

Donde:

- $D_{MP}$  = profundidad máxima que alcanza el vertido en el suelo [m].
- $A_{pool}$  = superficie ocupada por el derrame, considerando los coeficientes expuestos en el apartado anterior [m<sup>2</sup>].
- $V_{spill}$  = volumen vertido [m<sup>3</sup>].
- $V_E$  = volumen evaporado [m<sup>3</sup>].
- $R$  = capacidad de retención [m<sup>3</sup><sub>sust</sub>/m<sup>3</sup><sub>suelo</sub>]. Su valor puede estimarse conforme con lo indicado en la Tabla 2.

Tipo de suelo	$R$ [m <sup>3</sup> <sub>sust</sub> /m <sup>3</sup> <sub>suelo</sub> ]
Grava	8 x 10 <sup>-3</sup>
Arena	15 x 10 <sup>-3</sup>
Limo	40 x 10 <sup>-3</sup>

**Tabla 2.** Coeficiente de capacidad de retención (R) para los diferentes tipos de suelo. Fuente: elaboración propia a partir de Grimaz *et al.*, 2008.

- $\xi$  = parámetro que depende de la viscosidad de la sustancia vertida y cuyo valor se estima conforme a la Tabla 3.

Sustancia	$\xi$
Viscosidad baja	0,5
Viscosidad media	1,0
Viscosidad alta	2,0

**Tabla 3.** Valores de  $\xi$  en función de la viscosidad de la sustancia. Fuente: Grimaz *et al.*, 2008.

## **MIRAT**

**Sector: Actividades de transporte de mercancías  
por carretera**

**APÉNDICE: Aplicación a un caso hipotético.**

**ANEJO A.E.VII: Informe de salida de la aplicación  
informática MORA**





## INFORME DE COSTES DE REPARACIÓN

### Datos generales

<u>Nombre</u>	Caso práctico MERCANCÍAS-Seccion estática		
<u>Fecha de realización</u>	<input type="text"/>	<u>Versión</u>	v2011/1
<u>Operador</u>	<input type="text"/>		

### Datos de localización

<u>Coordenada X</u>	<input type="text"/>	<u>Coordenada Y</u>	<input type="text"/>	<u>SRS</u>	<input type="text"/>
---------------------	----------------------	---------------------	----------------------	------------	----------------------

### Parámetros

Concepto	Valor	Valor original
Accesibilidad	Sí	
Distancia vía	0	
Rango de pendiente	Muy baja	
Permeabilidad	Baja	
Espacio protegido	No	

### Daño

Agente	Recurso	Cantidad dañada	Reversibilidad
Fueles y CONV biodegradables	Suelo	1.244,16 t	Sí

### Reparaciones

Reparación

Nº de unidades físicas a reparar	1.244,16t
----------------------------------	-----------

Tiempo de espera

0 Meses
---------



Técnica de reparación

Landfarming

Datos relacionados con la técnica de reparación

Concepto	Valor	Valor original
Técnica seleccionada	Landfarming	Landfarming
Coste Unitario	52,11	
Coste fijo	0,00	
Multiplicador	0,00	
Exponente	0,00	
Tiempo de recuperación	9	
Unidad de tiempo	Meses	
Tipo de eficacia	Demostrada	

Presupuesto de la reparación primaria

Nombre	%	Importe (€)	% Original	Imp. Original (€)
Total Reparación		106.219,61		106.219,61
Total Aplicación Técnica		94.137,78		94.137,78
% IVA	21,00	16.337,96	21,00	16.337,96
%Seguridad por contingencia	20,00	12.966,64	20,00	12.966,64
PEC Aplicación Técnica		64.833,18		64.833,18
Total Consultoría		9.369,49		9.369,49
%IVA	21,00	1.626,11	21,00	1.626,11
%Seguridad por contingencia	20,00	1.290,56	20,00	1.290,56
PEC Consultoría		6.452,82		6.452,82
Total Revisión y Control		2.712,34		2.712,34
%IVA	21,00	470,74	21,00	470,74
%Seguridad por contingencia	20,00	373,60	20,00	373,60



Nombre	%	Importe (€)	% Original	Imp. Original (€)
PEC Revisión y Control		1.868,00		1.868,00

Reparación compensatoria

Nº de unidades físicas a reparar	13,84 t
----------------------------------	---------

Tiempo de espera

Tasa de descuento

Técnica de reparación

Datos relacionados con la técnica de reparación

Concepto	Valor	Valor original
Técnica seleccionada	Landfarming	Landfarming
Coste Unitario	52,11	
Coste fijo	0,00	
Multiplicador	0,00	
Exponente	0,00	
Tiempo de recuperación	9	
Unidad de tiempo	Meses	
Tipo de eficacia	Demostrada	

Presupuesto de la reparación compensatoria

Nombre	%	Importe (€)	% Original	Imp. Original (€)
Total Reparación		13.129,01		13.129,01
Total Aplicación Técnica		1.047,18		1.047,18
% IVA	21,00	181,74	21,00	181,74



Nombre	%	Importe (€)	% Original	Imp. Original (€)
%Seguridad por contingencia	20,00	144,24	20,00	144,24
PEC Aplicación Técnica		721,20		721,20
Total Consultoría		9.369,49		9.369,49
%IVA	21,00	1.626,11	21,00	1.626,11
%Seguridad por contingencia	20,00	1.290,56	20,00	1.290,56
PEC Consultoría		6.452,82		6.452,82
Total Revisión y Control		2.712,34		2.712,34
%IVA	21,00	470,74	21,00	470,74
%Seguridad por contingencia	20,00	373,60	20,00	373,60
PEC Revisión y Control		1.868,00		1.868,00

#### Desglose daño

Nombre	Importe (€)	Imp. Original (€)
Total Reparación Primaria	106.219,61	106.219,61
Total Reparación Compensatoria	13.129,01	13.129,01
Total Reparación del daño	119.348,62	119.348,62

#### Resumen reparaciones

Escenario	Reparación	Importe (€)
Fueles y CONV biodegradables en Suelo	Reparación primaria	106.219,610
	Reparación compensatoria	13.129,010
	Total reparación del daño	119.348,620
<b>Total</b>		<b>119.348,620</b>

#### Presupuesto camino



Nombre	%	Importe (€)	% Original	Imp. Original (€)
Total Construcción del Camino		0,00		0,00
Total Ejecución Camino		0,00		0,00
%IVA	21,00	0,00	21,00	0,00
%Seguridad por Contingencia	20,00	0,00	20,00	0,00
PEC Construcción del Camino		0,00		0,00
Total Consultoría		0,00		0,00
%IVA	21,00	0,00	21,00	0,00
%Seguridad por Contingencia	20,00	0,00	20,00	0,00
PEC Consultoría		0,00		0,00



**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**