



**MODELO DE INFORME DE RIESGOS
AMBIENTALES TIPO (MIRAT)
PARA EL SECTOR DE LA AVICULTURA DE
PUESTA Y DE CARNE**

APÉNDICE: Aplicación a un caso práctico
Memoria Explicativa

Índice

I. DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD Y CARACTERIZACIÓN DE SU ENTORNO.....	1
II. IDENTIFICACIÓN DE ESCENARIOS ACCIDENTALES RELEVANTES	6
II.1. Fuentes de peligro	6
II.2. Causas de peligro y sucesos iniciadores	9
II.3. Identificación de los escenarios accidentales.....	12
II.4. Cantidad de agente asociada al suceso iniciador	14
II.5. Cantidad de agente asociada al escenario accidental.....	20
III. ESTIMACIÓN DE LA PROBABILIDAD ASOCIADA A CADA ESCENARIO	28
III.1. Probabilidad del suceso iniciador	28
III.2. Probabilidad del escenario accidental.....	28
IV. CÁLCULO DEL IDM DE CADA ESCENARIO.....	37
V. ESTIMACIÓN DEL RIESGO ASOCIADO A CADA ESCENARIO	43
VI. SELECCIÓN DEL ESCENARIO ACCIDENTAL DE REFERENCIA	43
VII. DETERMINACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DEL DAÑO ASOCIADO AL ESCENARIO ACCIDENTAL DE REFERENCIA.....	44
VII.1. Extensión del daño medioambiental.....	45
VII.2. Intensidad del daño medioambiental.....	46
VII.3. Escala temporal del daño medioambiental.....	46
VII.4. Significatividad del daño medioambiental	46
VIII. MONETIZACIÓN DEL DAÑO ASOCIADO AL ESCENARIO ACCIDENTAL DE REFERENCIA	46
IX. EVALUACIÓN DE LA NECESIDAD DE CONSTITUIR UNA GARANTÍA FINANCIERA.....	47
X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49

Anexos

ANEXO A.I: Esquemas de la instalación

ANEXO A.II: Posibles causas asociadas a cada suceso iniciador

ANEXO A.III: Árboles de sucesos

ANEXO A.IV: Caracterización de sustancias químicas

ANEXO A. V: Parámetros introducidos en la ecuación del IDM para cada escenario

ANEXO A.VI: Informe de salida de la aplicación informática MORA

ANEXO A.VII: Resumen del caso práctico

I. DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD Y CARACTERIZACIÓN DE SU ENTORNO

Con el fin de ilustrar el desarrollo del MIRAT para el sector de la avicultura de puesta y de carne, en el presente documento se muestra la aplicación de dicho MIRAT a una instalación ficticia. El planteamiento de la instalación, aun teniendo un carácter hipotético, tiene vocación de ser realista, con el fin de que la aplicación del MIRAT en la misma permita ilustrar su aplicación, por parte de los operadores del sector, a instalaciones reales.

La granja avícola objeto de análisis en el presente ejercicio práctico se dedica a la producción de huevos destinados al consumo humano. La instalación cuenta con 7 naves de 100 x 30 metros, en las cuales se disponen un total de 800.000 gallinas de puesta en jaulas. En el extremo este de cada una de estas naves se ubican los depósitos de almacenamiento de las aguas de lavado, que se utilizan al final de cada ciclo de producción (18 meses). En esta instalación no se realizan labores de clasificación y envasado de huevos, limitándose a la recogida de los mismos para su posterior empaquetado y envío a otra planta de la empresa donde se realizan estas tareas.

La instalación cuenta además con un edificio de oficinas y de otros equipamientos para empleados (aseos, duchas, etc.), adyacente al cual se encuentran los equipos y material necesarios para la recogida y empaquetado provisional de los huevos para su posterior envío a clasificación y envasado. Al sur de este edificio de oficinas se disponen dos pequeños almacenes separados, uno en el que se acopian los escasos productos químicos necesarios para la operación de la granja (desinfectante, productos biosanitarios, etc.) y otro en el que se recogen los residuos peligrosos convenientemente separados (desde fluorescentes hasta cadáveres de animales). En cualquier caso, se considera que las cantidades de productos químicos y de residuos peligrosos que se almacenan no llegarían a suponer un riesgo medioambiental relevante dado su escaso volumen relativo en comparación con otros elementos de la instalación.

La instalación se encuentra en gran parte de su superficie asfaltada. La energía eléctrica necesaria para la operación de la instalación y, especialmente, la ventilación y refrigeración de las naves de puesta se obtiene de un transformador situado en las cercanías de la entrada a la granja. Como medida de seguridad para garantizar el suministro eléctrico, adyacente al edificio de oficinas la granja dispone de un generador eléctrico, conectado por tuberías subterráneas a un depósito de gasoil aéreo de 10 m³. Este depósito de gasoil también suministra combustible a una caldera, que proporciona agua caliente sanitaria y calefacción al edificio de oficinas y sus equipamientos.

Por último, el acopio de gallinaza se dispone a la intemperie, próximo al depósito de gasóleo. En caso de derrame de lixiviados procedentes del acopio de gallinaza éstos desembocarían en el sistema de gestión de aguas y derrames con el que cuenta la totalidad de la superficie de la instalación.

En la Figura 1 se recoge una representación esquemática de la instalación objeto de análisis en el presente caso práctico enmarcado dentro del Modelo Informe de Riesgos Ambientales Tipo (MIRAT) realizado para el sector de la avicultura de puesta y carne.

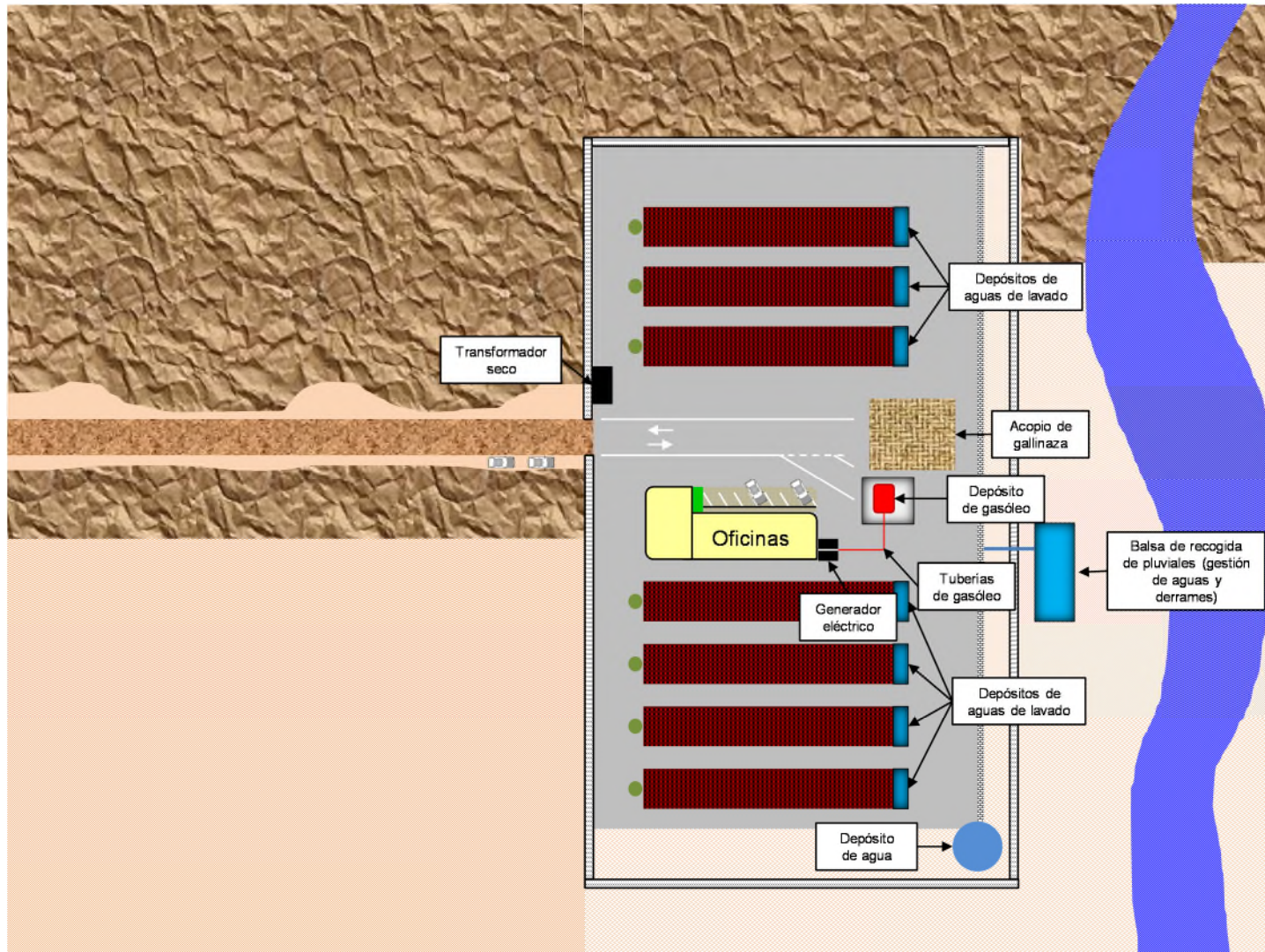


Figura 1. . Representación esquemática de la granja avícola de puesta diseñada para el presente caso práctico. Fuente: Elaboración propia

El proceso que se lleva a cabo en esta instalación se expone a continuación, así como las características de la misma más relevantes en términos de riesgo medioambiental:

Alojamiento de gallinas de puesta

La granja objeto de análisis de riesgos medioambientales cuenta con un total de 7 naves donde se disponen 800.000 gallinas de puesta en jaulas. En el extremo oeste de cada una de ellas se localizan los silos donde se almacena el pienso que sirve de alimento a las aves, mientras que en el extremo este también de cada una de ellas hay instalados unos depósitos de recogida de las aguas de lavado.

Cada nivel de jaulas monta una cinta transportadora en la que se recoge la gallinaza y, en el proceso de su extracción hacia el lugar de acopio de la misma, se procede a su secado aprovechando la ventilación generada en las naves para el mantenimiento de la temperatura de las mismas (sistema lateral de aireación en cintas). El estiércol obtenido tras este secado tiene un contenido en humedad ligeramente inferior al 50% (alrededor del 45%) y es llevado mediante una cinta transportadora hasta el estercolero exterior donde se acopia la gallinaza hasta su retirada.

Almacenamiento y retirada de gallinaza

La gallinaza semiseca procedente de las naves de alojamiento de las gallinas de puesta llega al estercolero localizado en el extremo este de la instalación, donde se almacena aproximadamente durante unos 15 días hasta que se procede a su retirada por parte de un gestor autorizado. En época de lluvias o cuando se prevé una precipitación importante, se procede al tapado del acopio mediante plásticos con el fin de limitar la generación de lixiviados.

El estercolero tiene una extensión aproximada de 900 m² y se localiza en la zona pavimentada de la instalación.

Actividades auxiliares

Además de las instalaciones anteriormente mencionadas, que conformarían el núcleo principal de la actividad de la granja, se han identificado otras actividades auxiliares que prestan servicio a dicha actividad principal o que se realizan de forma puntual:

Limpieza y desinfección de naves. Al final de cada ciclo de producción (alrededor de los 18 meses), se procede a la limpieza, desinfección y preparación de la nave correspondiente para la recepción, después del período de vacío sanitario, de un nuevo lote de pollitas ponedoras. En la presente granja, la limpieza de las naves, jaulas, comederos, tolvas, etc. se realiza mediante limpieza con agua a presión y la posterior desinfección; el agua mezclada con gallinaza, en una proporción 95/5, es retenida en cada uno de los depósitos de almacenamiento de las aguas de lavado con los que cuenta cada nave de alojamiento de gallinas. Estos depósitos cuentan con una capacidad de 30 m³. La operación se realiza en cada una de las naves cada 18 meses y el agua de lavado es retirado posteriormente por gestor autorizado en un plazo máximo de 24 horas.

Ventilación y refrigeración. Para garantizar el mantenimiento de una temperatura constante y de unas condiciones de vida de las gallinas (humedad, eliminación de gases contaminantes como amoníaco, dióxido de carbono, etc.) óptimas en las naves de puesta, la granja dispone de ventiladores en los extremos de las naves que garantizan la circulación de aire. Cuando la temperatura exterior es muy elevada, la refrigeración se apoya en paneles evaporativos de celulosa.

Almacenes de productos químicos y de residuos. La instalación dispone de dos almacenes, situados en la fachada sur del edificio de oficinas. El situado más al oeste contiene productos químicos de utilización común, como desinfectantes, herbicidas para el tratamiento de algunas zonas de la instalación o productos biosanitarios como vacunas o medicamentos. Por su parte, el almacén de residuos se destina al acopio, hasta entrega a gestor autorizado, de residuos peligrosos generados por la operación de la granja (desde tubos fluorescentes hasta cadáveres de animales).

Almacenamiento de combustibles. La instalación dispone de un depósito aéreo de gasóleo al este de la instalación, próximo al estercolero. Este depósito tiene una capacidad de 10 m³ y se utiliza como combustible de la caldera que proporciona agua caliente sanitaria y calefacción a la zona de oficinas y, eventualmente, para suministrar combustible al generador eléctrico.

Transformador eléctrico. Como fuente ordinaria de energía de la instalación, se dispone de una subestación eléctrica conformada por un transformador eléctrico de tipo seco, situado en el límite occidental de la instalación.

Generador eléctrico. Proporciona energía eléctrica a toda la instalación en caso de fallo en el suministro ordinario de electricidad

Sistemas de detección y extinción de incendios

La granja no cuenta con ningún sistema automático de detección de incendios, por lo que son los operarios de la misma los que actuarán, en la medida de sus posibilidades, en caso de detectarse un incendio en la instalación. Por otra parte, cuenta con sistemas manuales de extinción de incendios, que constan de extintores manuales distribuidos por la instalación.

En caso de incendio de grandes proporciones, la granja recurriría a la lucha externa (bomberos), que acudirían para la extinción del fuego.

Características de los sistemas de contención de derrames disponibles en la instalación

El depósito de gasóleo se encuentra rodeado por un cubeto de contención que actuaría reteniendo un posible vertido del mismo tanto por rotura del depósito como por derrame durante la recarga.

De forma adicional, la superficie de la instalación cuenta con una ligera inclinación que conduciría cualquier sustancia líquida vertida hacia un sistema de gestión de aguas y derrames. Este sistema

cobra especial importancia en caso de ausencia o fallo del resto de sistemas de contención. Por ejemplo, cabe puntualizar que ni el acopio de gallinaza ni las balsas de almacenamiento de las aguas de lavado disponen de sistemas de contención de derrames por lo que los derrames procedentes de estos puntos se dirigirían directamente a la gestión de aguas y derrames de la planta.

Características de los sistemas de detección de derrames y parada de emergencia

Durante la carga del depósito de gasóleo siempre se encuentra presente un operario vigilando el proceso, por lo que la detección de derrames durante esta operación y la correspondiente parada de emergencia tienen carácter manual. Este modo de operación durante la carga del depósito de combustible cumple con los requisitos que Flemish Government (2009) exige para que pueda considerarse como un sistema manual con un tiempo de parada de 2 minutos.

La operación de retirada de restos de gallinaza durante la preparación de las naves de puesta para un nuevo lote de gallinas se lleva a cabo con un caudal de 40 m³/h (0,67 m³/min u 11 l/s), realizándose la operación de extracción de los 30 m³ de agua y gallinaza en unos 45 minutos. El sistema de parada de emergencia asociado a esta operación es de tipo automático.

Por su parte, el tiempo de detección de una fuga en la tubería subterránea que conecta el depósito de gasóleo con el generador eléctrico y la caldera para agua caliente sanitaria y calefacción se estima en unos 10 minutos, correspondiente a un sistema semiautomático: la falta de suministro de gasóleo al generador o a la caldera será detectada por un operario que cortará el flujo de gasóleo por la tubería en caso de detectar un fallo en la misma.

En cumplimiento del Real Decreto 1427/1997, de 15 de septiembre, por el que se aprueba la instrucción técnica complementaria MI-IP 03 «Instalaciones petrolíferas para uso propio», el caudal de carga del depósito de gasóleo es de 20 m³/h (0,33 m³/min o 5,6 l/s), por lo que el tiempo de llenado del depósito, en caso de encontrarse completamente vacío, es de 30 minutos.

Por último, la zona donde se encuentra el acopio de gallinaza no cuenta con un cubeto de contención específico por lo que, en caso de producirse un derrame debido a un episodio de fuertes lluvias, la fuga se dirigiría directamente hacia los sistemas de gestión de aguas y derrames del conjunto de la instalación.

Entorno de la instalación

La granja se sitúa en un ambiente rural, alejado de poblaciones, edificaciones e industrias, en una zona con clima mediterráneo con características de semiaridez. La precipitación anual no llega a los 400 mm (alrededor de los 370 mm), con unos veranos muy secos, concentrándose la escasa precipitación en los meses de otoño y, en menor medida, en primavera e invierno.

La granja se sitúa sobre sedimentos cuaternarios detríticos de permeabilidad media, en la primera terraza fluvial asociada al río R. Según la sistemática de suelos de FAO, el suelo se calificaría como leptosol, es decir, un suelo somero, de escaso desarrollo vertical sobre la mencionada litología sedimentaria. La pendiente es muy baja en la propia instalación y en gran parte del terreno circundante, siendo algo más irregular al norte y noroeste de la instalación.

En el subsuelo de la instalación existe una masa de agua subterránea, encontrándose la lámina de agua a una profundidad media de 45,18 m.

La instalación limita al norte y noroeste con terreno forestal irregular, colonizado por escasos matorrales (pastizal y erial); al suroeste, con un terreno de cultivo de regadío; al este, con suelo desnudo y un cauce fluvial bordeado por vegetación arbustiva y herbácea; y al sur por suelo desnudo, con muy escasa vegetación.

La zona de ribera pertenece a la ZEC Vega del río R y afluentes. Esta ZEC Vega del río R y afluentes se desarrolla a lo largo de varios kilómetros en ambas márgenes del río R, un río de montaña mediterránea calcárea con un caudal medio de prácticamente 5 m³/s. El caudal del río presenta una elevada variación a lo largo del año, característica de los cauces fluviales en ambientes mediterráneos: el caudal mínimo no llegaría a 1 m³/s (0,76 m³/s), superando los 20 m³/s en períodos de crecidas (22,5 m³/s).

Respecto a la presencia de fauna en el área, el Inventario Español de Especies Terrestres (IEET) identifica, para la cuadrícula de 10 x 10 km donde ésta se encuentra, un total de 147 especies diferentes que se distribuyen por grupos de la siguiente manera: 1 invertebrado, 6 peces continentales, 10 anfibios, 18 reptiles, 93 aves (2 de ellas con categoría de vulnerable) y 19 mamíferos.

Sistemas de gestión medioambiental implantados en la instalación

La granja no dispone de ningún tipo de certificación ambiental que pudiera emplearse como herramienta para la mejora del comportamiento ambiental de la instalación y para la reducción del impacto ambiental generado por la actividad de la misma.

II. IDENTIFICACIÓN DE ESCENARIOS ACCIDENTALES RELEVANTES

II.1. FUENTES DE PELIGRO

En la Tabla 1 se seleccionan las zonas y fuentes de peligro identificadas en el MIRAT para el sector de la avicultura de puesta y de carne que se encuentran presentes en la granja avícola planteada para el presente caso práctico. Siguiendo la nomenclatura presentada en el mencionado MIRAT con el fin de garantizar la trazabilidad respecto a la herramienta sectorial, cada fuente de peligro se identifica con el código F.X.Y, donde X es el código de la zona de peligro donde se encuentra la fuente e Y es el número de fuente de peligro dentro de dicha zona.

Zona	Código	Fuente de peligro	Agentes causantes del daño
Almacenamiento de aguas de lavado	F.A.1	Depósitos de aguas de lavado de instalaciones	Aguas de lavado
Almacenamiento de combustibles	F.C.1	Depósitos/recipientes fijos aéreos de sustancias líquidas MIC	Gasóleo
			Incendio + Aguas de extinción (gasóleo)
Transformadores eléctricos	F.TR.2	Transformadores secos	Sin riesgo medioambiental
Generadores eléctricos	F.GE.1	Generadores eléctricos	Incendio + Aguas de extinción (gasóleo)
Carga y descarga	F.CD.1	Carga y descarga de depósitos de aguas de lavado	Aguas de lavado
	F.CD.2	Carga y descarga de depósitos con sustancias líquidas MIC	Gasóleo Incendio + Aguas de extinción (gasóleo)
Sistemas de tuberías	F.TB.4	Tuberías subterráneas de sustancias líquidas MIC	Gasóleo
			Incendio + Aguas de extinción (gasóleo)
Acopio de gallinaza	F.G.1	Acopio de gallinaza a la intemperie	Agua con gallinaza

Tabla 1. Zonas y fuentes de peligro identificadas en la granja avícola de puesta del presente caso práctico.

Fuente: Elaboración propia

En las próximas páginas se procede a comentar cada una de las fuentes de peligro recogidas en la Tabla 1 de tal forma que se permita un mejor conocimiento de las mismas y de las circunstancias en las que están presentes en el caso práctico, además de plantear la relación de las mismas con el riesgo medioambiental que se estudia.

Zona de almacenamiento de aguas de lavado

En el extremo este de cada una de las naves de puesta se localiza un depósito de almacenamiento de aguas de lavado con una capacidad unitaria de 30 m³, que recoge las aguas de lavado que se generan al final de cada ciclo de producción por el lavado intensivo que se realiza antes de la acogida del nuevo lote de gallinas ponedoras. Estos depósitos se llenan completamente después del lavado de cada nave.

F.A.1: Depósitos de aguas de lavado de instalaciones

Los riesgos medioambientales derivados de esta fuente de peligro se asocian con un vertido accidental de las aguas de lavado, que contendrán generalmente una proporción de un 5% de gallinaza además de una baja carga de detergentes que se utilizan para el propio lavado.

Zona de almacenamiento de combustibles

La granja posee un depósito de 10 m³ de gasóleo, con el fin de garantizar el suministro de combustible al generador eléctrico y a la caldera que proporciona agua caliente sanitaria y calefacción al edificio de oficinas y de otras dependencias para los operarios. El llenado medio de este depósito es del 50% de su capacidad.

F.C.1: Depósitos/recipientes fijos aéreos de sustancias líquidas MIC.

La presencia de esta fuente de peligro en la granja supone, en términos de riesgo medioambiental, la consideración de la posibilidad de que se produzca un vertido del contenido (gasóleo) por rotura del equipo o, fruto de las características combustibles del carburante, la generación de un incendio que, a su vez, pudiera generar aguas de extinción que arrastraran al gasóleo hasta entrar en contacto con los recursos naturales próximos a la instalación.

Zona de transformadores eléctricos

El suministro eléctrico de la granja, importante para proporcionar unas condiciones óptimas de estancia a las gallinas ponedoras en términos de temperatura, humedad y gases contaminantes (amoníaco, dióxido de carbono, etc.), se proporciona a través de un transformador que proporciona la tensión adecuada para el funcionamiento del sistema de ventilación y refrigeración de las naves de puesta.

F.TR.2: Transformadores secos.

En el caso de la granja objeto de estudio, se trata de un transformador de tipo seco, desprovisto de aceites que pudieran provocar un daño medioambiental por su vertido. De esta forma, esta fuente de peligro supone la aparición de un posible riesgo medioambiental únicamente debido a la posibilidad de incendio o explosión del equipo.

Sin embargo, la ubicación del mismo en un extremo de la instalación en cuyas proximidades la vegetación es muy escasa, junto con la ausencia de sustancias contaminantes en las cercanías del transformador que pudieran ser arrastradas por las aguas de extinción, permite la consideración de que esta fuente de peligro no llegaría a generar un daño medioambiental relevante.

Zona de generadores eléctricos

Con el fin de garantizar el suministro eléctrico que permite el mantenimiento de la temperatura y de las condiciones ambientales adecuadas en las naves de puesta, la granja dispone de un generador eléctrico alimentado por gasóleo a través de una tubería subterránea.

F.GE.1: Generadores eléctricos

La naturaleza del equipo y del combustible que utiliza lo hacen susceptible de ser el foco de un incendio/explosión; de forma adicional, tanto la conexión a través de la tubería subterránea como la proximidad con el depósito de gasóleo de 10 m³ permite plantear que la fuente de peligro podría materializarse en un incendio/explosión con la generación de aguas de extinción que arrastraran gasóleo como sustancia contaminante.

Zona de carga y descarga

El normal funcionamiento de la granja precisa del llenado o vaciado de distintos equipos, en concreto el vaciado de los depósitos de aguas de lavado llenos tras la limpieza previa a la recepción de un nuevo lote de gallinas ponedoras y el llenado del depósito de gasóleo cuando se estima necesario.

F.CD.1: Carga y descarga de depósitos de aguas de lavado

F.CD.2: Carga y descarga de depósitos de sustancias líquidas MIC

Ambas operaciones se realizan con personal presente y con los caudales comentados en páginas anteriores (40 m³/h y 20 m³/h, respectivamente). En el caso la fuente de peligro F.CD. 1, relativo a la carga y descarga de las aguas de lavado, únicamente se considera como agente causante del daño a las propias aguas de lavado; en cambio, en la fuente de peligro F.CD.2, la naturaleza inflamable/combustible del gasóleo induce a considerar como agente causante del daño al propio gasóleo, en caso de su vertido, y el incendio/explosión con el consecuente derrame de aguas de extinción arrastrando gasóleo.

Sistemas de tuberías

El funcionamiento del generador eléctrico y de la caldera para agua caliente sanitaria y calefacción del edificio de oficinas exige de un suministro de combustible, que se realiza a través de una tubería subterránea.

F.TB.4: Tuberías subterráneas de sustancias líquidas MIC

De nuevo, la naturaleza inflamable/combustible del gasóleo hace que los agentes causantes del daño asociado a esta fuente de peligro sea el gasóleo (por su vertido o por su arrastre por las aguas de extinción) y el incendio/explosión.

Acopio de gallinaza

El modelo de gestión de la gallinaza generada por las gallinas ponedoras en la granja objeto de estudio pasa por su acopio a la intemperie en ciclos de 15 días, tras los cuales el estiércol acumulado es retirado por gestor autorizado para su venta, generalmente, como fertilizante.

F.G.1: Acopio de gallinaza a la intemperie

Esta fuente de peligro podría materializarse en la generación de un riesgo medioambiental a través de la generación de lixiviados de la gallinaza por su contacto con el agua de lluvia.

II.2. CAUSAS DE PELIGRO Y SUCESOS INICIADORES

Teniendo en cuenta el concepto de fuente de peligro, una vez descritas las propias de la instalación, cabe destacar que la presencia de una fuente de peligro no implica necesariamente la ocurrencia de un suceso iniciador con potenciales afecciones en los recursos naturales. En efecto, la ausencia de

especies vegetales adyacentes a la zona donde se ubica el transformador eléctrico hace posible que el posible incendio o explosión del mismo no tenga repercusiones en términos de medio ambiente.

Después de la identificación y descripción de las fuentes de peligro de la instalación realizada en páginas anteriores, se identifican dos tipos de sucesos iniciadores:

- Derrame o vertido de sustancias químicas contaminantes (incluyendo como tal, en el ámbito del presente análisis de riesgos, la gallinaza).
- Incendio/explosión y/o arrastre o contaminación por sustancia contaminante de las aguas de extinción.

Cuando se trate de derrames o vertidos de sustancias, éstos se caracterizarán según la naturaleza del agente químico que actuará como agente causante del daño. En el presente caso práctico dichos agentes podrán ser las sustancias siguientes:

- **Aguas de lavado.** Aguas procedentes de la limpieza y desinfección de las naves de gallinas que pueden contener restos de gallinaza y, en baja proporción, detergentes.
- **Gasóleo.** Combustible almacenado y empleado, generalmente, en una caldera y, únicamente en caso de fallo en la red eléctrica, en un generador eléctrico.
- **Aguas de extinción de incendio.** Bajo esta denominación se incluye el volumen de agua empleado para la extinción de un incendio declarado en la instalación. Estas aguas de extinción pueden actuar como vehículo de la contaminación o como agente contaminante propiamente dicho al entrar en contacto con alguna sustancia perjudicial para el medio ambiente.
- **Agua con gallinaza.** Aguas procedentes de la lluvia que puede arrastrar la gallinaza acumulada a la intemperie.

A la hora de considerar los incendios o explosiones en los análisis de riesgos medioambientales cabe tener en cuenta que solo se consideran los daños que el fuego pudiese causar sobre los recursos naturales. Así, un incendio que no supere los límites de la instalación o que únicamente afecte a bienes artificiales no será considerado como daño medioambiental, tal y como se ha expuesto previamente. Por otro lado, las aguas utilizadas para la extinción de incendios y las generadas en la contención se considerarán agente causante del daño en caso de mezclarse con sustancias químicas presentes en la instalación o en caso de arrastre de las mismas. El daño medioambiental ocasionado en ese caso será tratado como vertido o derrame de sustancias.

El Anexo A.II del caso práctico recoge, en una tabla resumen, las fuentes de peligro y los sucesos iniciadores identificados para la instalación objeto de estudio. Esta tabla se ha elaborado a partir de la tabla sectorial de elementos del modelo incluida en el Anexo I del MIRAT.

En la Figura 4 del Anexo A.I se puede observar de forma esquemática la ubicación, dentro de la instalación, de cada suceso iniciador identificado como susceptible de generar un riesgo

medioambiental. La codificación seguida para identificar cada suceso iniciador se corresponde con la propuesta en el Anexo I del MIRAT.

Por otro lado, en el Anexo I del MIRAT se identifican las diversas causas que, ante la existencia de una fuente de peligro, pueden ocasionar la aparición de un suceso iniciador. De igual forma, en el Anexo A.II del presente caso práctico se identifican las causas asociadas a las fuentes de peligro identificadas como relevantes para la instalación hipotética objeto de análisis.

Además de las posibles causas de peligro consultadas en la bibliografía se han identificado las siguientes causas adicionales mediante criterio experto:

- a) Ausencia de revisiones y controles. La no realización de las revisiones y controles pertinentes a los elementos de las instalaciones —maquinaria, depósitos, tanques, red de tuberías, etc.— puede implicar un funcionamiento deficiente de los mismos, derivando en accidentes con consecuencias para el medio ambiente.
- b) Corrosión/ Desgaste. Cuando los materiales que componen los equipos, depósitos, tuberías, etc. se desgastan o deterioran por corrosión, cabe esperar una posible fuga de las sustancias que se encuentran en el interior de los mismos permitiendo que puedan alcanzar los distintos recursos del medio natural.
- c) Fallo del equipo. El funcionamiento incorrecto de determinados equipos puede desencadenar diferentes escenarios accidentales en las instalaciones. En el caso del sector avícola puede citarse, a modo de ejemplo, que un fallo en los transformadores eléctricos podría ocasionar un incendio/ explosión en los mismos.
- d) Error humano. El error humano es una de las causas presentes en la mayoría de fuentes de peligro que hace referencia a determinados fallos en las intervenciones del personal encargado de las distintas operaciones.
- e) Foco de ignición. La presencia en las instalaciones de diversos focos de ignición puede provocar que se desencadene un incendio en presencia de un combustible y un comburente. Concretamente, los focos de ignición pueden clasificarse en:
 - a. Focos eléctricos: Cortocircuitos, arco eléctrico, cargas estáticas, etc.
 - b. Focos químicos: Reacciones exotérmicas, sustancias reactivas o sustancias auto-oxidables.
 - c. Focos térmicos: Soldadura, chispas de combustión, superficies calientes, etc.
 - d. Focos mecánicos: Chispas de herramientas o fricciones mecánicas.
- f) Lluvia. Esta causa hace referencia a la posibilidad de que un episodio intenso y/o continuado de lluvias en el emplazamiento de la granja cambie el estado sólido natural de aquellos acopios de gallinaza que se encuentren a la intemperie a estado líquido o fluido, generando una cantidad de lixiviados que pueda alcanzar los recursos del medio natural.

- g) Diseño inadecuado. Esta causa incorpora al análisis la posibilidad de que la estructura de acopio de gallinaza haya sido diseñada sin cumplir con las exigencias de diseño (no tener en cuenta la pluviometría normal de la zona, soleras agrietadas permeables, etc.).

Debido al bajo número de vehículos que frecuentan la instalación (únicamente aquéllos de recogida de subproductos y productos) y a que cuando lo hacen su recorrido habitual no implica cercanía a ninguna fuente de peligro, se ha eliminado la señalización y/o visibilidad defectuosa como posible causa de peligro, declarándose como no relevantes los sucesos básicos derivados del impacto o colisión de los vehículos con los equipos.

II.3. IDENTIFICACIÓN DE LOS ESCENARIOS ACCIDENTALES

La identificación de los escenarios accidentales se lleva a cabo a partir de los valores que adoptan los factores condicionantes de la instalación recurriendo a los árboles de sucesos propuestos en el Anexo II del MIRAT. En el presente caso práctico se han empleado los árboles de sucesos del MIRAT correspondientes a derrame, incendio y vertido de gallinaza (árboles de tipo 1, 2 y 3, respectivamente).

El Anexo A.III del caso práctico recopila todos los árboles de sucesos desarrollados en la presente aplicación del MIRAT para el sector avícola.

1. Árbol tipo para sucesos iniciadores de derrame (Tipo 1)

Este árbol de sucesos es aplicado a aquellos episodios que suponen la liberación de un agente causante del daño de naturaleza líquida (combustible o aguas con gallinaza) que no llega a originar un incendio. Por ello, se trata de episodios de accidente caracterizados por un vertido o derrame de una sustancia contaminante.

Los factores condicionantes en este tipo de árbol de sucesos hacen referencia a los diferentes tipos de contención de la sustancia liberada:

- **Contención automática.**

En caso de producirse un vertido o derrame accidental en el depósito de gasóleo, éste podría quedar retenido (al menos parcialmente) en su correspondiente cubeto, que tiene una capacidad de 10 m³. Se considera que la operación de carga y descarga del depósito también se vería beneficiada por la existencia de este cubeto ya que la boca del depósito se encuentra sobre el mismo.

Los depósitos de aguas de lavado no disponen de cubetos de contención, por lo que los episodios accidentales asociados a los mismos no se verían afectados por estos dispositivos.

Las tuberías subterráneas de gasóleo no cuentan con un cubeto específico adicional ya que en caso de fuga ésta se dirigiría a través de la canaleta donde se asientan las tuberías hacia la balsa del sistema de contención de aguas y derrames.

- **Contención manual.** En la instalación no se dispone de equipos de contención de derrames de accionamiento manual.
- **Gestión de aguas y derrames.** La instalación cuenta con la presencia de una red de drenaje que permite retener tanto los derrames ocasionados como las aguas pluviales potencialmente contaminadas que se pudiesen generar. Esta barrera actuaría de forma automática/pasiva en caso de inexistencia o ineficiencia de las medidas tomadas previamente siendo su capacidad de 100 m³.

2. **Árbol tipo para sucesos iniciadores de incendio (Tipo 2)**

Debido a que la instalación consta de equipos susceptibles de generar un incendio en caso de un funcionamiento anómalo (generador eléctrico) y a la presencia de sustancias combustibles como es el gasóleo, es necesario considerar un posible episodio de incendio en la instalación.

Este árbol de sucesos valora la posibilidad de que tenga lugar la extinción temprana del incendio. En caso de fallo de los sistemas de detección y extinción temprana se considera que se generaría un volumen relevante de aguas de extinción y que el incendio superaría los límites de la instalación. No obstante, merece la pena indicar que en el caso objeto de estudio, dado que la planta se encuentra rodeada de cultivos, se considera que el incendio no sería un agente causante del daño al no afectar de forma relevante a los recursos naturales cubiertos por la Ley de Responsabilidad Medioambiental.

Los factores condicionantes implicados en el árbol de sucesos serían los siguientes:

- **Detección y extinción temprana de incendios.** Si se detecta y extingue el incendio de manera temprana, se asume que éste no llega a generar daños medioambientales. Sin embargo, un fallo de este factor condicionante implicaría el derrame de aguas de extinción y la generación de un incendio de elevada magnitud (si bien, como se ha indicado anteriormente, en el ámbito del caso de estudio el incendio no sería un agente relevante).

Los sistemas de detección y extinción de incendios son de tipo manual y los combustibles presentes en la instalación son de tipo 3 conforme con la clasificación indicada en el Anexo IV del MIRAT.

- **Gestión de aguas y derrames.** En caso de que el incendio no haya podido extinguirse de forma temprana, se asume que pueden generarse aguas de extinción en cantidades susceptibles de ocasionar daños a los recursos medioambientales por arrastre de sustancias no solubles en agua (gasoil). Cuando esto suceda, la red de drenaje evitaría (o perseguiría evitar) que las aguas de extinción generadas ocasionasen daños medioambientales.

El dispositivo de gestión de aguas y derrames es el mismo que el descrito en el árbol de tipo 1.

3. **Árbol tipo para sucesos iniciadores de vertido de gallinaza (Tipo 3)**

Este árbol de sucesos valora los posibles casos de vertidos de gallinaza y derrames líquidos derivados de la misma cuando presenta un alto contenido de humedad. Adicionalmente, al ser

almacenada en el exterior de las naves sin contar con la presencia de ningún tipo de cubierta protectora, dicho acopio puede verse afectado por episodios de lluvias que podrían generar sustancias líquidas portadoras de gallinaza. La gestión de aguas y derrames es el único factor condicionante contemplado en este caso.

- **Gestión de aguas y derrames.** El dispositivo de gestión de aguas y derrames es el mismo que el descrito en el árbol de tipo 1.

II.4. CANTIDAD DE AGENTE ASOCIADA AL SUCESO INICIADOR

El cálculo de la cantidad de agente causante del daño asociada a los sucesos iniciadores depende de la naturaleza del suceso iniciador. En el caso de esta instalación corresponde a derrame de sustancias líquidas, incendio o una mezcla vertida de líquidos y de sólidos.

1. Cálculo de la cantidad de agente causante del daño asociada a derrames

Conforme con lo indicado en el MIRAT del sector avícola la cantidad de agente causante del daño asociada a derrames que no produzcan un posterior incendio ha de estimarse de dos maneras:

- 1) En caso de rotura de un depósito, el volumen vertido se calcula mediante la multiplicación del volumen del mismo multiplicado por el porcentaje medio de llenado en el que suele encontrarse. En la instalación objeto de este análisis los sucesos iniciadores correspondientes serían: S.A.1 y S.C.1.
- 2) En el caso de tuberías o mangueras, la cantidad de agente causante del daño se estima a partir del caudal de las mismas y del tiempo de reacción entre que se produce la fuga y esta se detiene. Los sucesos iniciadores del presente caso práctico correspondientes son: S.CD.1, S.CD.2 y S.TB.8.

La Tabla 2 muestra los volúmenes de agente causante del daño que serían liberados por cada suceso iniciador tipo derrame.

Zona	Código	Fuente de peligro instalación	Suceso iniciador	Código S.I.	Agente causante del daño	Datos	Cantidad de agente asociada al S.I. (m ³)
Almacenamiento de aguas de lavado	F.A.1	Depósitos de aguas de lavado de instalaciones	Fuga/derrame del depósito de aguas de lavado	S.A.1	Aguas de lavado	Volúmen del depósito: 30 m ³ Porcentaje medio de llenado: 100%	30,00
Almacenamiento de combustibles	F.C.1	Depósitos/recipientes fijos aéreos de gasóleo	Fuga/derrame de gasóleo por rotura de depósito fijo aéreo de almacenaje	S.C.1	Gasóleo	Volúmen del depósito: 10 m ³ Porcentaje medio de llenado: 50%	5,00
Carga y descarga	F.CD.1	Carga y descarga de depósitos de aguas de lavado	Fuga/derrame de aguas de lavado en operación de carga y descarga	S.CD.1	Aguas de lavado	Caudal del dispositivo: 0,67 m ³ /min Tiempo de respuesta: 2 minutos	1,34
	F.CD.2	Carga y descarga de depósito de gasóleo	Fuga/derrame de gasóleo en operación de carga y descarga	S.CD.2	Gasóleo	Caudal del dispositivo: 0,33 m ³ /min Tiempo de respuesta: 2 minutos	0,66
Sistemas de tuberías	F.TB.4	Tuberías subterráneas de gasóleo	Fuga/derrame desde tuberías subterráneas con gasóleo	S.TB.8	Gasóleo	Caudal del dispositivo: 0,10 m ³ /min Tiempo de respuesta: 10 minutos	1,00

Tabla 2. Cantidad de agente causante del daño asociada a cada suceso iniciador tipo derrame. Fuente: Elaboración propia

2. Cálculo de la cantidad de agente causante del daño asociada a incendios

En caso de incendio el agente causante del daño puede ser tanto el propio fuego si alcanza los recursos naturales circundantes a la instalación (considerado como no relevante en el caso concreto de la instalación evaluada) como las aguas de extinción que entren en contacto con sustancias contaminantes almacenadas en la planta.

La generación de aguas de extinción de incendios se considera relevante como agente causante del daño siempre que en la zona donde se origina el incendio o en sus proximidades existan sustancias químicas que puedan producir un daño medioambiental. En este sentido, en el caso de la instalación analizada, se considera que el incendio del transformador seco no desencadenaría el vertido de un volumen relevante de sustancias tóxicas (al no tener en sus proximidades este tipo de sustancias). Sin embargo, si podría generarse un volumen relevante de aguas de extinción en los supuestos establecidos por los sucesos iniciadores: S.C.2, S.GE.1, S.CD.3 y S.TB.9. En todos estos sucesos iniciadores se ha considerado que la sustancia tóxica que podría resultar arrastrada por las aguas de extinción sería el gasóleo ya que la misma se encuentra almacenada en el depósito origen del suceso S.C.2, se transporta por la tubería relativa al suceso S.TB.9, se consume en el generador objeto del suceso S.GE.1, y es el elemento que se trasiega en el suceso S.CD.3.

Con el fin de determinar el volumen de agente causante del daño que resultaría liberado se ha seguido el criterio "III. Inexistencia de naves o edificios y de datos de caudales y capacidades de las medidas de extinción" de los "Procedimiento para estimar la cantidad de agente causante del daño asociada a incendios" expuestos en el MIRAT. En concreto:

- Se ha tomado un caudal de referencia de $12 \text{ l min}^{-1} \text{ m}^{-2}$ (promedio de los valores propuestos en la NTP 420: Instalaciones de abastecimiento de agua contra incendios).
- Se ha tomado una duración del incendio de 60 minutos.
- Se ha asimilado la superficie del bloque de incendio a la superficie ocupada por el depósito de combustible, siendo igual a 100 m^2 .
- Como se ha indicado, como sustancia de referencia se ha establecido el gasóleo, cuya solubilidad según su ficha de seguridad es de $0,000005 \text{ g/ml}$ y su densidad de $0,91 \text{ g/cm}^3$. Tal y como se recoge en el MIRAT, el coeficiente F_m hace referencia a la miscibilidad de la sustancia en las aguas de extinción; para el caso del gasóleo, del que se dispone de datos sobre solubilidad y de densidad, dicho porcentaje se ha estimado como el cociente entre ambos datos resultando un factor F_m de $5,5 \times 10^{-6}$ (miscibilidad prácticamente despreciable).
- El volumen total de la sustancia tóxica existente en la zona de incendio es de 5 m^3 (el depósito de gasóleo tiene una capacidad de 10 m^3 , encontrándose habitualmente al 50% de su capacidad).

Atendiendo a estos parámetros de entrada, el volumen de agua generado ascendería a 72 m^3 y arrastraría 1 m^3 de gasóleo (20% del volumen de gasóleo existente en la zona). El carácter insoluble del gasóleo permite considerar que el efecto predominante sería el arrastre y no la disolución de la sustancia, por lo que el volumen de agente vertido coincidiría prácticamente con el volumen de

gasóleo (1 m³). De hecho, la cantidad de gasóleo que se disolvería, según los cálculos realizados, sería de 0,000396 m³ (para 72 m³ de agua considerando una solubilidad del gasóleo de 5,50E-06 ml de gasóleo/ml de agua).

En la Tabla 3 se recoge toda la información y los resultados obtenidos en la estimación de la cantidad de agente causante del daño asociada a los sucesos iniciadores en los que se produce un incendio.

3. Cálculo de la cantidad de agente causante del daño asociada a vertido de gallinaza

La estimación de la cantidad de agente causante del daño asociado al suceso iniciador S.G.1 se ha realizado tomando como referencia un valor de precipitación de 10 mm.

En el Atlas Climático Ibérico realizado por la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) y disponible a través de internet se ofrece cartografía sobre los días al año que se superan diferentes umbrales de precipitación en cada zona del territorio nacional. En concreto, esta referencia de la AEMET ofrece datos para precipitaciones iguales o mayores de 0,1 mm, 1 mm, 10 mm y 30 mm. En el marco del presente análisis de riesgos medioambientales se ha optado por utilizar el valor de 10 mm al situarse en la zona intermedia del rango de datos (0,1mm – 30 mm).

El volumen de agua que entra en contacto con la gallinaza se ha determinado multiplicando la cantidad de precipitación (10 mm) por la superficie en la que se encuentra el acopio de gallinaza (900 m²), resultando de esta forma un volumen de 9 m³.

Por otra parte, la estimación de la cantidad de gallinaza que se vería desplazada por la acción de la lluvia lleva aparejada una notable incertidumbre ya que no se han encontrado referencias bibliográficas o estudios previos en los que se recoja la cantidad (o fracción de gallinaza) que podría deslizarse. De este modo, mediante criterio experto, se ha decidido asumir que la lluvia produciría, en promedio, el deslizamiento o la dilución del primer centímetro del acopio de gallinaza. Por lo tanto, dado que el acopio se extiende en 900 m², el episodio de lluvias evaluado ocasionaría la fuga de 9 m³ de gallinaza.

En resumen, el volumen total de vertido asociado al suceso iniciador serían 18 m³ de agua mezclada con gallinaza.

En la Tabla 4 se recogen de forma resumida tanto los datos de entrada utilizados como los resultados obtenidos.

Zona	Código	Fuente de peligro instalación	Suceso iniciador	Código S.I.	Agente causante del daño	Fm	V _{sust} (m ³)	Datos	Cantidad de agente asociada al S.I. (m ³)
Almacenamiento de combustibles	F.C.1	Depósito/recipiente fijo aéreo de gasóleo	Incendio/explosión por fuga/derrame de depósito aéreo con gasóleo + Derrame de aguas de extinción	S.C.2	Incendio + Aguas de extinción (gasóleo)	5,49E-06	5,00	Caudal de referencia: 12 Duración del incendio: 1 hora Superficie bloque incendio: 100 m ²	1,00
Generadores eléctricos	F.GE.1	Generadores eléctricos	Incendio/explosión de generador + Derrame de aguas de extinción	S.GE.1	Incendio	5,49E-06	5,00	Caudal de referencia: 12 Duración del incendio: 1 hora Superficie bloque incendio: 100 m ²	1,00
Carga y descarga	F.CD.2	Carga y descarga de depósito de gasóleo	Incendio/explosión por fuga/derrame de gasóleo en operación de carga y descarga + Derrame de aguas de extinción	S.CD.3	Incendio + Aguas de extinción (gasóleo)	5,49E-06	5,00	Caudal de referencia: 12 Duración del incendio: 1 hora Superficie bloque incendio: 100 m ²	1,00
Sistemas de tuberías	F.TB.4	Tuberías subterráneas de gasóleo	Incendio/explosión por fuga/derrame de tuberías subterráneas con gasóleo + Derrame de aguas de extinción	S.TB.9	Incendio + Aguas de extinción (gasóleo)	5,49E-06	5,00	Caudal de referencia: 12 Duración del incendio: 1 hora Superficie bloque incendio: 100 m ²	1,00

Tabla 3. Cantidad de agente causante del daño asociada a cada suceso iniciador tipo incendio. Fuente: Elaboración propia

Zona	Código	Fuente de peligro instalación	Suceso iniciador	Código S.I.	Agente causante del daño	Datos	Cantidad de agente asociada al S.I. (m ³)
Acopio de gallinaza	F.G.1	Acopio de gallinaza a la intemperie	Fuga/derrame desde el acopio de gallinaza	S.G.1	Agua con gallinaza	Precipitación: 10 mm Superficie del acopio: 900 m ² Grosor de gallinaza desplazada: 1 cm	18,00

Tabla 4. Cantidad de agente causante del daño asociada a cada suceso iniciador tipo vertido desde el acopio de gallinaza. Fuente: Elaboración propia

II.5. CANTIDAD DE AGENTE ASOCIADA AL ESCENARIO ACCIDENTAL

Una vez calculada la cantidad de agente asociada a cada suceso iniciador, es necesario determinar la evolución que puede seguir esta cantidad en función de los factores condicionantes que intervengan sobre cada uno de los sucesos iniciadores.

Según el tipo de suceso iniciador (derrame, incendio y vertido de gallinaza) y de los equipos instalados en la planta variarán los factores condicionantes que afecten a la evolución del accidente.

A continuación se expone la capacidad de retención de los factores condicionantes que aplican a cada suceso iniciador diferenciando entre la capacidad de retención que tendrían en caso de éxito y la que tendrían en caso de fracaso. La metodología seguida con este fin se encuentra en línea con la propuesta en el capítulo VIII.5.2 del MIRAT (“Cantidad de agente causante del daño asociada a los escenarios accidentales”).

Como se ha indicado anteriormente, en el Anexo A.III del caso práctico se detallan los árboles de sucesos utilizados en el presente análisis de riesgos medioambientales, donde se recogen tanto los factores condicionantes que aplican a cada suceso iniciador como el efecto de los mismos sobre la cantidad de agente causante del daño.

1. Cálculo de la cantidad de agente causante del daño en los escenarios accidentales derivados de derrames

Los factores condicionantes que participan en la evolución del accidente en el caso de los sucesos iniciadores asociados a derrames hacen referencia a los sistemas de contención presentes en la instalación. Dichos sistemas, en el caso de la instalación objeto de estudio, son de accionamiento automático o pasivo y se corresponden con el cubeto de contención situado bajo el depósito de gasóleo y la balsa asociada a la gestión de aguas y derrames.

a) Contención automática.

En la presente instalación los sucesos iniciadores S.C.1 y S.CD.2, vinculados respectivamente a derrames de gasóleo desde el depósito y a derrames de gasóleo en el proceso de carga y descarga, cuentan con sistemas de contención automática.

En caso de éxito del factor condicionante, la capacidad de retención será igual a la capacidad del cubeto de retención (10 m³). Mientras, en caso de fracaso del cubeto se asume que, aunque el sistema de contención automática se encontrara en malas condiciones y/o no actuase según lo previsto, lograría retener un porcentaje del vertido, que se ha establecido siguiendo un criterio conservador en un 1% de la capacidad del cubeto. La Tabla 5 muestra la capacidad de retención, tanto en caso de éxito como de fracaso del factor condicionante contención automática que aplica a los distintos sucesos iniciadores asociados a derrame.

b) Contención manual.

En la instalación objeto de estudio no se dispone de dispositivos de contención manual.

Zona	Código	Fuente de peligro instalación	Suceso iniciador	Código S.I.	Factor condicionante	Capacidad de retención (m ³)	
						Éxito	Fracaso
Almacenamiento de aguas de lavado	F.A.1	Depósitos de aguas de lavado de instalaciones	Fuga/derrame del depósito de aguas de lavado	S.A.1	Contención automática de derrames	No existe, ya que no hay cubeto de retención para esta fuente de peligro	
Almacenamiento de combustibles	F.C.1	Depósito/recipiente fijo aéreo de gasóleo	Fuga/derrame de gasóleo por rotura de depósito aéreo de almacenaje	S.C.1	Contención automática de derrames	10,00	0,10
Carga y descarga	F.CD.1	Carga y descarga de depósitos de aguas de lavado	Fuga/derrame de aguas de lavado en operación de carga y descarga	S.CD.1	Contención automática de derrames	No existe, ya que no hay cubeto de retención para esta fuente de peligro	
	F.CD.2	Carga y descarga de depósito de gasóleo	Fuga/derrame de gasóleo en operación de carga y descarga	S.CD.2	Contención automática de derrames	10,00	0,10
Sistemas de tuberías	F.TB.4	Tuberías subterráneas de gasóleo	Fuga/derrame por rotura de tuberías subterráneas con gasóleo	S.TB.8	Contención automática de derrames	No existe, ya que no hay cubeto de retención para esta fuente de peligro	

Tabla 5. Cantidad retenida por la contención automática de derrames. Fuente: Elaboración propia

c) Gestión de aguas y derrames

La gestión de aguas y derrames de la planta consiste la propia solera de la instalación, la cual se encuentra levemente inclinada hacia el este. En el extremo este de la instalación existe una red de drenaje que permite la captación de las aguas (y de los posibles derrames) conduciéndolos hacia una balsa de contención donde quedan retenidos con objeto de darles el tratamiento que se considere más adecuado. La capacidad de esta balsa de contención es de 100 m³ asumiéndose que, aún en caso de funcionamiento incorrecto, la misma lograría captar el 1% de su capacidad (1 m³).

Este sistema actúa sobre el conjunto de derrames que pudieran producirse en la instalación. En el caso concreto de los sucesos iniciadores vinculados a derrames se trata de los sucesos S.A.1, S.C.1, S.CD.1, S.CD.2 y S.TB.8.

2. Cálculo de la cantidad de agente causante del daño en los escenarios accidentales derivados de incendios

La instalación del presente caso práctico cuenta con sistemas de detección y extinción temprana de incendios de tipo manual y con un sistema de gestión de aguas y derrames que se corresponden con los factores condicionantes en este tipo de árboles de sucesos.

a) Detección y extinción temprana de incendios

Si se detecta y extingue el incendio de manera temprana, se asume que no llega a generar daños medioambientales. Sin embargo, un fallo de este factor condicionante ocasionaría un daño potencial a los recursos naturales por contaminación de las aguas de extinción. En este sentido merece la pena recordar que los daños por incendio han sido descartados dado que no existen especies vegetales silvestres colindantes con la instalación o, si acaso, su presencia es muy escasa.

El éxito o fracaso de la detección y extinción temprana de incendios determina la consideración o no de las aguas de extinción como agente causante del daño. En concreto, siempre que no se produzca una detección y extinción temprana del incendio se considerará la generación de un volumen relevante de aguas de extinción. Este volumen, según se ha expuesto anteriormente será de 1 m³ de agua con gasóleo para la totalidad de escenarios de incendio (ya que todos se encuentran vinculados al depósito de este combustible). Dicho de otra forma, si el incendio se detecta y extingue de forma temprana los escenarios generados se consideran irrelevantes desde el punto de vista del riesgo medioambiental; sin embargo, si los sistemas de detección y extinción fallan se dará lugar a un derrame de 1 m³ de aguas de extinción.

Los sucesos iniciadores afectados por este factor condicionante son: S.C.2, S.GE.1, S.CD.3 y S.TB.9.

b) Gestión de aguas y derrames

Si el incendio no ha sido detectado de forma temprana, se asume que pueden generarse aguas de extinción en cantidades susceptibles de ocasionar daños a los recursos medioambientales por

arrastre de las sustancias no solubles en agua (gasóleo). Cuando esto suceda, la red de drenaje podría evitar que las aguas de extinción generadas, o al menos una fracción de ellas, ocasionasen daños medioambientales.

El sistema de gestión de aguas y derrames es el mismo que el descrito para el caso de derrames.

Los sucesos iniciadores vinculados a incendio en los que se considera este factor condicionante son: S.C.2, S.GE.1, S.CD.3 y S.TB.9.

3. Cálculo de la cantidad de agente causante del daño en los escenarios accidentales derivados de vertido de gallinaza

El MIRAT para el sector avícola contempla únicamente la participación de un factor condicionante en el caso de los sucesos iniciadores relacionados con un vertido de gallinaza: la posibilidad de que la instalación disponga de un sistema de gestión de aguas y derrames que evite que el potencial vertido de gallinaza llegue a afectar a los recursos naturales.

Gestión de aguas y derrames

La gestión de aguas y derrames afecta al suceso iniciador S.G.1 asociado al vertido de agua con gallinaza.

El sistema de gestión de aguas y derrames es el mismo que el descrito para el caso de derrames.

En la Tabla 6 se recogen los datos correspondientes a la gestión de aguas y derrames para el conjunto de sucesos iniciadores a los que afecta.

Zona	Código	Fuente de peligro instalación	Suceso iniciador	Código S.I.	Factor condicionante	Capacidad de retención (m ³)	
						Éxito	Fracaso
Almacenamiento de aguas de lavado	F.A.1	Depósitos de aguas de lavado de instalaciones	Fuga/derrame del depósito de aguas de lavado	S.A.1	Gestión de aguas y derrames automática	100,00	1,00
Almacenamiento de combustibles	F.C.1	Depósitos/recipientes fijos aéreos de gasóleo	Fuga/derrame de gasóleo por rotura de depósito fijo aéreo de almacenaje	S.C.1	Gestión de aguas y derrames automática	100,00	1,00
			Incendio/explosión por fuga/derrame depósito fijo aéreo con gasóleo + Derrame aguas de extinción	S.C.2	Gestión de aguas y derrames automática	100,00	1,00
Generadores eléctricos	F.GE.1	Generadores eléctricos	Incendio/explosión de generador + Derrame aguas de extinción	S.GE.1	Gestión de aguas y derrames automática	100,00	1,00
Carga y descarga	F.CD.1	Carga y descarga de depósitos de aguas de lavado	Fuga/derrame de aguas de lavado en operación de carga y descarga	S.CD.1	Gestión de aguas y derrames automática	100,00	1,00
	F.CD.2	Carga y descarga de depósitos de gasóleo	Fuga/derrame de gasóleo en operación de carga y descarga	S.CD.2	Gestión de aguas y derrames automática	100,00	1,00
			Incendio/explosión por fuga/derrame de gasóleo en operación de carga y descarga + Derrame aguas de extinción	S.CD.3	Gestión de aguas y derrames automática	100,00	1,00

Tabla 6. Cantidad retenida por el sistema de gestión de aguas y derrames automática. Fuente: Elaboración propia

Zona	Código	Fuente de peligro instalación	Suceso iniciador	Código S.I.	Factor condicionante	Capacidad de retención (m ³)	
						Éxito	Fracaso
Sistemas de tuberías	F.TB.4	Tuberías subterráneas de gasóleo	Fuga/derrame por rotura de tuberías subterráneas con gasóleo	S.TB.8	Gestión de aguas y derrames automática	100,00	1,00
			Incendio/explosión por rotura de tuberías subterráneas con gasóleo + Derrame aguas de extinción	S.TB.9	Gestión de aguas y derrames automática	100,00	1,00
Acopio de gallinaza	F.G.1	Acopio de gallinaza a la intemperie	Fuga/derrame desde el acopio de gallinaza	S.G.1	Gestión de aguas y derrames automática	100,00	1,00

Tabla 6 (Continuación). Cantidad retenida por el sistema de gestión de aguas y derrames automática. Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 7 quedan recogidos los datos de cantidad de agente causante del daño de cada uno de los escenarios accidentales que surgen de los diferentes sucesos iniciadores relevantes del caso práctico. Los escenarios accidentales cuya cantidad de agente causante del daño resulta nula, atendiendo a sus correspondientes árboles de sucesos (Anexo A.III) serán considerados como no relevantes a efectos de riesgo medioambiental ya que suponen la ausencia de daño medioambiental. En este mismo sentido, se han considerado como no relevantes los escenarios accidentales S.GE.1-E.2.3, S.C.2-E.2.3, S.CD.3-E.2.3 y S.TB.9-E.2.3 ya que, según el modelo aplicado, los tres implicarían un volumen derramado al medio no relevante (0,000396 m³). Este volumen se corresponde con los escenarios de incendio, en los que se derramaría 1 m³ de gasóleo y resultarían contaminados 0,000396 m³ de agua debido a la disolución de gasóleo, mientras que los sistemas de contención (gestión de aguas y derrames), en caso de fallo, únicamente retendrían 1 m³ del vertido, restando la cifra de 0,000396 m³ anteriormente citada:

Zona	Código	Fuente de peligro instalación	Suceso iniciador	Código S.I.	Código escenario accidental	Agente causante del daño	Cantidad de agente asociada al escenario accidental	Unidad
Almacenamiento de aguas de lavado	F.A.1	Depósitos de aguas de lavado de instalaciones	Fuga/derrame del depósito de aguas de lavado	S.A.1	S.A.1-E.1.1	Aguas de lavado	0,00	m ³
					S.A.1-E.1.2		0,00	m ³
					S.A.1-E.1.3		0,00	m ³
					S.A.1-E.1.4		0,00	m ³
					S.A.1-E.1.5		0,00	m ³
					S.A.1-E.1.6		0,00	m ³
					S.A.1-E.1.7		0,00	m ³
					S.A.1-E.1.8		29,00	m ³
Almacenamiento de combustibles	F.C.1	Depósitos/recipientes fijos aéreos de gasóleo	Fuga/derrame de gasóleo por rotura de depósito fijo aéreo de almacenaje	S.C.1	S.C.1-E.1.1	Gasóleo	0,00	m ³
					S.C.1-E.1.2		0,00	m ³
					S.C.1-E.1.3		0,00	m ³
					S.C.1-E.1.4		0,00	m ³
					S.C.1-E.1.5		0,00	m ³
					S.C.1-E.1.6		0,00	m ³
					S.C.1-E.1.7		0,00	m ³
					S.C.1-E.1.8		3,90	m ³
	F.C.2	Depósitos/recipientes fijos aéreos de gasóleo	Incendio/explosión por fuga/derrame depósito fijo aéreo con gasóleo + Derrame aguas de extinción	S.C.2	S.C.2-E.2.1	Incendio + Aguas de extinción (gasóleo)	0,00	m ³
					S.C.2-E.2.2		0,00	m ³
					S.C.2-E.2.3		0,00	m ³
Generadores eléctricos	F.GE.1	Generadores eléctricos	Incendio/explosión de generador + Derrame aguas de extinción	S.GE.1	Incendio + Aguas de extinción	S.GE.1-E.2.1	0,00	m ³
						S.GE.1-E.2.2	0,00	m ³
						S.GE.1-E.2.3	0,00	m ³

Tabla 7. Cantidad de agente causante del daño de cada escenario accidental. Fuente: Elaboración propia

Zona	Código	Fuente de peligro instalación	Suceso iniciador	Código S.I.	Código escenario accidental	Agente causante del daño	Cantidad de agente asociada al escenario accidental	Unidad					
Carga y descarga	F.CD.1	Carga y descarga de depósitos de aguas de lavado	Fuga/derrame de aguas de lavado en operación de carga y descarga	S.CD.1	S.CD.1-E.1.1	Aguas de lavado	0,00	m ³					
					S.CD.1-E.1.1		0,00	m ³					
					S.CD.1-E.1.1		0,00	m ³					
					S.CD.1-E.1.1		0,00	m ³					
					S.CD.1-E.1.1		0,00	m ³					
					S.CD.1-E.1.1		0,00	m ³					
					S.CD.1-E.1.1		0,00	m ³					
					S.CD.1-E.1.1		0,34	m ³					
	F.CD.2	Carga y descarga de depósito de gasóleo	Fuga/derrame de gasóleo en operación de carga y descarga	S.CD.2	S.CD.2-E.1.1	Gasóleo	0,00	m ³					
					S.CD.2-E.1.2		0,00	m ³					
					S.CD.2-E.1.3		0,00	m ³					
					S.CD.2-E.1.4		0,00	m ³					
					S.CD.2-E.1.5		0,00	m ³					
					S.CD.2-E.1.6		0,00	m ³					
					S.CD.2-E.1.7		0,00	m ³					
					S.CD.2-E.1.8		0,00	m ³					
					F.CD.3		Carga y descarga de depósito de gasóleo	Incendio/explosión por fuga/derrame de gasóleo en operación de carga y descarga + Derrame de aguas de extinción	S.CD.3	S.CD.3-E.2.1	Incendio + Aguas de extinción (gasóleo)	0,00	m ³
										S.CD.3-E.2.2		0,00	m ³
S.CD.3-E.2.3	0,00	m ³											
Sistemas de tuberías	F.TB.4	Tuberías subterráneas de gasóleo	Fuga/derrame por rotura de tuberías subterráneas con gasóleo	S.TB.8	S.TB.8-E.1.1	Gasóleo	0,00	m ³					
					S.TB.8-E.1.2		0,00	m ³					
					S.TB.8-E.1.3		0,00	m ³					
					S.TB.8-E.1.4		0,00	m ³					
					S.TB.8-E.1.5		0,00	m ³					
					S.TB.8-E.1.6		0,00	m ³					
					S.TB.8-E.1.7		0,00	m ³					
					S.TB.8-E.1.8		0,00	m ³					
			Incendio/explosión por rotura de tuberías subterráneas con gasóleo + Derrame aguas de extinción	S.TB.9	S.TB.9-E.2.1	Incendio + Aguas de extinción (gasóleo)	0,00	m ³					
					S.TB.9-E.2.2		0,00	m ³					
					S.TB.9-E.2.3		0,00	m ³					
					S.TB.9-E.2.1		0,00	m ³					
					S.TB.9-E.2.2		0,00	m ³					
					S.TB.9-E.2.3		0,00	m ³					
Acopio de gallinaza	F.G.1	Acopio de gallinaza a la intemperie	Fuga/derrame desde el acopio de gallinaza	S.G.1	S.G.1-E.3.1	Agua con gallinaza	0,00	m ³					
					S.G.1-E.3.2		17,00	m ³					

Tabla 7 (continuación). Cantidad de agente causante del daño de cada escenario accidental. Fuente:

Elaboración propia

III. ESTIMACIÓN DE LA PROBABILIDAD ASOCIADA A CADA ESCENARIO

Conforme se ha detallado en la memoria del MIRAT, la probabilidad de ocurrencia tanto de los sucesos iniciadores como de los factores condicionantes se estima de forma cuantitativa, recurriendo a bibliografía especializada sobre tasas de fallo de los equipos involucrados en cada uno de los sucesos iniciadores y factores condicionantes.

III.1. PROBABILIDAD DEL SUCESO INICIADOR

En el Anexo III del MIRAT se expone la probabilidad de ocurrencia de los distintos sucesos iniciadores en función de los equipos y tipo de sustancias involucrados en cada uno de ellos.

La Tabla 8 recoge los valores de la probabilidad de ocurrencia de los sucesos iniciadores considerados en el presente caso práctico, atendiendo a las sustancias presentes en la instalación y al modo de operación de la misma.

III.2. PROBABILIDAD DEL ESCENARIO ACCIDENTAL

La probabilidad de ocurrencia de los escenarios accidentales no suele coincidir con la probabilidad de ocurrencia de los sucesos iniciadores ya que se incorporan al análisis los distintos factores condicionantes que intervienen en el desarrollo del accidente.

En definitiva, la probabilidad de ocurrencia de los escenarios accidentales estará conformada por, en primer lugar, la probabilidad de ocurrencia del suceso iniciador que desencadena la situación de operación anómala y, en segunda instancia, por la probabilidad de éxito o fracaso en la intervención de los distintos factores condicionantes que intervienen en el desarrollo de dicha operación anómala. Los factores condicionantes que afectan a cada suceso iniciador vienen especificados por los árboles de sucesos recopilados en el Anexo A.III del caso práctico.

Zona	Código	Fuente de peligro instalación	Suceso iniciador	Código S.I.	Datos	Probabilidad (veces/año)
Almacenamiento de aguas de lavado	F.A.1	Depósitos de aguas de lavado de instalaciones	Fuga/derrame del depósito de aguas de lavado	S.A.1	Número de depósitos de aguas de lavado: 7 Días que permanecen los depósitos llenos (d): 1 Meses de duración del ciclo (C): 18	1,28E-10
Almacenamiento de combustibles	F.C.1	Depósitos/recipientes fijos aéreos de gasóleo	Fuga/derrame de gasóleo por rotura de depósito fijo aéreo de almacenaje	S.C.1	Número de depósitos aéreos: 1 Sustancia líquida MIC	1,18E-08
	F.C.2	Depósitos/recipientes fijos aéreos de gasóleo	Incendio/explosión por fuga/derrame depósito fijo aéreo con gasóleo + Derrame aguas de extinción	S.C.2	Número de depósitos aéreos: 1 Sustancia líquida MIC	2,40E-10
Generadores eléctricos	F.GE.1	Generadores eléctricos	Incendio/explosión de generador + Derrame aguas de extinción	S.GE.1	Número de generadores: 1	9,00E-04
Carga y descarga	F.CD.1	Carga y descarga de depósitos de aguas de lavado	Fuga/derrame de aguas de lavado en operación de carga y descarga	S.CD.1	Manguera Número anual de horas de operación: 0,5 horas	2,00E-06
	F.CD.2	Carga y descarga de depósito de gasóleo	Fuga/derrame de gasóleo en operación de carga y descarga	S.CD.2	Manguera Número anual de horas de operación: 0,75 horas	2,94E-06
	F.CD.3	Carga y descarga de depósito de gasóleo	Incendio/explosión por fuga/derrame de gasóleo en operación de carga y descarga + Derrame de aguas de extinción	S.CD.3	Manguera Número anual de horas de operación: 0,75 horas	6,00E-08
Sistemas de tuberías	F.TB.4	Tuberías subterráneas de gasóleo	Fuga/derrame por rotura de tuberías subterráneas con gasóleo	S.TB.8	Longitud de las tuberías: 65 m	1,78E-06
	F.TB.4	Tuberías subterráneas de gasóleo	Incendio/explosión por rotura de tuberías subterráneas con gasóleo + Derrame aguas de extinción	S.TB.9	Longitud de las tuberías: 65 m	3,64E-08
Acopio de gallinaza	F.G.1	Acopio de gallinaza a la intemperie	Fuga/derrame desde el acopio de gallinaza	S.G.1	Días al año que se supera una precipitación de 10 mm (d): 15	4,11E-09

Tabla 8. Probabilidad de ocurrencia de los sucesos iniciadores identificados como relevantes en el presente caso práctico. Fuente: Elaboración propia

El Anexo IV del MIRAT recopila todas las probabilidades de fallo de los factores condicionantes que pueden actuar en las instalaciones del sector. En la Tabla 9 se seleccionan aquellos factores que intervienen en la instalación objeto de estudio así como sus respectivas tasas de fallo.

Factor condicionante	Probabilidad	Unidad
Sistemas de contención		
Contención automática	1,00E-01	fallos/demanda
Sistema de gestión de aguas y derrames		
Sistema de gestión de aguas y derrames automática o pasiva	1,00E-01	fallos/demanda
Sistema de detección y extinción de incendios		
Detección y extinción manual. Combustible tipo 3	8,80E-01	fallos/demanda

Tabla 9. Probabilidad de fallo de los factores condicionantes que operan en los distintos sucesos iniciadores identificados en el presente caso práctico. Fuente: Elaboración propia

Por otra parte, en la Tabla 10, se muestra la asociación de los factores condicionantes con los sucesos iniciadores a los que afectan atendiendo a los árboles de sucesos ofrecidos en el Anexo A.III del caso práctico.

Considerando la probabilidad de ocurrencia de cada suceso iniciador —reflejada en la Tabla 8— y la probabilidad de fallo de cada uno de los factores condicionantes que intervienen en el desarrollo de cada suceso iniciador —recogido en la Tabla 10— es posible conocer la probabilidad de ocurrencia de cada escenario accidental.

El cálculo de la probabilidad de ocurrencia de cada escenario accidental se obtiene mediante el operador “Y” o intersección de las probabilidades del suceso iniciador y de los factores condicionantes que desembocan en el escenario a evaluar. La expresión matemática de esta intersección de probabilidades es la siguiente:

$$P_E = prob_S.I \times P_1 \times P_2 \dots \times P_n \quad [\text{Ec.1}]$$

Donde:

- P_E , es la probabilidad de ocurrencia asociada al escenario “E”, el cual para acontecer requiere que se den conjuntamente el suceso iniciador “S.I” y los factores condicionantes “1, 2, ..., y n”.
- $Prob_S.I$, es la probabilidad de ocurrencia del suceso iniciador cuya evolución desencadena el escenario accidental “E”. Esta probabilidad se encuentra indicada en la Tabla 8.
- P_i , es la probabilidad de fallo de cada factor condicionante. Estas probabilidades se recogen en la Tabla 10, asociadas a cada suceso iniciador.

Zona	Código	Fuente de peligro instalación	Suceso iniciador	Código S.I.	Factor condicionante	Probabilidad (fallos/demanda)
Almacenamiento de aguas de lavado	F.A.1	Depósitos de aguas de lavado de instalaciones	Fuga/derrame del depósito de aguas de lavado	S.A.1	Gestión de aguas y derrames	1,00E-01
Almacenamiento de combustibles	F.C.1	Depósitos/recipientes fijos aéreos de gasóleo	Fuga/derrame de gasóleo por rotura de depósito fijo aéreo de almacenaje	S.C.1	Contención automática	1,00E-01
					Gestión de aguas y derrames	1,00E-01
	F.C.2	Depósitos/recipientes fijos aéreos de gasóleo	Incendio/explosión por fuga/derrame depósito fijo aéreo con gasóleo + Derrame aguas de extinción	S.C.2	Sistema manual de detección y extinción de incendios	8,80E-01
					Gestión de aguas y derrames	1,00E-01
Generadores eléctricos	F.GE.1	Generadores eléctricos	Incendio/explosión de generador + Derrame aguas de extinción	S.GE.1	Sistema manual de detección y extinción de incendios	8,80E-01
					Gestión de aguas y derrames	1,00E-01
Carga y descarga	F.CD.1	Carga y descarga de depósitos de aguas de lavado	Fuga/derrame de aguas de lavado en operación de carga y descarga	S.CD.1	Gestión de aguas y derrames	1,00E-01
	F.CD.2	Carga y descarga de depósito de gasóleo	Fuga/derrame de gasóleo en operación de carga y descarga	S.CD.2	Contención automática	1,00E-01
					Gestión de aguas y derrames	1,00E-01
F.CD.3	Carga y descarga de depósito de gasóleo	Incendio/explosión por fuga/derrame de gasóleo en operación de carga y descarga + Derrame de aguas de extinción	S.CD.3	Sistema manual de detección y extinción de incendios	8,80E-01	
Sistemas de tuberías	F.TB.4	Tuberías subterráneas de gasóleo	Fuga/derrame por rotura de tuberías subterráneas con gasóleo	S.TB.8	Gestión de aguas y derrames	1,00E-01
	F.TB.4	Tuberías subterráneas de gasóleo	Incendio/explosión por rotura de tuberías subterráneas con gasóleo + Derrame aguas de extinción	S.TB.9	Sistema manual de detección y extinción de incendios	8,80E-01
					Gestión de aguas y derrames	1,00E-01
Acopio de gallinaza	F.G.1	Acopio de gallinaza a la intemperie	Fuga/derrame desde el acopio de gallinaza	S.G.1	Gestión de aguas y derrames	1,00E-01

Tabla 10. Factores condicionantes que participan en cada uno de los sucesos iniciadores identificados en el presente caso práctico y probabilidad de fallo de los mismos.

Fuente: Elaboración propia

Una vez determinada la probabilidad de ocurrencia de cada suceso iniciador (Tabla 8) y conocidas las tasas de fallo de cada uno de los factores condicionantes que intervienen sobre los mismos (Tabla 10), la probabilidad de ocurrencia de cada escenario vendrá dada por la multiplicación especificada en la ecuación 1. Esto es, la probabilidad de cada escenario accidental es el resultado de multiplicar la probabilidad de ocurrencia del suceso iniciador que lo origina por la probabilidad de éxito (o de fallo) de cada uno de los factores condicionantes que le afectan conforme con los árboles de sucesos recogidos en el Anexo A.III.

La probabilidad asociada a cada escenario se ofrece en la Tabla 11. Con respecto a esta tabla merece la pena indicar que todos aquellos escenarios que cuenten con una probabilidad de ocurrencia nula serán declarados como no relevantes desde el punto de vista del riesgo medioambiental. De esta forma, en el análisis de riesgos se considera que un escenario es relevante sólo cuando su probabilidad de ocurrencia y su cantidad de agente liberada es mayor que cero.

A modo de resumen, en el Anexo A.III, los árboles de sucesos incluyen la totalidad de los datos relativos a la evolución de los sucesos iniciadores; mostrando, por un lado, la probabilidad de ocurrencia y el volumen liberado bajo las hipótesis establecidas en cada sucesos iniciador y, por otro, la probabilidad de éxito (y de fallo) de cada factor condicionante y la cantidad de agente que podría retener. Como resultado, los árboles indican la probabilidad de ocurrencia de cada escenario accidental y la cantidad de agente que resultaría liberada si el mismo se produjera.

En el presente caso práctico se han generado un total de 10 árboles de sucesos: 5 correspondientes al tipo de árbol 1 (derrame), 4 del Tipo 2 (incendio) y 1 del Tipo 3 (fuga desde el acopio de gallinaza).

Zona	Código	Fuente de peligro instalación	Suceso iniciador	Código S.I.	Código escenario accidental	Probabilidad de ocurrencia del escenario accidental (veces/año)
Almacenamiento de aguas de lavado	F.A.1	Depósitos de aguas de lavado de instalaciones	Fuga/derrame del depósito de aguas de lavado	S.A.1	S.A.1-E.1.1	0,00E+00
					S.A.1-E.1.2	0,00E+00
					S.A.1-E.1.3	0,00E+00
					S.A.1-E.1.4	0,00E+00
					S.A.1-E.1.5	0,00E+00
					S.A.1-E.1.6	0,00E+00
					S.A.1-E.1.7	1,15E-10
					S.A.1-E.1.8	1,28E-11
Almacenamiento de combustibles	F.C.1	Depósitos/recipientes fijos aéreos de gasóleo	Fuga/derrame de gasóleo por rotura de depósito fijo aéreo de almacenaje	S.C.1	S.C.1-E.1.1	0,00E+00
					S.C.1-E.1.2	0,00E+00
					S.C.1-E.1.3	9,53E-09
					S.C.1-E.1.4	1,06E-09
					S.C.1-E.1.5	0,00E+00
					S.C.1-E.1.6	0,00E+00
					S.C.1-E.1.7	1,06E-09
					S.C.1-E.1.8	1,18E-10
	F.C.2	Depósitos/recipientes fijos aéreos de gasóleo	Incendio/explosión por fuga/derrame depósito fijo aéreo con gasóleo + Derrame aguas de extinción	S.C.2	S.C.2-E.2.1	2,88E-11
					S.C.2-E.2.2	1,90E-10
S.C.2-E.2.3					2,11E-11	
Generadores eléctricos	F.GE.1	Generadores eléctricos	Incendio/explosión de generador + Derrame aguas de extinción	S.GE.1	S.GE.1-E.2.1	1,08E-04
					S.GE.1-E.2.2	7,13E-04
					S.GE.1-E.2.3	7,92E-05

Tabla 11. Probabilidad de ocurrencia de los escenarios accidentales. Fuente: Elaboración propia

Zona	Código	Fuente de peligro instalación	Suceso iniciador	Código S.I.	Código escenario accidental	Probabilidad de ocurrencia del escenario accidental (veces/año)
Carga y descarga	F.CD.1	Carga y descarga de depósitos de aguas de lavado	Fuga/derrame de aguas de lavado en operación de carga y descarga	S.CD.1	S.CD.1-E.1.1	0,00E+00
					S.CD.1-E.1.1	0,00E+00
					S.CD.1-E.1.1	0,00E+00
					S.CD.1-E.1.1	0,00E+00
					S.CD.1-E.1.1	0,00E+00
					S.CD.1-E.1.1	0,00E+00
					S.CD.1-E.1.1	1,80E-06
	F.CD.2	Carga y descarga de depósito de gasóleo	Fuga/derrame de gasóleo en operación de carga y descarga	S.CD.2	S.CD.2-E.1.1	0,00E+00
					S.CD.2-E.1.2	0,00E+00
					S.CD.2-E.1.3	2,38E-06
					S.CD.2-E.1.4	2,65E-07
					S.CD.2-E.1.5	0,00E+00
					S.CD.2-E.1.6	0,00E+00
					S.CD.2-E.1.7	2,65E-07
	F.CD.3	Carga y descarga de depósito de gasóleo	Incendio/explosión por fuga/derrame de gasóleo en operación de carga y descarga + Derrame de aguas de extinción	S.CD.3	S.CD.3-E.2.1	7,20E-09
					S.CD.3-E.2.2	4,75E-08
					S.CD.3-E.2.3	5,28E-09
Sistemas de tuberías	F.TB.4	Tuberías subterráneas de gasóleo	Fuga/derrame por rotura de tuberías subterráneas con gasóleo	S.TB.8	S.TB.8-E.1.1	0,00E+00
					S.TB.8-E.1.2	0,00E+00
					S.TB.8-E.1.3	1,44E-06
					S.TB.8-E.1.4	1,61E-07
					S.TB.8-E.1.5	0,00E+00
					S.TB.8-E.1.6	0,00E+00
					S.TB.8-E.1.7	1,61E-07
					S.TB.8-E.1.8	1,78E-08
			Incendio/explosión por rotura de tuberías subterráneas con gasóleo + Derrame aguas de extinción	S.TB.9	S.TB.9-E.2.1	4,37E-09
					S.TB.9-E.2.2	2,88E-08
					S.TB.9-E.2.3	3,20E-09
Acopio de gallinaza	F.G.1	Acopio de gallinaza a la intemperie	Fuga/derrame desde el acopio de gallinaza	S.G.1	S.G.1-E.3.1	3,70E-09
					S.G.1-E.3.2	4,11E-10

Tabla 11 (continuación). Probabilidad de ocurrencia de los escenarios accidentales. Fuente: Elaboración propia

La combinación de los datos recogidos en las Tablas 7 y 11 —y/o la observación de los resultados recopilados en el Anexo A.III— permite identificar los escenarios accidentales relevantes, es decir, aquéllos cuya cantidad de agente causante del daño y probabilidad de ocurrencia es mayor que cero. Nótese que si la probabilidad es igual a cero equivaldrá a afirmar que el escenario no puede producirse y que si la cantidad vertida es igual a cero equivaldrá a afirmar que, aun produciéndose el accidente, éste no ocasionará daños relevantes a los recursos naturales.

En la Tabla 12 se destacan en color negro los escenarios accidentales relevantes y, por otro lado, se señalan en color gris los escenarios accidentales no relevantes (cuya cantidad de agente causante del daño y/o probabilidad es igual a cero).

En el presente caso práctico un total de 4 escenarios accidentales relevantes conforman este caso práctico, perteneciendo tres de ellos al árbol de sucesos Tipo 1 (derrames de sustancias líquidas) y el restante al árbol Tipo 3 (derrame desde el acopio de gallinaza). Por otro lado, no se ha clasificado como relevante ningún escenario ocasionado por el suceso iniciador de tipo incendio/explosión.

Zona	Código	Fuente de peligro instalación	Suceso iniciador	Código S.I.	Código escenario accidental	Probabilidad de ocurrencia del escenario accidental (veces/año)	Cantidad de agente asociada al escenario accidental	Unidad
Almacenamiento de aguas de lavado	F.A.1	Depósitos de aguas de lavado de instalaciones	Fuga/derrame del depósito de aguas de lavado	S.A.1	S.A.1-E.1.1	0,00E+00	0,00	m ³
					S.A.1-E.1.2	0,00E+00	0,00	m ³
					S.A.1-E.1.3	0,00E+00	0,00	m ³
					S.A.1-E.1.4	0,00E+00	0,00	m ³
					S.A.1-E.1.5	0,00E+00	0,00	m ³
					S.A.1-E.1.6	0,00E+00	0,00	m ³
					S.A.1-E.1.7	1,15E-10	0,00	m ³
					S.A.1-E.1.8	1,28E-11	29,00	m ³
Almacenamiento de combustibles	F.C.1	Depósitos/recipientes fijos aéreos de gasóleo	Fuga/derrame de gasóleo por rotura de depósito fijo aéreo de almacenaje	S.C.1	S.C.1-E.1.1	0,00E+00	0,00	m ³
					S.C.1-E.1.2	0,00E+00	0,00	m ³
					S.C.1-E.1.3	9,53E-09	0,00	m ³
					S.C.1-E.1.4	1,06E-09	0,00	m ³
					S.C.1-E.1.5	0,00E+00	0,00	m ³
					S.C.1-E.1.6	0,00E+00	0,00	m ³
					S.C.1-E.1.7	1,06E-09	0,00	m ³
					S.C.1-E.1.8	1,18E-10	3,90	m ³
	F.C.2	Depósitos/recipientes fijos aéreos de gasóleo	Incendio/explosión por fuga/derrame depósito fijo aéreo con gasóleo + Derrame aguas de extinción	S.C.2	S.C.2-E.2.1	2,88E-11	0,00	m ³
					S.C.2-E.2.2	1,90E-10	0,00	m ³
				S.C.2-E.2.3	2,11E-11	0,00	m ³	
Generadores eléctricos	F.GE.1	Generadores eléctricos	Incendio/explosión de generador + Derrame aguas de extinción	S.GE.1	S.GE.1-E.2.1	1,08E-04	0,00	m ³
					S.GE.1-E.2.2	7,13E-04	0,00	m ³
					S.GE.1-E.2.3	7,92E-05	0,00	m ³

Tabla 12. Probabilidad de ocurrencia y cantidad de agente causante del daño de cada escenario accidental e identificación de escenarios accidentales relevantes. Fuente: Elaboración propia

Zona	Código	Fuente de peligro instalación	Suceso iniciador	Código S.I.	Código escenario accidental	Probabilidad de ocurrencia del escenario accidental (veces/año)	Cantidad de agente asociada al escenario accidental	Unidad
Carga y descarga	F.CD.1	Carga y descarga de depósitos de aguas de lavado	Fuga/derrame de aguas de lavado en operación de carga y descarga	S.CD.1	S.CD.1-E.1.1	0,00E+00	0,00	m ³
					S.CD.1-E.1.1	0,00E+00	0,00	m ³
					S.CD.1-E.1.1	0,00E+00	0,00	m ³
					S.CD.1-E.1.1	0,00E+00	0,00	m ³
					S.CD.1-E.1.1	0,00E+00	0,00	m ³
					S.CD.1-E.1.1	1,80E-06	0,00	m ³
					S.CD.1-E.1.1	2,00E-07	0,34	m ³
	F.CD.2	Carga y descarga de depósito de gasóleo	Fuga/derrame de gasóleo en operación de carga y descarga	S.CD.2	S.CD.2-E.1.1	0,00E+00	0,00	m ³
					S.CD.2-E.1.2	0,00E+00	0,00	m ³
					S.CD.2-E.1.3	2,38E-06	0,00	m ³
					S.CD.2-E.1.4	2,65E-07	0,00	m ³
					S.CD.2-E.1.5	0,00E+00	0,00	m ³
					S.CD.2-E.1.6	0,00E+00	0,00	m ³
					S.CD.2-E.1.7	2,65E-07	0,00	m ³
	S.CD.2-E.1.8	2,94E-08	0,00	m ³				
F.CD.3	Carga y descarga de depósito de gasóleo	Incendio/explosión por fuga/derrame de gasóleo en operación de carga y descarga + Derrame de aguas de extinción	S.CD.3	S.CD.3-E.2.1	7,20E-09	0,00	m ³	
				S.CD.3-E.2.2	4,75E-08	0,00	m ³	
				S.CD.3-E.2.3	5,28E-09	0,00	m ³	
Sistemas de tuberías	F.TB.4	Tuberías subterráneas de gasóleo	Fuga/derrame por rotura de tuberías subterráneas con gasóleo	S.TB.8	S.TB.8-E.1.1	0,00E+00	0,00	m ³
					S.TB.8-E.1.2	0,00E+00	0,00	m ³
					S.TB.8-E.1.3	1,44E-06	0,00	m ³
					S.TB.8-E.1.4	1,61E-07	0,00	m ³
					S.TB.8-E.1.5	0,00E+00	0,00	m ³
					S.TB.8-E.1.6	0,00E+00	0,00	m ³
					S.TB.8-E.1.7	1,61E-07	0,00	m ³
					S.TB.8-E.1.8	1,78E-08	0,00	m ³
		Incendio/explosión por rotura de tuberías subterráneas con gasóleo + Derrame aguas de extinción	S.TB.9	S.TB.9-E.2.1	4,37E-09	0,00	m ³	
				S.TB.9-E.2.2	2,88E-08	0,00	m ³	
				S.TB.9-E.2.3	3,20E-09	0,00	m ³	
Acopio de gallinaza	F.G.1	Acopio de gallinaza a la intemperie	Fuga/derrame desde el acopio de gallinaza	S.G.1	S.G.1-E.3.1	3,70E-09	0,00	m ³
					S.G.1-E.3.2	4,11E-10	17,00	m ³

Tabla 12 (continuación). Probabilidad de ocurrencia y cantidad de agente causante del daño de cada escenario accidental e identificación de escenarios accidentales relevantes. Fuente: Elaboración propia

IV. CÁLCULO DEL IDM DE CADA ESCENARIO

En el Real Decreto 183/2015, de 13 de marzo, por el que se modifica el Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental, aprobado por el Real Decreto 2090/2008, de 22 de diciembre, se establece el Índice de Daño Medioambiental (IDM) como un estimador semicuantitativo de las consecuencias medioambientales, en el marco del establecimiento de la garantía financiera, en su caso, obligatoria. El uso del IDM es obligatorio de acuerdo a la nueva redacción del artículo 33 del Reglamento, como etapa intermedia del procedimiento de selección del escenario de referencia sobre el cual se estimará la cuantía de la garantía financiera.

El IDM permite estimar de forma semicuantitativa el daño medioambiental asociado a cada escenario accidental identificado como relevante a partir de una serie de coeficientes que dependen, fundamentalmente, de las características del agente causante del daño, del tipo de recurso natural afectado y, finalmente, de las características del entorno donde se produce el daño medioambiental.

En el presente caso práctico, los cuatro escenarios identificados previamente como relevantes atienden a agentes causantes del daño del tipo químico, entendiéndose por ello cualquier vertido de una sustancia química o de aguas de extinción contaminadas.

Las sustancias químicas involucradas en los escenarios accidentales relevantes identificados en el capítulo anterior son las aguas de lavado de las instalaciones (que contienen, principalmente, gallinaza), el gasóleo y el agua con gallinaza.

La caracterización de dichas sustancias se ha realizado mediante la búsqueda de fichas de seguridad de cada compuesto o mezcla de compuestos químicos. En ellas quedan reflejados una serie de parámetros que caracterizan cada sustancia y han sido seleccionados siguiendo un criterio de realismo sin hacer referencia a una marca comercial concreta. Será en un escenario real de aplicación del MIRAT para el sector avícola donde el analista deberá identificar qué productos determinados emplea y usará para ello cada ficha concreta que permita introducir sus datos en el marco de análisis del IDM.

En los casos donde no se dispone de fichas de seguridad (gallinaza) se ha optado por caracterizar la sustancia siguiendo un criterio de experto atendiendo a las características de dicha sustancia.

Por otra parte, en el caso de las mezclas se ha situado el estudio del lado de la precaución seleccionando como valor de cada una de las características de la mezcla la característica del componente más desfavorable desde el punto de vista del riesgo medioambiental.

En el Anexo A.IV del caso práctico se ofrecen las fichas resumen de la totalidad de las sustancias químicas estudiadas en el presente análisis de riesgos (gasóleo, agua de extinción arrastrando gasóleo, agua de lavado y agua con gallinaza). No obstante, debe recordarse que de las cuatro sustancias caracterizadas en el Anexo A.IV únicamente han resultado generar escenarios relevantes el agua de lavado, el gasóleo y el agua con gallinaza.

En la Tabla 13 se detalla la caracterización de las sustancias que darían lugar a escenarios relevantes en el presente caso práctico según el marco de análisis del IDM. Además, como se ha indicado, las características de cada sustancia que determinan los valores recogidos en esta tabla, se reflejan en el Anexo A.IV. En la tabla se ha incluido el valor asignado al modificador del IDM M_{B14} , el cual hace referencia al tipo de fuga, habiéndose seleccionado una fuga de tipo continuo en la cual el caudal es constante a lo largo del tiempo que dura el episodio.

Sustancia	Agente IDM	Biodegradabilidad	Solubilidad	Tipo de fuga	Toxicidad	Viscosidad	Volatilidad
		M_{B1}	M_{B12}	M_{B14}	M_{B15}	M_{B17}	M_{B18}
Aguas de lavado	COSV no halogenado	Alta (0,8)	Muy soluble (0,8)	Fuga continua (1,25)	Baja (1)	Poco viscosa (1,25)	Media (0,9)
Gasóleo	CONV	Media (0,9)	Poco soluble (0,9)	Fuga continua (1,25)	Alta (2)	Poco viscosa (1,25)	Baja (1)
Agua con gallinaza	COSV no halogenado	Alta (0,8)	Muy soluble (0,8)	Fuga continua (1,25)	Baja (1)	Poco viscosa (1,25)	Media (0,9)

Tabla 13. Valores de los modificadores del IDM según la sustancia química. Fuente: Elaboración propia

Con el fin de identificar los recursos naturales potencialmente afectados y, con ello, las combinaciones agente-recurso a considerar dentro del marco de estimación del IDM, se lleva a cabo un análisis de la posición relativa de las actividades y quipos presentes como fuentes de peligro respecto a los propios recursos naturales.

La Figura 1 del presente caso práctico muestra un esquema de la instalación y de la situación de los principales recursos naturales próximos a la misma. A partir de esa figura, en la Figura 2 se ha procedido a representar el recorrido previsto de un hipotético vertido desde la balsa del sistema de gestión de aguas y derrames, ya que la totalidad de los escenarios accidentales relevantes de la instalación tendrían su origen en un vertido desde este dispositivo (conforme puede establecerse con base en los árboles de sucesos recogidos en el Anexo A.III). En concreto, las hipótesis establecidas para los escenarios S.A.1-E.1.8, S.C.1-E.1.8, S.CD.1-E.1.1 y S.G.1-E.3.2 implican el fallo del sistema de gestión de aguas y derrames que podría corresponderse con un rebose de este sistema, la existencia de poros o grietas en el mismo, etc.

Teniendo en cuenta este esquema y las consideraciones adicionales que se incluyen a continuación, las combinaciones agente-recurso relevantes para el caso práctico son las siguientes:

- **Grupo 9. Suelo – químicos.** Debido a que la solera de hormigón de la instalación únicamente abarca la superficie de la misma, cuando la sustancia química excede sus límites, existe una posible afección al suelo.
- **Grupo 5. Agua subterránea – químicos.** De la misma manera que el caso anterior, una vez el vertido ha alcanzado el suelo, podrían ser potencialmente alcanzadas las aguas subterráneas existentes bajo la zona en la que se produciría la hipotética liberación de las sustancias químicas.

- **Grupo 2. Agua superficial – químicos.** Cualquier vertido de sustancias químicas líquidas que tenga lugar en la instalación, y no sea contenido por los distintos sistemas de contención presentes en la misma, podría acabar entrando en contacto con el cauce de agua superficial ya que éste discurre en sus proximidades y a una cota inferior.
- **Grupo 16. Especies animales – químicos.** Debido a la presencia de ictiofauna en el cauce próximo a la instalación, el daño a las aguas superficiales identificado anteriormente podría llevar consigo la afección por agentes químicos a las especies animales, en este caso a peces, ya sean de especies amenazadas o no amenazadas.

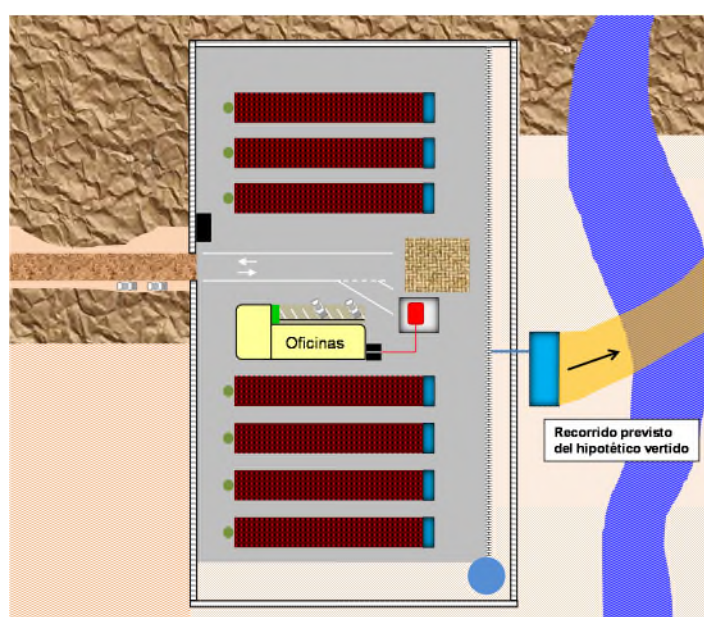


Figura 2. Recorrido previsto para los agentes causantes del daño vinculados a los escenarios relevantes de la instalación. Fuente: Elaboración propia

Una vez identificados los recursos naturales que podrían verse afectados por los distintos escenarios de accidente definidos en el presente caso práctico, se recopilan a continuación los parámetros relativos a las características del medio ambiente en el que la instalación está situada. No obstante, en ese momento, merece la pena recordar que la utilización del IDM no implica necesariamente el empleo de modelos de dispersión de contaminantes por lo que las estimaciones realizadas hasta este punto responden a criterios preliminares de carácter básico que, posteriormente, deberán afinarse para el escenario accidental que resulte seleccionado con objeto de fijar la garantía financiera.

Los parámetros del IDM relativos al entorno se clasifican en función de los multiplicadores A, B y C del Índice de Daño Medioambiental (IDM) y del valor de los distintos modificadores que intervienen en cada uno de ellos. El Reglamento establece, para cada combinación agente-recurso, aquellos modificadores que intervienen en la estimación semicuantitativa del daño medioambiental. A continuación se recopila en forma de tabla cada uno de los modificadores con la característica del

territorio relacionada, el valor del modificador y la fuente (bibliográfica, cartográfica, etc.) a la que se ha acudido para su cumplimentación.

La Tabla 14 recopila los modificadores que intervienen en el cálculo del multiplicador A, que afecta al estimador del coste unitario del proyecto de reparación.

Parámetro	Modificador	Descripción	Valor
Afección a un Espacio Natural Protegido	M _{A2}	Posible afección ¹	1,25

¹ Fuente: Visor MORA (<https://servicio.mapama.gob.es/mora/login.action>)

Tabla 14. Valores de los modificadores del IDM que aplican sobre el multiplicador A, que afectan al coste unitario del proyecto de reparación. Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, la Tabla 15 agrupa los modificadores relativos al entorno donde se localiza la instalación e intervienen en el cálculo del multiplicador B. Dicho multiplicador afecta al estimador de la cantidad de receptor afectado.

Parámetro	Modificador	Descripción	Valor
Densidad de población	M _{B2}	La instalación se encuentra en un espacio protegido Red Natura 2000 en el que se encuentra documentada la presencia de una amplia variedad de especies silvestres por lo que siguiendo el criterio de precaución se adopta el valor más conservador [1]	2,00
Lago o embalse	M _{B5}	No existe afección prevista a lagos o embalses [2]	1,00
Permeabilidad 1	M _{B8}	Permeabilidad Alta/Muy alta [2]	2,00
Permeabilidad 2	M _{B9}	Permeabilidad Alta/Muy alta [2]	3,00
Río	M _{B11}	Caudal medio anual 4,92 m ³ /s [3]	1,25

[1] Fuente: MAPAMA-Red Natura 2000 (http://www.mapama.gob.es/es/biodiversidad/temas/espacios-protegidos/red-natura-2000/rn_espana.aspx)

[2] Fuente: MAPAMA-Visor MORA (<https://servicio.mapama.gob.es/mora/login.action>)

[3] MAPAMA-Anuario de aforos (<http://sig.mapama.es/redes-seguimiento/visor.html?herramienta=Aforos>)

Tabla 15. Valores de los modificadores del IDM que aplican sobre el multiplicador B, que afectan al estimador de la cantidad de receptor afectado. Fuente: Elaboración propia

Por último, en la Tabla 16 se detallan los modificadores del multiplicador C, que afectan al estimador del coste de revisión y control del proyecto de reparación y depende de la combinación agente-recurso y la duración estimada de los daños ocasionados.

Parámetro	Modificador	Descripción	Valor
Duración estimada del daño por agentes químicos al suelo	M _{C3}	Se ha estimado la duración de los daños en 15 meses acudiendo a MORA [1]	1,10
Duración estimada del daño por agentes químicos al agua subterránea	M _{C2}	Se ha estimado la duración de los daños en 24 meses acudiendo a MORA [1]	1,00
Duración estimada del daño por agentes químicos al agua superficial	M _{C1}	Se ha estimado la duración de los daños en 24 meses acudiendo a MORA [1]	1,25
Duración estimada del daño por agentes químicos a especies animales	M _{C5}	Dado que los escenarios relevantes se corresponden con vertidos de dimensiones moderadas se ha asumido que los daños producidos no afectarían de forma relevante a los mamíferos pero sí a la ictiofauna [2]	1,00

[1] Fuente: Selección de técnicas de reparación de MORA (<https://servicio.mapama.gob.es/mora/login.action>)

[2] Fuente: MAPAMA-Inventario Español de Especies Terrestres

(<http://www.mapama.gob.es/es/biodiversidad/temas/inventarios-nacionales/inventario-especies-terrestres/>)

Tabla 16. Valores de los modificadores del IDM que aplican sobre el multiplicador C, que afectan al estimador del coste de revisión y control del proyecto de reparación. Fuente: Elaboración propia

Los modificadores del IDM relacionados con las especies animales que han sido referenciados en las tablas anteriores se han caracterizado según la información sobre la Red Natura 2000 disponible en la página de internet del MAPAMA.

En este sentido, se considera que las especies de aves no sufrirán daños relevantes bajo las hipótesis establecidas en el presente análisis. En concreto, en caso de ocasionarse un vertido se considera que las aves no contactarían con el agente causante de daño o que, al menos, este contacto no ocasionaría un efecto relevante sobre estas especies.

Por otro lado, se considera que los mamíferos no serían objeto de un daño relevante por el hipotético vertido. Esto es, aceptando la posibilidad de existir contactos puntuales de algunos individuos con el vertido se asume que dichos contactos no influirán de forma relevante en el estado de las poblaciones de mamíferos.

Finalmente, cabe puntualizar que las especies de flora no vascular y de invertebrados, anfibios y reptiles, no serían objeto de una reparación específica. Es decir, se asume que dichas especies se recuperarán en el momento en el que se reparase el conjunto de su hábitat (suelo y agua).

En la Tabla 17 se recogen las especies de peces continentales que podrían verse afectadas de forma relevante por los escenarios accidentales identificados en el presente caso práctico. Como se ha indicado, el inventario de especies ha sido tomado de la información sobre la Red Natura 2000 disponible en la web del MAPAMA.

Especie (peces continentales)	Nombre común	Amenaza (UICN mundial)	Amenaza (UICN España)	Individuos en el LIC	Tipo de escenario al que se aplican
<i>Achondrostoma arcasii</i>	Bermejuela	No catalogada	-	50	Vertido al río de sustancias químicas
<i>Chondrostoma polylepis</i>	Boga de río	No catalogada	-	Sin datos	
<i>Cobitis calderoni</i>	Lamprehuela	VU	VU	Sin datos	
<i>Cobitis paludica</i>	Colmilleja	LR	VU	4	
<i>Luciobarbus comizo</i>	Comizo	-	VU	26	
<i>Pseudochondrostoma polylepis</i>	-	LC	-	42	
<i>Rutilus alburnoides</i>	Calandino	No catalogada	-	30	

Tabla 17. Especies de peces continentales potencialmente afectados por un episodio accidental en la instalación del presente caso práctico. Fuente: http://www.mapama.gob.es/es/biodiversidad/temas/espacios-prottegidos/red-natura-2000/rn_espana.aspx

Con los datos recogidos en las Tablas 13, 14, 15 y 16 además del dato de cantidad de agente causante del daño recogido en la Tabla 12 para cada escenario accidental considerado como relevante, es posible estimar el valor del Índice de Daño Medioambiental de cada escenario accidental.

En el Anexo A.V del presente caso práctico se recoge el valor de la totalidad de los modificadores que intervienen en el cálculo del IDM para cada escenario accidental relevante. A modo de resumen, la Tabla 18 recopila el valor del IDM de cada escenario accidental, indicándose además, a modo informativo, el tipo de accidente de cada escenario accidental.

Código escenario accidental	Tipo de accidente	Índice de Daño Medioambiental (IDM)
S.A.1-E.1.8	Vertido de sustancias químicas originado en los depósitos de agua de lavado con potencial afección al suelo, al agua subterránea, al río y a las especies de peces.	343.959,09
S.C.1-E.1.8	Vertido de sustancias químicas originado en el depósito de gasóleo con potencial afección al suelo, al agua subterránea, al río y a las especies de peces.	297.629,73
S.CD.1-E.1.1	Vertido de sustancias químicas originado en la carga y descarga del agua de lavado con potencial afección al suelo, al agua subterránea, al río y a las especies de peces.	279.569,62
S.G.1-E.3.2	Vertido de sustancias químicas originado en el acopio de gallinaza con potencial afección al suelo, al agua subterránea, al río y a las especies de peces.	316.999,09

Tabla 18. Índice de Daño Ambiental (IDM) de cada escenario accidental relevante. Fuente: Elaboración propia

V. ESTIMACIÓN DEL RIESGO ASOCIADO A CADA ESCENARIO

En el artículo 33 del Reglamento de desarrollo parcial de la Ley de Responsabilidad Medioambiental se exige la estimación del riesgo como etapa intermedia para la selección del escenario de referencia. Una vez seleccionado dicho escenario, se procederá a cuantificar y monetizar los daños medioambientales generados en el mismo para establecer la cuantía de la garantía financiera. El riesgo es definido como el producto de la probabilidad de ocurrencia del escenario por su valor del IDM.

La Tabla 19 muestra el cálculo del riesgo medioambiental de cada escenario identificado como relevante en el presente análisis de riesgos.

Código escenario accidental	Índice de Daño Medioambiental (IDM)	Probabilidad de ocurrencia del escenario accidental (veces/año)	Riesgo
S.A.1-E.1.8	343.959,09	1,28E-11	0,0000043977
S.C.1-E.1.8	297.629,73	1,18E-10	0,0000350013
S.CD.1-E.1.1	279.569,62	2,00E-07	0,0559139245
S.G.1-E.3.2	316.999,09	4,11E-10	0,0001302736

Tabla 19. Valores del riesgo para cada escenario accidental. Fuente: Elaboración propia

VI. SELECCIÓN DEL ESCENARIO ACCIDENTAL DE REFERENCIA

Una vez que se ha calculado el riesgo medioambiental de cada escenario accidental la selección del escenario de referencia se lleva a cabo identificando el escenario con el IDM más alto de entre los que concentran el 95% del riesgo total de la instalación.

Para alcanzar ese propósito se procede en primera instancia a ordenar los escenarios accidentales relevantes en sentido decreciente de IDM y se selecciona aquel a partir del cual se concentra más del 95% del riesgo medioambiental total de la instalación objeto de análisis.

En la Tabla 20 se detalla el procedimiento de selección del escenario de referencia.

Código escenario accidental	Probabilidad de ocurrencia del escenario accidental (veces/año)	Índice de Daño Medioambiental (IDM)	Riesgo	Riesgo relativo (%)	Riesgo relativo acumulado (%)
S.A.1-E.1.8	1,28E-11	343.959,09	0,0000044	0,01%	100,00%
S.G.1-E.3.2	4,11E-10	316.999,09	0,0001303	0,23%	99,99%
S.C.1-E.1.8	1,18E-10	297.629,73	0,0000350	0,06%	99,76%
S.CD.1-E.1.1	2,00E-07	279.569,62	0,0559139	99,70%	99,70%

Tabla 20. Selección del escenario accidental de referencia. Fuente: Elaboración propia

Conforme puede observarse en la Tabla 20, el escenario de referencia seleccionado es el S.CD.1-E.1.1, caracterizado por el vertido de 0,34 m³ de aguas de lavado debido a la operación de carga y descarga de los depósitos de almacenamiento de esta sustancia. Se ha previsto que el vertido, como se ha indicado, se originaría en la zona de los depósitos de agua de lavado y avanzaría a través de la red de drenaje de la instalación alcanzando la balsa de almacenamiento asociada a la gestión de aguas y derrames que, conforme con las hipótesis recogidas en el árbol de sucesos, no resultaría eficaz para la contención del derrame. Por este motivo, el derrame sobrepasaría la balsa de contención y alcanzaría el suelo y, potencialmente, el agua superficial y subterránea pudiendo causar daños relevantes sobre los peces que habitan el río próximo a la instalación.

De esta forma, el escenario que será objeto de cuantificación y monetización es el S.CD.1-E.1.1. En las páginas siguientes se describe el proceso de cuantificación y monetización del daño asociado a dicho escenario.

VII. DETERMINACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DEL DAÑO ASOCIADO AL ESCENARIO ACCIDENTAL DE REFERENCIA

Atendiendo al artículo 11 del Reglamento, para la cuantificación del daño “los operadores identificarán, describirán y evaluarán la extensión, la intensidad y la escala temporal del daño”. Así, en los siguientes apartados se procede al tratamiento de cada uno de estos parámetros necesarios para la cuantificación del daño medioambiental.

Antes de llevar a cabo el análisis de la extensión, la intensidad y la escala temporal del daño, se describe a continuación de forma más detallada las características del medio en el que se produce el daño y las condiciones en las que se origina el vertido.

En esencia, el escenario consiste en que 0,34 m³ de aguas de lavado (portadoras de restos de gallinaza procedentes de la limpieza de las naves) alcanza el suelo del este de la instalación cuyas características necesarias para cuantificar el daño se recogen en la Tabla 21.

Parámetro	Valor	Unidad
Permeabilidad (k) [1]	1,00E-12	m ²
Capacidad de retención (R) [2]	0,015	m ³ /m ³
Nivel del acuífero [3]	45,18	m
Densidad del suelo [4]	1,44	(t/m ³)

[1] Fuente: Establecido mediante criterio de experto a partir del rango de permeabilidad de la zona consultado en el visor de MORA (<https://servicio.mapama.gob.es/mora/login.action>).

[2] Fuente: Valor seleccionado en Grimaz *et al.* (2007) y Grimaz *et al.* (2008) a partir del valor de permeabilidad del suelo.

[3] Fuente: Valor promedio consultado en el punto más próximo a la instalación disponible en las Redes de Seguimiento del MAPAMA (<http://sig.mapama.es/redes-seguimiento/>)

[4] Fuente: Estimado a partir de EPA (1996) y Yu *et al.*, (1993).

Tabla 21. Parámetros relevantes del suelo para la cuantificación del daño. Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Anuario de Aforos del Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (MAPAMA) y de Sistemas de Información Geográfica

VII.1. EXTENSIÓN DEL DAÑO MEDIOAMBIENTAL

La extensión del daño hace referencia a la cantidad, de cada uno de los recursos naturales, que se vería afectada por el episodio de vertido.

Dado que el primer recurso natural que entra en contacto con el derrame es el suelo se ha optado por aplicar en primera instancia el modelo propuesto en Grimaz *et al.* (2007) y Grimaz *et al.* (2008). Este modelo, además de los datos recopilados en la Tabla 21, requiere la determinación de los siguientes aspectos:

- Volumen vertido. Es el volumen derramado conforme con las hipótesis establecidas en el escenario accidental de referencia. En el escenario S.CD.1-E.1.1 se derramarían al suelo 0,34 m³.
- Tiempo de vertido. En el modelo de Grimaz debe introducirse el caudal con el que se produce el vertido (expresado en m³/s), para determinar este dato (conocido el volumen derramado) debe estimarse el tiempo que dura el episodio. En este sentido, aplicando un criterio experto, se ha optado por fijar una duración de 1 hora.
- Densidad de la sustancia derramada. Se ha utilizado la densidad del agua al ser el componente mayoritario de la mezcla "agua de lavado", siendo igual a 1.000 Kg/m³.
- Viscosidad dinámica. Siguiendo un criterio conservador se ha asumido que la totalidad de la mezcla se comporta como la sustancia menos viscosa (o de mayor movilidad) contenida en ella. En este caso se trata del agua, con una viscosidad de 1 cP.
- Parámetro del modelo de Grimaz ξ' . Este parámetro es función de la viscosidad de la sustancia derramada. De nuevo, siguiendo un criterio de precaución se ha adoptado un valor de 0,5, correspondiente a sustancias de baja viscosidad.

Introduciendo los anteriores parámetros de entrada en las ecuaciones propuestas en el modelo de Grimaz se ha obtenido como resultado que la superficie que ocuparía el derrame sobre el suelo ascendería a 9,64 m² que, en el esquema propuesto por el modelo empleado, se correspondería con un círculo cuyo centro se encontraría en el foco del vertido (la balsa asociada a la gestión de aguas y derrames) y cuyo radio sería igual a 1,75 m. Dado que el río se encuentra a una distancia mayor de 1,75 m, atendiendo a los resultados obtenidos de la aplicación del modelo, se asume que no se producirían daños al río.

La profundidad máxima que alcanzaría el derrame sería de 4,70 m. Por lo tanto, dado que el nivel promedio del acuífero se sitúa en los 45,18 m podría descartarse una posible afección al agua subterránea.

A modo de resumen, puede concluirse que el vertido de aguas de lavado afectaría únicamente al suelo colindante. En concreto, la extensión del daño causado a este recurso natural sería de 45,33 m³ de suelo que, aplicando una densidad de 1,44 t/m³, equivaldría a 65,28 t de suelo.

VII.2. INTENSIDAD DEL DAÑO MEDIOAMBIENTAL

Dado que el modelo de dispersión aplicado no devuelve de forma directa la concentración de contaminantes esperada en el medio receptor sino, únicamente, la extensión del daño y que no se han localizado fichas de seguridad y/o curvas de umbrales de toxicidad de la gallinaza para los seres vivos presentes en el suelo, atendiendo a la naturaleza apriorística de los análisis de riesgos, se ha optado por situar el presente estudio del lado de la precaución y declarar el daño evaluado como de intensidad letal. Por lo tanto, se asume que se producirán efectos adversos claros y a corto plazo sobre el 100% de los individuos situados en los 45,33 m³ de suelo afectado.

VII.3. ESCALA TEMPORAL DEL DAÑO MEDIOAMBIENTAL

El estudio de la escala temporal del daño incluye la determinación de los siguientes aspectos:

- a) **Duración del daño.** La duración del daño desde el momento en que éste se produce hasta que se logra reestablecer el estado básico se ha fijado en 15 meses atendiendo a la aplicación informática MORA (6 meses de tiempo de espera y 9 meses de reparación).
- b) **Frecuencia del daño.** La frecuencia del daño es igual a la probabilidad de ocurrencia del escenario accidental del cual deriva el daño medioambiental, siendo en este caso igual a 2×10^{-7} veces al año.
- c) **Reversibilidad del daño.** Atendiendo a las características del agente causante del daño (se trata de una sustancia biodegradable para la que existen actualmente técnicas de reparación) se asume que el daño es reversible y que, por lo tanto, podrían devolverse los recursos naturales dañados a su estado básico en un plazo de tiempo razonable.

VII.4. SIGNIFICATIVIDAD DEL DAÑO MEDIOAMBIENTAL

Siguiendo un criterio de precaución, al igual que se ha establecido un nivel de intensidad letal, atendiendo al carácter apriorístico del análisis de riesgos se ha optado por considerar que el daño ocasionado por el escenario de referencia tendría carácter de daño significativo.

VIII. MONETIZACIÓN DEL DAÑO ASOCIADO AL ESCENARIO ACCIDENTAL DE REFERENCIA

La monetización es la fase mediante la cual se expresa en unidades monetarias la magnitud del daño ocasionado bajo las hipótesis establecidas en el escenario accidental de referencia (S.CD.1-E.1.1). En concreto, en este escenario se ha asumido la afección significativa a 65,28 t de suelo colindante con la instalación en su extremo este.

Con objeto de valorar el daño ocasionado se ha acudido al Modelo de Oferta de Responsabilidad Ambiental (MORA) disponible de forma pública y gratuita a través de la página web del MAPAMA.

Tanto los parámetros de entrada introducidos en MORA como los resultados ofrecidos por este modelo se ofrecen de forma detallada en el informe incluido en el Anexo A.VI del caso práctico. No obstante, en la Tabla 22 se resumen los principales datos de salida.

Medida reparadora	Tipo de daño	Valor (€)
Reparación primaria	COSV no halogenados biodegradables en suelo	17.075,64
Total Primaria		17.075,64
Reparación compensatoria	COSV no halogenados biodegradables en suelo	12.212,73
Total Compensatoria		12.212,73
Total medidas reparadoras		29.288,37

Tabla 22. Resultado de la aplicación MORA para el escenario de referencia. Fuente: Elaboración propia a partir de la aplicación informática MORA

A modo de resumen, la reparación primaria de los daños potencialmente causados por el escenario de referencia ascendería a 17.075,64 € y la reparación compensatoria de dicho escenario a 12.212,73 €, sumando en conjunto 29.288,37 €.

IX. EVALUACIÓN DE LA NECESIDAD DE CONSTITUIR UNA GARANTÍA FINANCIERA

Conforme con la redacción actual de la normativa de responsabilidad medioambiental, los operadores que se encontrarán sujetos a la obligación de constituir una garantía financiera serán los incluidos en las siguientes categorías:

- 1) Las actividades e instalaciones sujetas al ámbito de aplicación del Real Decreto 1254/1999, de 16 de julio, por el que se aprueban medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas (SEVESO) (actualmente Real Decreto 840/2015, de 21 de septiembre, por el que se aprueban medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas).
- 2) Las actividades e instalaciones sujetas al ámbito de aplicación de la Ley 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación (IPPC) (actualmente Real Decreto Legislativo 1/2016, de 16 de diciembre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de prevención y control integrados de la contaminación).
- 3) Los operadores que cuenten con instalaciones de residuos mineros clasificadas como de categoría A de acuerdo a lo establecido en el Real Decreto 975/2009, de 12 de junio, sobre gestión de los residuos de las industrias extractivas y de protección y rehabilitación del espacio afectado por actividades mineras.

En el caso de la avicultura de puesta se encontrarán obligadas a constituir una garantía financiera las instalaciones destinadas a la cría intensiva de aves que dispongan de más de 40.000 plazas de gallinas ponedoras al encontrarse dentro del ámbito de aplicación del Real Decreto Legislativo

1/2016, de 16 de diciembre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de prevención y control integrados de la contaminación.

Estas instalaciones se encuentran catalogadas como de prioridad 3 en la Orden APM/1040/2017, de 23 de octubre, por la que se establece la fecha a partir de la cual será exigible la constitución de la garantía financiera obligatoria para las actividades del anexo III de la Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental, clasificadas como nivel de prioridad 1 y 2, mediante Orden ARM/1783/2011, de 22 de junio, y por la que se modifica su anexo, no encontrándose publicada en la fecha de redacción del presente MIRAT la correspondiente orden ministerial en la que se concretará la fecha a partir de la cual se les exigirá la constitución de la garantía financiera obligatoria.

Por lo tanto, y teniendo en cuenta que la instalación ficticia a la que se dirige el presente caso práctico cuenta con más de 40.000 plazas de gallinas ponedoras, la misma se encontrará sujeta a la obligación de disponer de una garantía financiera por responsabilidad medioambiental en el momento en que así se disponga en la correspondiente orden ministerial.

No obstante, a la hora de determinar si finalmente el operador deberá disponer de esta garantía se deben tener en cuenta las indicaciones recogidas en el artículo 28 de la Ley de Responsabilidad Medioambiental. En concreto, según el apartado a) de este artículo quedan exentos de constituir una garantía financiera obligatoria los operadores de aquellas actividades susceptibles de ocasionar daños cuya reparación se evalúe por una cantidad inferior a 300.000 euros. En este sentido, el artículo 33 del Reglamento de desarrollo parcial de la Ley de Responsabilidad Medioambiental, indica que, con objeto de establecer el importe de la garantía financiera al coste de la reparación primaria (17.075,64 €) han de añadirse los costes de prevención y evitación que, como mínimo, serán el 10% del coste de la reparación primaria (en este caso, 1.707,56 €). De esta forma, el importe de la garantía financiera para la instalación objeto de estudio ascendería a 18.783,20 €. Dado que este valor es inferior a los 300.000 € fijados en el apartado a) del artículo 28 de la Ley de Responsabilidad Medioambiental el operador no se encontraría obligado a establecer una garantía financiera.

Concepto	Valor (€)
Prevención y evitación	1.707,56
Reparación primaria	17.075,64
Garantía financiera	18.783,20
Reparación compensatoria	12.212,73
Valor total del daño	30.995,93

Tabla 23. Importe de la garantía financiera y del valor total del daño. Fuente: Elaboración propia a partir de la aplicación informática MORA

Como conclusión de lo anteriormente expuesto puede afirmarse que la instalación objeto de estudio, aun encontrándose dentro del ámbito de aplicación del Real Decreto Legislativo 1/2016, de 16 de diciembre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de prevención y control integrados de la contaminación, no se encontrará obligada a constituir una garantía financiera por responsabilidad

medioambiental ya que, con base en el presente análisis de riesgos, dicha garantía se ha valorado en un importe igual a 18.783,20 €, cuantía inferior a 300.000 €.

Si bien la instalación evaluada no tiene la obligación de constituir una garantía financiera sí se debe ser consciente de que la misma se encuentra incluida en el Anexo III de la Ley de Responsabilidad Medioambiental (a través del epígrafe dedicado a las instalaciones incluidas en el ámbito de aplicación del Real Decreto Legislativo 1/2016, de 16 de diciembre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de prevención y control integrados de la contaminación). Por lo tanto, este operador debería responder por los daños medioambientales que pudiera ocasionar independientemente de que exista dolo, culpa o negligencia en su causación.

De esta forma, sería recomendable que el operador, dentro de sus medidas de gestión del riesgo, incluyese, de forma voluntaria, la constitución de una garantía financiera por responsabilidad medioambiental por importe de 30.995,93 € que le permitiera responder ante los daños medioambientales previstos en su escenario accidental de referencia. Esta garantía incluiría el valor total previsto del daño, evaluado a través del coste de las medidas de prevención y evitación, el coste de la reparación primaria y el coste de la reparación compensatoria.

X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

EPA, 1996. Office of Emergency and Remedial Response, U.S. Environmental Protection Agency. Washington, DC 20460. Soil Screening Guidance: User's Guide. Second edition.

FLEMISH GOVERNMENT (2009) *Handbook failure frequencies 2009 for drawing a safety report*. Flemish Government. LNE Department. Environment, Nature and Energy Policy Unit. Safety Reporting Division.

GRIMAZ S., ALLEN S., STEWART J. y DOLCETTI G. (2007) *Predictive Evaluation of the extent of the surface spreading for the case of accidental spillage of oil on ground*. Selected paper IcheaP8, AIDIC Conference Series, Vol. 8, 2007, pp. 151 – 160.

GRIMAZ S., ALLEN S., STEWART J., DOLCETTI G. (2008) *Fast prediction of the evolution of oil penetration into the soil immediately after an accidental spillage for rapid-response purposes*, Proceeding of 3rd International Conference on Safety & Environment in Process Industry, CISAP – 3, Rome (I) 11 – 14 May 2008, Chemical Engineering Transactions, Vol. 13, 2008. Ed. AIDIC Servizi s.r.l.

YU et al (1993). C. YU, C. LOUREIRO, J.-J. CHENG, L.G. JONES, Y.Y. WANG, Y.P. CHIA, E. FAILLACE. *Data Collection handbook to support modelling impacts of radioactive material in soil*. Environmental Assessment and Information Sciences Division Argonne National Laboratory, Argonne, Illinois. Office of Environmental Restoration. U.S. Department of Energy.

Páginas web

Metodología y coberturas del modelo SIMPA

- https://servicio.mapama.gob.es/sia/visualizacion/lda/pdfs/SIMPA_resumen.pdf
- <http://sig.mapama.es/geoportal/>

Módulo de cálculo del IDM y Guía de usuario

- <http://www.mapama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/responsabilidad-mediambiental/modelo-de-oferta-de-responsabilidad-ambiental/default.aspx#para1>

Modelo de Oferta de Responsabilidad Ambiental (MORA):

- <http://www.mapama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/responsabilidad-mediambiental/modelo-de-oferta-de-responsabilidad-ambiental/#para1>