



MINISTERIO
DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN
Y MEDIO AMBIENTE

SECRETARÍA DE ESTADO
DE MEDIO AMBIENTE

DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD
Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

Análisis de Riesgos Medioambientales Individual

Sector: Almacenamiento de sustancias

Febrero 2015

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD Y DE LA INSTALACIÓN	2
II.1.	Normativa Aplicable	2
II.2.	Sistemas de Certificación Ambiental	4
II.3.	Esquema general del proceso de producción	4
II.4.	Medidas de prevención y evitación	5
II.5.	Recursos naturales potencialmente afectados	8
III.	METODOLOGÍA SEGUIDA PARA EL ANÁLISIS DE RIESGOS	9
III.1.	Zonificación de la instalación	9
III.2.	Identificación de los sucesos iniciadores y sus causas	9
III.3.	Factores condicionantes	10
III.4.	Escenarios accidentales	10
III.5.	Selección del escenario de referencia	10
III.6.	Cuantificación y monetización del escenario de referencia	10
III.7.	Fijación de la cuantía de la Garantía Financiera	11
IV.	IDENTIFICACIÓN DE SUCESOS INICIADORES Y ESCENARIOS ACCIDENTALES	11
IV.1.	Zonificación	11
IV.2.	Fuentes de Peligro	11
IV.3.	Sucesos Iniciadores	12
IV.4.	Factores Condicionantes	14
IV.5.	Cálculo de Probabilidades	17
IV.5.1.	<i>Sucesos iniciadores</i>	18
IV.5.2.	<i>Escenarios accidentales</i>	20
IV.6.	Cálculo de volúmenes	22
IV.6.1.	Volumen del suceso iniciador	22
IV.6.2.	Volumen asociado a las medidas de extinción de incendios	24
IV.6.3.	Estimación del volumen retenido por los sistemas de contención manual	28
IV.6.4.	Estimación del volumen retenido por los sistemas de contención automática	28
IV.6.5.	Estimación del volumen retenido por la contención en el sistema de gestión de aguas y de derrames	29
IV.7.	Árboles de sucesos	29
IV.7.1.	Árboles de sucesos por zonas	30
V.	APLICACIÓN DEL IDM	45
V.1.	<i>Parámetros y modificadores en la ecuación del IDM</i>	46
V.2.	<i>Cálculo del IDM</i>	48
VI.	SELECCIÓN DEL ESCENARIO DE REFERENCIA	55
VII.	CUANTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LA SIGNIFICATIVIDAD DEL DAÑO	59
VII.1.	Cuantificación del daño medioambiental	59

VII.2. Evaluación de la significatividad del daño medioambiental.....	65
VIII. MONETIZACIÓN DEL DAÑO	65
IX. FIJACIÓN DE LA GARANTÍA FINANCIERA	66
X. BIBLIOGRAFÍA	67

I. INTRODUCCIÓN

El objeto del presente estudio es la realización de un Análisis de Riesgos Medioambientales dirigido a un operador particular del sector logístico, con el fin de ilustrar la forma de realizar un análisis de riesgos particularizado en el caso de que el sector no cuente con una herramienta sectorial para ello —es decir, cuando a nivel sectorial no se haya realizado una Tabla de Baremos, ni un Modelo de Informe de Riesgos Ambientales Tipo (MIRAT) ni una Guía Metodológica—.

La elección de esta instalación para la realización del estudio se ha llevado a cabo por parte del MAGRAMA (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente) en colaboración con la CEOE (Confederación Española de Organizaciones Empresariales).

Según el *Real Decreto 475/2007, de 13 de abril, por el que se aprueba la Clasificación Nacional de Actividades Económicas 2009 (CNAE, 2009)*, el sector al que pertenece la instalación se encuadra en la división 52, sección H (Almacenamiento y actividades anexas al transporte) dentro de la clase CNAE 5210 —depósito y almacenamiento—.

Es importante tener en cuenta que este Análisis de Riesgos Medioambientales Individual contempla las actividades que se realizan en la instalación durante la fase de operación y explotación, excluyéndose los riesgos asociados al diseño y construcción de las instalaciones.

Por otro lado, merece la pena mencionar que se ha excluido del estudio el transporte puesto que se trata de una actividad independiente que, para el presente ejercicio, se ha supuesto subcontratada a terceros.

La actividad que realiza la instalación objeto de estudio consiste en el almacenamiento a largo plazo de sustancias de terceros.

La instalación permanece en funcionamiento 365 días/año durante 24 horas/día —no se realiza parada de mantenimiento—.

La instalación está situada en zona costera, lo cual permite la carga y descarga de mercancía en barco desde el muelle. Dada la ubicación de la planta, en caso de accidente el recurso más afectado será previsiblemente el agua marina; no obstante esto será objeto de un análisis más detallado en los epígrafes siguientes.

En el presente caso práctico, dado que tiene por objeto ser ilustrativo de la metodología, las sustancias se han denominado como Sustancia A, Sustancia B, etc. Así mismo, se ha seleccionado un número pequeño de sustancias y de zonas con el fin de no complicar en exceso el ejemplo.

Los datos (p.e volumen de almacenamiento o de aguas de extinción) y las características del medio en la zona en la que se encuentra ubicada la instalación (que condicionan los recursos potencialmente afectados) así como de las sustancias implicadas en los escenarios accidentales, se han seleccionado igualmente con fines ilustrativos.

Cuadro 1. Aclaración sobre los datos utilizados para la realización de este caso práctico. Fuente: Elaboración propia.

II. DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD Y DE LA INSTALACIÓN

II.1. Normativa Aplicable

II.1.1 Ley de Responsabilidad Medioambiental

En primer lugar, en lo relativo al régimen de Responsabilidad Medioambiental es aplicable la siguiente normativa:

- ❖ Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental.
- ❖ Real Decreto 2090/2008, de 22 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental.
- ❖ Ley 11/2014, de 3 de julio, por la que se modifica la ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental.
- ❖ Real Decreto 183/2015, 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
- ❖ Norma UNE 150008 de Análisis y Evaluación del Riesgo Ambiental

En particular, la instalación objeto de estudio está sujeta a la Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental, por el primer epígrafe del anexo III:

“La explotación de instalaciones sujetas a autorización de conformidad con la Ley 16/2002, de 1 de julio, de Prevención y Control Integrados de la Contaminación (Ley IPPC).

Igualmente incluye cualesquiera otras actividades y establecimientos sujetos al ámbito de aplicación del RD 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.”

Se ha supuesto que la instalación objeto de estudio actúa como lugar de almacenamiento intermedio de sustancias para determinadas empresas. Por la naturaleza de dichas sustancias quedaría englobada bajo la caracterización de sustancia peligrosa conforme al RD 1254/1999.

Por el hecho de estar sujeta a la normativa SEVESO, esta instalación ya se encuentra indudablemente incluida en el Anexo III de la Ley 26/2007, de 23 de octubre; sin embargo, cabe destacar que su actividad quedaría recogida, a su vez, por los siguientes apartados:

- El punto 5 del Anexo III —“*Todos los vertidos en aguas interiores y mar territorial sujetos a autorización previa de conformidad con lo dispuesto en la ley 22/1988, de 28 de julio, de Costas y en la legislación autonómica aplicable.*”— como consecuencia del vertido de aguas residuales tratadas, resultantes del proceso, al mar.
- El apartado 8 del Anexo III referido a la fabricación, utilización, almacenamiento, transformación, embotellado, liberación en el medio ambiente y transporte *in situ* de sustancias y preparados peligrosos. Considerándose como peligrosas las sustancias y preparados con propiedades explosivas, comburentes, inflamables, corrosivas, peligrosas para el medio ambiente, etc.

Por último, merece la pena indicar que, conforme al apartado 7 del Real Decreto 183/2015, por el que se modifica el RD 2090/2008, por el que se aprueba el reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, de Responsabilidad Medioambiental, esta instalación estaría sujeta a la obligación de constituir garantía financiera siempre que de su análisis de riesgos se desprendiese que puede generar un daño ambiental con un valor superior a los 300.000

euros —este límite asciende a los 2.000.000 de euros en el caso de que la instalación esté adscrita de forma permanente a un sistema de certificación ambiental (ISO 14.001 o EMAS)—.

II.1.2 Otra legislación ambiental

A continuación se indica otra legislación ambiental que podría resultar de aplicación.

A. Aguas

- ❖ Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas.
- ❖ Real Decreto 907/2007, de 6 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de la Planificación Hidrológica.
- ❖ Orden ARM/2656/2008, de 10 de septiembre, por la que se aprueba la instrucción de planificación hidrológica. Modificada por la Orden ARM/1195/2011, de 11 de mayo, por la que se modifica la Orden ARM/2656/2008, de 10 de septiembre, por la que se aprueba la instrucción de planificación hidrológica.
- ❖ Ley 2/2013, de 29 de mayo, de protección y uso sostenible del litoral y de modificación de la Ley 22/1988, de 28 de julio, de Costas.

B. Residuos

- ❖ Real Decreto 833/1988 de 20 de Julio, por el que se aprueba el Reglamento para la ejecución de la Ley 20/1986, Básica de Residuos Tóxicos y Peligrosos.
- ❖ Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados.

C. Suelos

- ❖ Real Decreto 9/2005, de 14 de enero, por el que se establece la relación de actividades potencialmente contaminantes del suelo y los criterios y estándares para la declaración de suelos contaminados.

D. Productos y materias

- ❖ Real Decreto 379/2001, de 6 de abril por el que se aprueba el Reglamento de almacenamiento de productos químicos y sus instrucciones técnicas complementarias MIE-APQ-1, MIE-APQ-2, MIE-APQ-3, MIE-APQ-4, MIE-APQ-5, MIE-APQ-6 y MIE-APQ-7.

E. Seguridad industrial

- ❖ Real Decreto 400/1996, de 1 de marzo, por el que se dictan las disposiciones de aplicación de la Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo 94/9/CE, relativa a los aparatos y sistemas de protección para uso en atmósferas potencialmente explosivas.
- ❖ Real Decreto 1196/2003, de 19 de septiembre, por el que se aprueba la Directriz básica de protección civil para el control y planificación ante el riesgo de accidentes graves en los que intervienen sustancias peligrosas.
- ❖ Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales.

- ❖ Real Decreto 393/2007, de 23 de marzo, por el que se aprueba la Norma Básica de Autoprotección de los centros, establecimientos y dependencias dedicados a actividades que puedan dar origen a situaciones de emergencia.

F. Otra legislación

- ❖ 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.

II.2. Sistemas de Certificación Ambiental

Si bien los sistemas de certificación ambiental no son de obligado cumplimiento, se han introducido aquí ya que, en virtud del artículo 28 de la Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental, para aquellos operadores que estén adheridos al sistema de gestión medioambiental UNE-EN ISO 14001 vigente o al sistema comunitario de gestión y auditoría medioambientales (EMAS), el valor límite a partir del cual tendrán obligación de constituir garantía financiera aumenta desde los 300.000 euros hasta los 2.000.000 de euros.

La instalación objeto de estudio está adherida a ambos sistemas de certificación ambiental, por lo que sólo estará obligada a constituir garantía financiera por responsabilidad medioambiental en el caso de que el valor del daño supere los 2.000.000 de euros.

II.3. Esquema general del proceso de producción

La actividad que realiza la instalación es el almacenamiento intermedio para terceros de sustancias químicas. Es decir, la planta no realiza ningún proceso o tratamiento a las sustancias que recibe sino que únicamente se limita a almacenarlas en condiciones óptimas (para que las sustancias no pierdan sus propiedades y para que no puedan existir fugas que puedan derivar en un daño ambiental). Estos almacenamientos, por lo general, son a largo plazo, a modo de reserva para las empresas cliente.

II.3.1 Equipos principales

A. Cargadero de cisternas

La Planta dispone de un sistema de carga/descarga de camiones cisternas, dotado de dos isletas de carga, cada una dotada de un sistema de pesada, que permite controlar el llenado de las cisternas y la parada de éste cuando llega a la cantidad predeterminada. El caudal de llenado es de aproximadamente 30 m³/h.

Este cargadero de cisternas permite tanto la llegada a la planta de sustancias para almacenar como la salida de las mismas cuando esto es requerido por un cliente.

El cargadero está dotado con detectores de incendio y derrame, pulsadores de emergencias y sistema de protección contra incendios.

B. Cargadero de barcos

Adicionalmente, al tratarse de una instalación ubicada en una zona portuaria, tiene la posibilidad de recibir sustancias para su almacenamiento por barco y de enviarlas a los clientes destinatarios por esta misma vía. El caudal de llenado es de aproximadamente 300 m³/h.

Al igual que en el caso anterior, la zona de carga/descarga de barcos está dotada con detectores de incendio y derrame, pulsadores de emergencias y sistema de protección contra incendios.

II.3.2 Sistemas auxiliares

A. Sistema de agua

La planta recibe agua desde la red de suministro pública. El circuito se divide en dos ramales, uno de agua potable en planta (distribución en edificios, duchas de seguridad, lavajos, y otros usos de agua potable) y otro de agua de servicio que se utiliza, principalmente, para el circuito de agua contra incendios. Existe un tanque de almacenamiento de agua dulce para el sistema contra incendios cuya capacidad es 150 m³.

B. Sistema eléctrico

El sistema eléctrico de la planta incluye tanto la subestación de acometida eléctrica al terminal como la subestación eléctrica con los armarios, equipos y cableados, necesarios para alimentar de energía eléctrica los receptores del terminal y dos transformadores.

II.4. Medidas de prevención y evitación

En este apartado se mencionan brevemente las medidas de prevención, contención y extinción. Dichas medidas, en caso de accidente, podrían evitar o atenuar un posible daño al medio receptor.

La tabla siguiente muestra las principales medidas existentes en las distintas zonas de la instalación así como aquellas medidas que son globales (comunes a toda la planta).

MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y EVITACIÓN POR ACTIVIDAD

Código de zona	Zona	Medidas de prevención	Medidas de contención	Medidas de extinción
1	Cargadero de cisternas	<ul style="list-style-type: none"> - Protocolo de carga y descarga - Detectores de fuego 	<ul style="list-style-type: none"> - Sistema móvil de recogida de derrames. 	<ul style="list-style-type: none"> - Extintores y polvo seco.
2	Cargadero de barcos	<ul style="list-style-type: none"> - Protocolo de carga y descarga - Detectores de fuego 	<ul style="list-style-type: none"> - Sistemas móviles de recogida de derrames. 	<ul style="list-style-type: none"> - Extintores y polvo seco. - Diluvio.
3	Parque de almacenamiento	<ul style="list-style-type: none"> - Protocolo para el almacenamiento de sustancias - Detector de nivel y alarma - Detección de incendios con alarma 	<ul style="list-style-type: none"> - Cubetos. - Kits de emergencia para recogida de derrames. 	<ul style="list-style-type: none"> - Extintores y polvo seco. - Diluvio
4	Subestación eléctrica (incluye generador de emergencia)	<ul style="list-style-type: none"> - Detector de nivel y alarma - Detección de incendios con alarma 	<ul style="list-style-type: none"> - Suelo impermeabilizado y con pendiente hacia foso estanco en los transformadores. - Cubetos. - Boca carga y descarga dentro del cubeto. 	<ul style="list-style-type: none"> - Extintores y polvo seco.
Medidas globales (comunes a toda la instalación)		<ul style="list-style-type: none"> - Operaciones automatizadas - Opción de activación manual de medidas y cierre de válvulas - Teléfonos y pulsadores de emergencia - Detectores de fuego y de derrame - Formación - Simulacros - Otros sistemas de prevención 	<ul style="list-style-type: none"> - Pavimento. - Pruebas de estanqueidad. - Inspección grietas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Red de tuberías del sistema contra incendios. - Tanque de agua dulce contra incendios.

A continuación, las medidas de prevención, contención y extinción implantadas por la planta para la evitación de derrames y el control de incendios indicadas en la tabla previa, serán objeto de un mayor grado de desarrollo, indicándose en qué zonas concretas están ubicadas:

- Medidas globales

Por norma general, las distintas operaciones que se realizan en la instalación están automatizadas, lo que disminuye la posibilidad de fallo. Adicionalmente, la mayoría de las medidas de extinción pueden activarse de forma manual, en caso de que hubiese fallado la activación automática. Así mismo el cierre de válvulas puede realizarse, igualmente, de forma manual o automática. Por otro lado, en caso de fuga, puede cambiarse el sentido de circulación o aislarse el tramo de la fuga.

Existen teléfonos y pulsadores de emergencia repartidos por toda la instalación, con el objeto de favorecer que las medidas necesarias para neutralizar o disminuir los efectos de un suceso iniciador se pongan en marcha lo antes posible. Además el personal ha recibido formación, especialmente en materia de incendios, con el objeto de que conozca el protocolo de actuación ante cualquier emergencia y, como complemento a dicha formación, se realizan simulacros de manera periódica.

La totalidad de la planta se encuentra pavimentada y el pavimento se encuentra en buen estado. Adicionalmente, las sustancias que podrían resultar contaminantes para los recursos naturales se encuentran contenidas en tanques que tienen cubetos conforme a la normativa APQ y éstos son inspeccionados frecuentemente para prevenir la aparición de grietas que, en su caso, serían reparadas.

En la planta se realizan pruebas de estanqueidad periódicas para comprobar el adecuado estado de los equipos, depósitos y tuberías.

La instalación posee detectores de fuego y derrame en las distintas zonas en función del riesgo intrínseco asociado a cada una de ellas como consecuencia de los procesos que se llevan a cabo. Además, como medidas de protección contra incendios, cuenta con un tanque de almacenamiento de agua dulce con una capacidad de 150 m³ y una red de tuberías contra incendios distribuidas por toda la planta.

En el caso de que se detectase alguna anomalía desde la sala de control, existe también la posibilidad de activar el agua contra incendios directamente desde la sala.

En la instalación no existen paradas de mantenimiento; se almacena en función de la demanda y la planta está dimensionada para que permanezca siempre activa.

Por último, señalar que en la zona de proceso no se pueden introducir aparatos electrónicos y que hay acceder con batas y calzado antiestático, lo que evita la posible generación de chispas y el consiguiente riesgo de explosión/incendio.

- Cargadero de camiones cisterna

En esta zona se ha ubicado un arcón de prevención y actuación frente a derrames que pudiesen producirse durante la carga/descarga de cisternas.

Además, está dotada de sistemas de detección de fuego. En caso de incendio, este se extinguiría utilizando el depósito de agua dulce mencionado anteriormente (150 m³). También se pueden emplear para la extinción el polvo seco y los extintores.

- Cargadero de buques

Esta zona cuenta con detectores de fuego. Además, existe un protocolo de carga y descarga con el objeto de minimizar la posibilidad de accidentes.

Adicionalmente, cuenta con arcones móviles con material para la contención y limpieza de derrames con barreras flotantes, etc. para la contención y limpieza de derrames de productos químicos.

Existen pulsadores de emergencia que permiten activar las medidas de extinción en el caso de que estas no lo hagan de forma automática.

Adicionalmente está provista de un sistema automático de diluvio, que se pondría en funcionamiento en caso de que se generase dicho suceso iniciador. Dicho diluvio está diseñado con un caudal de 500 m³/h durante 3 horas. También pueden utilizarse para la extinción el polvo seco y los extintores.

- Parque de almacenamiento

Se dispone de kits de con material para la contención y limpieza de derrames.

Existe un protocolo para el almacenamiento de sustancias, de tal forma que se eviten las incompatibilidades entre sustancias, y los posibles efectos en cadena o sinérgicos en caso de accidente. Todos los tanques cuentan con detectores de nivel con alarma que permiten identificar un derrame en el menor tiempo posible.

Esta zona está provista de sistemas de detección de incendios con alarma y de un sistema automático de diluvio, que se pondría en funcionamiento en caso de que se generase un incendio. Dicho diluvio está diseñado con un caudal de 750 m³/h durante 3 horas. También pueden utilizarse para la extinción el polvo seco y los extintores.

- Subestación eléctrica

Esta zona cuenta con suelo impermeabilizado con pendiente hacia un foso estanco.

Los depósitos presentes en esta zona cuentan con detector de nivel, y en el cuadro de control se advierte también de su llenado incorrecto o sobrellenado. Como medida de seguridad adicional, la boca de carga y descarga está dentro del cubeto.

La zona cuenta con un sistema de detección de incendios con alarma, y pueden utilizarse para la extinción el polvo seco y los extintores.

II.5. Recursos naturales potencialmente afectados

En relación a lo señalado por la Ley 26/2007, de 23 de octubre, en el presente informe se deben indicar cuáles son los recursos naturales que podrían verse afectados por un eventual daño.

En este caso, tras el cruce con sistemas de información geográfica (SIG) de la hipotética ubicación de la instalación con las coberturas base de recursos naturales, se concluye que los recursos naturales potencialmente afectados serían, por norma general, el agua marina (y, en su caso, el lecho marino) y sus especies.

Se descartan posibles daños a las aguas superficiales ya que se ha comprobado (igualmente mediante SIG) que no existen cursos fluviales en un radio de 500 metros. Así mismo, se han descartado posibles daños a las masas de agua subterránea dado que las masas más cercanas están situadas a unos dos kilómetros de distancia y están situadas bajo suelo de baja permeabilidad.

Por último, se descartan posibles daños al suelo al tratarse de suelo urbano.

III. METODOLOGÍA SEGUIDA PARA EL ANÁLISIS DE RIESGOS

El Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, establece en su artículo 33 el análisis de riesgos medioambientales como instrumento base para la fijación de la cuantía de la garantía financiera, introduciendo así la obligatoriedad para cada operador del apartado 7 del Real Decreto 183/2015, por el que se modifica el Real Decreto 2090/2008, por el que se aprueba el reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, de Responsabilidad Medioambiental, de evaluar sus riesgos a fin de poder estimar la garantía financiera que deberá constituir.

La elaboración de dicho análisis de riesgo medioambiental deberá basarse en cualquier caso en la norma UNE 150008 u otras normas equivalentes. El presente Análisis de Riesgos Individual se ha realizado tomando como base el esquema metodológico que indica la norma UNE 150008:2008.

En los subapartados siguientes se exponen brevemente las distintas fases en las que se ha estructurado el presente análisis de riesgos individual, indicando el objetivo de cada una de ellas. Estas fases son objeto de desarrollo detallado en los apartados IV a X.

III.1. Zonificación de la instalación

Previamente a la identificación de los sucesos iniciadores y de los escenarios accidentales, ha sido necesario realizar una zonificación de la instalación. Se ha atendido únicamente a las distintas zonas presentes en la instalación que conllevan un cierto riesgo por lo que se han eliminado las áreas sin peligro relevante.

III.2 Identificación de los sucesos iniciadores y sus causas

Una vez realizada la zonificación de la instalación de cara a la identificación de los riesgos de cada una de las zonas se han identificado las fuentes de peligro existentes en cada una de ellas. A partir de las fuentes de peligro se han determinado los sucesos iniciadores.

Se definen los sucesos iniciadores como hechos físicos que pueden generar un incidente o accidente en función de su evolución en el espacio y en el tiempo.

III.3 Factores condicionantes

Una vez determinados los sucesos iniciadores se ha procedido a determinar los factores condicionantes. Se entiende por factor condicionante aquél que, una vez producido el suceso iniciador, según sea la secuencia de eventos, puede actuar como elemento potenciador o atenuante del daño, provocando que las consecuencias ambientales de los sucesos iniciadores sean mayores o menores.

Los factores condicionantes constituyen la segunda parte de los árboles de sucesos, conforme al esquema planteado en la Norma UNE 150008, y permiten identificar los escenarios accidentales asociados a la actividad desarrollada en la instalación objeto de estudio.

III.4 Escenarios accidentales

Una vez obtenidos los parámetros necesarios para la construcción completa de los árboles de sucesos (sucesos iniciadores y factores condicionantes), quedan perfectamente identificados los escenarios accidentales.

Para cada uno de los sucesos iniciadores y factores condicionantes que intervienen en cada uno de los árboles de sucesos se ha identificado su probabilidad de ocurrencia y volumen de vertido asociados.

Adicionalmente, para cada uno de estos escenarios se han identificado los recursos naturales que, previsiblemente, se verían afectados por los mismos, de cara a la aplicación del Índice de Daño Medioambiental (IDM).

III.5 Selección del escenario de referencia

Una vez identificados los escenarios accidentales, para aquellos que tengan una probabilidad de ocurrencia y un volumen asociado distinto de cero, se ha procedido a la aplicación del IDM para la selección del escenario de referencia, en aplicación de la nueva metodología introducida por el Real Decreto 183/2015, por el que se modifica el reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007 de Responsabilidad Medioambiental.

III.6 Cuantificación y monetización del escenario de referencia

Una vez seleccionado el escenario de referencia, los siguientes pasos a seguir para la determinación de la garantía financiera son los que se indican a continuación:

- i) Cuantificación del daño medioambiental generado en el escenario seleccionado.

La cuantificación del daño medioambiental se debe realizar conforme con lo establecido en el artículo 11 y siguientes del Reglamento de desarrollo parcial de la ley. Esta operación implica determinar la extensión, la intensidad y la escala temporal del daño.

- ii) Monetización del daño medioambiental generado en dicho escenario de referencia, cuyo valor será igual al coste del proyecto de reparación primaria.

III.7 Fijación de la cuantía de la Garantía Financiera

El coste de la reparación primaria obtenido como resultado de la monetización es el que se propone como cuantía para la Garantía Financiera, la cual será obligatoria siempre que sobrepase el valor de 300.000 euros. Este límite aumenta a los 2.000.000 de euros en el caso de que la instalación, como ocurre en este caso, esté adherida con carácter permanente y continuado a un sistema de gestión y auditoría medioambientales (EMAS) o al sistema de gestión medioambiental ISO 14001 vigente.

En caso de que, conforme al criterio anterior, exista obligatoriedad de constituir garantía financiera, deberá añadirse al coste de reparación primaria el coste de las medidas de prevención y evitación de daños. Este coste puede estimarse mediante dos opciones:

- a) Aplicar un porcentaje sobre la cuantía total de la garantía obligatoria.
- b) Estimar estos costes de prevención y evitación a través de una evaluación específica dentro del análisis de riesgos medioambientales.

La normativa indica que en todo caso la cuantía de los gastos de prevención y evitación del daño debe ser, como mínimo, el diez por ciento del importe de la garantía (coste de la reparación primaria) que se haya calculado atendiendo a las fases anteriores.

IV. IDENTIFICACIÓN DE SUCESOS INICIADORES Y ESCENARIOS ACCIDENTALES

La metodología elegida para el análisis y evaluación del riesgo ambiental ha sido la norma UNE 150008:2008, que establece dos etapas diferenciadas para el análisis de riesgos, la primera de ellas implica definir los escenarios causales que originan el suceso iniciador y la segunda, la determinación de los escenarios consecuenciales.

Siguiendo la metodología, con el fin de identificar los escenarios causales más probables, se ha realizado una zonificación de la instalación según su potencialidad de riesgo, lo que permite la identificación de las fuentes de peligro más relevantes que pueden desencadenar cada suceso iniciador.

IV.1 Zonificación

En la instalación objeto de estudio se han concretado las siguientes zonas de riesgo:

1. Cargadero de cisternas.
2. Cargadero de barcos.
3. Parques de almacenamiento.
4. Subestación eléctrica.

IV.2 Fuentes de peligro

A continuación se muestran las fuentes de peligro identificadas para cada zona de riesgo. Es importante mencionar que en la mayoría de los casos las fuentes de peligro son las sustancias almacenadas, tanto por el peligro de vertido que llevan asociado, como por la posibilidad de generar atmósferas explosivas o incendios. Sin embargo, no sólo son éstas las que entrañan un riesgo, sino que también determinados elementos de la propia instalación pueden conllevar un riesgo asociado (p.e. cortocircuito).

La tabla siguiente muestra para cada zona de la instalación las sustancias implicadas y/o generadas u otros procesos que puedan suponer fuentes de peligro.

FUENTES DE PELIGRO		
Código de zona	Zona	Fuentes de peligro
1	Cargadero de cisternas	- Sustancia A - Sustancia B
2	Cargadero de barcos	- Sustancia C
3	Parque de almacenamiento	- Sustancia A - Sustancia B - Sustancia C
4	Subestación eléctrica, transformadores y generador de emergencia	- Sustancia C - Sustancia D - Cortocircuito

Tabla 2: Fuentes de peligro.

Fuente: Elaboración propia.

IV.3 Sucesos iniciadores

En el apartado anterior se han identificado las posibles fuentes de peligro para cada una de las zonas de la instalación objeto de estudio. Partiendo de esta información, se ha procedido a la identificación de los escenarios causales que determinarán la existencia de los sucesos iniciadores relevantes de la instalación. Estos sucesos iniciadores pueden definirse como aquellos hechos físicos que se han identificado a partir de un análisis causal y que pueden generar un incidente o accidente en función de su evolución en el espacio y en el tiempo. Cabe destacar que como se ha mencionado previamente, en este caso la identificación del suceso iniciador ha sido previa a la de sus causas —procedimiento común cuando se trata de sucesos muy habituales y conocidos o, simplemente, que pueden resultar intuitivos—.

En el análisis de riesgos realizado, atendiendo a las fuentes de peligro identificadas, se han detectado tres tipos de sucesos iniciadores:

1. Suceso iniciador derrame
2. Suceso iniciador explosión
3. Suceso iniciador incendio

La tabla siguiente recoge la información relativa a las causas más comunes que originan cada uno de los tipos de sucesos iniciadores que se han tenido en cuenta para la instalación (derrame, explosión e incendio).

IDENTIFICACIÓN DE LAS CAUSAS MÁS COMUNES DE CADA SUCESO INICIADOR	
Suceso iniciador	Causas
Derrame	Sobrellenado
	Cubeto de contención insuficiente
	Operaciones de carga/descarga
	Fallo en sistemas de detección y alarma
	Error humano
Explosión	Fallo del material
	Atmósferas explosivas
Incendio	Error humano
	Sustancias inflamables
	Fallo en sistemas de detección y alarma
	Chispa
	Cortocircuito
	Error humano

Tabla 3: Causas más comunes de cada suceso iniciador.

Fuente: Elaboración propia.

Por tanto quedarían definidas las siguientes causas para un derrame:

- Sobrellenado: originado como consecuencia del rebose de los elementos de almacenamiento, lo que conlleva el desbordamiento.
- Contención insuficiente: resultado de una capacidad de los cubetos de contención inferior a la de los tanques o depósitos que albergan.
- Fallos en las operaciones de carga/descarga: hace referencia a la mala ejecución del proceso de carga y descarga. Esto puede deberse, a su vez, a distintas razones como son: error humano (mala conexión de la manguera), rotura de la manguera, fuga de la manguera o impacto mecánico (impactos por choque originados, por ejemplo, por la colisión de vehículos contra elementos de almacenamiento).
- Fallo en sistemas de detección y alarma que impidan actuar con celeridad ante un posible derrame.
- Errores humanos: errores del personal laboral de la instalación como consecuencia de formación insuficiente, falta de vigilancia, de distracciones, etc.
- Fallos del material: deterioro de un material por acción de agentes externos, tales como presencia de poro, rotura, etc. El aumento de la presión en las tuberías o en la maquinaria también puede llevar a la aparición de fisuras que causen fugas o derrames.

Para el suceso iniciador explosión quedan definidas las siguientes posibles causas:

- Atmósferas explosivas: se define como atmósfera explosiva la mezcla con el aire, en condiciones atmosféricas normales, de sustancias inflamables en forma de gases, vapores, nieblas o polvos, en la que, tras la ignición, la combustión se propaga a la totalidad de la mezcla no quemada.
- Errores humanos: como se ha mencionado anteriormente, esta causa hace referencia a errores del personal laboral de la instalación como consecuencia de formación insuficiente, falta de vigilancia, distracciones, etc.

Por último, para el suceso iniciador incendio se consideran las siguientes causas:

- Presencia de sustancias inflamables en la instalación que, al combinarse junto al oxígeno y una fuente de calor, genere un incendio.

- Fallo en sistemas de detección y alarma que impidan actuar con celeridad ante un posible incendio.
- Chispa en la maquinaria como consecuencia de fricción entre piezas de los equipos, etc.
- Cortocircuito en la subestación eléctrica.
- Errores humanos: errores del personal laboral de la instalación como consecuencia de formación insuficiente, falta de vigilancia, de distracciones, etc.

La tabla siguiente muestra los sucesos iniciadores identificados para cada una de las zonas de riesgo definidas en el presente documento.

SUCESOS INICIADORES			
Código de zona	Zona	Código de suceso iniciador	Suceso iniciador
1	Cargadero de cisternas	1	Derrame de sustancia A en carga/descarga de camiones
		2	Derrame de sustancia B en carga/descarga de camiones
2	Cargadero de barcos	3	Derrame de sustancia C en carga/descarga de barcos
		4	Derrame de sustancia A desde tanque
3	Parque de almacenamiento	5	Derrame de sustancia B desde tanque
		6	Derrame de sustancia C desde tanque
		7	Derrame de sustancia A desde tubería
		8	Derrame de sustancia B desde tubería
		9	Derrame de sustancia C desde tubería
4	Subestación eléctrica, transformadores y generador de emergencia	10	Derrame de sustancia C desde tanque
		11	Derrame de sustancia D desde tanque
		12	Incendio en subestación eléctrica

Tabla 4: Sucesos iniciadores.

Fuente: Elaboración propia.

IV.4 Factores condicionantes

Una vez identificados los sucesos iniciadores es importante determinar los factores condicionantes que van a tener un papel relevante. Dichos factores condicionantes hacen referencia a:

- El medio humano
- Factores relativos a la instalación

Los factores condicionantes que se han tenido en cuenta en este análisis de riesgos individual son los que se indican a continuación:

1. Ignición inmediata. Este factor condicionante considera determinados aspectos que pueden favorecer la ignición en el momento de la fuga (inmediata), es decir, sin que la nube de gas se mezcle con el aire, de tal forma que el combustible y el aire se van incorporando, por difusión, al frente de llama.
2. Sistemas de detección y extinción. Este factor condicionante agrupa cualquier medida de prevención y evitación que permita detectar una posible causa de incendio en el menor tiempo posible. En este sentido, la instalación tiene instalados detectores de llama.

Así mismo, abarca las medidas de extinción y contención de incendios, como extintores, hidrantes o polvo seco.

3. Sistemas de contención de fugas. Este factor condicionante reúne las posibles medidas de contención (manuales o automáticas) que, una vez haya tenido lugar el derrame, puedan contenerlo. Se han diferenciado dos tipos de medidas/sistemas de contención automática:

- A. Cubetos

- B. Balsas

Se contempla la aplicación de este factor, en su caso, en las fugas desde depósitos o tuberías.

4. Ignición retardada. Este factor condicionante considera la posibilidad de que la ignición se produzca a cierta distancia del punto de fuga; en función de los obstáculos que la nube de vapor inflamable encuentra a su paso podrá producirse una explosión o una deflagración.
5. Gestión de aguas y derrames. Este factor condicionante tiene en cuenta si en determinadas operaciones (p.e. carga y descarga de determinadas sustancias) existe la posibilidad de crear un circuito cerrado tal manera que, en caso de vertido, éste pueda ser contenido.

La tabla siguiente muestra los factores condicionantes que se han considerado para cada uno de los sucesos iniciadores identificados:

FACTORES CONDICIONANTES APLICADOS A CADA SUCESO INICIADOR							
Código de suceso iniciador	Suceso iniciador	Ignición inmediata	Detección de llama y extinción	Contención automática	Contención manual	Ignición retardada	Gestión de aguas
1	Derrame de sustancia A en carga/descarga de camiones	X	X		X	X	
2	Derrame de sustancia B en carga/descarga de camiones	X	X		X	X	
3	Derrame de sustancia C en carga/descarga de barcos	X	X		X	X	
4	Derrame de sustancia A desde tanque	X	X	X			X
5	Derrame de sustancia B desde tanque	X	X	X			X
6	Derrame de sustancia C desde tanque	X	X	X			X
7	Derrame de sustancia A desde tubería	X	X		X		X
8	Derrame de sustancia B desde tubería	X	X		X		X
9	Derrame de sustancia C desde tubería	X	X		X		X
10	Derrame de sustancia C desde tanque	X	X	X			X
11	Derrame de sustancia D desde tanque	X	X	X			X
12	Incendio en subestación eléctrica		X				X

Tabla 5: Factores condicionantes aplicados a cada suceso iniciador.

Fuente: Elaboración propia.

IV.5 Cálculo de probabilidades

En este análisis de riesgos se ha optado por realizar un cálculo de probabilidades basado en un método cuantitativo, es decir, fundamentado en bibliografía especializada (p.e. *Purple Book*).

Para obtener la probabilidad de ocurrencia del escenario accidental habrá que partir de la probabilidad de ocurrencia del suceso iniciador, corrigiéndola con la probabilidad de ocurrencia de los factores condicionantes. En los epígrafes siguientes se muestra cómo se ha calculado cada una de estas probabilidades.

Merece la pena indicar que, dado que el propósito de este ejercicio práctico es meramente ilustrativo (no pretendiendo ser un análisis exhaustivo) en aquellos sucesos iniciadores que pueden deberse a distintas causas (cada uno de ellas con una probabilidad diferente) se ha simplificado el ejercicio práctico considerando únicamente la causa que ofrece una probabilidad de suceso iniciador mayor (ya que el árbol de sucesos es el mismo, y las probabilidades de los factores condicionantes también). A modo de ejemplo, el suceso iniciador “Derrame de sustancia química en carga/descarga de cisterna” puede deberse a las siguientes causas:

- Error humano (mala conexión de la manguera)
- Rotura de la manguera
- Fuga de la manguera
- Impacto mecánico

En función de la causa que origine el suceso iniciador, la probabilidad de ocurrencia del mismo será distinta, tal y como se observa en la siguiente tabla:

CAUSAS y PROBABILIDADES DEL SUCESO INICIADOR “DERRAME EN CARGA/DESCARGA DE CISTERNA”			
Suceso iniciador	Causas	Probabilidad	Fuente
Derrame de sustancia química en carga/descarga de cisterna	Error humano	1,00E-03	TNO 1988
	Rotura de la manguera	4,00E-06	TNO 1999
	Fuga de la manguera	4,00E-05	TNO 1999
	Impacto mecánico	1,00E-08	DGPC (1994)

Tabla 6: Causas y probabilidades del suceso iniciador “Derrame en carga/descarga de cisterna”.

Fuente: Elaboración propia.

En un caso real sería necesario analizar cuáles de estas causas pueden presentarse en la instalación objeto de estudio y hacer tantos árboles distintos como sucesos iniciadores con distinta probabilidad se obtuviesen o un único árbol con una probabilidad de suceso iniciador que incluyese todas las posibles causas¹. Pero, como se ha mencionado previamente, al tratarse de un caso ilustrativo, se ha optado por simplificarlo indicando sólo un suceso iniciador en vez de cuatro o los que, en cada caso, procediesen.

¹ Para el supuesto de que un suceso iniciador pueda tener lugar por tres posibles causas (A, B y C), la probabilidad del suceso iniciador por la causa A, o la causa B o la causa C (es importante recalcar que no es necesario que se den simultáneamente todas las causas para que tenga lugar el suceso iniciador, sino que bastará con que suceda una de ellas), vendría expresada por la siguiente ecuación:

$$P(A \cup B \cup C) = P(A) + P(B) + P(C) - P(A \cap B) - P(A \cap C) - P(B \cap C) + P(A \cap B \cap C)$$

IV.5.1 Sucesos iniciadores

La tabla siguiente muestra cómo se ha realizado el cálculo de probabilidades para cada uno de los sucesos iniciadores contemplados en este análisis de riesgos individual.

La tabla se ha estructurado en las siguientes columnas:

- Suceso iniciador. Descripción del suceso iniciador.
- Código del suceso iniciador.
- Cálculo de la probabilidad, que incluye:
 - Método de cálculo. Se indica la expresión matemática utilizada para el cálculo de la probabilidad, en caso necesario.
 - Datos. Se exponen los datos que se han utilizado para resolver la ecuación del cálculo de probabilidad.
 - Fuente. Se muestra la fuente bibliográfica.
- Resultado obtenido para cada suceso iniciador: es la probabilidad del suceso iniciador expresada en unidades de ocasiones/año.

CÁLCULO DE PROBABILIDADES DE LOS SUCESOS INICIADORES					
Suceso Iniciador (SI)	Código del SI	Cálculo de la probabilidad			Probabilidad del Suceso Iniciador (ocasiones/año)
		Método de cálculo	Datos	Fuente	
Derrame de sustancia A en carga/descarga de camiones	SI1	1,00E-03	-	TNO (1988)	1,00E-03
Derrame de sustancia B en carga/descarga de camiones	SI2	1,00E-03	-	TNO (1988)	1,00E-03
Derrame de sustancia C en carga/descarga de barcos	SI3	$3,00E-08 \cdot h \cdot n^{\circ}$ brazos	h = 3*15*30 15 cargas/año.brazo 30 horas/carga 3 brazos	TNO (1999)	4,05E-05
Derrame de sustancia A desde tanque	SI4	5,00E-06	-	TNO (1999)	5,00E-06
Derrame de sustancia B desde tanque	SI5	5,00E-06	-	TNO (1999)	5,00E-06
Derrame de sustancia C desde tanque	SI6	5,00E-06	-	TNO (1999)	5,00E-06
Derrame de sustancia A desde tubería	SI7	$5,00E-07 \cdot L(m)$	L = 230 m	TNO (1999)	1,15E-04
Derrame de sustancia B desde tubería	SI8	$5,00E-07 \cdot L(m)$	L = 150 m	TNO (1999)	7,50E-05
Derrame de sustancia C desde tubería	SI9	$5,00E-07 \cdot L(m)$	L = 50 m	TNO (1999)	2,50E-05
Derrame de sustancia C desde tanque	SI10	5,00E-06	-	TNO (1999)	5,00E-06
Derrame de sustancia D desde tanque	SI11	5,00E-06	-	TNO (1999)	5,00E-06
Incendio en subestación eléctrica	SI12	$3,00E-08 \cdot h$	h = 24*365	TNO (1999)	8,76E-03

Tabla 6: Cálculo de probabilidades de los sucesos iniciadores.

Fuente: Elaboración propia.

Nota: h = tiempo de operación (horas); L = longitud de la tubería (metros).

IV.5.2 Escenarios accidentales

Una vez estimada la probabilidad de ocurrencia de los sucesos iniciadores, es necesario estimar la probabilidad asociada a cada uno de los factores condicionantes que son de aplicación en cada caso.

La probabilidad de cada escenario accidental resultará de la combinación (producto) de la probabilidad del suceso iniciador que lo originó y la de cada uno de los factores condicionantes del árbol de sucesos que condicionan la ocurrencia de ese escenario accidental en concreto.

La tabla siguiente muestra las fuentes bibliográficas utilizadas para el cálculo de las probabilidades de los distintos factores condicionantes.

FUENTES BIBLIOGRÁFICAS DEL CÁLCULO DE PROBABILIDADES DE LOS FACTORES CONDICIONANTES		
Factor condicionante	Fuente bibliográfico	Descripción del dato empleado
Ignición inmediata	TNO 1999	Ignición inmediata
Detección de llama y activación del sistema de extinción	TNO 1999	Otros sistemas de represión
Contención manual	TNO 1999	Error humano: Operario no actúa
Contención en cubeto	F.G., 2009	Sistemas de represión pasivos
Ignición retardada	LEES, F.P. (1996)	Ignición retardada (en función de la probabilidad de alcance de alguna fuente de ignición)
Contención en sistema de gestión de aguas y derrames	TNO 1999	Otros sistemas de represión

Tabla 7: Fuentes bibliográficas del cálculo de probabilidades de los factores condicionantes.

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se muestra la probabilidad de ocurrencia asociada a cada uno de los factores condicionantes aplicados a los distintos sucesos iniciadores.

FACTORES CONDICIONANTES APLICADOS A CADA SUCESO INICIADOR							
Código de suceso iniciador	Suceso iniciador	Ignición inmediata	Detección de llama y extinción	Contención automática	Contención manual	Ignición retardada	Gestión de aguas
1	Derrame de sustancia A en carga/descarga de camiones	0,065	0,950		0,999	0,200	
2	Derrame de sustancia B en carga/descarga de camiones	0,065	0,950		0,999	0,200	
3	Derrame de sustancia C en carga/descarga de barcos	0,065	0,950		0,999	0,200	
4	Derrame de sustancia A desde tanque	0,065	0,950	1,000		0,200	
5	Derrame de sustancia B desde tanque	0,065	0,950	1,000		0,200	
6	Derrame de sustancia C desde tanque	0,065	0,950	1,000		0,200	
7	Derrame de sustancia A desde tubería	0,065	0,950		0,999	0,200	
8	Derrame de sustancia B desde tubería	0,065	0,950		0,999	0,200	
9	Derrame de sustancia C desde tubería	0,065	0,950		0,999	0,200	
10	Derrame de sustancia C desde tanque	0,065	0,950	1,000		0,200	
11	Derrame de sustancia D desde tanque	0,065	0,950	1,000		0,200	
12	Incendio en subestación eléctrica		0,950				0,950

Tabla 8: Factores condicionantes aplicados a cada suceso iniciador.

Fuente: Elaboración propia.

IV.6. Cálculo de volúmenes

El cálculo de volúmenes se ha llevado a cabo asociando un volumen de agente contaminante liberado a cada uno de los pasos del árbol de sucesos. De esta forma, se parte de un volumen inicial (el asociado al suceso iniciador) y este volumen va aumentando o disminuyendo en función de la distinta secuencia de sucesos que se genere.

Por tanto, el volumen que aparece en cada suceso iniciador o factor condicionante es el volumen que, en caso de acabarse el árbol de sucesos en ese punto, correspondería al escenario accidental. Es decir, en cada caso ya se ha descontado el volumen de retención que corresponda (p.ej. contención manual) o se ha añadido el volumen adicional liberado (p.ej. agua procedente de los sistemas de extinción).

Así, se pueden distinguir, básicamente, cinco tipos de volúmenes en los árboles de sucesos:

1. Volumen del suceso iniciador
2. Volumen asociado a las medidas de extinción de incendios
3. Volumen asociado a las medidas de contención manual
4. Volumen asociado a las medidas de contención automáticas (cubetos)
5. Volumen asociado al sistema de gestión de aguas y control de derrames

A continuación se explica brevemente cómo se ha llevado a cabo la estimación de cada uno de estos volúmenes.

IV.6.1. Volumen del suceso iniciador.

En función del tipo de suceso iniciador, el volumen de agente contaminante liberado asociado se calcula de distinta forma.

La tabla siguiente muestra el método de cálculo asociado a cada tipo de suceso iniciador, así como los sucesos iniciadores concretos para los que se ha utilizado dicha metodología y los datos de cálculo comunes a todos los sucesos iniciadores que siguen un mismo método de cálculo².

² Estos datos se han obtenido a partir de un panel de expertos.

MÉTODO DE CÁLCULO DEL VOLUMEN ASOCIADO A CADA TIPO DE SUCESO INICIADOR			
Tipo de suceso iniciador	Método de cálculo ³	Datos de cálculo comunes	Sucesos iniciadores a los que se aplica
Derrame en carga/descarga de cisternas	$V = q \times t$	$q = 30 \text{ m}^3/\text{h}$ $t = 10 \text{ min}$	1, 2
Derrame en carga/descarga de barcos	$V = q \times t$	$q = 300 \text{ m}^3/\text{h}$ $t = 10 \text{ min}$	3
Derrame desde tanque	Volumen medio de llenado del tanque de capacidad máxima ⁴	Depende del tanque en cuestión	4, 5, 6, 10, 11
Derrame desde tubería de cisterna a tanque	$V = q \times t$	$q = 30 \text{ m}^3/\text{h}$ $t = 10 \text{ min}$	7, 8
Derrame desde tubería de barco a tanque	$V = q \times t$	$q = 300 \text{ m}^3/\text{h}$ $t = 10 \text{ min}$	9
Incendio en subestación eléctrica	---	---	12

Tabla 9: Método de cálculo del volumen asociado a cada tipo de suceso iniciador.

Fuente: Elaboración propia.

Por último, la tabla que se muestra a continuación muestra el volumen asociado a cada suceso iniciador que resulta de aplicar los métodos indicados en la tabla anterior.

VOLUMEN ASOCIADO A CADA SUCESO INICIADOR		
Código de Suceso Iniciador	Descripción del Suceso Iniciador	Volumen asociado al Suceso Iniciador
1	Derrame de sustancia A en carga/descarga de camiones	5
2	Derrame de sustancia B en carga/descarga de camiones	5
3	Derrame de sustancia C en carga/descarga de barcos	50
4	Derrame de sustancia A desde tanque	900 ⁶
5	Derrame de sustancia B desde tanque	1.250 ⁷
6	Derrame de sustancia C desde tanque	1.600 ⁸
7	Derrame de sustancia A desde tubería	15
8	Derrame de sustancia B desde tubería	15
9	Derrame de sustancia C desde tubería	150
10	Derrame de sustancia C desde tanque	10
11	Derrame de sustancia D desde tanque	25
12	Incendio en subestación eléctrica	0

Tabla 10: Volumen asociado a cada tipo de suceso iniciador.

Fuente: Elaboración propia.

³ En aquellos casos en los que el volumen asociado se estima mediante la expresión $V = q \times t$. V es el volumen que se pretende estimar; q es el caudal; y t es el tiempo.

⁴ En el presente caso práctico se han tenido en cuenta los sucesos iniciadores de vertido desde tanque que representan el peor caso posible para cada sustancia —es decir, se ha considerado el tanque con mayor volumen de sustancia almacenado (para ello se ha considerado la capacidad máxima del tanque y el porcentaje medio de llenado del mismo)—.

⁵ En el caso de incendio en la subestación eléctrica, el suceso iniciador se produce a partir de una chispa generada por un cortocircuito, por lo tanto, no tiene una sustancia ni, por ende, un volumen asociado.

⁶ Se trata de un depósito de 1.500 m^3 de capacidad, cuyo porcentaje medio de llenado es del 60%.

⁷ Se trata de un depósito de 2.500 m^3 de capacidad, cuyo porcentaje medio de llenado es del 50%.

⁸ Se trata de un depósito de 4.000 m^3 de capacidad, cuyo porcentaje medio de llenado es del 40%.

IV.6.2. Volumen asociado a las medidas de extinción de incendios.

En aquellos sucesos iniciadores en los que se ven involucradas sustancias inflamables y, por tanto, llevan asociados escenarios de incendio, se ha tenido en cuenta el volumen adicional que representaría el aporte de aguas de extinción, que pueden arrastrar sustancias a su paso, quedando total o parcialmente contaminadas.

Como se ha comentado previamente, se ha supuesto que la instalación tiene dos medidas principales para la lucha contra incendios:

1. Depósito de agua para la lucha contra incendios
2. Diluvios en determinadas zonas

Los diluvios están ubicados en las zonas que están consideradas como de mayor peligro: la zona de carga/descarga de barcos y el parque de almacenamiento. Para el resto de zonas, se utilizaría el agua procedente del depósito para la lucha contra incendios.

La tabla siguiente muestra, conforme a las características del tanque contra incendios y de los diluvios presentes en las distintas zonas, el volumen máximo de agua de extinción de incendios disponible en cada zona. Este volumen de extinción será aplicable a todos los sucesos iniciadores que se produzcan en esa zona.

VOLUMEN MÁXIMO DE EXTINCIÓN ASOCIADO A CADA ZONA		
Código de zona	Descripción de zona	Volumen (m ³)
1	Cargadero de cisternas	150
2	Cargadero de barcos	1.500
3	Parque de almacenamiento	2.250
4	Subestación eléctrica, transformadores y generador de emergencia	150

Tabla 11: Volumen máximo de extinción asociado a cada zona.

Fuente: Elaboración propia.

Una vez liberadas las aguas de extinción, en función de la solubilidad de las sustancias presentes en esa zona, el volumen de agente contaminante será mayor o menor. Así, en el caso de las sustancias poco solubles, el volumen de agente contaminantes sería el volumen de la propia sustancia contaminante más un volumen mínimo de agua que podría quedar contaminada al solubilizarse la sustancia contaminante.

En el presente caso práctico las cuatro sustancias presentes en la instalación están catalogadas como insolubles, al tener solubilidades muy bajas, casi despreciables. Por esta razón, en principio, no se diluirían en el agua de extinción. No obstante, dado que la solubilidad es muy baja pero distinta de cero, siguiendo un criterio de prudencia, se ha supuesto que una mínima parte de las aguas de extinción podrían quedar contaminadas. En concreto se ha supuesto que este volumen representaría tan solo el 1% de las aguas de extinción.

A continuación se presentan dos tablas con los datos de aguas de extinción. Una muestra los campos indicados para la activación de las aguas de extinción tras la ignición inmediata y, la otra, tras la ignición retardada. La diferencia radica en que en el segundo caso el volumen de sustancia contaminante que se mezcla con las aguas de extinción ya que habrá que tener en cuenta la parte del volumen liberado en el suceso iniciador que ha podido ser retenido por los sistemas de contención manual y que, por tanto, se eliminaría del escenario accidental puesto que dicho volumen no es susceptible de llegar a los recursos naturales. Es importante destacar

que, en el caso de contención en cubeto, no se elimina ningún volumen de sustancia contaminante ya que el volumen total retenido en el cubeto podría sufrir una ignición retardada.

En las tablas siguientes se adjunta un resumen de los distintos sucesos iniciadores especificando para cada uno de ellos:

- El código de la zona en la que se origina el suceso iniciador.
- El código del suceso iniciador del que parte el escenario.
- La descripción del suceso iniciador
- La sustancia liberada en el suceso iniciador.
- El volumen (m^3) asociado al suceso iniciador (Tabla 12): volumen de la sustancia liberada por el suceso iniciador.
- El volumen (m^3) asociado a la contención (Tabla 13): volumen no retenido tras la puesta en marcha de los sistemas de contención manual; es decir, volumen que podría llegar a afectar a los recursos naturales una vez descontado el volumen que queda retenido (y eliminado) por las medidas de contención manual.
- El volumen de aguas de extinción contaminadas (m^3): es el volumen de la sustancia más un 1% del volumen máximo de aguas de extinción asociado a esa zona.

VOLUMEN DE AGENTE CONTAMINADO ASOCIADO A LA ACTIVACIÓN DE LAS MEDIDAS DE DETECCIÓN Y EXTINCIÓN DE INCENDIOS TRAS LA IGNICIÓN INMEDIATA					
Código de zona	Código de Suceso Iniciador	Descripción del Suceso iniciador	Sustancia liberada en el Suceso Iniciador	Volumen (m ³) del Suceso Iniciador	Volumen (m ³) de aguas de extinción contaminadas
1	1	Derrame de sustancia A en carga/descarga de camiones	A	5	6,50
	2	Derrame de sustancia B en carga/descarga de camiones	B	5	6,50
2	3	Derrame de sustancia C en carga/descarga de barcos	C	50	65,00
3	4	Derrame de sustancia A desde tanque	A	900	922,50
	5	Derrame de sustancia B desde tanque	B	1.250	1.272,50
	6	Derrame de sustancia C desde tanque	C	1.600	1.622,50
	7	Derrame de sustancia A desde tubería	A	15	37,50
	8	Derrame de sustancia B desde tubería	B	15	37,50
	9	Derrame de sustancia C desde tubería	C	150	172,50
4	10	Derrame de sustancia C desde tanque	C	10	11,50
	11	Derrame de sustancia D desde tanque	D	25	26,50
	12	Incendio en subestación eléctrica	---	---	26,50 ⁹

Tabla 12. Volumen de agente contaminado asociado a la activación de las medidas de detección y extinción de incendios tras la ignición inmediata.

Fuente: Elaboración propia.

⁹ En el caso de incendio en subestación eléctrica, se ha partido de la hipótesis de que este se genera como consecuencia de un cortocircuito en los transformadores, por tanto, no hay una sustancia asociada al suceso iniciador. No obstante, una vez originado el incendio, este afectará a las sustancias que se encuentran él, facilitando el derrame de las mismas y la eventual contaminación de un cierto volumen (1%) de las aguas de extinción. Es importante destacar que en este caso, si bien no procede hacer la distinción entre ignición inmediata e ignición retardada, con el objeto de simplificar la estructura del documento se han indicado los datos relativos a la activación de aguas de extinción por incendio por cortocircuito en esta tabla, dejando en blanco los datos en la Tabla 13.

VOLUMEN DE AGENTE CONTAMINADO ASOCIADO A LA ACTIVACIÓN DE LAS MEDIDAS DE DETECCIÓN Y EXTINCIÓN DE INCENDIOS TRAS LA IGNICIÓN RETARDADA					
Código de zona	Código de Suceso Iniciador	Descripción del Suceso iniciador	Sustancia liberada en el Suceso Iniciador	Volumen (m ³) tras contención manual ¹⁰	Volumen (m ³) de aguas de extinción contaminadas
1	1	Derrame de sustancia A en carga/descarga de camiones	A	4	5,50
	2	Derrame de sustancia B en carga/descarga de camiones	B	4	5,50
2	3	Derrame de sustancia C en carga/descarga de barcos	C	40	55,00
3	4	Derrame de sustancia A desde tanque	A	---	922,50
	5	Derrame de sustancia B desde tanque	B	---	1.272,50
	6	Derrame de sustancia C desde tanque	C	---	1.622,50
	7	Derrame de sustancia A desde tubería	A	12	25,50
	8	Derrame de sustancia B desde tubería	B	12	25,50
	9	Derrame de sustancia C desde tubería	C	120	142,50
4	10	Derrame de sustancia C desde tanque	C	---	11,50
	11	Derrame de sustancia D desde tanque	D	---	26,50
	12	Incendio en subestación eléctrica	---	---	---

Tabla 13. Volumen de agente contaminado asociado a la activación de las medidas de detección y extinción de incendios tras la ignición retardada.

Fuente: Elaboración propia.

¹⁰ En el caso de que en el árbol de un determinado suceso iniciador no estén previstas medidas de contención manual, este campo de la tabla no se ha rellenado, ya que se mantendría el volumen indicado en la Tabla 12, es decir, el que se ha liberado en el suceso iniciador.

IV.6.3. Estimación del volumen retenido por los sistemas de contención manual

En el caso de la contención manual se ha supuesto que, basándose en un criterio de expertos del sector, se puede afirmar que en caso de derrame al menos el 20% del vertido sería retenido por los sistemas de contención manual.

Tomando un enfoque conservador se ha optado por tomar el peor caso posible, es decir, por considerar este porcentaje (20%) como el máximo que podría ser retenido por este tipo de sistemas de contención.

La tabla siguiente muestra para cada uno de los sucesos iniciadores en los que es aplicable el factor condicionante de “contención manual”, el volumen retenido por este tipo de sistemas:

VOLUMEN RETENIDO POR LOS SISTEMAS DE CONTENCIÓN MANUAL EN CADA SUCESO INICIADOR				
Código del Suceso Iniciador	Descripción del Suceso Iniciador	Volumen (m ³) del Suceso Iniciador	Volumen retenido (m ³) por los sistemas de contención manual	Volumen (m ³) asociado al factor condicionante “contención manual”
1	Derrame de sustancia A en carga/descarga de camiones	5	1	4
2	Derrame de sustancia B en carga/descarga de camiones	5	1	4
3	Derrame de sustancia C en carga/descarga de barcos	50	10	40
7	Derrame de sustancia A desde tubería	15	3	12
8	Derrame de sustancia B desde tubería	15	3	12
9	Derrame de sustancia C desde tubería	150	30	120

Tabla 13. Volumen retenido por los sistemas de contención manual en cada suceso iniciador.

Fuente: Elaboración propia.

Por tanto, tal y como se muestra en la tabla, en los árboles de sucesos el volumen asociado al factor de contención manual —es decir el que seguiría el árbol y, en su caso, podría llegar a dañar los recursos naturales— sería el resultado de restarle al volumen del suceso iniciador la cantidad (m³) retenida por los sistemas de contención manual.

IV.6.4. Estimación del volumen retenido por los sistemas de contención automática

En el caso de los sistemas de contención automática, sin embargo, no se ha disminuido el volumen que, en función del desarrollo posterior del árbol de sucesos, podría llegar a los recursos naturales y causar un daño medioambiental. Esto es debido a la posibilidad de una ignición retardada como se explica a continuación.

Como puede verse en las tablas incluidas en el apartado relativo al cálculo de probabilidades, en el presente análisis de riesgos se ha considerado que la probabilidad de que los cubetos funcionen correctamente —conteniendo la totalidad del vertido— es del 100% en todos los casos. Dicha estimación se ha realizado teniendo en cuenta las fuentes bibliográficas consultadas, pero también considerando sus características, su capacidad y el buen estado en el que se encuentran.

No obstante, una vez retenido el volumen derramado en el cubeto, siempre que exista ignición retardada estaría expuesto a dicha ignición todo el volumen retenido. Por tanto, a pesar de existir una medida de contención y de que esta funcione adecuadamente, no existirá una disminución del volumen en este paso del árbol.

IV.6.5. Estimación del volumen retenido por la contención en el sistema de gestión de aguas y de derrames

Este factor condicionante únicamente aparece en la zona de la subestación eléctrica, al suponerse que existe una red de arquetas que conectan con un foso estanco de 50 m³ de capacidad.

Al tratarse del último factor condicionante del árbol se entiende que este volumen, una vez retenido, deja de representar un riesgo, por lo tanto, este volumen (50 m³) se ha descontado con el objeto de no considerarlo en el escenario accidental.

IV.7 Árboles de sucesos

Los árboles de sucesos exponen la evolución de un suceso iniciador en función de los denominados factores condicionantes y, con ello, la aparición de distintos escenarios accidentales. Los eventos comienzan con la aparición de un suceso iniciador y desembocan en un determinado escenario accidental, según actúen los factores condicionantes.

La estructura de los árboles se muestra en la Figura 1.

Suceso iniciador	Prob.	Vol. (m ³)	Factor 1	Prob.	Vol. (m ³)	Factor 2	Prob.	Vol. (m ³)	Factor n	Prob.	Vol. (m ³)	Código Esc.	Prob. Esc.	Vol. Esc. (m ³)	Relevante
			Sí			Sí			Sí						
									No						
						No			Sí						
									No						
			No			Sí			Sí						
									No						
						No			Sí						
									No						

Figura 1. Esquema de los árboles consecuenciales.

Fuente: Elaboración propia.

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

- Suceso iniciador.** Es la descripción del suceso iniciador al que corresponde el árbol consecuenal. El listado de sucesos iniciadores considerados en el presente análisis de riesgos puede consultarse en el capítulo IV.3.
- Prob.** Es la probabilidad de ocurrencia del suceso iniciador y de cada uno de los factores condicionantes. La probabilidad asociada a cada suceso iniciador empleada en este análisis de riesgos se encuentra recogida en el epígrafe IV.5.1. Por otro lado, la probabilidad de éxito de cada factor condicionante se expone en el epígrafe IV.5.2, en concreto, resulta de especial utilidad la recopilación de datos realizada en su Tabla 8.
- Vol. (m³).** Es el volumen que supera cada uno de los factores condicionantes pasando al siguiente elemento del árbol. El primer volumen del árbol coincide con la cantidad de agente liberado bajo las hipótesis establecidas en cada suceso iniciador, y el último volumen con la cantidad de agente que entraría en contacto con los recursos naturales. El cálculo de la cantidad de agente liberado en cada suceso iniciador se ha detallado en el capítulo IV.6.

- d) **Factor.** Es el nombre de cada factor condicionante, pudiendo encontrarse una descripción detallada de los mismos en el epígrafe IV.4.
- e) **Código Esc.** Es el código del escenario accidental. Estos códigos tienen una estructura de tipo SX.EY, donde X es el código del suceso iniciador e Y el número de escenario dentro de ese suceso.
- f) **Prob. Esc.** Es la probabilidad de ocurrencia del escenario accidental calculada conforme con la metodología expuesta en el epígrafe IV.5.2 del presente informe.
- g) **Vol. Esc. (m³).** Es el volumen liberado al medio bajo las hipótesis establecidas en cada escenario accidental calculado conforme con la metodología indicada en el capítulo IV.6.
- h) **Relevante.** Indica si el escenario se considera o no relevante. En este sentido, un escenario se ha considerado relevante de cara a la evaluación de sus posibles daños medioambientales si su probabilidad de ocurrencia y su volumen liberado son mayores que cero. En este sentido, en caso de que la probabilidad del escenario accidental sea cero, se habla de «escenario imposible»; mientras que, en el caso de que el volumen sea cero, se trata de un «escenario controlado y sin consecuencias ambientales».

IV.7.1 Árboles de sucesos por zonas

A continuación se recogen los árboles de sucesos o consecuenciales diseñados para cada uno de los 12 sucesos iniciadores identificados en el presente análisis de riesgos. Como se ha comentado anteriormente, estos árboles parten del suceso iniciador y evalúan el efecto que tienen sobre la evolución del mismo los diferentes factores condicionantes. En concreto, en el modelo planteado, los factores condicionantes actúan de dos formas: modificando la probabilidad de ocurrencia y modificando la cantidad de agente liberado.

La exposición de los árboles de sucesos se ordenará según la zona de la instalación donde aparece el suceso iniciador origen del árbol consecuencial. La tabla siguiente muestra el número de sucesos iniciadores y de escenarios accidentales relevantes en cada una de las cuatro zonas identificadas en este caso práctico.

DISTRIBUCIÓN DE LOS SUCESOS INICIADORES Y ESCENARIOS ACCIDENTALES SEGÚN ZONAS DE LA INSTALACIÓN		
Zona	Número de sucesos iniciadores	Número de escenarios accidentales
Zona 1: Cargadero de cisternas	2	16
Zona 2: Cargadero de barcos	1	8
Zona 3: Parque de almacenamiento	6	33
Zona 4: Subestación eléctrica	3	8

Tabla 14. Número de sucesos iniciadores y escenarios accidentales por zona.

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se muestra el árbol de sucesos de cada uno de ellos.

A. Zona 1: Cargadero de cisternas

Derrame de sustancia A en carga/descarga de cisterna

Suceso iniciador	Prob.	Vol. (m ³)	Ignición inmediata	Prob.	Vol. (m ³)	Detección de llama y activación del sistema de extinción (DCI)	Prob.	Vol. (m ³)	Contención manual	Prob.	Vol. (m ³)	Ignición retardada	Prob.	Vol. (m ³)	Detección de llama y activación del sistema de extinción (DCI)	Prob.	Vol. (m ³)	Código	Prob Esc.	Vol. Esc. (m ³)	Relevante													
Derrame de Sustancia A en carga/descarga de cisterna	1,00E-03	5,00	Sí	0,0650	5,00	Sí	0,9500	6,50		0,9990	4,00	Sí	0,2000	4,00	Sí	0,9500	5,50	SI1.E1	6,18E-05	6,50	Sí													
						No																												
			No			0,9350			5,00						Sí																			
																					No	0,0500	4,00											
																								No	0,8000	4,00								
																								Sí	0,2000	5,00	Sí							
																											No	0,0500	5,00					
																											No	0,8000	5,00					

Figura 2. Árbol consecucional del suceso iniciador 1: derrame de sustancia A en carga/descarga de cisterna.

Fuente: Elaboración propia.

Derrame de sustancia B en carga/descarga de cisterna

Suceso iniciador	Prob.	Vol. (m ³)	Ignición inmediata	Prob.	Vol. (m ³)	Detección de llama y activación del sistema de extinción (DCI)	Prob.	Vol. (m ³)	Contención manual	Prob.	Vol. (m ³)	Ignición retardada	Prob.	Vol. (m ³)	Detección de llama y activación del sistema de extinción (DCI)	Prob.	Vol. (m ³)	Código	Prob Esc.	Vol. Esc. (m ³)	Relevante			
Derrame de Sustancia B en carga/descarga de cisterna	1,00E-03	5,00	Sí	0,0650	5,00	Sí	0,9500	6,50									S12.E1	6,18E-05	6,50	Sí				
						No			0,0500	5,00									S12.E2	3,25E-06	5,00	Sí		
						No			0,9350	5,00	Sí	0,9990	4,00	Sí	0,2000	4,00	Sí	0,9500	5,50	S12.E3	1,77E-04	5,50	Sí	
												No	0,0500	4,00				S12.E4	9,34E-06	4,00	Sí			
												No	0,8000	4,00				S12.E5	7,47E-04	4,00	Sí			
									No	0,0010	5,00	Sí	0,2000	5,00	Sí	0,9500	6,50	S12.E6	1,78E-07	6,50	Sí			
															No	0,0500	5,00	S12.E7	9,35E-09	5,00	Sí			
															No	0,8000	5,00	S12.E8	7,48E-07	5,00	Sí			

Figura 3. Árbol consecucional del suceso iniciador 2: derrame de sustancia B en carga/descarga de cisterna.

Fuente: Elaboración propia.

B. Zona 2: Cargadero de barcos

Derrame de sustancia C en carga/descarga de barcos

Suceso iniciador	Prob.	Vol. (m ³)	Ignición inmediata	Prob.	Vol. (m ³)	Detección de llama y activación del sistema de extinción (DCI)	Prob.	Vol. (m ³)	Contención manual	Prob.	Vol. (m ³)	Ignición retardada	Prob.	Vol. (m ³)	Detección de llama y activación del sistema de extinción (DCI)	Prob.	Vol. (m ³)	Código	Prob Esc.	Vol. Esc. (m ³)	Relevante
Derrame de Sustancia C en carga/descarga de barco	4,05E-05	50,00	Sí	0,0650	50,00	Sí	0,9500	65,00									SI3.E1	2,50E-06	65,00	Sí	
						No			0,0500	50,00									SI3.E2	1,32E-07	50,00
			No	0,9350	50,00		Sí	0,9990	40,00	Sí	0,2000	40,00	Sí	0,9500	55,00	SI3.E3	7,19E-06	55,00	Sí		
										No	0,0500	40,00			SI3.E4	3,78E-07	40,00	Sí			
									No	0,8000	40,00			SI3.E5	3,03E-05	40,00	Sí				
						No	0,0010	50,00	Sí	0,2000	50,00	Sí	0,9500	65,00	SI3.E6	7,19E-09	65,00	Sí			
									No	0,0500	50,00			SI3.E7	3,79E-10	50,00	Sí				
												No	0,8000	50,00			SI3.E8	3,03E-08	50,00	Sí	

Figura 4. Árbol consecucional del suceso iniciador 3: derrame de sustancia C en carga/descarga de barcos.

Fuente: Elaboración propia.

C. Zona 3: Parque de almacenamiento

Derrame de sustancia A desde tanque

Suceso iniciador	Prob.	Vol. (m ³)	Ignición inmediata	Prob.	Vol. (m ³)	Detección de llama y activación del sistema de extinción (DCI)	Prob.	Vol. (m ³)	Contención en cubeto	Prob.	Vol. (m ³)	Ignición retardada	Prob.	Vol. (m ³)	Detección de llama y activación del sistema de extinción (DCI)	Prob.	Vol. (m ³)	Código	Prob Esc.	Vol. Esc. (m ³)	Relevante		
Derrame de Sustancia A desde tanque	5,00E-06	900,00	Si	0,0650	900,00	Si	0,9500	922,50										SI4.E1	3,09E-07	922,50	Si		
						No	0,0500	900,00											SI4.E2	1,63E-08	900,00	Si	
			No	0,9350	900,00			Si	1,0000	900,00	Si	0,2000	900,00	Si	0,9500	922,50	SI4.E3	8,88E-07	922,50	Si			
											No	0,0500	0,00						SI4.E4	4,68E-08	0,00	No	
											No	0,8000	0,00							SI4.E5	3,74E-06	0,00	No
								No	0,0000		Si			Si						SI5.E6	0,00E+00	---	No
														No						SI5.E7	0,00E+00	---	No
											No									SI5.E8	0,00E+00	---	No

Figura 5. Árbol consecucional del suceso iniciador 4: derrame de sustancia A desde tanque.

Fuente: Elaboración propia.

Derrame de sustancia B desde tanque

Suceso iniciador	Prob.	Vol. (m ³)	Ignición inmediata	Prob.	Vol. (m ³)	Detección de llama y activación del sistema de extinción (DCI)	Prob.	Vol. (m ³)	Contención en cubeto	Prob.	Vol. (m ³)	Ignición retardada	Prob.	Vol. (m ³)	Detección de llama y activación del sistema de extinción (DCI)	Prob.	Vol. (m ³)	Código	Prob Esc.	Vol. Esc. (m ³)	Relevante		
Derrame de Sustancia B desde tanque	5,00E-06	1.250,00	Sí	0,0650	1.250,00	Sí	0,9500	1.272,50										S15.E1	3,09E-07	1.272,50	Sí		
						No			0,0500	1.250,00												S15.E2	1,63E-08
			No	0,9350	1.250,00		Sí	1,0000	1.250,00	Sí	0,2000	1.250,00	Sí	0,9500	1.272,50	Sí	0,0500	0,00		S15.E3	8,88E-07	1.272,50	Sí
							No																
														No	0,8000	0,00				S15.E5	3,74E-06	0,00	No
										No	0,0000			Sí			Sí			S15.E6	0,00E+00	---	No
																	No			S15.E7	0,00E+00	---	No
																	No			S15.E8	0,00E+00	---	No

Figura 6. Árbol consecucional del suceso iniciador 5: derrame de sustancia B desde tanque.

Fuente: Elaboración propia.

Derrame de sustancia C desde tanque

Suceso iniciador	Prob.	Vol. (m ³)	Ignición inmediata	Prob.	Vol. (m ³)	Detección de llama y activación del sistema de extinción (DCI)	Prob.	Vol. (m ³)	Contención en cubeto	Prob.	Vol. (m ³)	Ignición retardada	Prob.	Vol. (m ³)	Detección de llama y activación del sistema de extinción (DCI)	Prob.	Vol. (m ³)	Código	Prob Esc.	Vol. Esc. (m ³)	Relevante	
Derrame de Sustancia C desde tanque	5,00E-06	1.600,00	Sí	0,0650	1.600,00	Sí	0,9500	1.622,50										SI6.E1	3,09E-07	1.622,50	Sí	
						No	0,0500	1.600,00											SI6.E2	1,63E-08	1.600,00	Sí
			No	0,9350	1.600,00			Sí	1,0000	1.600,00	Sí	0,2000	1.600,00	Sí	0,9500	1.622,50			SI6.E3	8,88E-07	1.622,50	Sí
														No	0,0500	0,00			SI6.E4	4,68E-08	0,00	No
														No	0,8000	0,00			SI6.E5	3,74E-06	0,00	No
								No	0,0000		Sí			Sí					SI6.E6	0,00E+00	---	No
															No				SI6.E7	0,00E+00	---	No
															No				SI6.E8	0,00E+00	---	No

Figura 7. Árbol consecucional del suceso iniciador 6: derrame de sustancia C desde tanque.

Fuente: Elaboración propia.

Derrame de sustancia A desde tubería

Suceso iniciador	Prob.	Vol. (m ³)	Ignición inmediata	Prob.	Vol. (m ³)	Detección de llama y activación del sistema de extinción (DCI)	Prob.	Vol. (m ³)	Contención manual	Prob.	Vol. (m ³)	Ignición retardada	Prob.	Vol. (m ³)	Detección de llama y activación del sistema de extinción (DCI)	Prob.	Vol. (m ³)	Código	Prob Esc.	Vol. Esc. (m ³)	Relevante							
Derrame de Sustancia A desde tubería	1,15E-04	15,00	Sí	0,0650	15,00	Sí	0,9500	37,50		0,9990	12,00	Sí	0,2000	12,00	Sí	0,9500	25,50	SI7.E1	7,10E-06	37,50	Sí							
						No			0,0500			15,00								SI7.E2	3,74E-07	15,00	Sí					
			No			0,9350			15,00						Sí				No	0,0500	12,00	SI7.E3	2,04E-05	25,50	Sí			
																			No	0,0500	12,00	SI7.E4	1,07E-06	12,00	Sí			
																			No	0,8000	12,00	SI7.E5	8,59E-05	12,00	Sí			
												No			0,0010			15,00	Sí	0,2000	15,00	Sí	0,9500	37,50	SI7.E6	2,04E-08	37,50	Sí
																					No	0,0500	15,00	SI7.E7	1,08E-09	15,00	Sí	
																					No	0,8000	15,00	SI7.E8	8,60E-08	15,00	Sí	

Figura 8. Árbol consecucional del suceso iniciador 7: derrame de sustancia A desde tubería.

Fuente: Elaboración propia.

Derrame de sustancia B desde tubería

Suceso iniciador	Prob.	Vol. (m ³)	Ignición inmediata	Prob.	Vol. (m ³)	Detección de llama y activación del sistema de extinción (DCI)	Prob.	Vol. (m ³)	Contención manual	Prob.	Vol. (m ³)	Ignición retardada	Prob.	Vol. (m ³)	Detección de llama y activación del sistema de extinción (DCI)	Prob.	Vol. (m ³)	Código	Prob Esc.	Vol. Esc. (m ³)	Relevante					
Derrame de Sustancia B desde tubería	7,50E-05	15,00	Sí	0,0650	15,00	Sí	0,9500	37,50									S18.E1	4,63E-06	37,50	Sí						
						No			0,0500	15,00									S18.E2	2,44E-07	15,00	Sí				
						No			0,9350	15,00	Sí	0,9990	12,00	Sí	0,2000	12,00	Sí	0,9500	25,50	S18.E3	1,33E-05	25,50	Sí			
											No	0,0500	12,00					S18.E4	7,01E-07	12,00	Sí					
											No	0,8000	12,00					S18.E5	5,60E-05	12,00	Sí					
									No	0,0010	15,00	Sí	0,2000	15,00	Sí	0,9500	37,50	S18.E6	1,33E-08	37,50	Sí					
													No	0,0500	15,00					S18.E7	7,01E-10	15,00	Sí			
													No	0,8000	15,00					S18.E8	5,61E-08	15,00	Sí			

Figura 9. Árbol consecucional del suceso iniciador 8: derrame de sustancia B desde tubería.

Fuente: Elaboración propia.

Derrame de sustancia C desde tubería

Suceso iniciador	Prob.	Vol. (m ³)	Ignición inmediata	Prob.	Vol. (m ³)	Detección de llama y activación del sistema de extinción (DCI)	Prob.	Vol. (m ³)	Contención manual	Prob.	Vol. (m ³)	Ignición retardada	Prob.	Vol. (m ³)	Detección de llama y activación del sistema de extinción (DCI)	Prob.	Vol. (m ³)	Código	Prob Esc.	Vol. Esc. (m ³)	Relevante																						
Derrame de Sustancia C desde tubería	2,50E-05	150,00	Sí	0,0650	150,00	Sí	0,9500	172,50									S19.E1	1,54E-06	172,50	Sí																							
						No			0,0500	150,00									S19.E2	8,13E-08	150,00	Sí																					
						No					0,9350	150,00			Sí	0,9990	120,00			Sí	0,2000	120,00			Sí	0,9500	142,50	S19.E3	4,44E-06	142,50	Sí												
															No			0,0500	120,00				S19.E4	2,34E-07	120,00			Sí															
															No					0,8000			120,00					S19.E5	1,87E-05	120,00	Sí												
													No	0,0010	150,00													Sí	0,2000	150,00			Sí	0,9500	172,50	S19.E6	4,44E-09	172,50	Sí				
																												No			0,0500	150,00				S19.E7	2,34E-10	150,00	Sí				
																												No					0,8000			150,00			S19.E8	1,87E-08	150,00	Sí	

Figura 10. Árbol consecucional del suceso iniciador 9: derrame de sustancia C desde tubería.

Fuente: Elaboración propia.

D. Zona 4: Subestación eléctrica, transformadores y generador de emergencia

Derrame de sustancia C desde tanque

Suceso iniciador	Prob.	Vol. (m ³)	Ignición inmediata	Prob.	Vol. (m ³)	Detección de llama y activación del sistema de extinción (DCI)	Prob.	Vol. (m ³)	Contención en cubeto	Prob.	Vol. (m ³)	Ignición retardada	Prob.	Vol. (m ³)	Detección de llama y activación del sistema de extinción (DCI)	Prob.	Vol. (m ³)	Código	Prob Esc.	Vol. Esc. (m ³)	Relevante
Derrame de Sustancia C desde tanque	5,00E-06	10,00	Sí	0,0650	10,00	Sí	0,9500	11,50										SI10.E1	3,09E-07	11,50	Sí
						No			0,0500	10,00											
			No	0,9350	10,00		1,0000	10,00	Sí	0,2000	10,00	Sí	0,9500	11,50	SI10.E3	8,88E-07	11,50	Sí			
						No			0,0500			0,00			SI10.E4	4,68E-08	0,00	No			
									No	0,8000	0,00				SI10.E5	3,74E-06	0,00	No			
						No	0,0000		Sí			Sí			SI10.E6	0,00E+00	---	No			
									No						SI10.E7	0,00E+00	---	No			
									No						SI10.E8	0,00E+00	---	No			

Figura 11. Árbol consecucional del suceso iniciador 10: derrame de sustancia C desde tanque.

Fuente: Elaboración propia.

Derrame de sustancia D desde tanque

Suceso iniciador	Prob.	Vol. (m ³)	Ignición inmediata	Prob.	Vol. (m ³)	Detección de llama y activación del sistema de extinción (DCI)	Prob.	Vol. (m ³)	Contención en cubeto	Prob.	Vol. (m ³)	Ignición retardada	Prob.	Vol. (m ³)	Detección de llama y activación del sistema de extinción (DCI)	Prob.	Vol. (m ³)	Código	Prob Esc.	Vol. Esc. (m ³)	Relevante
Derrame de Sustancia D desde tanque	5,00E-06	25,00	Sí	0,0650	25,00	Sí	0,9500	26,50										SI11.E1	3,09E-07	26,50	Sí
						No			0,0500	25,00											
			No	0,9350	25,00		Sí	1,0000	25,00	Sí	0,2000	25,00	Sí	0,9500	26,50	SI11.E3	8,88E-07	26,50	Sí		
						No	0,0500			0,00			SI11.E4			4,68E-08	0,00	No			
						No	0,8000			0,00			SI11.E5			3,74E-06	0,00	No			
				No	0,0000		Sí			Sí					SI11.E6	0,00E+00	---	No			
							No			No					SI11.E7	0,00E+00	---	No			
										No					SI11.E8	0,00E+00	---	No			

Figura 12. Árbol consecucional del suceso iniciador 11: derrame de sustancia D desde tanque.

Fuente: Elaboración propia.

Incendio en subestación eléctrica

Suceso iniciador	Prob.	Vol. (m ³)	Detección de llama y activación del sistema de extinción (DCI)	Prob.	Vol. (m ³)	Contención en sistema de gestión de aguas y de derrames	Prob.	Vol. (m ³)	Código	Prob Esc.	Vol. Esc. (m ³)	Relevante
Incendio en subestación eléctrica	8,76E-03	0,00	Sí	0,9500	1,50	Sí	0,9500	0,00	SI12.E1	7,91E-03	0,00	No
						No	0,0500	1,50	SI12.E2	4,16E-04	1,50	Sí
			No	0,0500	25,00	Sí	0,9500	0,00	SI12.E3	4,16E-04	0,00	No
						No	0,0500	25,00	SI12.E4	2,19E-05	25,00	Sí

Figura 13. Árbol consecuencial del suceso iniciador 12: incendio en subestación eléctrica.

Fuente: Elaboración propia.

V. APLICACIÓN DEL IDM

Según la legislación vigente, la magnitud de las consecuencias medioambientales previstas bajo las hipótesis establecidas en cada escenario accidental, debe evaluarse mediante el cálculo del Índice de Daño Medioambiental (IDM).

El procedimiento de cálculo del IDM se especifica en 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. En esencia, la metodología del IDM se fundamenta en una ecuación matemática en la que deben introducirse una serie de parámetros de entrada con objeto de obtener como resultado una estimación semicuantitativa de los daños medioambientales. Estos parámetros de entrada son función de la combinación «agente causante de daño-recurso natural afectado» que se esté evaluando. En concreto, en el Real Decreto 183/2015 se diferencian un total de veintiún grupos de parejas agente-recurso.

En el ámbito de la instalación objeto de estudio, atendiendo a los escenarios accidentales identificados, se ha considerado lo siguiente de cara al cálculo del IDM:

- 1- Se aplicará la metodología del IDM únicamente a cuatro tipos de sustancias hipotéticamente vertidas: Sustancia A, Sustancia B, Sustancia C y Sustancia D.
- 2- Estas sustancias, podrán afectar potencialmente a los siguientes recursos naturales:
 - a. Agua marina. Las cuatro sustancias anteriores son menos densas que el agua por lo que se asume que la mayor parte del hipotético derrame permanecería flotando en lugar de descender hasta el lecho.

DENSIDAD DE LAS SUSTANCIAS CONSIDERADAS EN EL CÁLCULO DEL IDM	
Sustancia	Densidad (kg/m ³)
Sustancia A	800
Sustancia B	750
Sustancia C	843
Sustancia D	877

Tabla 15. Densidad de las sustancias consideradas en el cálculo del IDM.

Fuente: Elaboración propia a partir de fichas de seguridad de sustancias.

Nota: en caso de que en las fichas se ofreciera un rango de valores se podría calcular la densidad promedio.

Se ha supuesto que, en caso de vertido, éste se dirigiría hacia el puerto al encontrarse protegido por un muro estanco el resto del perímetro de la instalación. Ambas circunstancias facilitarían que los agentes causantes del daño pudieran ser contenidos y tratados en el mar.

- b. Especies animales. Se ha supuesto la relativa proximidad geográfica de un espacio natural protegido por lo que se ha considerado oportuno prever en el presente análisis la afección a las especies animales. En concreto, en la evaluación de daños se incluirá un posible daño a las aves marinas, tanto amenazadas como no amenazadas. Para este caso práctico se ha asumido que la posible afección a los peces sería irrelevante.

De esta forma, de entre la totalidad de grupos de parejas agente-recurso propuestas en la metodología del IDM, únicamente se seleccionan como relevantes en la instalación objeto de estudio los Grupos 1 (daño por agentes químicos al agua marina) y 16 (daño por agentes químicos a las especies animales).

V.1. Parámetros y modificadores en la ecuación del IDM

Conforme con el Real Decreto 183/2015, en los Grupos 1 y 16 se deben tener en cuenta los modificadores y parámetros que se indican a continuación:

- **Parámetros relativos a los agentes causantes de daño**

Como se ha indicado, los escenarios accidentales declarados relevantes tienen asociados cuatro posibles agentes causantes de daño: sustancias A, B, C y D. En la metodología del IDM se prescribe la utilización de cuatro modificadores ligados a estos agentes para los Grupos 1 y 16: biodegradabilidad (M_{B1}), solubilidad (M_{B12}), toxicidad (M_{B15}) y volatilidad (M_{B18}).

En la siguiente tabla se indica la categoría de cada modificador que se ha seleccionado para cada agente atendiendo a lo recogido en su correspondiente ficha de seguridad (entre paréntesis se muestra el valor del modificador).

VALORES DE LOS MODIFICADORES PARA CADA AGENTE CAUSANTE DEL DAÑO					
Sustancia	Tipo Agente IDM	Biodegradabilidad (M_{B1})	Solubilidad (M_{B12})	Toxicidad (M_{B15})	Volatilidad (M_{B18})
Sustancia A	COSV	Media (0,9)	Insoluble (1)	Media (1,5)	Media (0,9)
Sustancia B	COV	Media (0,9)	Insoluble (1)	Media (1,5)	Alta (0,8)
Sustancia C	CONV	Baja (1)	Insoluble (1)	Alta (2)	Baja (1)
Sustancia D	CONV	Baja (1)	Insoluble (1)	Alta (2)	Baja (1)

Tabla 16. Valores de los modificadores para cada agente causante de daño.

Fuente: Elaboración propia a partir de fichas de seguridad de sustancias.

- **Parámetros relativos al entorno**

En la metodología del IDM, para los Grupos 1 y 16, se indica que deben emplearse los siguientes factores modificadores relativos al entorno donde se ocasionaría el hipotético accidente medioambiental: posible afección a un espacio natural protegido (ENP) (M_{A2}) y densidad de población de las especies potencialmente afectadas (M_{B2}). La siguiente tabla recoge los valores seleccionados, tanto cualitativos como cuantitativos (entre paréntesis), para cada uno de los mismos.

VALORES DE LOS MODIFICADORES EN FUNCIÓN DEL ENTORNO		
Modificador	Valor	Justificación
Posible afección a un ENP (M_{A2})	No (1)	Como se ha indicado, se considera que el vertido permanecerá en el agua marina. Por lo tanto, no se prevé una afección directa al ENP debido a la distancia existente entre el origen del hipotético vertido y este espacio protegido.
Densidad de población (M_{B2})	Muy densa (2)	No se dispone de datos de densidad de población de especies en la zona receptora del hipotético vertido, por lo que se adopta el valor más desfavorable siguiendo un criterio de prudencia.

Tabla 17. Valores de los modificadores en función del entorno.

Fuente: Elaboración propia.

- **Parámetros relativos a la duración del daño**

Por lo que respecta a la duración que tendrían los daños causados, en el Real Decreto 183/2015 se establece que se debe atender a dos modificadores para los Grupos 1 y 16. Estos son: "duración 1" (M_{C1}) y "duración 5" (M_{C5}), a continuación se recoge y justifica el valor asignado a cada uno de los mismos, de nuevo mostrando entre paréntesis el valor numérico de cada modificador.

En este sentido, merece la pena destacar que, con objeto de estimar la duración del daño causado sobre el agua marina, se ha empleado el Modelo de Oferta de Responsabilidad Ambiental (MORA) accesible a través de la página web del MAGRAMA. Este modelo recomienda para cada accidente introducido una técnica de reparación, la cual lleva asociada su correspondiente duración.

VALORES DE LOS MODIFICADORES EN FUNCIÓN DE LA DURACIÓN DEL DAÑO		
Modificador	Valor	Justificación
"Duración 1" (M_{C1})	Baja (<6 meses) (1)	Se ha realizado una simulación en el Modelo de Oferta de Responsabilidad Ambiental (MORA) de un accidente al mar, resultando un tiempo de recuperación del daño de 1 mes.
"Duración 5" (M_{C5})	Baja (no mamíferos) (1)	Únicamente se prevé un daño relevante sobre las aves.

Tabla 18. Valores de los modificadores en función de la duración del daño.

Fuente: Elaboración propia.

- **Parámetro alfa (α)**

El parámetro α en los vertidos al agua marina se corresponde con el volumen vertido (en toneladas) y en los vertidos con afección a las especies con el parámetro R especificado en la metodología del IDM.

- **Parámetros predefinidos en la metodología del IDM**

Adicionalmente a los parámetros (α) y a los modificadores anteriores (M_A , M_B y M_C), la metodología del IDM prevé en su ecuación una serie de coeficientes predefinidos que no pueden ser cambiados por el operador. Estos coeficientes son los siguientes: Ecf, Ecu, Ec, Ecr, Ecc, p y β ; pudiendo asumirse como constantes para cada combinación agente-recurso.

V.2. Cálculo del IDM

Introduciendo los valores descritos en el apartado anterior en la ecuación del IDM se obtienen los resultados recopilados en la siguiente Tabla.

Escenario	Sustancia	Sustancia IDM	Recurso IDM	Grupo IDM	Parámetros IDM					Modificadores M _A		Modificadores M _B					Modificadores M _C			IDM Combinación	IDM Escenario		
					Ecf	Ecu	α	Ec	Ecr	Ecc	M _{A2}	A	M _{B1}	M _{B2}	M _{B12}	M _{B15}	M _{B18}	B	M _{C1}			M _{C5}	C
SI1.E1	A	COSV	Agua marina	1	0	866	5,20	1	1.934	0,03		1,00	0,9		1		0,9	0,81	1		1,00	5.749,04	318.451,48
			Especies de aves amenazadas	16	0	11.866	13,00	0,5	6.027	0,03	1	1,00	0,9	2		1,5		2,70		1	1,00	220.703,56	
			Especies de aves no amenazadas	16	0	2.373	13,00	1	6.027	0,03	1	1,00	0,9	2		1,5		2,70		1	1,00	91.998,88	
SI1.E2	A	COSV	Agua marina	1	0	866	4,00	1	1.934	0,03		1,00	0,9		1		0,9	0,81	1		1,00	4.882,04	248.287,52
			Especies de aves amenazadas	16	0	11.866	10,00	0,5	6.027	0,03	1	1,00	0,9	2		1,5		2,70		1	1,00	171.204,54	
			Especies de aves no amenazadas	16	0	2.373	10,00	1	6.027	0,03	1	1,00	0,9	2		1,5		2,70		1	1,00	72.200,94	
SI1.E3	A	COSV	Agua marina	1	0	866	4,40	1	1.934	0,03		1,00	0,9		1		0,9	0,81	1		1,00	5.171,04	271.675,50
			Especies de aves amenazadas	16	0	11.866	11,00	0,5	6.027	0,03	1	1,00	0,9	2		1,5		2,70		1	1,00	187.704,21	
			Especies de aves no amenazadas	16	0	2.373	11,00	1	6.027	0,03	1	1,00	0,9	2		1,5		2,70		1	1,00	78.800,25	
SI1.E4	A	COSV	Agua marina	1	0	866	3,20	1	1.934	0,03		1,00	0,9		1		0,9	0,81	1		1,00	4.304,03	201.511,54
			Especies de aves amenazadas	16	0	11.866	8,00	0,5	6.027	0,03	1	1,00	0,9	2		1,5		2,70		1	1,00	138.205,19	
			Especies de aves no amenazadas	16	0	2.373	8,00	1	6.027	0,03	1	1,00	0,9	2		1,5		2,70		1	1,00	59.002,31	
SI1.E5	A	COSV	Agua marina	1	0	866	3,20	1	1.934	0,03		1,00	0,9		1		0,9	0,81	1		1,00	4.304,03	201.511,54
			Especies de aves amenazadas	16	0	11.866	8,00	0,5	6.027	0,03	1	1,00	0,9	2		1,5		2,70		1	1,00	138.205,19	
			Especies de aves no amenazadas	16	0	2.373	8,00	1	6.027	0,03	1	1,00	0,9	2		1,5		2,70		1	1,00	59.002,31	
SI1.E6	A	COSV	Agua marina	1	0	866	5,20	1	1.934	0,03		1,00	0,9		1		0,9	0,81	1		1,00	5.749,04	318.451,48
			Especies de aves amenazadas	16	0	11.866	13,00	0,5	6.027	0,03	1	1,00	0,9	2		1,5		2,70		1	1,00	220.703,56	
			Especies de aves no amenazadas	16	0	2.373	13,00	1	6.027	0,03	1	1,00	0,9	2		1,5		2,70		1	1,00	91.998,88	
SI1.E7	A	COSV	Agua marina	1	0	866	4,00	1	1.934	0,03		1,00	0,9		1		0,9	0,81	1		1,00	4.882,04	248.287,52
			Especies de aves amenazadas	16	0	11.866	10,00	0,5	6.027	0,03	1	1,00	0,9	2		1,5		2,70		1	1,00	171.204,54	
			Especies de aves no amenazadas	16	0	2.373	10,00	1	6.027	0,03	1	1,00	0,9	2		1,5		2,70		1	1,00	72.200,94	
SI1.E8	A	COSV	Agua marina	1	0	866	4,00	1	1.934	0,03		1,00	0,9		1		0,9	0,81	1		1,00	4.882,04	248.287,52
			Especies de aves amenazadas	16	0	11.866	10,00	0,5	6.027	0,03	1	1,00	0,9	2		1,5		2,70		1	1,00	171.204,54	
			Especies de aves no amenazadas	16	0	2.373	10,00	1	6.027	0,03	1	1,00	0,9	2		1,5		2,70		1	1,00	72.200,94	
SI2. E1	B	COV	Agua marina	1	0	866	4,88	1	1.934	0,03		1,00	0,9		1		0,8	0,72	1		1,00	5.122,87	317.825,31
			Especies de aves amenazadas	16	0	11.866	13,00	0,5	6.027	0,03	1	1,00	0,9	2		1,5		2,70		1	1,00	220.703,56	
			Especies de aves no amenazadas	16	0	2.373	13,00	1	6.027	0,03	1	1,00	0,9	2		1,5		2,70		1	1,00	91.998,88	
SI2. E2	B	COV	Agua marina	1	0	3.648	3,75	1	1.934	0,03		1,00	0,9		1		0,8	0,72	1		1,00	12.137,11	255.542,59
			Especies de aves amenazadas	16	0	11.866	10,00	0,5	6.027	0,03	1	1,00	0,9	2		1,5		2,70		1	1,00	171.204,54	
			Especies de aves no amenazadas	16	0	2.373	10,00	1	6.027	0,03	1	1,00	0,9	2		1,5		2,70		1	1,00	72.200,94	
SI2. E3	B	COV	Agua marina	1	0	3.648	4,13	1	1.934	0,03		1,00	0,9		1		0,8	0,72	1		1,00	13.151,62	279.656,08
			Especies de aves amenazadas	16	0	11.866	11,00	0,5	6.027	0,03	1	1,00	0,9	2		1,5		2,70		1	1,00	187.704,21	
			Especies de aves no amenazadas	16	0	2.373	11,00	1	6.027	0,03	1	1,00	0,9	2		1,5		2,70		1	1,00	78.800,25	
SI2. E4	B	COV	Agua marina	1	0	3.648	3,00	1	1.934	0,03		1,00	0,9		1		0,8	0,72	1		1,00	10.108,09	207.315,60
			Especies de aves amenazadas	16	0	11.866	8,00	0,5	6.027	0,03	1	1,00	0,9	2		1,5		2,70		1	1,00	138.205,19	
			Especies de aves no amenazadas	16	0	2.373	8,00	1	6.027	0,03	1	1,00	0,9	2		1,5		2,70		1	1,00	59.002,31	

Escenario	Sustancia	Sustancia IDM	Recurso IDM	Grupo IDM	Parámetros IDM						Modificadores M _A		Modificadores M _B						Modificadores M _C			IDM Combinación	IDM Escenario
					Ecf	Ecu	α	Ec	Ecr	Ecc	M _{A2}	A	M _{B1}	M _{B2}	M _{B12}	M _{B15}	M _{B18}	B	M _{C1}	M _{C5}	C		
SI2.E5	B	COV	Agua marina	1	0	3.648	3,00	1	1.934	0,03		1,00	0,9		1		0,8	0,72	1		1,00	10.108,09	207.315,60
			Especies de aves amenazadas	16	0	11.866	8,00	0,5	6.027	0,03	1	1,00	0,9	2		1,5		2,70		1	1,00	138.205,19	
			Especies de aves no amenazadas	16	0	2.373	8,00	1	6.027	0,03	1	1,00	0,9	2		1,5		2,70		1	1,00	59.002,31	
SI2.E6	B	COV	Agua marina	1	0	3.648	4,88	1	1.934	0,03		1,00	0,9		1		0,8	0,72	1		1,00	15.180,63	327.883,07
			Especies de aves amenazadas	16	0	11.866	13,00	0,5	6.027	0,03	1	1,00	0,9	2		1,5		2,70		1	1,00	220.703,56	
			Especies de aves no amenazadas	16	0	2.373	13,00	1	6.027	0,03	1	1,00	0,9	2		1,5		2,70		1	1,00	91.998,88	
SI2.E7	B	COV	Agua marina	1	0	3.648	3,75	1	1.934	0,03		1,00	0,9		1		0,8	0,72	1		1,00	12.137,11	255.542,59
			Especies de aves amenazadas	16	0	11.866	10,00	0,5	6.027	0,03	1	1,00	0,9	2		1,5		2,70		1	1,00	171.204,54	
			Especies de aves no amenazadas	16	0	2.373	10,00	1	6.027	0,03	1	1,00	0,9	2		1,5		2,70		1	1,00	72.200,94	
SI2.E8	B	COV	Agua marina	1	0	3.648	3,75	1	1.934	0,03		1,00	0,9		1		0,8	0,72	1		1,00	12.137,11	255.542,59
			Especies de aves amenazadas	16	0	11.866	10,00	0,5	6.027	0,03	1	1,00	0,9	2		1,5		2,70		1	1,00	171.204,54	
			Especies de aves no amenazadas	16	0	2.373	10,00	1	6.027	0,03	1	1,00	0,9	2		1,5		2,70		1	1,00	72.200,94	
SI3.E1	C	CONV	Agua marina	1	0	3.648	54,76	1	1.934	0,03		1,00	1		1		1	1,00	1		1,00	207.758,83	4.668.868,05
			Especies de aves amenazadas	16	0	11.866	130,00	0,5	6.027	0,03	1	1,00	1	2		2		4,00		1	1,00	3.183.922,61	
			Especies de aves no amenazadas	16	0	2.373	130,00	1	6.027	0,03	1	1,00	1	2		2		4,00		1	1,00	1.277.186,61	
SI3.E2	C	CONV	Agua marina	1	0	3.648	42,13	1	1.934	0,03		1,00	1		1		1	1,00	1		1,00	160.274,18	3.594.761,80
			Especies de aves amenazadas	16	0	11.866	100,00	0,5	6.027	0,03	1	1,00	1	2		2		4,00		1	1,00	2.450.603,81	
			Especies de aves no amenazadas	16	0	2.373	100,00	1	6.027	0,03	1	1,00	1	2		2		4,00		1	1,00	983.883,81	
SI3.E3	C	CONV	Agua marina	1	0	3.648	46,34	1	1.934	0,03		1,00	1		1		1	1,00	1		1,00	176.102,40	3.952.797,22
			Especies de aves amenazadas	16	0	11.866	110,00	0,5	6.027	0,03	1	1,00	1	2		2		4,00		1	1,00	2.695.043,41	
			Especies de aves no amenazadas	16	0	2.373	110,00	1	6.027	0,03	1	1,00	1	2		2		4,00		1	1,00	1.081.651,41	
SI3.E4	C	CONV	Agua marina	1	0	3.648	33,70	1	1.934	0,03		1,00	1		1		1	1,00	1		1,00	128.617,75	2.878.690,97
			Especies de aves amenazadas	16	0	11.866	80,00	0,5	6.027	0,03	1	1,00	1	2		2		4,00		1	1,00	1.961.724,61	
			Especies de aves no amenazadas	16	0	2.373	80,00	1	6.027	0,03	1	1,00	1	2		2		4,00		1	1,00	788.348,61	
SI3.E5	C	CONV	Agua marina	1	0	3.648	33,70	1	1.934	0,03		1,00	1		1		1	1,00	1		1,00	128.617,75	2.878.690,97
			Especies de aves amenazadas	16	0	11.866	80,00	0,5	6.027	0,03	1	1,00	1	2		2		4,00		1	1,00	1.961.724,61	
			Especies de aves no amenazadas	16	0	2.373	80,00	1	6.027	0,03	1	1,00	1	2		2		4,00		1	1,00	788.348,61	
SI3.E6	C	CONV	Agua marina	1	0	3.648	54,76	1	1.934	0,03		1,00	1		1		1	1,00	1		1,00	207.758,83	4.668.868,05
			Especies de aves amenazadas	16	0	11.866	130,00	0,5	6.027	0,03	1	1,00	1	2		2		4,00		1	1,00	3.183.922,61	
			Especies de aves no amenazadas	16	0	2.373	130,00	1	6.027	0,03	1	1,00	1	2		2		4,00		1	1,00	1.277.186,61	
SI3.E7	C	CONV	Agua marina	1	0	3.648	42,13	1	1.934	0,03		1,00	1		1		1	1,00	1		1,00	160.274,18	3.594.761,80
			Especies de aves amenazadas	16	0	11.866	100,00	0,5	6.027	0,03	1	1,00	1	2		2		4,00		1	1,00	2.450.603,81	
			Especies de aves no amenazadas	16	0	2.373	100,00	1	6.027	0,03	1	1,00	1	2		2		4,00		1	1,00	983.883,81	
SI3.E8	C	CONV	Agua marina	1	0	3.648	42,13	1	1.934	0,03		1,00	1		1		1	1,00	1		1,00	160.274,18	3.594.761,80
			Especies de aves amenazadas	16	0	11.866	100,00	0,5	6.027	0,03	1	1,00	1	2		2		4,00		1	1,00	2.450.603,81	
			Especies de aves no amenazadas	16	0	2.373	100,00	1	6.027	0,03	1	1,00	1	2		2		4,00		1	1,00	983.883,81	

Escenario	Sustancia	Sustancia IDM	Recurso IDM	Grupo IDM	Parámetros IDM						Modificadores M _A		Modificadores M _B						Modificadores M _C			IDM Combinación	IDM Escenario
					Ecf	Ecu	α	Ec	Ecr	Ecc	M _{A2}	A	M _{B1}	M _{B2}	M _{B12}	M _{B15}	M _{B18}	B	M _{C1}	M _{C5}	C		
SI4.E1	A	COSV	Agua marina	1	0	866	922,50	1	1.934	0,03		0,00	0,9		1		0,9	0,81	1		1,00	1.992,02	42.632.036,81
			Especies de aves amenazadas	16	0	11.866	1.845,00	0,5	6.027	0,03	1	1,00	0,9	2		1,5		2,70		1	1,00	1.650.715.993,10	
			Especies de aves no amenazadas	16	0	2.373	1.845,00	1	6.027	0,03	1	1,00	0,9	2		1,5		2,70		1	1,00	660.234.476,90	
SI4.E2	A	COSV	Agua marina	1	0	866	900,00	1	1.934	0,03		0,00	0,9		1		0,9	0,81	1		1,00	1.992,02	41.592.582,44
			Especies de aves amenazadas	16	0	11.866	1.800,00	0,5	6.027	0,03	1	1,00	0,9	2		1,5		2,70		1	1,00	1.649.973.507,81	
			Especies de aves no amenazadas	16	0	2.373	1.800,00	1	6.027	0,03	1	1,00	0,9	2		1,5		2,70		1	1,00	659.937.507,81	
SI4.E3	A	COSV	Agua marina	1	0	866	922,50	1	1.934	0,03		0,00	0,9		1		0,9	0,81	1		1,00	1.992,02	42.632.036,81
			Especies de aves amenazadas	16	0	11.866	1.845,00	0,5	6.027	0,03	1	1,00	0,9	2		1,5		2,70		1	1,00	1.650.715.993,10	
			Especies de aves no amenazadas	16	0	2.373	1.845,00	1	6.027	0,03	1	1,00	0,9	2		1,5		2,70		1	1,00	660.234.476,90	
SI5.E1	B	COV	Agua marina	1	0	866	1.272,50	1	1.934	0,03		1,00	0,9		1		0,8	0,72	1		1,00	36.138.019,58	59.618.559,09
			Especies de aves amenazadas	16	0	11.866	2.545,00	0,5	6.027	0,03	1	1,00	0,9	2		1,5		2,70		1	1,00	2.475.699.643,10	
			Especies de aves no amenazadas	16	0	2.373	2.545,00	1	6.027	0,03	1	1,00	0,9	2		1,5		2,70		1	1,00	990.200.126,90	
SI5.E2	B	COV	Agua marina	1	0	866	1.250,00	1	1.934	0,03		1,00	0,9		1		0,8	0,72	1		1,00	36.127.182,02	58.564.654,64
			Especies de aves amenazadas	16	0	11.866	2.500,00	0,5	6.027	0,03	1	1,00	0,9	2		1,5		2,70		1	1,00	2.474.957.157,81	
			Especies de aves no amenazadas	16	0	2.373	2.500,00	1	6.027	0,03	1	1,00	0,9	2		1,5		2,70		1	1,00	989.903.157,81	
SI5.E3	B	COV	Agua marina	1	0	866	1.272,50	1	1.934	0,03		1,00	0,9		1		0,8	0,72	1		1,00	36.138.019,58	59.618.559,09
			Especies de aves amenazadas	16	0	11.866	2.545,00	0,5	6.027	0,03	1	1,00	0,9	2		1,5		2,70		1	1,00	2.475.699.643,10	
			Especies de aves no amenazadas	16	0	2.373	2.545,00	1	6.027	0,03	1	1,00	0,9	2		1,5		2,70		1	1,00	990.200.126,90	
SI6.E1	C	CONV	Agua marina	1	0	866	1.622,50	1	1.934	0,03		1,00	1		1		1	1,00	1		1,00	75.168.215,62	112.507.881,59
			Especies de aves amenazadas	16	0	11.866	3.245,00	0,5	6.027	0,03	1	1,00	1	2		2		4,00		1	1,00	4.889.898.186,01	
			Especies de aves no amenazadas	16	0	2.373	3.245,00	1	6.027	0,03	1	1,00	1	2		2		4,00		1	1,00	1.955.798.162,01	
SI6.E2	C	CONV	Agua marina	1	0	866	1.600,00	1	1.934	0,03		1,00	1		1		1	1,00	1		1,00	75.151.307,02	110.947.879,64
			Especies de aves amenazadas	16	0	11.866	3.200,00	0,5	6.027	0,03	1	1,00	1	2		2		4,00		1	1,00	4.888.798.207,81	
			Especies de aves no amenazadas	16	0	2.373	3.200,00	1	6.027	0,03	1	1,00	1	2		2		4,00		1	1,00	1.955.358.207,81	
SI6.E3	C	CONV	Agua marina	1	0	866	1.622,50	1	1.934	0,03		1,00	1		1		1	1,00	1		1,00	75.168.215,62	112.507.881,59
			Especies de aves amenazadas	16	0	11.866	3.245,00	0,5	6.027	0,03	1	1,00	1	2		2		4,00		1	1,00	4.889.898.186,01	
			Especies de aves no amenazadas	16	0	2.373	3.245,00	1	6.027	0,03	1	1,00	1	2		2		4,00		1	1,00	1.955.798.162,01	
SI7.E1	A	COSV	Agua marina	1	0	866	30,00	1	1.934	0,03		1,00	0,9		1		0,9	0,81	1		1,00	23.667,13	1.768.506,70
			Especies de aves amenazadas	16	0	11.866	75,00	0,5	6.027	0,03	1	1,00	0,9	2		1,5		2,70		1	1,00	1.243.683,29	
			Especies de aves no amenazadas	16	0	2.373	75,00	1	6.027	0,03	1	1,00	0,9	2		1,5		2,70		1	1,00	501.156,29	
SI7.E2	A	COSV	Agua marina	1	0	866	12,00	1	1.934	0,03		1,00	0,9		1		0,9	0,81	1		1,00	10.662,07	716.047,27
			Especies de aves amenazadas	16	0	11.866	30,00	0,5	6.027	0,03	1	1,00	0,9	2		1,5		2,70		1	1,00	501.198,00	
			Especies de aves no amenazadas	16	0	2.373	30,00	1	6.027	0,03	1	1,00	0,9	2		1,5		2,70		1	1,00	204.187,20	
SI7.E3	A	COSV	Agua marina	1	0	866	20,40	1	1.934	0,03		1,00	0,9		1		0,9	0,81	1		1,00	16.731,10	1.207.195,00
			Especies de aves amenazadas	16	0	11.866	51,00	0,5	6.027	0,03	1	1,00	0,9	2		1,5		2,70		1	1,00	847.691,13	
			Especies de aves no amenazadas	16	0	2.373	51,00	1	6.027	0,03	1	1,00	0,9	2		1,5		2,70		1	1,00	342.772,77	

Escenario	Sustancia	Sustancia IDM	Recurso IDM	Grupo IDM	Parámetros IDM						Modificadores M _A		Modificadores M _B						Modificadores M _C			IDM Combinación	IDM Escenario
					Ecf	Ecu	α	Ec	Ecr	Ecc	M _{A2}	A	M _{B1}	M _{B2}	M _{B12}	M _{B15}	M _{B18}	B	M _{C1}	M _{C5}	C		
SI7.E4	A	COSV	Agua marina	1	0	866	9,60	1	1.934	0,03		1,00	0,9		1		0,9	0,81	1		1,00	8.928,06	575.719,34
			Especies de aves amenazadas	16	0	11.866	24,00	0,5	6.027	0,03	1	1,00	0,9	2		1,5		2,70		1	1,00	402.199,96	
			Especies de aves no amenazadas	16	0	2.373	24,00	1	6.027	0,03	1	1,00	0,9	2		1,5		2,70		1	1,00	164.591,32	
SI7.E5	A	COSV	Agua marina	1	0	866	9,60	1	1.934	0,03		1,00	0,9		1		0,9	0,81	1		1,00	8.928,06	575.719,34
			Especies de aves amenazadas	16	0	11.866	24,00	0,5	6.027	0,03	1	1,00	0,9	2		1,5		2,70		1	1,00	402.199,96	
			Especies de aves no amenazadas	16	0	2.373	24,00	1	6.027	0,03	1	1,00	0,9	2		1,5		2,70		1	1,00	164.591,32	
SI7.E6	A	COSV	Agua marina	1	0	866	30,00	1	1.934	0,03		1,00	0,9		1		0,9	0,81	1		1,00	23.667,13	1.768.506,70
			Especies de aves amenazadas	16	0	11.866	75,00	0,5	6.027	0,03	1	1,00	0,9	2		1,5		2,70		1	1,00	1.243.683,29	
			Especies de aves no amenazadas	16	0	2.373	75,00	1	6.027	0,03	1	1,00	0,9	2		1,5		2,70		1	1,00	501.156,29	
SI7.E7	A	COSV	Agua marina	1	0	866	12,00	1	1.934	0,03		1,00	0,9		1		0,9	0,81	1		1,00	10.662,07	716.047,27
			Especies de aves amenazadas	16	0	11.866	30,00	0,5	6.027	0,03	1	1,00	0,9	2		1,5		2,70		1	1,00	501.198,00	
			Especies de aves no amenazadas	16	0	2.373	30,00	1	6.027	0,03	1	1,00	0,9	2		1,5		2,70		1	1,00	204.187,20	
SI7.E8	A	COSV	Agua marina	1	0	866	12,00	1	1.934	0,03		1,00	0,9		1		0,9	0,81	1		1,00	10.662,07	716.047,27
			Especies de aves amenazadas	16	0	11.866	30,00	0,5	6.027	0,03	1	1,00	0,9	2		1,5		2,70		1	1,00	501.198,00	
			Especies de aves no amenazadas	16	0	2.373	30,00	1	6.027	0,03	1	1,00	0,9	2		1,5		2,70		1	1,00	204.187,20	
SI8.E1	B	COV	Agua marina	1	0	866	28,13	1	1.934	0,03		1,00	0,9		1		0,8	0,72	1		1,00	20.054,62	1.764.894,19
			Especies de aves amenazadas	16	0	11.866	75,00	0,5	6.027	0,03	1	1,00	0,9	2		1,5		2,70		1	1,00	1.243.683,29	
			Especies de aves no amenazadas	16	0	2.373	75,00	1	6.027	0,03	1	1,00	0,9	2		1,5		2,70		1	1,00	501.156,29	
SI8.E2	B	COV	Agua marina	1	0	866	11,25	1	1.934	0,03		1,00	0,9		1		0,8	0,72	1		1,00	9.217,06	714.602,26
			Especies de aves amenazadas	16	0	11.866	30,00	0,5	6.027	0,03	1	1,00	0,9	2		1,5		2,70		1	1,00	501.198,00	
			Especies de aves no amenazadas	16	0	2.373	30,00	1	6.027	0,03	1	1,00	0,9	2		1,5		2,70		1	1,00	204.187,20	
SI8.E3	B	COV	Agua marina	1	0	866	19,13	1	1.934	0,03		1,00	0,9		1		0,8	0,72	1		1,00	14.274,58	1.204.738,49
			Especies de aves amenazadas	16	0	11.866	51,00	0,5	6.027	0,03	1	1,00	0,9	2		1,5		2,70		1	1,00	847.691,13	
			Especies de aves no amenazadas	16	0	2.373	51,00	1	6.027	0,03	1	1,00	0,9	2		1,5		2,70		1	1,00	342.772,77	
SI8.E4	B	COV	Agua marina	1	0	866	9,00	1	1.934	0,03		1,00	0,9		1		0,8	0,72	1		1,00	7.772,05	574.563,33
			Especies de aves amenazadas	16	0	11.866	24,00	0,5	6.027	0,03	1	1,00	0,9	2		1,5		2,70		1	1,00	402.199,96	
			Especies de aves no amenazadas	16	0	2.373	24,00	1	6.027	0,03	1	1,00	0,9	2		1,5		2,70		1	1,00	164.591,32	
SI8.E5	B	COV	Agua marina	1	0	866	9,00	1	1.934	0,03		1,00	0,9		1		0,8	0,72	1		1,00	7.772,05	574.563,33
			Especies de aves amenazadas	16	0	11.866	24,00	0,5	6.027	0,03	1	1,00	0,9	2		1,5		2,70		1	1,00	402.199,96	
			Especies de aves no amenazadas	16	0	2.373	24,00	1	6.027	0,03	1	1,00	0,9	2		1,5		2,70		1	1,00	164.591,32	
SI8.E6	B	COV	Agua marina	1	0	866	28,13	1	1.934	0,03		1,00	0,9		1		0,8	0,72	1		1,00	20.054,62	1.764.894,19
			Especies de aves amenazadas	16	0	11.866	75,00	0,5	6.027	0,03	1	1,00	0,9	2		1,5		2,70		1	1,00	1.243.683,29	
			Especies de aves no amenazadas	16	0	2.373	75,00	1	6.027	0,03	1	1,00	0,9	2		1,5		2,70		1	1,00	501.156,29	
SI8.E7	B	COV	Agua marina	1	0	866	11,25	1	1.934	0,03		1,00	0,9		1		0,8	0,72	1		1,00	9.217,06	714.602,26
			Especies de aves amenazadas	16	0	11.866	30,00	0,5	6.027	0,03	1	1,00	0,9	2		1,5		2,70		1	1,00	501.198,00	
			Especies de aves no amenazadas	16	0	2.373	30,00	1	6.027	0,03	1	1,00	0,9	2		1,5		2,70		1	1,00	204.187,20	

Escenario	Sustancia	Sustancia IDM	Recurso IDM	Grupo IDM	Parámetros IDM						Modificadores M _A		Modificadores M _B						Modificadores M _C			IDM Combinación	IDM Escenario
					Ecf	Ecu	α	Ec	Ecr	Ecc	M _{A2}	A	M _{B1}	M _{B2}	M _{B12}	M _{B15}	M _{B18}	B	M _{C1}	M _{C5}	C		
SI8.E8	B	COV	Agua marina	1	0	866	11,25	1	1.934	0,03		1,00	0,9		1		0,8	0,72	1		1,00	9.217,06	714.602,26
			Especies de aves amenazadas	16	0	11.866	30,00	0,5	6.027	0,03	1	1,00	0,9	2		1,5		2,70		1	1,00	501.198,00	
			Especies de aves no amenazadas	16	0	2.373	30,00	1	6.027	0,03	1	1,00	0,9	2		1,5		2,70		1	1,00	204.187,20	
SI9.E1	C	CONV	Agua marina	1	0	866	145,33	1	1.934	0,03		1,00	1		1		1	1,00	1		1,00	131.624,59	11.950.188,61
			Especies de aves amenazadas	16	0	11.866	345,00	0,5	6.027	0,03	1	1,00	1	2		2		4,00		1	1,00	8.439.374,01	
			Especies de aves no amenazadas	16	0	2.373	345,00	1	6.027	0,03	1	1,00	1	2		2		4,00		1	1,00	3.379.190,01	
SI9.E2	C	CONV	Agua marina	1	0	866	126,38	1	1.934	0,03		1,00	1		1		1	1,00	1		1,00	114.715,99	10.393.347,61
			Especies de aves amenazadas	16	0	11.866	300,00	0,5	6.027	0,03	1	1,00	1	2		2		4,00		1	1,00	7.339.395,81	
			Especies de aves no amenazadas	16	0	2.373	300,00	1	6.027	0,03	1	1,00	1	2		2		4,00		1	1,00	2.939.235,81	
SI9.E3	C	CONV	Agua marina	1	0	866	120,06	1	1.934	0,03		1,00	1		1		1	1,00	1		1,00	109.079,79	9.874.400,61
			Especies de aves amenazadas	16	0	11.866	285,00	0,5	6.027	0,03	1	1,00	1	2		2		4,00		1	1,00	6.972.736,41	
			Especies de aves no amenazadas	16	0	2.373	285,00	1	6.027	0,03	1	1,00	1	2		2		4,00		1	1,00	2.792.584,41	
SI9.E4	C	CONV	Agua marina	1	0	866	101,10	1	1.934	0,03		1,00	1		1		1	1,00	1		1,00	92.171,20	8.317.559,62
			Especies de aves amenazadas	16	0	11.866	240,00	0,5	6.027	0,03	1	1,00	1	2		2		4,00		1	1,00	5.872.758,21	
			Especies de aves no amenazadas	16	0	2.373	240,00	1	6.027	0,03	1	1,00	1	2		2		4,00		1	1,00	2.352.630,21	
SI9.E5	C	CONV	Agua marina	1	0	866	101,10	1	1.934	0,03		1,00	1		1		1	1,00	1		1,00	92.171,20	8.317.559,62
			Especies de aves amenazadas	16	0	11.866	240,00	0,5	6.027	0,03	1	1,00	1	2		2		4,00		1	1,00	5.872.758,21	
			Especies de aves no amenazadas	16	0	2.373	240,00	1	6.027	0,03	1	1,00	1	2		2		4,00		1	1,00	2.352.630,21	
SI9.E6	C	CONV	Agua marina	1	0	866	145,33	1	1.934	0,03		1,00	1		1		1	1,00	1		1,00	131.624,59	11.950.188,61
			Especies de aves amenazadas	16	0	11.866	345,00	0,5	6.027	0,03	1	1,00	1	2		2		4,00		1	1,00	8.439.374,01	
			Especies de aves no amenazadas	16	0	2.373	345,00	1	6.027	0,03	1	1,00	1	2		2		4,00		1	1,00	3.379.190,01	
SI9.E7	C	CONV	Agua marina	1	0	866	126,38	1	1.934	0,03		1,00	1		1		1	1,00	1		1,00	114.715,99	10.393.347,61
			Especies de aves amenazadas	16	0	11.866	300,00	0,5	6.027	0,03	1	1,00	1	2		2		4,00		1	1,00	7.339.395,81	
			Especies de aves no amenazadas	16	0	2.373	300,00	1	6.027	0,03	1	1,00	1	2		2		4,00		1	1,00	2.939.235,81	
SI9.E8	C	CONV	Agua marina	1	0	866	126,38	1	1.934	0,03		1,00	1		1		1	1,00	1		1,00	114.715,99	10.393.347,61
			Especies de aves amenazadas	16	0	11.866	300,00	0,5	6.027	0,03	1	1,00	1	2		2		4,00		1	1,00	7.339.395,81	
			Especies de aves no amenazadas	16	0	2.373	300,00	1	6.027	0,03	1	1,00	1	2		2		4,00		1	1,00	2.939.235,81	
SI10.E1	C	CONV	Agua marina	1	0	866	9,69	1	1.934	0,03		1,00	1		1		1	1,00	1		1,00	10.634,19	810.126,37
			Especies de aves amenazadas	16	0	11.866	23,00	0,5	6.027	0,03	1	1,00	1	2		2		4,00		1	1,00	568.418,89	
			Especies de aves no amenazadas	16	0	2.373	23,00	1	6.027	0,03	1	1,00	1	2		2		4,00		1	1,00	231.073,29	
SI10.E2	C	CONV	Agua marina	1	0	866	8,43	1	1.934	0,03		1,00	1		1		1	1,00	1		1,00	9.506,95	706.336,97
			Especies de aves amenazadas	16	0	11.866	20,00	0,5	6.027	0,03	1	1,00	1	2		2		4,00		1	1,00	495.087,01	
			Especies de aves no amenazadas	16	0	2.373	20,00	1	6.027	0,03	1	1,00	1	2		2		4,00		1	1,00	201.743,01	
SI10.E3	C	CONV	Agua marina	1	0	866	9,69	1	1.934	0,03		1,00	1		1		1	1,00	1		1,00	10.634,19	810.126,37
			Especies de aves amenazadas	16	0	11.866	23,00	0,5	6.027	0,03	1	1,00	1	2		2		4,00		1	1,00	568.418,89	
			Especies de aves no amenazadas	16	0	2.373	23,00	1	6.027	0,03	1	1,00	1	2		2		4,00		1	1,00	231.073,29	

Escenario	Sustancia	Sustancia IDM	Recurso IDM	Grupo IDM	Parámetros IDM						Modificadores M _A		Modificadores M _B						Modificadores M _C			IDM Combinación	IDM Escenario
					Ecf	Ecu	α	Ec	Ecr	Ecc	M _{A2}	A	M _{B1}	M _{B2}	M _{B12}	M _{B15}	M _{B18}	B	M _{C1}	M _{C5}	C		
SI11.E1	D	CONV	Agua marina	1	0	866	23,23	1	1.934	0,03		1,00	1		1		1	1,00	1		1,00	22.710,26	1.848.824,04
			Especies de aves amenazadas	16	0	11.866	53,00	0,5	6.027	0,03	1	1,00	1	2		2		4,00		1	1,00	1.301.737,69	
			Especies de aves no amenazadas	16	0	2.373	53,00	1	6.027	0,03	1	1,00	1	2		2		4,00		1	1,00	524.376,09	
SI11.E2	D	CONV	Agua marina	1	0	866	21,91	1	1.934	0,03		1,00	1		1		1	1,00	1		1,00	21.537,53	1.744.989,15
			Especies de aves amenazadas	16	0	11.866	50,00	0,5	6.027	0,03	1	1,00	1	2		2		4,00		1	1,00	1.228.405,81	
			Especies de aves no amenazadas	16	0	2.373	50,00	1	6.027	0,03	1	1,00	1	2		2		4,00		1	1,00	495.045,81	
SI11.E3	D	CONV	Agua marina	1	0	866	23,23	1	1.934	0,03		1,00	1		1		1	1,00	1		1,00	22.710,26	1.848.824,04
			Especies de aves amenazadas	16	0	11.866	53,00	0,5	6.027	0,03	1	1,00	1	2		2		4,00		1	1,00	1.301.737,69	
			Especies de aves no amenazadas	16	0	2.373	53,00	1	6.027	0,03	1	1,00	1	2		2		4,00		1	1,00	524.376,09	
SI12.E2	D	CONV	Agua marina	1	0	866	23,23	1	1.934	0,03		1,00	1		1		1	1,00	1		1,00	22.710,26	1.848.824,04
			Especies de aves amenazadas	16	0	11.866	53,00	0,5	6.027	0,03	1	1,00	1	2		2		4,00		1	1,00	1.301.737,69	
			Especies de aves no amenazadas	16	0	2.373	53,00	1	6.027	0,03	1	1,00	1	2		2		4,00		1	1,00	524.376,09	
SI12.E4	D	CONV	Agua marina	1	0	866	21,91	1	1.934	0,03		1,00	1		1		1	1,00	1		1,00	21.537,53	1.744.989,15
			Especies de aves amenazadas	16	0	11.866	50,00	0,5	6.027	0,03	1	1,00	1	2		2		4,00		1	1,00	1.228.405,81	
			Especies de aves no amenazadas	16	0	2.373	50,00	1	6.027	0,03	1	1,00	1	2		2		4,00		1	1,00	495.045,81	

Notas

- 1- El parámetro α en los vertidos al agua marina se corresponde con el volumen vertido (en toneladas) y en los vertidos a las especies con el parámetro R especificado en la metodología del IDM.
2- En todos los escenarios identificados los siguientes parámetros de la ecuación del IDM toman los mismos valores, siendo: $p = 0$ y $\beta = 0$.

Tabla 19. Valor del IDM para cada escenario accidental.

Fuente: Elaboración propia.

VI. SELECCIÓN DEL ESCENARIO DE REFERENCIA

El procedimiento mediante el cual se determina la cuantía de la garantía financiera que, en su caso, deberá constituir el operador se encuentra especificado en el artículo 33 del Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental. Este procedimiento comprende las siguientes fases:

1. Identificación de los escenarios accidentales y establecimiento de la probabilidad de ocurrencia de cada escenario.

En el presente análisis de riesgos la identificación de los escenarios accidentales y la imputación de probabilidades de ocurrencia a los mismos se aborda en el epígrafe IV.5 del informe.

2. Estimación de un Índice de Daño Medioambiental asociado a cada escenario accidental siguiendo los pasos que se establecen en el anexo III del Real Decreto 183/2015, 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.

El cálculo del Índice de Daño Medioambiental (IDM) para cada uno de los escenarios identificados se realiza en el epígrafe V del presente informe. Este índice permite disponer de una estimación de la magnitud de las consecuencias medioambientales asociadas a cada escenario.

3. Cálculo del riesgo asociado a cada escenario accidental como el producto entre la probabilidad de ocurrencia del escenario y el Índice de Daño Medioambiental.

Por lo tanto, el riesgo de cada escenario es el resultado de multiplicar su probabilidad por la magnitud del hipotético daño que desencadenaría. Esta operación se recoge en la Tabla 20.

4. Selección de los escenarios con menor Índice de Daño Medioambiental asociado que agrupan el 95 por ciento del riesgo total.

Esta fase requiere, en un primer momento, ordenar los escenarios relevantes en un sentido decreciente del IDM (como se recoge en la Tabla 20), para, posteriormente, seleccionar exclusivamente aquéllos que representen el 95 por ciento del riesgo total de la instalación. En caso de igualdad de valor de IDM se ha optado por ordenar primero los escenarios con mayor probabilidad de ocurrencia.

5. Establecimiento de la cuantía de la garantía financiera como el valor del daño medioambiental del escenario con el Índice de Daño Medioambiental más alto entre los escenarios accidentales seleccionados. Dicho escenario se denomina generalmente “escenario de referencia” y es el único al que se atiende con objeto de realizar las fases posteriores indicadas en el artículo 33 del Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, de 23 de octubre.

Código	IDM	Probabilidad	Riesgo	Riesgo relativo	Riesgo acumulado
SI6.E3	112.507.882	8,88E-07	99,94	4,98%	100,00%
SI6.E1	112.507.882	3,09E-07	34,74	1,73%	95,02%
SI6.E2	110.947.880	1,63E-08	1,80	0,09%	93,30%
SI5.E3	59.618.559	8,88E-07	52,96	2,64%	93,21%
SI5.E1	41.592.582	3,09E-07	12,84	0,64%	90,57%
SI5.E2	58.564.655	1,63E-08	0,95	0,05%	89,93%
SI4.E3	42.632.037	8,88E-07	37,87	1,89%	89,88%
SI4.E1	42.632.037	3,09E-07	13,16	0,66%	88,00%
SI4.E2	41.592.582	1,63E-08	0,68	0,03%	87,34%
SI9.E1	11.950.189	1,54E-06	18,45	0,92%	87,31%
SI9.E6	11.950.189	4,44E-09	0,05	0,00%	86,39%
SI9.E2	10.393.348	8,13E-08	0,84	0,04%	86,39%
SI9.E8	10.393.348	1,87E-08	0,19	0,01%	86,34%
SI9.E7	10.393.348	2,34E-10	0,00	0,00%	86,33%
SI9.E3	9.874.401	4,44E-06	43,81	2,18%	86,33%
SI9.E5	8.317.560	1,87E-05	155,38	7,74%	84,15%
SI9.E4	8.317.560	2,34E-07	1,94	0,10%	76,42%
SI3.E1	4.668.868	2,50E-06	11,68	0,58%	76,32%
SI3.E6	4.668.868	7,19E-09	0,03	0,00%	75,74%
SI3.E3	3.952.797	7,19E-06	28,41	1,41%	75,74%
SI3.E2	3.594.762	1,32E-07	0,47	0,02%	74,32%
SI3.E8	3.594.762	3,03E-08	0,11	0,01%	74,30%
SI3.E7	3.594.762	3,79E-10	0,00	0,00%	74,29%
SI3.E5	2.878.691	3,03E-05	87,12	4,34%	74,29%
SI3.E4	2.878.691	3,78E-07	1,09	0,05%	69,96%
SI12.E2	1.848.824	4,16E-04	769,30	38,30%	69,90%
SI11.E3	1.848.824	8,88E-07	1,64	0,08%	31,60%
SI11.E1	1.848.824	3,09E-07	0,57	0,03%	31,52%
SI7.E1	1.768.507	7,10E-06	12,56	0,63%	31,49%
SI7.E6	1.768.507	2,04E-08	0,04	0,00%	30,87%
SI8.E1	1.764.894	4,63E-06	8,17	0,41%	30,86%
SI8.E6	1.764.894	1,33E-08	0,02	0,00%	30,46%
SI12.E4	1.744.989	2,19E-05	38,22	1,90%	30,46%
SI11.E2	1.744.989	1,63E-08	0,03	0,00%	28,55%
SI7.E3	1.207.195	2,04E-05	24,64	1,23%	28,55%
SI8.E3	1.204.738	1,33E-05	16,04	0,80%	27,33%
SI10.E3	810.126	8,88E-07	0,72	0,04%	26,53%
SI10.E1	810.126	3,09E-07	0,25	0,01%	26,49%
SI7.E2	716.047	3,74E-07	0,27	0,01%	26,48%
SI7.E8	716.047	8,60E-08	0,06	0,00%	26,47%
SI7.E7	716.047	1,08E-09	0,00	0,00%	26,46%
SI8.E2	714.602	2,44E-07	0,17	0,01%	26,46%
SI8.E8	714.602	5,61E-08	0,04	0,00%	26,45%
SI8.E7	714.602	7,01E-10	0,00	0,00%	26,45%
SI10.E2	706.337	1,63E-08	0,01	0,00%	26,45%
SI7.E5	575.719	8,59E-05	49,47	2,46%	26,45%
SI7.E4	575.719	1,07E-06	0,62	0,03%	23,99%
SI8.E5	574.563	5,60E-05	32,20	1,60%	23,96%
SI8.E4	574.563	7,01E-07	0,40	0,02%	22,35%
SI2. E6	327.883	1,78E-07	0,06	0,00%	22,33%
SI1.E1	318.451	6,18E-05	19,66	0,98%	22,33%
SI1.E6	318.451	1,78E-07	0,06	0,00%	21,35%
SI2. E1	317.825	6,18E-05	19,63	0,98%	21,35%
SI2. E3	279.656	1,77E-04	49,63	2,47%	20,37%
SI1.E3	271.676	1,77E-04	48,21	2,40%	17,90%
SI2. E2	255.543	3,25E-06	0,83	0,04%	15,50%
SI2. E8	255.543	7,48E-07	0,19	0,01%	15,46%
SI2. E7	255.543	9,35E-09	0,00	0,00%	15,45%
SI1.E2	248.288	3,25E-06	0,81	0,04%	15,45%
SI1.E8	248.288	7,48E-07	0,19	0,01%	15,41%
SI1.E7	248.288	9,35E-09	0,00	0,00%	15,40%
SI2. E5	207.316	7,47E-04	154,92	7,71%	15,40%
SI2. E4	207.316	9,34E-06	1,94	0,10%	7,69%
SI1.E5	201.512	7,47E-04	150,58	7,50%	7,59%
SI1.E4	201.512	9,34E-06	1,88	0,09%	0,09%

Tabla 20. Selección del escenario de referencia.

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 20 se muestra el escenario que resulta seleccionado como escenario de referencia en la instalación objeto de estudio (sombreado en azul claro), resultando ser el **SI6.E1**, correspondiente a “**Incendio con vertido al mar de 1.622,50 m³ de sustancia C mezclado con un 1% de las aguas de extinción**”.

VII. CUANTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LA SIGNIFICATIVIDAD DEL DAÑO

Como se ha indicado anteriormente la cuantificación del daño medioambiental únicamente debe realizarse para el escenario de referencia que haya resultado seleccionado. Por lo tanto, en el caso objeto de estudio, este procedimiento se centra en el hipotético **vertido al mar de 1.622,50 m³ de sustancia C mezclado con un 1% de las aguas de extinción** (escenario SI6.E1).

Conforme con la definición de daño medioambiental incluida en la Ley 26/2007, de 23 de octubre, la norma deja fuera de su ámbito de aplicación los daños que no provoquen efectos adversos significativos sobre los recursos naturales. Por este motivo, resulta de especial relevancia evaluar la significatividad de los daños que serían causados bajo las hipótesis establecidas en el escenario accidental de referencia, empleando para ello, entre otros datos, la información obtenida durante el proceso de cuantificación.

En el presente epígrafe se expone en un primer apartado el estudio de cuantificación del daño para, seguidamente, evaluar la significatividad de dicho daño.

VII.1. Cuantificación del daño medioambiental

Bajo la denominación “cuantificación del daño” la normativa incluye tres aspectos diferenciados:

- a) La extensión del daño. La extensión del daño hace referencia a la cantidad de recurso o de servicio que resultaría afectado, por lo que se expresa en unidades biofísicas del recurso afectado como la superficie, la masa, el volumen o el tamaño de la población.
- b) La intensidad del daño. Mediante la intensidad se evalúa el grado de severidad de los efectos ocasionados por el agente causante del daño a los recursos naturales o servicios afectados. En la normativa se prevén tres grados de intensidad: agudo, crónico y potencial, los cuales respectivamente suponen una afección al menos al 50 por ciento, de entre el 10 y el 50 por ciento o al menos al 1 por ciento de la población, respectivamente. No obstante, es usual considerar un grado adicional de intensidad denominado letal, mediante el que se asume la pérdida del 100 por ciento de la población receptora del daño.
- c) La escala temporal del daño. La evaluación de la escala temporal del daño incluye el estudio de su duración, su frecuencia y la reversibilidad de los efectos que el agente ocasiona sobre el medio receptor.

En los puntos siguientes se expone de forma específica el estudio realizado sobre cada uno de estos aspectos para el escenario de referencia, el cual considera un daño por la sustancia C al agua marina y a las aves.

A. Extensión del daño

a) Agua marina

La extensión del daño al agua marina se evalúa a través de la cantidad de este recurso que resultaría afectada bajo las hipótesis establecidas en el escenario SI6.E1. Dada la elevada incertidumbre existente sobre la evolución de vertidos de la sustancia C, se ha optado por situar el presente estudio del lado de la prudencia. De esta forma, se asume que en caso de vertido se darían las circunstancias más desfavorables.

El principio anterior se materializa calculando la máxima extensión superficial que tendría un vertido tipo de sustancia C tomando como referencia la bibliografía disponible sobre vertidos de este tipo al mar. En este sentido, se ha adoptado como referencia un espesor promedio de equilibrio de una mancha de esta sustancia de $2,54 \cdot 10^{-1}$ cm (USEPA, 2001).

Por lo tanto, dado que el accidente simulado tendría asociado un volumen de agua contaminada con la sustancia C de $1.622,50 \text{ m}^3$, su expansión máxima alcanzaría las 64 ha, siendo éste un valor válido a la hora de definir la extensión del daño. No obstante, con objeto de cumplimentar la información requerida por el Modelo de Oferta de Responsabilidad Ambiental (MORA) —herramienta de valoración económica de daños medioambientales recomendada por la Comisión Técnica de Prevención y Reparación de Daños Medioambientales—, se hace necesario expresar dicha extensión superficial en términos de volumen de agua afectada. Con este fin debe estimarse una profundidad media afectada por la lámina del vertido. En concreto, en el ámbito del presente estudio, dada la relativamente delgada película del vertido, se ha optado por tomar un valor de referencia de 1 mm.

Como resultado final de las operaciones anteriores se obtiene una estimación del volumen de agua dañado igual a 639 m^3 . En la Tabla siguiente se resumen los cálculos realizados.

VALORES DE LOS PARÁMETROS EMPLEADOS PARA LA CUANTIFICACIÓN DEL DAÑO AL AGUA MARINA		
Parámetro	Valor	Ud.
Volumen vertido	1.622,50	m^3
Espesor promedio	0,1	in
Conversión	2,54	cm/in
Espesor promedio	2,54E-01	cm
Espesor promedio	0,00254	m
Superficie afectada	6,39E+05	m^2
Superficie afectada	64	ha
Profundidad afectada	0,001	m
Volumen de agua marina	639	m^3

Tabla 21. Valores de los parámetros empleados para la cuantificación del daño al agua marina.

Fuente: Elaboración propia.

b) Especies (aves)

En cuanto al daño a las aves, en una primera fase se han identificado las especies presentes en las proximidades de la instalación con objeto de seleccionar aquellas que, al menos *a priori*, podrían resultar afectadas por el hipotético vertido.

Modelo de Oferta de Responsabilidad Medioambiental (MORA)

La herramienta MORA facilita el cálculo del valor del daño ocasionado y, adicionalmente, suministra una serie de datos sobre el medio natural. En este sentido, resulta de especial interés la información que suministra sobre las especies presentes en cada zona. En concreto, en la Tabla siguiente se recogen dichas especies para las coordenadas del hipotético vertido (seleccionadas al azar entre las zonas portuarias de la geografía española).

ESPECIES IDENTIFICADAS EN MORA	
<i>Accipiter nisus</i>	<i>Sus scrofa</i>
<i>Aythya nyroca</i>	<i>Ardea cinerea</i>
<i>Circus pygargus</i>	<i>Ardea purpurea</i>
<i>Fulica cristata</i>	<i>Athene noctua</i>
<i>Marmaronetta angustirostris</i>	<i>Buteo buteo</i>
<i>Tyto alba</i>	<i>Falco peregrinus</i>
	<i>Falco tinnunculus</i>
	<i>Podiceps cristatus</i>

Tabla 22. Especies identificadas en MORA.

Fuente: MORA.

En el presente estudio se ha optado por no seleccionar, en un primer momento, ninguna de las especies identificadas en MORA como posibles receptoras del daño ya que las mismas no son propias del medio marino, receptor del hipotético daño (jabalí, garzas, somormujos, rapaces, etc.).

Se ha supuesto que las especies que previsiblemente se verían afectadas por el vertido podrían identificarse en base a un inventario detallado de especies existente para esa zona¹¹. En el estudio de daños se atenderá únicamente a las aves marinas, dado que éstas son las que cuentan con una mayor probabilidad de contactar con el vertido. En concreto, se ha considerado que en las proximidades hay una Zona de Especial Protección para las Aves, siendo las especies potencialmente afectadas el charrán común, el charrancito, el fumarel cariblanco y el charrán patinegro.

En el presente análisis, adicionalmente al posible impacto que ocasionaría el vertido sobre las aves marinas no amenazadas (citadas anteriormente), se ha optado por adoptar un criterio de prudencia asumiendo un cierto impacto sobre las especies amenazadas que ocasionalmente pudiesen estar presentes en la zona (cerceta pardilla o la malvasía cabeciblanca). De esta forma se pretende que el operador goce de una cobertura financiera suficiente ante las posibles eventualidades que pudieran surgir tras la ocurrencia de un vertido. De nuevo, en este apartado merece la pena recordar el inevitable grado de incertidumbre asociado a este tipo de estudios, por lo que resulta recomendable situar siempre la valoración de los daños del lado de la prudencia.

Una vez seleccionadas las especies de aves que se prevé que pudieran verse afectadas por un hipotético vertido, la siguiente fase consiste en estimar cuántos individuos perecerían a causa

¹¹ Tal y como se indica en la introducción del presente caso práctico, al igual que ocurre con otros datos utilizados en el mismo, este hipotético inventario se ha creado *ad hoc* para la realización de este ejemplo.

del mismo. Para ello, primero se estima el número de individuos que contactarían con el agente causante del daño (operación que se realiza dentro del presente apartado de cálculo de la extensión) y, a continuación se procede a determinar cuántos de los mismos perecerían por su causa (este último aspecto se aborda en el estudio de la intensidad). En este sentido, deben hacerse dos indicaciones:

- 1- Si bien la herramienta MORA permite introducir dos tipos de daños a las especies (muerte o lesión), en el presente estudio se asumirá que el daño causado siempre será la muerte. Esto se debe de nuevo a la elevada incertidumbre existente a la hora de seleccionar uno u otro tipo de daño. Por ello, se selecciona el más desfavorable.
- 2- La determinación del número de individuos que perecería a causa del vertido reviste una elevada complejidad técnica, ya que no solo debe tomarse como referencia una determinada población que podría ser afectada sino que, además, debe establecerse el número de sus miembros que entrarían en contacto con el derrame y, de ellos, cuales sufrirán efectos relevantes. Por lo tanto, la decisión adoptada respecto al número de individuos lleva también asociada una elevada incertidumbre resultando incluso subjetiva en cierta medida, por lo que resulta de nuevo clave adoptar un enfoque de prudencia en la valoración del daño.

En el cálculo del número de individuos afectados se ha tenido en consideración la clasificación de las especies animales que se realiza en MORA. En concreto, atendiendo a esta herramienta, las especies no amenazadas consideradas en el estudio se tratan como “otras aves”; mientras, las especies amenazadas (cerceta pardilla y malvasía) se asimilan a la cerceta pardilla, ya que es la única especie de las dos que cuenta con un dato diferenciado de costes en MORA.

Como dato de origen para la cuantificación se ha tomado el censo de parejas reproductoras del espacio natural. Dado que se supone que este dato es un rango, se ha procedido a convertirlo en número de individuos (multiplicándolo por dos) y, posteriormente, a calcular el promedio de dicho rango con objeto de obtener un solo valor de referencia.

La estimación del número de individuos que entrarían en contacto con el vertido se ha realizado de forma diferenciada para cada categoría de especies (amenazadas y no amenazadas):

- Para las especies amenazadas, ante la notable incertidumbre existente sobre el número de individuos de especies amenazadas que entrarían en contacto con el vertido, y la elevada sensibilidad de las mismas a los daños ocasionados, se ha optado por adoptar un criterio de prudencia asumiendo que la totalidad de la población contactaría con el vertido.
- Para las especies no amenazadas, se ha asumido en los cálculos que el 25 por ciento de la población contactaría con el agente causante de daño.

Los resultados de dicha estimación se muestran en la tabla siguiente:

Especie	Población de referencia (p)		Población de referencia (i)		Promedio (i)	Población afectada (i)
	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima		
Cerceta pardilla (<i>Marmaronetta angustirostris</i>)	0	2	0	4	2	2
Malvasía cabeciblanca (<i>Oxyura leucocephala</i>)	0	2	0	4	2	2
Total individuos afectados de especies amenazadas, asimiladas a Cerceta pardilla (<i>Marmaronetta angustirostris</i>)					4	
Fumarel cariblanco (<i>Chlidonias hybrida</i>)	40	200	80	400	240	60
Charrancito común (<i>Sternula albifrons</i>)	60	163	120	326	223	56
Charrán común (<i>Sterna hirundo</i>)	50	200	100	400	250	63
Total individuos afectados de especies no amenazadas, asimiladas a "Otras aves"					178	

p: parejas. i: individuos

Tabla 23. Estimación del número de individuos afectados.

Fuente: Elaboración propia.

Como resumen de este apartado, merece la pena destacar que la inclusión de los datos anteriores en el estudio persigue como fin principal incorporar y prever en la valoración de daños la posibilidad de que, en caso de accidente, se deba proceder a recuperar un cierto número de aves (tanto de especies amenazadas como de especies no amenazadas). En este sentido, el aspecto clave consiste en la introducción de estos recursos naturales en la valoración, con el objeto de ilustrar la metodología, más allá de la exactitud en la cifra concreta de individuos que se haya estimado.

B. Intensidad del daño

Al igual que en la estimación de la extensión, se ha adoptado un enfoque de prudencia en la valoración de la intensidad del daño, asumiendo un impacto de tipo letal. De esta forma se asume que perecerían la totalidad de los individuos que contactasen con el agente causante de daño (4 individuos asimilados a cerceta pardilla y 178 asimilados a otras aves).

Esta decisión se basa en los siguientes argumentos:

- Por un lado, debe tenerse en cuenta el elevado grado de incertidumbre asociado a la estimación de la extensión del daño. Esto es, al no conocerse con la suficiente certeza la superficie y el volumen de agua que resultarían afectados, se dificulta la estimación de parámetros clave para la determinación de la intensidad del daño como la concentración que alcanzarían los agentes contaminantes en el agua.
- Una dificultad adicional se encuentra en la escasez o ausencia de datos suficientes para declarar un grado de intensidad inferior al letal. En este sentido, destaca la incertidumbre existente a la hora de concretar las especies y los individuos que entrarían en contacto con el vertido y los umbrales de toxicidad de las mismas respecto al agente causante de daño.

Por lo tanto, como se ha indicado, siguiendo un enfoque conservador, se asume un impacto de tipo letal.

C. Escala temporal del daño

El estudio de la escala temporal del daño incluye la estimación de tres aspectos: la duración del daño, la frecuencia con la que éste puede ocurrir y la reversibilidad del mismo.

a) Duración del daño

Con objeto de estimar la duración del hipotético daño se acude al Modelo de Oferta de Responsabilidad Ambiental.

En esta herramienta se indica que el tiempo promedio necesario para reparar un vertido de compuestos orgánicos no volátiles al mar es de un mes. Por otra parte, para la reparación del daño a las aves se indica un periodo de tiempo igual a 6 meses.

b) Frecuencia del daño

La frecuencia con la que se prevé que podría ocurrir el hipotético accidente se ha analizado en el capítulo IV del presente informe. En concreto, para el escenario de referencia (SI6.E1) la frecuencia se ha establecido en $3,09 \cdot 10^{-7}$ ocasiones por año.

c) Reversibilidad del daño

Atendiendo al agente causante de daño (CONV) y al medio receptor del mismo (agua marina y aves) se considera que la reparación podría llevarse a cabo mediante técnicas disponibles en

la actualidad en un plazo de tiempo razonable y con un coste proporcionado. En este sentido, merece la pena destacar que en MORA existen técnicas de reparación para la totalidad de las combinaciones agente-recurso que se han identificado en el escenario de referencia.

De esta forma, el daño se declara como reversible y las medidas que corresponderá aplicar serán primarias y compensatorias.

VII.2. Evaluación de la significatividad del daño medioambiental

Atendiendo a lo expuesto en el epígrafe anterior y, de nuevo, priorizando el enfoque de prudencia en la evaluación realizada, se considera que el daño previsto bajo las hipótesis establecidas en el escenario de referencia tendría el carácter de significativo. Por lo tanto, el mismo tendría la condición de daño medioambiental conforme con la Ley 26/2007, de 23 de octubre, y debería ser reparado en el caso de que ocurriera finalmente.

VIII. MONETIZACIÓN DEL DAÑO

La valoración económica de la reparación que debería realizarse ante el daño previsto en el escenario de referencia (SI6.E1) se evalúa a través del Modelo de Oferta de Responsabilidad Ambiental (MORA), disponible en el portal de responsabilidad medioambiental del MAGRAMA (<http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/responsabilidad-mediambiental/default.aspx>).

Merece la pena indicar que, en la aplicación de MORA, se han mantenido la totalidad de los valores dados por defecto en MORA salvo el correspondiente al tiempo de espera necesario para iniciar la reparación, que se ha fijado en 6 meses conforme con la nueva redacción del artículo 45 de la Ley 26/2007, de 23 de octubre, dado que éste es el periodo de tiempo con que cuenta la Administración para resolver los procedimientos de exigencia de responsabilidad medioambiental.

En la Tabla siguiente se recoge la valoración económica de daños ofrecida por MORA, incluyendo tanto las medidas de reparación primaria como sus correspondientes compensatorias.

VALOR DE LA REPARACIÓN PRIMARIA Y COMPENSATORIA			
Combinación agente-recurso	Reparación primaria (€)	Reparación compensatoria (€)	Total (€)
CONV no biodegradables-Marmaronetta angustirostris (Muerte)	38.046,35	25.747,69	63.794,04
CONV no biodegradables-Otras Aves (Muerte)	27.891,51	25.519,02	53.410,53
CONV no biodegradables-Agua marina	16.083.542,39	269.096,98	16.352.639,37
Total reparaciones	16.149.480,25	320.363,69	16.469.843,94

Tabla 24. Valor de la reparación primaria y compensatoria.

Fuente: Elaboración propia empleando MORA.

IX. FIJACIÓN DE LA GARANTÍA FINANCIERA

Conforme se establece en la normativa, el importe de la garantía financiera se corresponde con el coste de las medidas de reparación primaria, ascendiendo por lo tanto en este caso a 16.149.480,25 €. Dicho importe debe incrementarse con objeto de considerar los costes de prevención y evitación de daños. En este sentido se aplica el porcentaje mínimo propuesto en el Reglamento de desarrollo parcial de la ley (10 por ciento). Por lo tanto, el importe de las medidas de prevención y evitación se establece en: 1.614.948,03 €.

A pesar de que la instalación cuenta con sistemas de gestión medioambiental UNE-EN ISO 14001 vigente y EMAS, al superar el coste de reparación primaria los 2.000.000 de euros, estaría obligada a constituir la garantía financiera correspondiente, conforme con el artículo 28 de la Ley 26/2007, de 23 de octubre.

Por lo tanto, en el presente estudio el operador debería realizar una cobertura de sus riesgos por un importe total de 17.764.428,28 €.

El desglose de los costes se ofrece en la Tabla siguiente; diferenciando por un lado la cuantía de referencia de cara a evaluar la necesidad de constituir la garantía financiera obligatoria y, por otro, el valor total de los daños que se causarían bajo las hipótesis establecidas en el escenario de referencia.

DESGLOSE DEL VALOR DEL DAÑO MEDIOAMBIENTAL E IMPORTE DE LA GARANTÍA FINANCIERA	
Medida	Importe (€)
Prevención y evitación	1.614.948,03
Reparación primaria	16.149.480,25
Valor de la garantía financiera	17.764.428,28
Reparación compensatoria	320.363,69
Valor total del hipotético daño	18.084.791,97

Tabla 25. Desglose del valor del daño medioambiental e importe de la garantía financiera.

Fuente: Elaboración propia.

X. BIBLIOGRAFÍA

DGPC (1994). *Guía técnica: Métodos Cuantitativos para el Análisis de Riesgos*. Dirección General de Protección Civil.

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

FREIRE, J., FERNÁNDEZ, L., GONZÁLEZ-GURRIARÁN, E. y MUIÑO, R. (2003) *Impacto ambiental de la marea negra del Prestige: efectos sobre los ecosistemas marinos y los recursos pesqueros. Papel de la comunidad científica en la respuesta a la crisis*. Working paper, v.1.

http://otvm.uvigo.es/investigacion/informes/documentos/archivos/Impacto_ambiental_Prestige_j_Freire.pdf

GARCÍA, L., VIADA, C., MORENO-OPO, R., CARBONERAS, C., ALCALDE, A. y GONZÁLEZ, F. (2003) *Impacto de la marea negra del "Prestige" sobre las aves marinas*. SEO/Birdlife

<http://www.seo.org/wp-content/uploads/2012/06/Informe-Prestige-WebOK.pdf>

LEES, F.P. (1996), *Loss Prevention in the Process Industries*. Second Edition.

TNO (1989) *Kanscijfers Ten Behoeve Van Gebruik in Betrouwbaarheidsstudies en Risico-Analyses*.

TNO (1999) Purple Book. *Guidelines for Quantitative Risk Assessment*.

USEPA (2001) *Characteristics of Response Strategies: A Guide for Spill Response Planning in Marine Environments*. American Petroleum Institute. National Oceanic and Atmospheric Administration. U.S. Coast Guard. U.S. Environmental Protection Agency.