



Guía de
responsabilidad
medioambiental
del sector de
Tecnología Sanitaria

ANÁLISIS y PREVENCIÓN del Riesgo Ambiental



Con la colaboración de:

S-advisory
Grupo GARRIGUES

SINOPSIS

El presente documento ha sido desarrollado por G-advisory para la Federación Española de Empresas de Tecnología Sanitaria (Fenin). El objeto del mismo es elaborar una Guía Metodológica para el análisis del riesgo ambiental para las actividades del sector de Tecnología Sanitaria. El proyecto se desarrolla en el marco de la Ley 11/2014, de 3 de julio, por la que se modifica la Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental. Con el documento como guía, los operadores podrán realizar un Análisis del Riesgo Ambiental particularizado para su instalación, seleccionando los sucesos iniciadores y escenarios accidentales que les apliquen, y estableciendo su probabilidad y sus consecuencias conforme a protocolos o modelos predefinidos. Como resultado el operador obtendrá el riesgo ambiental de la instalación con las consecuencias valoradas como coste económico de reparación del daño ambiental, y una valoración de la garantía financiera que debe satisfacer en el marco de la Ley.

 MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACION Y MEDIO AMBIENTE		SECRETARÍA DE ESTADO DE MEDIO AMBIENTE DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL
SREF: NRREF: FECHA: ASUNTO: DESTINATARIO:	DOCEAMN/UA Guía Metodológica del sector de Tecnología Sanitaria D ^a Margarita Alfonso Secretaria General Federación Española de Empresas de Tecnología Sanitaria (FENIN)	
Madrid, a 29 de mayo de 2015		
Estimada Sra. Alfonso: En relación al documento "Guía Metodológica del sector de Tecnología Sanitaria", presentado por la Federación Española de Empresas de Tecnología Sanitaria (FENIN) como Guía Metodológica del sector. Le envío la resolución de informe favorable de esta Guía Metodológica, acordada por la Comisión Mónica de prevención y reparación de daños medioambientales.		
Reciba un cordial saludo.		
EL JEFE DE LA UNIDAD DE APOYO DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL.		
 Javier Cachón de Mesa		

Atendiendo al informe favorable de la Comisión Técnica de Prevención y Reparación de Daños Medioambientales del MAGRAMA en mayo de 2015, la "Guía Metodológica del sector de Tecnología Sanitaria" impulsada por Fenin, puede utilizarse como base para la realización de los análisis de riesgos medioambientales de las instalaciones del sector de Tecnología Sanitaria.

Limitación de Responsabilidad:

Este informe ha sido preparado en nombre de y para el uso exclusivo de Fenin y sus asociados, y está sujeto y expedido de conformidad con el acuerdo entre Fenin y G-advisory.

G-advisory no aceptará ninguna responsabilidad ni obligación relativa a cualquier uso de este informe llevado a cabo por parte de terceros o las posibles consecuencias derivadas de dicho uso.

Ninguna parte de este informe puede ser reproducida, almacenada o transmitida por ningún medio sin la autorización de Fenin y G-advisory.

ÍNDICE

1. OBJETO Y ALCANCE	7
2. EQUIPO RESPONSABLE DEL ESTUDIO	11
3. JUSTIFICACIÓN DEL INSTRUMENTO SECTORIAL SELECCIONADO	15
4. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SECTOR Y SU ACTIVIDAD	17
4.1 Fabricación de productos cardiovasculares, neurológicos y de tratamiento del dolor	19
4.2 Fabricación de efectos y accesorios	19
4.3 Fabricación de productos sanitarios de un solo uso	19
4.4 Fabricación de productos de diagnóstico in vitro	20
4.5 Fabricación de implantes dentales y de traumatología	20
4.6 Fabricación de productos de nefrología	20
4.7 Fabricación de oxígeno medicinal para oxigenoterapia	20
4.8 Fabricación de productos oftalmológicos	20
4.9 Fabricación de productos ortopédicos	21
4.10 Fabricación de productos dentales	21
4.11 Montaje de equipos de electromedicina y otros equipos	21
4.12 Esterilización	22
4.13 Instalaciones auxiliares	22
5. IDENTIFICACIÓN DE LAS VARIABLES Y LOS FACTORES DETERMINANTES DEL RIESGO	23
5.1 Peligros y sucesos iniciadores	24
5.2 Agentes causantes del daño	25
5.3 Receptores del daño ambiental	26
5.4 Factores condicionantes	29
6. DIRECTRICES A SEGUIR PARA REALIZAR EL ANÁLISIS DEL RIESGO AMBIENTAL	31
6.1 Metodología para la realización de un análisis de riesgo ambiental (ARA)	33
6.2 Identificación de peligros	35
6.3 Identificación de sucesos iniciadores (SI)	36
6.4 Determinación del estado básico ambiental (EBA)	38
6.4.1 Recopilación de información	39
6.4.2 Determinación del EBA	43
6.5 Definición de los escenarios accidentales relevantes	44
6.5.1 Definición de la cantidad de producto/sustancia implicada	46
6.5.2 Ejemplos de escenarios accidentales representativos del sector	46
6.6 Protocolos para la asignación de probabilidad	56
6.6.1 Análisis de causas y consecuencias (ACC)	56
6.6.2 Criterios para asignar probabilidades mediante análisis de causas y consecuencias (ACC)	57
6.6.3 Fuentes de referencia para asignar las probabilidades	60
6.6.4 Modelo para incluir las probabilidades empleadas	61
6.7 Protocolos para cuantificar y evaluar la significatividad del daño	62
6.7.1 Descripción y evaluación de la extensión del daño: tipo químico	63
6.7.2 Descripción y evaluación de la intensidad del daño	76
6.7.3 Descripción y evaluación de la escala temporal del daño	82
6.7.4 Evaluación de la significatividad del daño	82
6.8 Protocolo de monetización	84
6.9 Cálculo del riesgo ambiental	86

7.	CÁLCULO DE LA GARANTÍA FINANCIERA	87
8.	ORIENTACIONES PARA LA GESTIÓN DEL RIESGO MEDIOAMBIENTAL	91
9.	ESTIMACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE	95
10.	PLAN DE REVISIÓN Y ACTUALIZACIÓN DEL INSTRUMENTO DE ANÁLISIS SECTORIAL	99
11.	GLOSARIO	101
12.	ANEXOS	103

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Identificación de peligros y sucesos iniciadores: Fabricación de efectos y accesorios	25
Tabla 2	Identificación de peligros y sucesos iniciadores: Fabricación de productos sanitarios de un solo uso	25
Tabla 3	Identificación de peligros y sucesos iniciadores: Fabricación de productos de diagnóstico in vitro	25
Tabla 4	Identificación de peligros y sucesos iniciadores: Fabricación de implantes dentales y de trauma	25
Tabla 5	Identificación de peligros y sucesos iniciadores: Fabricación de productos de nefrología	25
Tabla 6	Identificación de peligros y sucesos iniciadores: Fabricación de botellas de oxígeno medicinal para oxigenoterapia	25
Tabla 7	Identificación de peligros y sucesos iniciadores: Fabricación de productos oftalmológicos	25
Tabla 8	Identificación de peligros y sucesos iniciadores: Fabricación de productos ortopédicos	25
Tabla 9	Identificación de peligros y sucesos iniciadores: Fabricación de productos dentales	25
Tabla 10	Identificación de peligros y sucesos iniciadores: Montaje de equipos de electromedicina y otros equipos	25
Tabla 11	Regiones de riesgo ambiental propuestas	38
Tabla 12	Ejemplos de probabilidades de suceso iniciadores (SI) Fase 3	58
Tabla 13	Ejemplos de probabilidades de Factor Condicionante (FC) de las consecuencias	59
Tabla 14	Fuentes de referencia para la asignación de probabilidades	61
Tabla 15	Trazabilidad de la probabilidad: Modelo de tabla	61
Tabla 16	VARIABLES A CONSIDERAR EN LA ELABORACIÓN DEL MODELO CONCEPTUAL (MC)	64
Tabla 17	Resumen de modelos de transporte, transferencia entre medios y exposición: Daño químico	65
Tabla 18	Propuesta para la cuantificación del daño de tipo físico	73
Tabla 19	BehavePlus 5.0 (Andrews, P. L., 2007)	75
Tabla 20	Planes de Emergencia por Incendios Forestales	75
Tabla 21	Derivación PNEC: Aguas superficiales	79
Tabla 22	Derivación PNEC: Suelo	79
Tabla 23	Derivación PNEC: Aguas marinas	79
Tabla 24	Datos de toxicidad aguda para el gasóleo	80
Tabla 25	Duración estimada de recuperación para algunas técnicas de remediación (FRTR)	83
Tabla 26	Reversibilidad del daño medioambiental (FRTR)	83
Tabla 27	Rangos de pendiente según el Modelo de Oferta de Responsabilidad Ambiental (MORA)	85
Tabla 28	Cálculo de la Garantía Financiera (ejemplo)	89
Tabla 29	Orden de prioridad para la exigencia de contratación de una garantía financiera del sector de Tecnología Sanitaria	90
Tabla 30	Ejemplo para la propuesta de análisis cualitativo de incertidumbre	97

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1	Metodología para la elaboración de la Guía de Responsabilidad Medioambiental.....	104
Anexo 2	Cuestionario enviado a las instalaciones con anterioridad a las visitas.....	108
Anexo 3	Cuestionario genérico enviado a instalaciones no visitadas.....	109

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Diagrama de orientación para la identificación del instrumento sectorial de análisis de riesgo medioambiental adecuado..	16
Figura 2	Etapas básicas de un análisis de riesgos	32
Figura 3	Esquema general de la metodología para el análisis de riesgos ambientales de la Norma UNE 150008:2008	34
Figura 4	Esquema metodológico general para el análisis de riesgos ambientales de las empresas del sector de Tecnología Sanitaria	35
Figura 5	Criterios cualitativos de probabilidad y consecuencias para la valoración de suceso iniciador (SI)	37
Figura 6	Estructura de análisis de causas y consecuencias planteado	45
Figura 7	Análisis causas-consecuencias suceso iniciador concreto (SIC) 1.1.	47
Figura 8	Análisis causas-consecuencias suceso iniciador concreto (SIC) 1.2.	48
Figura 9	Análisis causas-consecuencias suceso iniciador concreto (SIC) 2.1.	49
Figura 10	Análisis causas-consecuencias suceso iniciador concreto (SIC) 2.2.	50
Figura 11	Análisis causas-consecuencias suceso iniciador concreto (SIC) 3.1.	51
Figura 12	Análisis causas-consecuencias suceso iniciador concreto (SIC) 4.1.	52
Figura 13	Análisis causas-consecuencias suceso iniciador concreto (SIC) 5.1.	54
Figura 14	Análisis causas-consecuencias suceso iniciador concreto (SIC) 5.2.	55
Figura 15	Resumen esquemático del protocolo de asignación de probabilidad	60

ÍNDICE DE ECUACIONES

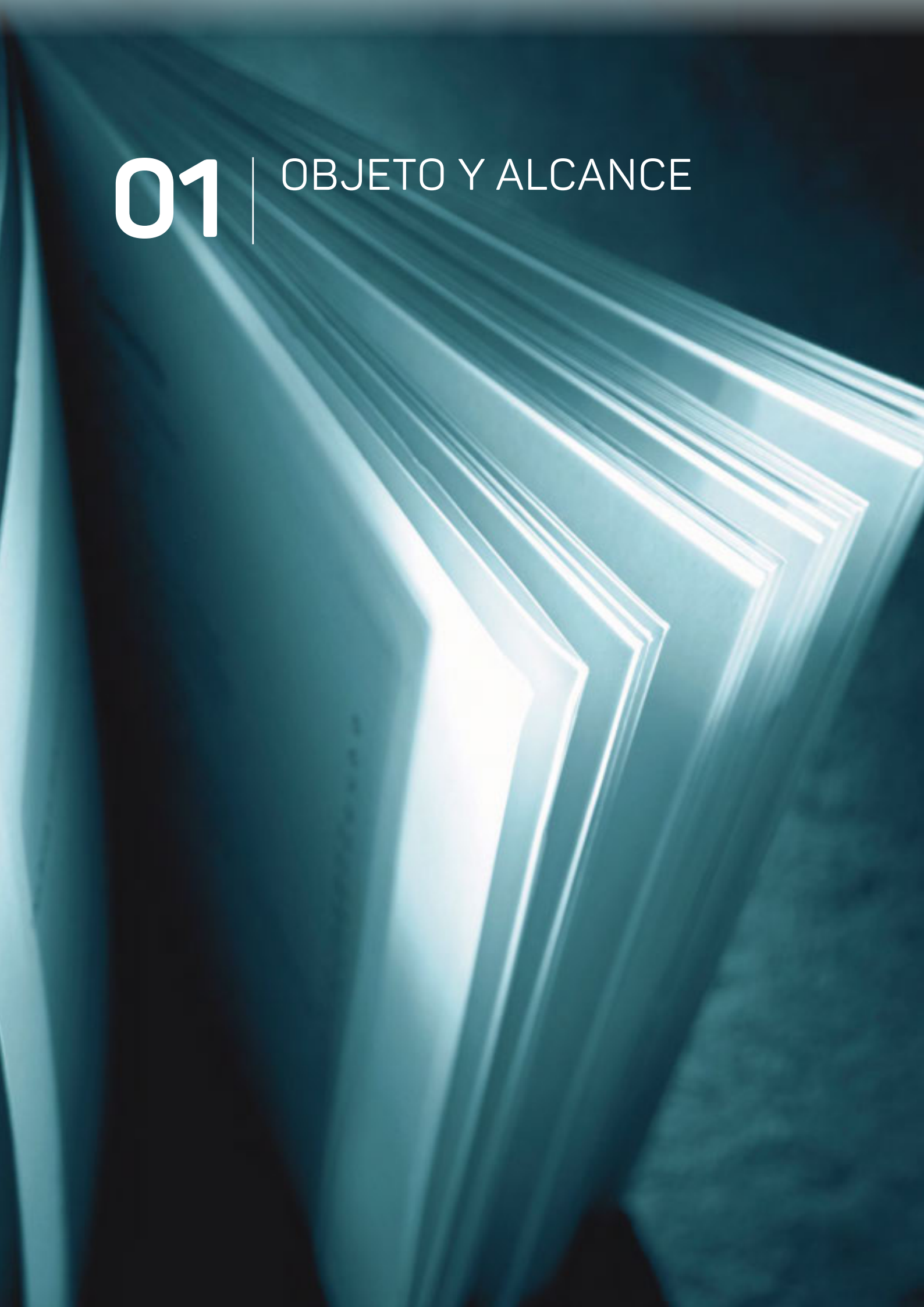
Ecuación 1	Probabilidad del suceso por año y por emplazamiento	58
Ecuación 2	Intensidad del daño	77
Ecuación 3	Valor de riesgo	86

ACRÓNIMOS

ACC	Análisis de Causas y Consecuencias
AEMA	Agencia Europea de Medio Ambiente
AEMET	Agencia Estatal de Meteorología
AENOR	Asociación Española De Normalización y Certificación
APQ	Almacenamiento de Productos Químicos
ARA	Análisis de Riesgo Ambiental
BBDD	Bases de Datos
BOA	Boletín Oficial de Aragón
BOC	Boletín Oficial de Canarias
BOC	Boletín Oficial de Cantabria
BOCM	Boletín Oficial de la Comunidad de Madrid
BOCYL	Boletín Oficial de Castilla y León
BOE	Boletín Oficial del Estado
BOJA	Boletín Oficial de la Junta de Andalucía
BON	Boletín Oficial de Navarra
BOPV	Boletín Oficial del País Vasco
BOR	Boletín Oficial de La Rioja
CCAA	Comunidades Autónomas
CDI	Compuesto de Interés (agente causante del daño)
CE	Comunidad/Comisión Europea
CTPRDM	Comisión Técnica de Prevención y Reparación de Daños Medioambientales
DGPCE	Dirección General de Protección Civil y Emergencias
DOCM	Diario Oficial de Castilla-La Mancha
DOE	Diario Oficial de Extremadura
DOG	Diario Oficial de Galicia
DOGV	Diari Oficial de la Generalitat Valenciana
DOUE	Diario Oficial de la Unión Europea
EA	Escenario Accidental
EBA	Estado Básico Ambiental
ECB	European Chemicals Bureau
EIONET	European Environment Information and Observation Network (Red Europea de Información y Observación del Medio Ambiente)
EMAS	EU Eco-Management and Audit Scheme (Sistema Comunitario de Gestión y Auditoría Ambiental)
EVE	Ente Vasco de la Energía
FC	Factor Condicionante
FLNA	Fase Libre No Acuosa
FRTR	Federal Remediation Technologies Roundtable (Mesa Redonda Federal de Tecnologías de Remediación)
GENCAT	Generalitat de Catalunya
HAZID	Hazard Identification (Identificación de Peligros)
IBA	Important Bird Area (Área Importante para la Conservación de las Aves)
IEZH	Inventario de Zonas Húmedas
IFN	Inventario Forestal Nacional
IGC	Institut Geològic de Catalunya
IGME	Instituto Geológico y Minero de España
IGN	Instituto Geográfico Nacional
INFOCA	Plan de Emergencia por Incendios Forestales de Andalucía
INFOCA	Plan Canario de Protección Civil y Atención de Emergencias por Incendios Forestales
INFOCAL	Plan de Protección Civil ante Emergencias por Incendios Forestales de Castilla y León
INFOCANT	Plan Especial de Protección Civil de la Comunidad Autónoma de Cantabria sobre Incendios Forestales
INFOCAR	Plan Especial de Protección Civil de Emergencia por Incendios Forestales en la Comunidad Autónoma de La Rioja
INFOCAT	Plan de Emergencias de Incendios Forestales en Cataluña
INFOEX	Plan de Lucha contra Incendios Forestales de la Comunidad Autónoma de Extremadura
INFOMA	Plan de Protección Civil de Emergencia por Incendios Forestales en la Comunidad de Madrid

INFOMUR	Plan de Protección Civil de Emergencia para Incendios Forestales en la Región De Murcia
INFONA	Plan Especial de Protección Civil de Emergencia por Incendios Forestales de la Comunidad Foral de Navarra
INFOPA	Plan de Protección Civil de Emergencia por Incendios Forestales del Principado de Asturias
INSHT	Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo
IP	Índice de Peligrosidad
IPPC	Integrated Pollution Prevention and Control (Prevención y Control Integrado de la Contaminación)
ISO	International Organization for Standardization
LC	Lethal Concentration (Concentración Letal)
LIC	Lugar de Interés Comunitario
LRM	Ley de Responsabilidad Medioambiental
MC	Modelo Conceptual
MAGRAMA	Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente
MARM	Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (MAGRAMA desde 2011)
MORA	Modelo de Oferta de Responsabilidad Ambiental
NGR	Nivel Genérico de Referencia
NOAEL	No Observed Adverse Effect Level (Nivel sin efecto adverso observable)
NOEC	No Observed Effect Concentration (Concentración sin efecto observable)
NTP	Nota Técnica de Prevención
OGP	International Association of Oil & Gas Producers
PC	Pérdida de Contención
PCB	Policlorobifenilos o Bifelinos Policlorados
PEC	Predicted Environmental Concentration (Concentración en el Punto de Exposición)
PEE	Plan de Emergencia Exterior
PEI	Plan de Emergencia Interior
PEIF	Plan Especial Frente al Riesgo por Incendios Forestales en la Comunidad Valenciana
PLADIGA	Plan de prevención y defensa contra los incendios forestales de Galicia
PLATECAM	Plan Territorial de Emergencias de Castilla – La Mancha
PNEC	Predicted No-Effect Concentration (Concentración esperada sin efecto)
PROCINFO	Plan Especial de Protección Civil de Emergencias por Incendios Forestales
RD	Real Decreto
Red ICA	Red Integral de Calidad del Agua
RINAMED	Risques Naturels de l'Arc Méditerranéen Occidental
RIVM	Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (Instituto Nacional Holandés de Salud Pública y Medio Ambiente)
SAICA	Sistema Automático de Información de Calidad de las Aguas
SAIH	Sistema Automático de Información Hidrológica
SI	Suceso Iniciador
SIA	Sistema Integrado de Información del Agua
SIC	Suceso Iniciador Concreto
SIG	Sistema de Información Geográfico
SIT	Suceso Iniciador Tipo
SRC	Serious Risk Concentration (Concentración de Riesgo Serio)
TGD	Technical Guidance Document on Risk Assessment (Documento de Orientación Técnica sobre Evaluación del Riesgo)
TNO	Nederlandse Organisatie voor Toegepast (Organización holandesa de investigación científica aplicada)
TPH	Total Petroleum Hydrocarbons (Hidrocarburos Totales de Petróleo)
UICN	Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza
UNE	Unificación de Normativas Españolas
USEPA	United States Environmental Protection Agency (Agencia de Protección Medioambiental de Estados Unidos)
VRT	Valor de Referencia Toxicológico
ZEPA	Zona de Interés Especial para las Aves
ZNS	Zona No Saturada
ZS	Zona Saturada

01 | OBJETO Y ALCANCE



01 | OBJETO Y ALCANCE

La Ley 11/2014, de 3 de julio, por la que se modifica la Ley 26/2007, de 23 de octubre, por medio de la cual se incorpora al ordenamiento jurídico interno la Directiva 2004/35/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de abril de 2004, sobre responsabilidad medioambiental en relación con la prevención y reparación de daños medioambientales, establece un nuevo régimen jurídico de acuerdo con el cual los operadores que ocasionen daños al Medio Ambiente o amenacen con ocasionarlos, deben adoptar las medidas necesarias para prevenir su ocurrencia o, en caso de que el daño se haya producido, para devolver los recursos naturales afectados al estado en el que se encontraban antes del daño. Dicha Ley determina, además, algunas previsiones para que los operadores puedan afrontar las responsabilidades ambientales derivadas de su aplicación. Es el caso de la constitución de las garantías financieras por responsabilidad ambiental, que serán obligatorias para las actividades profesionales incluidas en el Anexo III de la Ley. Las actividades del sector de Tecnología Sanitaria pueden encontrarse en dicho anexo, generalmente en uno o varios de los siguientes epígrafes:

- La explotación de instalaciones sujetas a una autorización de conformidad con la Ley 16/2002, de 1 de julio, de Prevención y Control Integrados de la Contaminación. Esto incluye todas las actividades enumeradas en su anexo I, salvo las instalaciones o partes de instalaciones utilizadas para la investigación, elaboración y prueba de nuevos productos y procesos. Igualmente incluye cualesquiera otras actividades y establecimientos sujetos al ámbito de aplicación del Real Decreto 1254/1999, de 16 de julio, por el que se aprueban medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas.
- Todos los vertidos en aguas interiores superficiales sujetas a autorización previa de conformidad con el Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, por el que se aprueba el Reglamento del Dominio Público Hidráulico y la legislación autonómica aplicable.
- 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.

- La fabricación, utilización, almacenamiento, transformación, embotellado, liberación en el medio ambiente y transporte in situ de, entre otros:
 - Las sustancias peligrosas definidas en el artículo 2.2 del Real Decreto 363/1995, de 10 de marzo, por el que se aprueba el Reglamento sobre notificación de sustancias nuevas y clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas.
 - Los preparados peligrosos definidos en el artículo 2.2 del Real Decreto 255/2003, de 28 de febrero, por el que se aprueba el Reglamento sobre clasificación, envasado y etiquetado de preparados peligrosos.

En el Real Decreto 2090/2008, de 22 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007 de Responsabilidad Medioambiental, se establece la metodología para la determinación de la cuantía de la garantía financiera, que parte de un Análisis de Riesgos Ambientales (ARA) de cada actividad, que deberá ser posteriormente verificado por un tercero independiente. El análisis de riesgos medioambientales será realizado por el operador o un tercero contratado por éste, siguiendo el esquema establecido por la norma UNE 150008:2008 de Análisis y evaluación del riesgo ambiental.

No obstante, la redacción que la **nueva Ley 11/2014 hace del Artículo 24 y 28 de la norma**, implica que en el futuro, con la modificación que se realice del RD 2090/2008, se procederá a limitar la exigencia de la garantía financiera tan solo a las actividades IPPC, SEVESO (aquellas que presenten riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas) y algunas actividades mineras. Para el resto de actividades, la constitución de la garantía financiera será voluntaria.

En este contexto, cabe señalar la *“Orden ARM /1783/2011 por la que se establece el orden de prioridad y el calendario para la aprobación de las órdenes ministeriales a partir de las cuales será exi-*

gible la constitución de la garantía financiera obligatoria, prevista en la disposición final cuarta de la ley 26/2007, de 23 de octubre, de responsabilidad medioambiental". Esta Orden establece tres niveles de prioridad (1, 2 y 3), de modo que la publicación de las órdenes ministeriales se producirá, respectivamente, entre los dos y tres, tres y cinco, y cinco y ocho años siguientes a la entrada en vigor de la Orden (30 de junio de 2011). En concreto, **al sector de Tecnología Sanitaria se le ha asignado una prioridad 3, por lo que el plazo será de entre cinco y ocho años.**

El Real Decreto 2090/2008 propone la utilización de tres tipos de herramientas que permitirán aplicar la metodología para el cálculo de las garantías financieras con mayor fluidez dentro de las empresas o instalaciones pertenecientes a un mismo sector: los modelos de informe de riesgo ambiental tipo, también denominados MIRAT, las guías metodológicas y las tablas de baremos.

Así, los MIRAT serán herramientas sectoriales que incorporarán todas las tipologías de actividades e instalaciones del sector en todos los escenarios accidentales relevantes en relación con los medios receptores, llegando incluso a determinar accidentes y su probabilidad de ocurrencia a nivel sectorial. Los criterios y guías recogidos en los MIRAT deberán finalmente particularizarse para la realidad del entorno y emplazamiento específico donde se ubique la instalación o actividad en el Análisis de Riesgo Ambiental (ARA).

En cuanto a las guías metodológicas, serán también instrumentos sectoriales, pero menos concretos que los MIRAT, aportando, para las particularidades de un sector determinado, las instrucciones y recomendaciones generales a seguir para realizar un Análisis de Riesgos Ambientales (ARA). Estos instrumentos sectoriales están destinados a homogeneizar y unificar el contenido de los ARA a realizar por las distintas actividades de sectores con alto grado de heterogeneidad desde la perspectiva del riesgo medioambiental.

Finalmente, las tablas de baremos serían instrumentos que eximen a las empresas de realizar un ARA y que relacionarían directamente accidentes potenciales con cuantías económicas de daños ambientales. Están recomendadas para sectores muy homogéneos y sencillos. No obstante, estas tablas deben fundamentarse técnicamente mediante la realización de los estudios oportunos (Ej. podrían basarse en la aplicación práctica de un MIRAT).

En cualquier caso, estos instrumentos, una vez elaborados, **deberán ser "validados" por la Comisión Técnica de Prevención y Reparación de Daños Medioambientales del MAGRAMA**, tal y como se prevé en la normativa.

El **objetivo** del presente trabajo es la elaboración de una **Guía de Responsabilidad Medioambiental para la mayoría de las actividades desarrolladas por las empresas pertenecientes a la Federación Española de Empresas de Tecnología Sanitaria (Fenin).**

En este sentido, las actividades contempladas en la presente guía son aquellas desarrolladas por las empresas del sector de Tecnología Sanitaria pertenecientes a Fenin, esto es, la fabricación y/o distribución de uno o más de los siguientes productos: productos cardiovasculares, neurológicos, de tratamiento del dolor, equipos y fungibles del ámbito dental, productos de diagnóstico in vitro, efectos y accesorios (apósitos, gasas, vendas, sondas, etc.), productos de electromedicina (productos y sistemas de diagnóstico, monitorización o terapia basados en tecnología electrónica o informática), implantes, productos de nefrología, productos de oftalmología, productos ortopédicos, productos sanitarios de un sólo uso (agujas, conectores, jeringuillas, etc.), botellas de oxígeno medicinal para oxigenoterapia¹. **Cabe señalar que el riesgo ambiental de las empresas distribuidoras es muy bajo y está ligado a la tipología de productos que puedan almacenar.**

La presente guía incorpora las tipologías de accidente comunes de las actividades e instalaciones del sector que se presentan en la mayoría de las instalaciones, de modo que no se contemplan los escenarios de riesgo singulares de una instalación que no sean comunes al sector. En estos casos, a partir de los protocolos y metodologías para la realización de ARA recogidas en esta guía, **el operador deberá particularizar el ARA a las condiciones específicas de su planta, considerando su contenido como una guía mínima de técnicas a emplear por el operador para ampliar la identificación de peligros a los escenarios de riesgo "singulares" que pudieran existir en su planta.** Estos son aquellos escenarios que no son representativos a nivel sectorial por estar presentes en una minoría de actividades o instalaciones. Estos escenarios "singulares" que puedan generar un daño significativo deberán ser, no obstante, tenidos en cuenta en el análisis de riesgos medioambientales particularizado a nivel de operador.

¹ La descripción más detallada de estas actividades se recoge en el Apartado 4.

En cualquier caso, el objetivo final que ha marcado la pauta a lo largo de la elaboración de esta guía es la **aprobación (difusión) final de la misma por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente tras su información favorable por parte de la Comisión Técnica de Prevención y Reparación de Daños Medioambientales (CTPRDM) - Mayo 2015.**

Para alcanzar el objetivo marcado, se han llevado a cabo una serie de trabajos, enfocados fundamentalmente a:

- Entender la realidad del sector y la aplicación del instrumento sectorial elegido.
- Proporcionar una metodología de elaboración del Estado Básico Ambiental (EBA), sobre el que luego se definirá la significatividad del daño en los Análisis de Riesgos particulares.
- Describir los protocolos de identificación y selección de Sucesos Inicadores y Escenarios Accidentales.
- Establecer protocolos de asignación de probabilidades y cuantificación de daños ambientales (químicos y físicos).
- Guiar al operador para el cálculo de la garantía financiera.
- Proporcionar orientaciones a la gestión de los riesgos ambientales.





02

EQUIPO RESPONSABLE
DEL ESTUDIO

02 | EQUIPO RESPONSABLE DEL ESTUDIO

La Guía de Responsabilidad Medioambiental ha sido desarrollada para Fenin por parte de G-advisory con la colaboración de expertos del sector de las instalaciones piloto visitadas y otras instalaciones consultadas, así como de Fenin. En este sentido, a lo largo del proyecto, los trabajos han sido coordinados y supervisados por Carmen Aláez, Adjunta a Secretaria General de Fenin, y Concha Toribio, Coordinadora de Análisis y Estudios de Fenin. A continuación se incluyen los expertos del sector de

las instalaciones visitadas que han participado en la elaboración de esta guía:

Cabe señalar que los expertos del sector que han participado en el proyecto son titulares superiores de perfil técnico (entre otros, ingenieros industriales, licenciados en ciencias ambientales, químicas, farmacia) con una experiencia media profesional de 20 años y una experiencia media en el sector de 13 años en diferentes áreas tales como el departamen-

Concha Varela	Becton Dickinson, S.A.
Vanesa Martín	Becton Dickinson, S.A.
Ricardo Toribio	Biomet Spain Orthopaedics, S.L.
Ismael Bulls	Biomet Spain Orthopaedics, S.L.
José Mansó	Biomet Spain Orthopaedics, S.L.
Alfredo Sierra	Biomet Spain Orthopaedics, S.L.
Martina Rangelova	Biomet Spain Orthopaedics, S.L.
José Antonio Camacho	Diagnostic Grifols, S.A.
Sergio Fernández	Diagnostic Grifols, S.A.
Carmen Aláez	FENIN
Concha Toribio	FENIN
Jordi Sanllehí	Izasa Distribuciones Técnicas, S.A. - Grupo Werfen
Pilar Molina	Laboratorios Hartmann, S.A.
M ^º Àngels Corbalán	Laboratorios Hartmann, S.A.
Miguel Ángel Sánchez	Radiología, S.A.U.
Carlos Candanedo	Sociedad Española de Electromedicina y Calidad, S.A.

to técnico, departamento de I+D+i, departamento de medio ambiente, de seguridad, mantenimiento y otros. Además de las empresas señaladas que han sido visitadas, otras empresas del sector han colaborado en la elaboración de esta guía, principalmente aportando información a través de cuestionarios.

G-advisory es el nuevo nombre de Garrigues Medio Ambiente, la filial de consultoría del despacho de abogados Garrigues fundada en el año 2000. Desde entonces, ha acumulado una gran experiencia mediante la realización de más de 1.000 proyectos en muy diversos ámbitos y para un gran número de clientes.

G-advisory es una firma de consultoría especializada en ofrecer asesoramiento técnico, económico y estratégico en energía, medio ambiente, cambio climático, sostenibilidad y responsabilidad corporativa. Su equipo está compuesto por ingenieros de múltiples disciplinas, entre otros, industriales, de cami-

nos, de montes, agrónomos y químicos; licenciados en ciencias, entre otros, geológicas y químicas; economistas y otras profesiones de carácter técnico.

En el marco de la Ley de Responsabilidad Medioambiental, G-advisory ha llevado a cabo la elaboración de herramientas sectoriales de análisis de riesgos ambientales (tanto MIRAT como guías metodológicas) para varios sectores industriales. G-advisory colabora con el Pool de Riesgos Medioambientales como auditor acreditado para la valoración del riesgo de emplazamientos en el proceso de otorgamiento de seguros ambientales, además de haber organizado conjuntamente diferentes coloquios sobre aspectos ambientales, entre ellos, sobre responsabilidad medioambiental. Asimismo, ha trabajado con otras aseguradoras en diversos temas ambientales.

Adicionalmente, G-advisory ha realizado más de 100 identificaciones y evaluaciones de pasivos ambientales en el marco de auditorías financieras.



Además, desde 2003, viene realizando, como producto dentro de su cartera, la valoración de pasivos ambientales referidos a suelos contaminados en emplazamientos industriales. También realiza numerosas auditorías de compraventa de emplazamientos industriales en los que se valoran los costes de los riesgos medioambientales.

G-advisory ha dedicado a este proyecto personal altamente cualificado, en forma de equipo multidisciplinar con los conocimientos técnicos, económicos y legales necesarios para la adecuada realización del mismo. Para la selección del equipo de trabajo, se ha tenido en cuenta tanto su formación y titulación universitaria, como su experiencia en el sector y en análisis de riesgos.

Juan Pablo Pérez Sánchez es hidrogeólogo y Director de G-advisory. Cuenta con más de dieciocho años de experiencia en la realización de valoraciones de pasivos ambientales, caracterizaciones de

emplazamientos industriales contaminados y en la evaluación de impacto ambiental, tanto para Administraciones Públicas como para clientes privados. Ha dirigido otros trabajos de elaboración de MIRAT para otros sectores industriales y la realización de ARA específicos.

Noa Miñán Navarrete es Licenciada en Ciencias Químicas y Máster en Ingeniería y Gestión Medioambiental y Máster en Empresa y Finanzas. Cuenta con más de ocho años de experiencia como consultora en DHI Water & Environment y G-advisory. Ha participado en proyectos de análisis de riesgos relacionados con vertidos de sustancias contaminantes, en concreto simulación de vertidos de hidrocarburos y otros proyectos de modelización hidráulica. Ha participado activamente en los trabajos de elaboración de MIRAT y Guías Metodológicas para otros sectores industriales, así como en la realización de ARA de empresas del sector de la minería metálica.



03

JUSTIFICACIÓN DEL INSTRUMENTO SECTORIAL SELECCIONADO

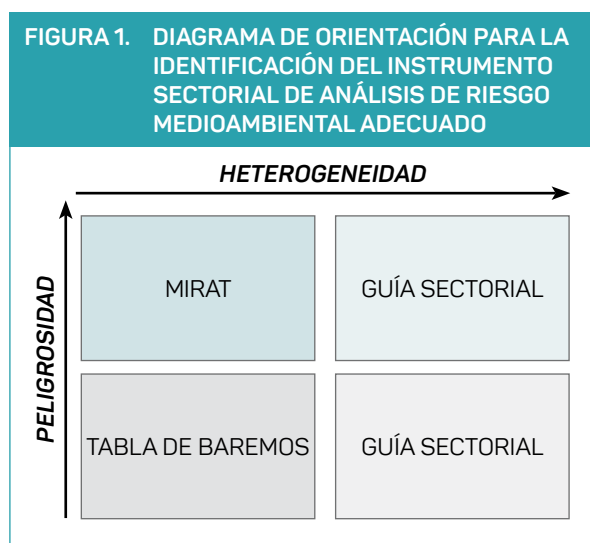


03

JUSTIFICACIÓN DEL INSTRUMENTO SECTORIAL SELECCIONADO

De acuerdo al documento de la Comisión Técnica de Prevención y Reparación de Daños Medioambientales: "Estructura y contenidos generales de los instrumentos sectoriales para el análisis del riesgo medioambiental", publicado en Septiembre de 2010 por el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (MARM, 2010a), la selección del instrumento sectorial más adecuado para cada sector se debe realizar teniendo en cuenta dos criterios fundamentales, por un lado, el nivel de peligrosidad o riesgo ambiental del sector y, por otro, la heterogeneidad del sector desde el punto de vista de la variabilidad del comportamiento de las actividades del sector con respecto a las variables que describen el mencionado riesgo ambiental.

En este sentido, el diagrama de decisión para orientar la identificación del instrumento sectorial del análisis de riesgo medioambiental indica que las guías metodológicas se aplicarán cuando las actividades que integran un mismo sector lleven asociada una cierta heterogeneidad que no permite la homogeneización de sus escenarios accidentales.



El sector de Tecnología Sanitaria se caracteriza por un alto grado de heterogeneidad que se debe principalmente a la alta variedad de productos fabricados y distribuidos, así como al tipo de materias primas empleadas, el tamaño y capacidad de producción de las instalaciones y los procesos de producción. En este sentido, **el Sector de Tecnología Sanitaria se organiza en 12 subsectores de acuerdo a la tipología de producto fabricado y el mercado al que se dirige:**

- Subsector Cardiovascular, Neurocirugía y Tratamiento del Dolor
- Subsector Efectos y Accesorios
- Subsector Productos Sanitarios de Un Solo Uso
- Subsector Diagnóstico In Vitro
- Subsector Implantes de Traumatología
- Subsector Nefrología
- Subsector Terapias Respiratorias Domiciliarias y Gases Medicinales
- Subsector Oftalmología
- Subsector Ortopedia Técnica
- Subsector Dental
- Subsector Tecnología y Sistemas de Información Clínica
- Subsector eHealth

Las cantidades y/o peligrosidad de las materias primas y procesos varían mucho según los productos fabricados, ya que estos son muy distintos entre sí (desde tiritas a aparatos eléctricos y electrónicos).

Esta heterogeneidad justifica la selección de una guía metodológica como instrumento sectorial para facilitar el análisis del riesgo ambiental de los operadores del sector de Tecnología Sanitaria.

04

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SECTOR Y SU ACTIVIDAD



04 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SECTOR Y SU ACTIVIDAD

Fenin es una federación intersectorial que agrupa empresas y asociaciones de fabricantes, importadoras y distribuidoras de tecnologías y productos sanitarios cuya característica común es la de ser suministradoras de todas las instituciones sanitarias españolas.

Actualmente Fenin agrupa a más de 520 grandes, medianas y pequeñas empresas, nacionales e internacionales, tanto de productos de consumo hospitalario, como de oficina de farmacia, incluyendo prótesis, efectos y accesorios, aparatos de diagnóstico, monitorización, terapia y equipamientos hospitalarios de la más variada índole. Las empresas que integran Fenin están localizadas principalmente en Madrid y Barcelona, existiendo un reducido porcentaje en otras ciudades de España.

El artículo 2 del RD 1591/2009, de 16 de octubre, por el que se regulan los productos sanitarios, así como el apartado 1) del artículo 2 del RD Legislativo 1/2015, de 24 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Garantías y Uso Racional de los Medicamentos y Productos Sanitarios, definen "producto sanitario" como *"cualquier instrumento, dispositivo, equipo, programa informático, material u otro artículo, utilizado solo o en combinación, incluidos los programas informáticos destinados por su fabricante a finalidades específicas de diagnóstico y/o terapia y que intervengan en su buen funcionamiento, destinado por el fabricante a ser utilizado en seres humanos con fines de:*

- 1.º *Diagnóstico, prevención, control, tratamiento o alivio de una enfermedad,*
- 2.º *diagnóstico, control, tratamiento, alivio o compensación de una lesión o de una deficiencia,*
- 3.º *investigación, sustitución o modificación de la anatomía o de un proceso fisiológico,*
- 4.º *regulación de la concepción,*

y que no ejerza la acción principal que se desee obtener en el interior o en la superficie del cuerpo humano por medios farmacológicos, inmunológicos ni

metabólicos, pero a cuya función puedan contribuir tales medios".

La diversidad de productos y tecnologías relacionados con el entorno de la Tecnología Sanitaria hace que actualmente Fenin se organice en 12 subsectores de productos en función del mercado hacia el que van dirigidos:

- **Subsector Cardiovascular, Neurocirugía y Tratamiento del Dolor.**
- **Subsector Efectos y Accesorios.**
- **Subsector Productos Sanitarios de Un Solo Uso.**
- **Subsector Diagnóstico In Vitro.**
- **Subsector Implantes de Traumatología.**
- **Subsector Nefrología.**
- **Subsector Terapias Respiratorias Domiciliarias y Gases Medicinales.**
- **Subsector Oftalmología.**
- **Subsector Ortopedia Técnica.**
- **Subsector Dental.**
- **Subsector Tecnología y Sistemas de Información Clínica.**
- **Subsector eHealth².**

De cara a la elaboración de esta guía y tras llevar a cabo un análisis del perfil de riesgo ambiental de los subsectores arriba mencionados, se ha preferido hacer una **clasificación del sector de Tecnología Sanitaria en función de las líneas de fabricación** de las distintas tipologías de productos, es

² El sector de eHealth de Fenin incluye las empresas que aplican las nuevas tecnologías de la información y la comunicación (TIC) al sector salud. Su aplicación influye en áreas diversas como el acceso a la información de los pacientes, la gestión de los servicios de salud, el seguimiento de los tratamientos, la prestación de servicios de salud a distancia, entre otros. Ejemplos del sector eHealth son: sistemas de información para la Historia Clínica Digital, para la gestión hospitalaria, o para la gestión de imágenes radiológicas. También los servicios de telemedicina y seguimiento de pacientes con monitorización a distancia, o aplicaciones que ayudan a la gestión de enfermedades, en el seguimiento de tratamientos y su vinculación a redes sociales.

decir, una agrupación según procesos productivos similares.

Así, se han identificado las siguientes líneas de producción:

- Fabricación de productos cardiovasculares, neurológicos y de tratamiento del dolor.
- Fabricación de efectos y accesorios.
- Fabricación de productos sanitarios de un solo uso.
- Fabricación de productos de diagnóstico in vitro.
- Fabricación de implantes dentales y de traumatología.
- Fabricación de productos de nefrología.
- Fabricación de oxígeno medicinal para oxigenoterapia.
- Fabricación de productos oftalmológicos.
- Fabricación de productos ortopédicos.
- Fabricación de productos dentales.
- Montaje de equipos de electromedicina y otros equipos.
- Esterilización.

Dentro del sector existen tanto instalaciones dedicadas a la fabricación de una sola línea de producto, como instalaciones multiproducto en las que se fabrican varios de los productos anteriormente mencionados. En general, el perfil de riesgo de las actividades productivas del sector es bajo, salvo procesos puntuales como es el caso de la esterilización que se lleva a cabo en productos de distintos subsectores, bien en las propias plantas de producción de los distintos productos, bien en instalaciones externas dedicadas exclusivamente a la actividad de esterilización.

Por otro lado, tal y como se ha mencionado al inicio de este apartado, en el Sector de Tecnología Sanitaria existen muchas empresas que se dedican únicamente al almacenamiento y distribución de productos ya terminados, sin que se lleve a cabo ninguna actividad de fabricación. Cabe señalar que el riesgo ambiental de este tipo de instalaciones es muy bajo y está ligado a la tipología de productos que puedan almacenar y, sobre todo, a las instalaciones auxiliares. Es por ello que no se ha tratado de forma específica en esta guía el almacenamiento y distribución de productos terminados, al considerarse este riesgo similar al del almacenamiento de producto terminado en las plantas de fabricación.

A continuación se describen cada una de las líneas de producción de acuerdo a la información aportada por los asociados de Fenin a través de cuestionarios, así como la información obtenida durante las visitas.

Por último, al final del apartado, se recogen las instalaciones auxiliares más comunes al sector.

4.1. Fabricación de productos cardiovasculares, neurológicos y de tratamiento del dolor

Cabe señalar que las empresas de Fenin asociadas a este sector son exclusivamente importadores y distribuidores de productos cardiovasculares. En este sentido, los riesgos ambientales de este tipo de instalaciones vendrán determinados fundamentalmente por sus instalaciones auxiliares así como por el almacenamiento de los productos.

Los principales productos distribuidos por estas empresas son: marcapasos, desfibriladores, válvulas cardiacas, *stents* cardiacos, implantes neurológicos (neuroestimuladores, sistemas de derivación, generadores para la estimulación periférica) e implantes para tratamiento de dolor.

4.2. Fabricación de efectos y accesorios

Engloba productos sanitarios como apósitos, gasas, vendas, sondas, algodones, absorbentes de incontinencia, tejidos elásticos, etc.

El proceso que se lleva a cabo en las instalaciones incluye el almacenaje de las materias primas, adhesivado de las bobinas madre (cuando sea necesario, en función del producto), corte y confección del producto para su transformación en esparadrapos, apósitos, etc., etiquetado y envasado.

4.3. Fabricación de productos sanitarios de un solo uso

Se trata de productos sanitarios diseñados y destinados a utilizarse una sola vez, tales como agujas, jeringuillas, conectores, etc.

Su fabricación se lleva a cabo a partir de polipropileno. En primer lugar se lleva a cabo el moldeado del polipropileno mediante máquinas inyectoras para fabri-

car las distintas piezas del producto. A continuación se realiza el ensamblado de las distintas piezas para, finalmente, proceder a su envasado y empaquetado.

4.4. Fabricación de productos de diagnóstico in vitro

Producto sanitario destinado a su uso in vitro sobre muestras de origen humano con objeto de informar sobre un estado fisiológico, modificar una terapia, etc. En concreto, los productos fabricados son tarjetas y reactivos para diagnóstico in vitro.

Para la fabricación de tarjetas y reactivos para diagnóstico in vitro, en primer lugar se lleva a cabo la mezcla de materias primas en pequeños reactores (mezcla a temperatura ambiente) para obtener el reactivo buscado. A continuación, en función del producto final, el reactivo obtenido es conducido a las máquinas envasadoras para obtener los viales con dicho reactivo (producto final) o a las máquinas dosificadoras, que se encargan de dosificar el reactivo en las tarjetas de polipropileno. Finalmente los productos son empaquetados para su comercialización.

4.5. Fabricación de implantes dentales y de traumatología

Esta línea de producción engloba tanto implantes dentales como de trauma (productos de artroplastias, sistemas de fijación de fracturas, dispositivos para columna vertebral, etc.).

La fabricación de implantes quirúrgicos se lleva a cabo utilizando técnicas de mecanizado sobre metal y polietileno mediante equipos de control numérico. A continuación se lleva a cabo un proceso de acabado (lijado, pulido, chorreado, electropulido) para finalmente realizar la limpieza y pasivado de la pieza. Por último, se lleva a cabo el envasado y empaquetado del producto.

4.6. Fabricación de productos de nefrología

Estas instalaciones centran su actividad en la fabricación de soluciones, normalmente acuosas, en envase-bolsa que son utilizadas para la administración intravenosa de fluidos, terapias y medicamentos.

El proceso de fabricación parte del agua como materia prima base. Tras un proceso de osmosis y des-

tilación, se prepara la solución añadiendo mayoritariamente sales según la fórmula del suero. Una vez preparada la solución, se envasa, se esteriliza y se prepara en cajas para su entrega al mercado mediante un proceso automatizado.

4.7. Fabricación de oxígeno medicinal para oxigenoterapia

La fabricación de oxígeno como principio activo y el envasado de oxígeno medicinal en botellas a presión, se lleva a cabo a partir del aire atmosférico. Para ello se emplean técnicas de destilación criogénica que separan el aire en todos sus componentes, principalmente oxígeno y nitrógeno. Para ello, las instalaciones cuentan con uno o varios depósitos criogénicos de oxígeno y disponen de un equipo gasificador ambiental de oxígeno, asociado al depósito. Las instalaciones disponen de un sistema de control centralizado de los parámetros físicos de la instalación (presión, temperatura y % de oxígeno...) y está protegido con válvulas de seguridad cuya descarga se dirige a zonas inocuas.

4.8. Fabricación de productos oftalmológicos

Los principales productos oftalmológicos fabricados en las instalaciones del sector son los siguientes:

- Soluciones en base acuosa estériles (soluciones salinas para el ojo). Las soluciones se preparan en tanques y posteriormente son envasados en botellas de polietileno y acondicionados en estuches. Finalmente se lleva a cabo el enfajado, encajado y paletizados de los estuches para su comercialización.
- Implantes intraoculares para cirugía oftalmológica: lentes intraoculares, implantes para glaucoma, anillos intracorneales, anillos de tensión capsular, indentador macular. Fabricación por micro mecanizado y micro fresado (sala con temperatura y humedad relativa controladas). Pulido de los implantes con abrasivos. Control final, envasado, emblistado, esterilizado en salas blancas y empaquetado final.
- Aceite de Silicona 1000, 2000, 5000 Cst. Destilación de silicona industrial para eliminación de compuestos de bajo peso molecular y medida de viscosidad. Filtración, envasado, esterilización en salas blancas y empaquetado final.

- Fabricación de soluciones oftalmológicas viscoelásticas y colorantes para cirugía intraocular. Preparación de la solución, filtrado, llenado automatizado, esterilización y empaquetado.

4.9. Fabricación de productos ortopédicos

En esta línea de producción se incluye la fabricación de órtesis (plantillas, cédulas, rodilleras, corsés, etc.) y prótesis (tanto de miembro inferior como superior).

La fabricación de órtesis se lleva a cabo a partir de rollos o planchas de las distintas materias primas (corcho, látex, acero, etc.) utilizando técnicas de corte, confección, mecanizado y pulido o lijado, dependiendo del producto. Por último, se lleva a cabo el envasado y empaquetado del producto.

Por lo que respecta a la fabricación de prótesis, ésta se lleva a cabo a partir de planchas de termoplásticos (a alta temperatura para que sean moldeables) que se sitúan sobre moldes de escayola conectados a una bomba a vacío, así como mediante técnicas de mecanizado sobre metal y termoplásticos. A continuación se lleva a cabo un proceso de acabado (lijado, pulido) para finalmente realizar el envasado y empaquetado de la pieza.

4.10. Fabricación de productos dentales

Se ha incluido dentro de esta línea de producción la fabricación de dientes artificiales y otros productos relacionados con la prótesis dental a partir de resinas acrílicas de polimetil metacrilato (PMMA).

La fabricación se realiza mediante la mezcla del PMMA (polvo) con su monómero líquido, metacrilato de metilo (MMA), y su curado en un molde al que se le aplica calor y presión.

4.11. Montaje de equipos de electromedicina y otros equipos

Se trata de productos y sistemas de diagnóstico, monitorización o terapia basados en tecnología electrónica o informática, así como mobiliario.

Dada la amplia variedad de productos considerada, se puede hablar de varios ámbitos de aplicación di-

ferentes: imagen médica, monitorización, electrocardiografía, desfibriladores, anestesia, ventilación, incubadoras, endoscopia, poligrafía, pneumología, esterilización, bombas de infusión, electrocirugía, sistemas de información clínicos, equipos de diagnóstico in vitro, sillones dentales, etc.

Algunos de estos equipos incluyen el radiodiagnóstico mediante la emisión de radiaciones ionizantes. El diseño, fabricación y las pruebas de funcionamiento de estos equipos, están ampliamente regulados en la normativa sectorial³ y requieren de autorización y controles por parte del Consejo de Seguridad Nuclear. Todos los equipos de radiología de electromedicina están autorizados como Instalaciones Radioeléctricas Autorizadas (IRA), siendo la mayor parte de ellas de 3ª categoría de riesgo (con una diferencia de potencial inferior a 150KV). La radiación que emiten estos equipos solamente se produce en el momento del disparo (normalmente en fracciones de segundo y en menos casos pueden ser algunos segundos o minutos), mientras que no hay riesgo de emisión de radiación en tanto el equipo (o residuo del mismo) no se use, no esté conectado o durante su transporte. En este sentido, en las instalaciones del sector sólo se llevan a cabo disparos durante las pruebas de funcionamiento, que se realizan en cabinas especiales provistas de blindajes de plomo (el más utilizado gracias a su efectividad por su mayor densidad), hormigón, ladrillo, etc. para evitar la salida de la radiación.

Cabe señalar que las dosis efectivas de los últimos cinco años de trabajadores expuestos en instalaciones de montaje de estos equipos son del orden de 0,8 mSv/año. En este sentido, el Real Decreto 783/2001, establece el límite de dosis efectiva para trabajador expuesto en (100mSv en cinco años, no superando 50mSv⁴ en un solo año), siendo por tanto el valor obtenido muy inferior al límite establecido y estando incluso por debajo del límite fijado por dicho Real Decreto para el público o trabajador no expuesto, que es de 1 mSv/año. Asimismo, se han llevado a cabo mediciones en el exterior de las instalaciones del sector no detectándose ningún tipo de radioactividad (0mSv).

³ Ver Real Decreto 783/2001, de 6 de julio, por el que se establece el Reglamento de Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes, posteriormente parcialmente modificado por el RD 5/2008, de 18 de enero.

⁴ mSv es el Siervert y es igual a 1J/kg⁻¹

Dado que no existe radioactividad en el exterior de las instalaciones del sector y por lo tanto riesgo de afectación a un posible receptor de daño ambiental, no ha considerado ningún suceso iniciador relativo a la radioactividad de estos equipos.

Cabe señalar que gran parte de las empresas asociadas a Fenin en este sector realizan diseño y montaje, siendo la fabricación de piezas, tales como placas y componentes electrónicos, un aspecto minoritario de algunas empresas.

4.12. Esterilización

Cabe señalar que el proceso de esterilización se lleva a cabo tanto en instalaciones dedicadas exclusivamente a esta actividad, así como en instalaciones de fabricación de los distintos productos en las que se lleva a cabo la esterilización de los mismos.

La esterilización se lleva a cabo con óxido de etileno (ETO) en cámaras especializadas. El principal riesgo del proceso reside en las características del ETO, ya que se trata de un gas extremadamente inflamable y existe riesgo de incendio o explosión en su manipulación y presión.

4.13. Instalaciones auxiliares

Además de las instalaciones principales para el proceso productivo, las explotaciones del sector suelen disponer de instalaciones auxiliares asociadas a actividades como el abastecimiento de agua, la gestión y el tratamiento de efluentes y el suministro eléctrico, entre otras. A continuación se recogen las principales instalaciones auxiliares más comunes encontradas en el sector:

- Calderas de gas o de gasoil (tanto para la producción de agua caliente como de vapor).
- Equipos de refrigeración.
- Transformadores.
- Compresores.
- Zona de carga de baterías.
- Instalaciones para el tratamiento de agua (abastecimiento).
- Instalaciones para el tratamiento de aguas residuales.
- Almacén de residuos peligrosos.
- Almacenamiento de combustible (gasóleo).
- Grupo electrógeno.



05

IDENTIFICACIÓN DE LAS VARIABLES Y LOS FACTORES DETERMINANTES DEL RIESGO



05

IDENTIFICACIÓN DE LAS VARIABLES Y LOS FACTORES DETERMINANTES DEL RIESGO

5.1. Peligros y sucesos iniciadores

Tal y como se recoge en el Anexo I “Metodología para la elaboración de la Guía de Responsabilidad Medioambiental”, para la elaboración de la misma se visitaron varias instalaciones de distintas líneas de fabricación del sector. Durante la visita a estas instalaciones se llevó a cabo una identificación preliminar de todos los peligros y sucesos iniciadores potenciales que pueden ocasionar un daño ambiental, considerando que:

- **Peligro:** los peligros de una instalación vienen determinados por los almacenamientos, los procesos e instalaciones productivas, los elementos del entorno, los factores humanos organizativos e individuales y los procesos y actividades auxiliares. Se consideran peligros, por ejemplo, un tanque de almacenamiento de combustible, una caldera, etc.
- **Suceso Iniciador (SI):** es un hecho físico identificado a partir de un análisis causal que puede generar un incidente o accidente en función de cuál sea su evolución en el espacio y en el tiempo. En esta guía como norma general, se considera como SI el que produce la primera liberación de energía o materia que desencadenaría directamente el daño ambiental.

Por otro lado, con el fin de que los peligros y sucesos iniciadores identificados en la guía fuesen representativos de todo el sector, se elaboró un cuestionario básico de identificación de peligro que fue remitido a otras instalaciones relevantes del sector que no habían sido visitadas para de completar la información recabada durante las visitas.

Tras el análisis de toda la información recopilada, el Equipo de Trabajo elaboró una tabla para cada una de las líneas de fabricación con los peligros identificados y los posibles sucesos iniciadores (SI) asociados siguiendo el esquema de identificación de peligros propuesto por la UNE 150008:2008. De este modo, el equipo consultor elaboró las tablas Excel con la siguiente estructura:

- *Fuentes de Peligro.* Clasificación según la propuesta de la UNE 150008:2008.
- *Columna de Identificación de Peligros.* Recopilación de todos aquellos peligros que se identifiquen.
- *Columna de comentarios.* Breve explicación de por qué se incluyen los peligros seleccionados, que saldrá de la reunión HAZID (*Identificación de Peligros*).
- *Columna de Identificación de Sucesos Iniciadores.* Listado de todos aquellos posibles sucesos iniciadores asociados a los peligros identificados

Estas tablas, que se recogen a continuación, servirán como base a los operadores para llevar a cabo su propia identificación de peligros y sucesos iniciadores. Estos catálogos se consideran representativos a nivel sectorial aunque pudieran no ser exhaustivos, por lo que cada operador debería seleccionar exclusivamente los elementos que estime relevantes dentro de su análisis de riesgos específico y completarlos con aquellos peligros y sucesos singulares de su instalación.

A continuación se recogen las tablas de peligros y sucesos iniciadores para las distintas líneas de fabricación identificadas dentro del sector de Tecnología Sanitaria.

Cabe señalar que no se ha incluido una tabla para la línea de fabricación de productos cardiovasculares, neurológicos y de tratamiento del dolor y que, tal y como se ha indicado anteriormente, dentro de los asociados de Fenin no existe ninguna empresa que fabrique este tipo de productos en España, llevándose a cabo únicamente la distribución de estos productos. En este sentido, los riesgos ambientales de este tipo de instalaciones vendrán determinados fundamentalmente por sus instalaciones auxiliares así como por el almacenamiento de los productos, peligros ya recogidos en las tablas de otros subsectores.

Por otro lado, los peligros y sucesos iniciadores relativos al proceso de esterilización se han recogido en la **Tabla 2** junto con los de la fabricación de productos sanitarios de un solo uso.

- ➔ Ver Tabla 1. Identificación de peligros y sucesos iniciadores: Fabricación de efectos y accesorios
- ➔ Ver Tabla 2. Identificación de peligros y sucesos iniciadores: Fabricación de productos sanitarios de un solo uso
- ➔ Ver Tabla 3. Identificación de peligros y sucesos iniciadores: Fabricación de productos de diagnóstico in vitro
- ➔ Ver Tabla 4. Identificación de peligros y sucesos iniciadores: Fabricación de implantes dentales y de traumatología
- ➔ Ver Tabla 5. Identificación de peligros y sucesos iniciadores: Fabricación de productos de nefrología
- ➔ Ver Tabla 6. Identificación de peligros y sucesos iniciadores: Fabricación de botellas de oxígeno medicinal para oxigenoterapia
- ➔ Ver Tabla 7. Identificación de peligros y sucesos iniciadores: Fabricación de productos oftalmológicos
- ➔ Ver Tabla 8. Identificación de peligros y sucesos iniciadores: Fabricación de productos ortopédicos
- ➔ Ver Tabla 9. Identificación de peligros y sucesos iniciadores: Fabricación de productos dentales
- ➔ Ver Tabla 10. Identificación de peligros y sucesos iniciadores: Montaje de equipos de electromedicina y otros equipos

5.2. Agentes causantes del daño

La normativa de responsabilidad medioambiental distingue tres grandes grupos de agentes causantes del daño:

- **Químicos**, los cuales se refieren a sustancias que llevan asociado un determinado umbral de toxicidad, a partir del cual se causan efectos negativos sobre los seres vivos. Ejemplos de este grupo de agentes serían las materias primas y auxiliares, los productos y los combustibles.
- **Físicos**, los cuales se refieren al exceso o defecto de una sustancia que no tiene asociado un nivel de toxicidad, tales como el agua, los residuos inertes, la tierra, o la temperatura.
- **Biológicos**, entre los que se encuentran los organismos modificados genéticamente, las especies exóticas invasoras y los microorganismos patógenos.

Cabe señalar que no se ha considerado como posible agente causante del daño la radiación que pueden emitir los equipos de radiodiagnóstico ya que, tal y como se recoge en el apartado 4.11, se ha comprobado mediante mediciones que no existe radioactividad en el exterior de las instalaciones del sector y por lo tanto riesgo de afección a un posible receptor de daño ambiental

En el caso de los incendios, éstos pueden dar lugar a un daño causado por un agente químico, que serían las sustancias químicas de las aguas de extinción de incendio en caso de que se produjese un vertido de las mismas; y/o daños causado por un agente físico, el propio fuego, que causa la desaparición de hábitat y especies, en cuyo caso nos encontraríamos con un incendio forestal.

Las características del sector de Tecnología Sanitaria llevan a seleccionar, de entre estos grupos, a los agentes químicos e incendios, descartando en el estudio al resto de los agentes físicos y a los agentes biológicos.

Los agentes químicos deben ser tenidos en cuenta de manera detallada dada la amplia variedad de sustancias manejadas por el sector. Entre estas sustancias debería prestarse especial atención a aquellas que conlleven un mayor riesgo medioambiental debido a su toxicología, cantidad almacenada, proximidad a receptores sensibles, etc.

Los principales agentes químicos causantes de daño identificados en el sector son, además del combustible (gasoil), las materias primas, las materias auxiliares (detergentes para la limpieza, reactivos para el tratamiento de agua, etc.), los residuos y, en algunos casos, los productos fabricados. Estas sustancias químicas se recogen en las tablas de identificación de peligros y sucesos iniciadores del Apartado 5.1 donde se enumeran y describen con más detalle.

En función de su peligrosidad y naturaleza, cabe destacar por su mayor riesgo ambiental las siguientes tipologías de sustancias peligrosas utilizadas en el sector:

- **Explosivos:** óxido de etileno (utilizado para la esterilización), polvo de titanio (utilizado en el proceso de acabado de fabricación de implantes).
- **Inflamables:** alcoholes, barnices, disolventes, aerosoles de pintura, metil metacrilato monómero (MMA), principalmente.
- **Clasificadas como R50/R51/R53** (muy tóxico para los organismos acuáticos / tóxico para los organismos acuáticos / puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático): barnices, tintas, tensoactivos, amoniaco, colorantes, entre otras. Cabe señalar que casi todas se almacenan y utilizan en pequeñas cantidades.
- **Corrosivas:** amoniaco, hidróxido sódico, ácidos (nitrato, clorhídrico, sulfúrico, fosfórico), adhesivos, entre otras.

En relación a las sustancias peligrosas, según el 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 y modificaciones posteriores⁵ las empresas que tengan sustancias peligrosas en sus instalaciones en cantidades iguales o superiores a las establecidas en el Real Decreto 948/2005, deben controlar los riesgos asociados a dichas sustancias alcanzando un alto nivel de protección para las personas, los bienes y el medio ambiente. En este sentido, cabe indicar que pocas instalaciones del sector se encuentran afectadas por el Real Decreto 1254/1999 debido a que las cantidades de la mayoría de las materias peligrosas que manejan están por debajo de las establecidas en el Anexo I del Real Decreto 948/2005.

⁵ Real Decreto 119/2005, de 4 de febrero, por el que se modifica el Real Decreto 1254/1999 y Real Decreto 948/2005, de 29 de julio, por el que se modifica el Real Decreto 1254/1999.

Por lo que respecta a los incendios, como se ha comentado antes, en caso de que se produzca un vertido de aguas de extinción, estaríamos ante un daño químico; mientras que en caso de que el fuego se propague fuera de los límites de la instalación y dé lugar a un incendio forestal, el daño sería físico.

Los incendios forestales deberán ser considerados en aquellas instalaciones que desarrollen su actividad en las proximidades de formaciones vegetales naturales (herbazales, matorrales y arbolado), cobrando especial interés en caso de que la zona sea un espacio natural protegido o un hábitat de especies amenazadas.

En las tablas del Apartado 5.1 se recogen los principales incendios y otros sucesos iniciadores que pueden dar lugar a ellos tales como: derrame de una sustancia inflamable, pérdida de contención desde tanque de gasóleo, incendio en instalaciones auxiliares como transformadores o zona de carga de baterías, explosión de óxido de etileno, etc.

5.3. Receptores del daño ambiental

Con el fin de identificar los recursos naturales afectados por hipotético daño medioambiental deben tenerse presentes las definiciones que se recogen en la Ley de Responsabilidad Medioambiental (LRM).

• Recurso natural agua

El recurso natural agua viene definido en la LRM como todas las aguas continentales, tanto superficiales como subterráneas, costeras y de transición definidas en el texto refundido de la Ley de Aguas, aprobado por el Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, así como los restantes elementos que forman parte del dominio público hidráulico.

Las aguas continentales se definen en el Real Decreto Legislativo 1/2001 (art. 40 bis) como todas las aguas en la superficie del suelo y todas las aguas subterráneas situadas hacia tierra desde la línea que sirve de base para medir la anchura de las aguas territoriales.

Las aguas superficiales son las aguas continentales (excepto las aguas subterráneas), las aguas de transición y las aguas costeras, y, en lo que se refiere al estado químico, también las aguas territoriales.

Las aguas subterráneas son todas las aguas que se encuentran bajo la superficie del suelo en la zona de saturación y en contacto directo con el suelo o el subsuelo.

El artículo 16 del Real Decreto Legislativo 1/2001, define tanto las aguas costeras como de transición: son aguas de transición, las masas de agua superficial próximas a la desembocadura de los ríos que son parcialmente salinas como consecuencia de su proximidad a las aguas costeras, pero que reciben una notable influencia de flujos de agua dulce. Son aguas costeras, las aguas superficiales situadas hacia tierra desde una línea cuya totalidad de puntos se encuentra a una distancia de una milla náutica mar adentro desde el punto más próximo de la línea de base que sirve para medir la anchura de las aguas territoriales y que se extienden, en su caso, hasta el límite exterior de las aguas de transición.

La Ley 11/2004 introduce también los daños ambientales en el estado ecológico de las aguas marinas, tal y como se define en la Ley 41/2010, de 29 de diciembre, de Protección del Medio Marino.

Por último, en cuanto a los elementos del Dominio Público Hidráulico (DPH), el Real Decreto Legislativo 1/2001, cita en su artículo 2, lo siguiente: Constituyen el dominio público hidráulico del Estado, con las salvedades expresamente establecidas en esta Ley:

- (a) Las aguas continentales, tanto las superficiales como las subterráneas renovables, con independencia del tiempo de renovación.
- (b) Los cauces de corrientes naturales, continuas o discontinuas.
- (c) Los lechos de los lagos y lagunas y los de los embalses superficiales en cauces públicos.
- (d) Los acuíferos, a los efectos de los actos de disposición o de afección de los recursos hidráulicos.
- (e) Las aguas procedentes de la desalación de agua de mar una vez que, fuera de la planta de producción, se incorporen a cualquiera de los elementos señalados en los apartados anteriores.

De este modo, el recurso agua, cubierto expresamente por la LRM, incluye tanto las masas de agua continentales (superficiales y subterráneas), como la fracción de las aguas marinas catalogadas como costeras y de transición; y las aguas marinas.

• Recurso natural: SUELO

El suelo es definido en la LRM como la capa superior de la corteza terrestre, situada entre el lecho rocoso y la superficie, compuesto por partículas minerales, materia orgánica, agua, aire y organismos vivos y que constituye la interfaz entre la tierra, el aire y el agua, lo que le confiere capacidad de desempeñar tanto funciones naturales como de uso. No tendrán tal

consideración aquellos permanentemente cubiertos por una lámina de agua superficial.

Conviene recordar en este punto que tanto los cauces de corrientes naturales, continuas o discontinuas, como los lechos de los lagos y lagunas y los de los embalses están cubiertos por la LRM ya que forman parte del Dominio Público Hidráulico.

• Recurso natural: ESPECIES

La LRM define las especies silvestres como las especies de la flora y de la fauna que estén mencionadas en el artículo 2.3 a) de la Directiva 2004/35/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de abril de 2004, sobre responsabilidad medioambiental en relación con la prevención y reparación de daños medioambientales o que estén protegidas por la legislación comunitaria, estatal o autonómica, así como por los Tratados Internacionales en que España sea parte, que se hallen en estado silvestre en el territorio español, tanto con carácter permanente como estacional. En particular, las especies incluidas en el Catálogo Nacional de Especies Amenazadas o en los catálogos de especies amenazadas establecidos por las Comunidades Autónomas en sus respectivos ámbitos territoriales. Quedan excluidas de la definición anterior las especies exóticas invasoras, entendiéndose por tales aquéllas introducidas deliberada o accidentalmente fuera de su área de distribución natural y que resultan una amenaza para los hábitats o las especies silvestres autóctonas.

Dentro de la Directiva 2004/35, se indica que las especies cubiertas por la misma son las mencionadas en el apartado 2 del artículo 4 o enumeradas en el anexo I de la Directiva 79/409/CEE, del Consejo, de 2 de abril de 1979, relativa a la conservación de las aves silvestres o enumeradas en los anexos II y IV de la Directiva 92/43/CEE del Consejo, de 21 de mayo de 1992, relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres.

En cuanto a la normativa estatal de conservación de la naturaleza, la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad, establece en su artículo 52 la "Garantía de conservación de especies autóctonas silvestres", especificando en su punto primero que las comunidades autónomas deben adoptar las medidas necesarias para garantizar la conservación de la biodiversidad que vive en estado silvestre, atendiendo preferentemente a la preservación de sus hábitats y estableciendo regímenes específicos de protección para aquellas especies silvestres cuya situación así lo requiera.

Quedando de nuevo reflejado este mandato de protección de las especies silvestres en el punto tercero, del mismo artículo 52, mediante el cual queda prohibido dar muerte, dañar, molestar o inquietar intencionadamente a los animales silvestres, sea cual fuere el método empleado o la fase de su ciclo biológico. Incluye la prohibición de su retención y captura en vivo, la destrucción, daño, recolección y retención de sus nidos, de sus crías o de sus huevos, estos últimos aun estando vacíos, así como la posesión, transporte, tráfico y comercio de ejemplares vivos o muertos o de sus restos, incluyendo el comercio exterior.

Por lo tanto, la Ley 42/2007 establece un amplio marco de protección para las especies silvestres.

Asumiendo este marco de referencia, pueden considerarse objeto de cobertura por la LRM la totalidad de las especies silvestres presentes en el territorio nacional, quedando excluidas las especies exóticas invasoras.

- **Recurso natural: HÁBITAT**

Los hábitats, en el ámbito de la LRM, son las zonas terrestres o acuáticas diferenciadas por sus características geográficas, abióticas y bióticas, y que

estén mencionadas en el artículo 2.3 b) de la Directiva 2004/35/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de abril de 2004, sobre responsabilidad medioambiental en relación con la prevención y reparación de daños medioambientales, o que estén protegidas por otras normas comunitarias, por la legislación estatal o autonómica, o por los Tratados Internacionales en que España sea parte.

El artículo 2.3 b) de la Directiva 2004/35 determina como tal, los hábitats de especies mencionadas en el apartado 2 del artículo 4 o enumeradas en el anexo I de la Directiva 79/409/CEE o enumeradas en el anexo II de la Directiva 92/43/CEE, y los hábitats naturales enumerados en el anexo I de la Directiva 92/43/CEE y lugares de reproducción o zonas de descanso de las especies enumeradas en el anexo IV de la Directiva 92/43/CEE.

No obstante, dado que conforme con lo indicado en el apartado precedente, la totalidad de las especies silvestres son consideradas objeto de cobertura por la LRM, la totalidad de los hábitats deben considerarse protegidos a estos efectos, siempre que su degradación afecte de manera significativa a las especies. Esto es, siguiendo criterios técnicos, no se considera



factible retornar una especie a su estado básico, si el hábitat que la sustenta no se encuentra a su vez en su correspondiente estado básico. De esta forma, la recuperación de una especie conlleva la recuperación, en caso necesario, de su hábitat.

• **Recurso natural: RIBERA DEL MAR Y DE LAS RÍAS**

Este recurso es definido en la LRM como los bienes de dominio público marítimo-terrestre regulados en el artículo 3.1 de la Ley 22/1988, de 28 de julio, de Costas. Según esta Ley, son riberas del mar y de las rías:

- (a) La zona marítimo-terrestre o espacio comprendido entre la línea de bajamar escorada o máxima viva equinoccial, y el límite hasta donde alcanzan las olas en los mayores temporales conocidos o, cuando lo supere, el de la línea de pleamar máxima viva equinoccial. Esta zona se extiende también por las márgenes de los ríos hasta el sitio donde se haga sensible el efecto de las mareas.
- (b) Se consideran incluidas en esta zona las marismas, albuferas, marjales, esteros y, en general, los terrenos bajos que se inundan como consecuencia del flujo y reflujo de las mareas, de las olas o de la filtración del agua del mar.
- (c) Las playas o zonas de depósito de materiales sueltos, tales como arenas, gravas y guijarros, incluyendo escarpes, bermas y dunas, tengan o no vegetación, formadas por la acción del mar o del viento marino, u otras causas naturales o artificiales.

La identificación de los receptores del daño ambiental debe llevarse a cabo de forma específica para cada instalación, ya que los recursos naturales que se pueden ver afectados en un determinado escenario accidental dependen del entorno ambiental de la instalación así como de los factores condicionantes, tanto propios como externos.

A modo de ejemplo, un derrame de una sustancia peligrosa podría afectar potencialmente a cualquiera de los receptores contemplados en la LRM. En primer lugar, podría afectar al suelo (siempre que éste no estuviese pavimentado). Dependiendo de las características del entorno, en caso de que hubiese un acuífero cercano y de las características del terreno, la sustancia podría infiltrarse en el terreno hasta alcanzar las aguas subterráneas. Otra posibilidad es que la sustancia alcanzase una masa de agua superficial cercana. Además, la toxicidad de la sustancia podría dañar a las especies y hábitat que hubiese en el suelo o en las aguas superficiales afectadas.

Cabe señalar que la mayoría de las instalaciones de las que se dispone información se encuentran en polígonos industriales alejados de zonas ambientalmente vulnerables o protegidas. No obstante, entre las empresas asociadas a Fenin consultadas, hay tres fábricas ubicadas en zona residencial o urbana, dos en zona rural no vulnerable y una en un entorno natural.

5.4. Factores condicionantes (FC)

Los factores condicionantes son cada una de las circunstancias que pueden condicionar la probabilidad de ocurrencia de un suceso iniciador (**factores condicionantes de las causas**) o el desarrollo del escenario accidental (**factores condicionantes de las consecuencias**). De este modo, influyen en el desarrollo de los sucesos iniciadores, definiendo la secuencia de eventos o alternativas posibles que, con una probabilidad determinada, pueden dar lugar a los distintos escenarios accidentales.

Los factores condicionantes pueden ser propios de la instalación (p.ej. las medidas de prevención y evitación) o externos a la misma, es decir, su entorno ambiental (p.ej. la permeabilidad del terreno).

Con carácter general se contemplan los siguientes **factores condicionantes de las causas**:

- *Nivel de estrés/experiencia del personal de la instalación*: valora la posibilidad de que se produzca un error humano.
- *Riesgo climatológico*: representa la posibilidad de que se den condiciones meteorológicas que aumenten o disminuyan la probabilidad de un suceso iniciador (por ejemplo, lluvia intensa que dé lugar al desbordamiento de una balsa).
- *Riesgo sísmico*⁶: representa la posibilidad de que el riesgo sísmico module la probabilidad de determinados sucesos iniciadores (por ejemplo por el deterioro paulatino de un tanque que aumenta la probabilidad de fuga por corrosión).
- *Tipología, edad y número de equipos*: indica la influencia de estos aspectos en la probabilidad del suceso iniciador (por ejemplo, cuanto mayor sea el número de equipos y su edad, mayor la probabilidad de ocurrencia).

⁶ Cabe señalar que, si bien aquí se ha considerado el riesgo sísmico como factor condicionante, la sismicidad en sí misma podría constituir la causa directa del SI.

- *Prácticas operativas*: indica la posibilidad que determinadas prácticas operativas puedan influir en la probabilidad de ocurrencia de un suceso, por ejemplo, en las operaciones de carga y descarga.
- *Mantenimiento de las instalaciones/equipos*: representa la influencia del mantenimiento (frecuencia, calidad del mismo) en la probabilidad de ocurrencia de un suceso.

Con carácter general se consideran los siguientes **factores condicionantes de las consecuencias**:

- *Detección temprana y actuaciones de control*: indica la posibilidad de que se realice una detección temprana y se intervenga para evitar el desarrollo hasta desencadenar el accidente, o limitar sus daños.
- *Control de incendios*: indica la posibilidad de que se realice una detección temprana del fuego y se intervenga para evitar o limitar el daño ambiental.
- *Condiciones meteorológicas favorables*: representa la posibilidad de que se den condiciones meteorológicas que minimicen las consecuencias del accidente o incidentes (por ejemplo, lluvia intensa que apacigüe un incendio), o por el contrario que se den condiciones que agraven el escenario (por ejemplo lluvia que arrastre un producto sólido).
- *Contención primaria*: señala la presencia funcional de equipos como cubetos de contención, balsas de contención, redes de drenaje, obturadores en redes de drenaje, válvulas abiertas y cerradas.
- *Existencia de suelo pavimentado*: indica la posibilidad de que un vertido se infiltre directamente en un terreno o sea contenido de forma temporal por el pavimento impermeable.
- *Permeabilidad del terreno*: indica la posibilidad de que el vertido, una vez producido, se infiltre rápidamente en el terreno.
- *Conducción a cauces superficiales*: señala la posibilidad de que el vertido, una vez producido, alcance las aguas superficiales o afecte al suelo.
- *Existencia de nivel somero de agua*: indica la posibilidad de que el vertido o fuga, una vez producido, alcance rápidamente las aguas subterráneas. Cuanto más alto esté el nivel freático, mayor posibilidad de afección a las aguas subterráneas.
- *Existencia de piezómetros aguas abajo*: indica la posibilidad de que se realice una detección temprana de la posible afección a las aguas subterráneas y se intervenga para limitar el daño.



06

DIRECTRICES A SEGUIR
PARA REALIZAR EL
ANÁLISIS DEL RIESGO
AMBIENTAL



06

DIRECTRICES A SEGUIR PARA REALIZAR EL ANÁLISIS DEL RIESGO AMBIENTAL

La identificación de los riesgos se debe de iniciar con el conocimiento exhaustivo de la instalación y de los riesgos que le pueden afectar, la finalidad es conocer los escenarios que en una instalación pueden dar lugar a un daño ambiental. Ante esta tarea y de cara a no olvidar ningún elemento o zona de la instalación sea principal o auxiliar, se debe elaborar una pequeña hoja de ruta sobre la cual se pueda trabajar en las distintas fases del análisis de riesgo ambiental. De este modo, siempre que se lleve a cabo un análisis de riesgos, es recomendable pasar por las siguientes etapas: planificación, inspección y, por último, revisión de los riesgos identificados.

• Planificación

Se preparará el material necesario y se elaborará un listado de las instalaciones a inspeccionar para identificar los riesgos potenciales para el medio ambiente.

Se deberá recopilar información sobre la actividad, materias primas, procesos desarrollados y sobre el histórico de accidentes que han tenido lugar en la instalación. A priori no se descartará ningún accidente o incidente por pequeño que sea, si no se dispone de un histórico se puede recurrir a los datos que se dispongan del sector en asociaciones o federaciones.

• Inspección

Se llevará a cabo una inspección de las instalaciones durante la que se verificarán in situ todos los aspectos relacionados con el análisis de riesgos, identificando: fuentes de peligro, sucesos iniciadores, factores condicionantes, condiciones del entorno, etc. (aspectos abordados en detalle en los siguientes apartados de este documento).

• Revisión

Una vez hemos llevado a cabo la inspección de las instalaciones y el entorno, se realizará una comprobación rápida de que los riesgos que se han identificado se corresponden con la realidad de la actividad, de la instalación y del entorno.

Los riesgos medioambientales de una instalación se pueden dividir en internos y externos en función de donde provenga el peligro, si bien los riesgos predominantes en importancia, intensidad y extensión serán en la mayoría de las ocasiones los riesgos internos. A continuación se indican, de forma genérica, los escenarios de riesgos más habituales en una instalación industrial.

• Riesgos internos

Son determinados por las prácticas productivas de la industria, errores en el trabajo, fallos en instalaciones o equipos, defecto de materiales o falta de mantenimiento. Son riesgos asociados al proceso industrial, al transporte dentro de la instalación, al almacenamiento de materias primas, productos y residuos, a las instalaciones auxiliares, etc. Se distinguen principalmente los riesgos medioambientales asociados a:

- Vertidos o derrames generados durante los procesos de carga y descarga de los equipos empleados para el proceso productivo.
- Vertidos o derrames generados durante los procesos de carga y descarga de tanques y depósitos de combustible, materia prima o producto.
- Vertidos, derrames o fugas asociados a rotura de los sistemas de proceso.
- Vertidos, derrames o fugas asociados a tanques, depósitos o envases de combustible, materia prima, producto o residuos.
- Fallos o deterioro de los sistemas de seguridad.
- Incendios o explosiones en la zona de proceso.
- Sistemas de depuración de aguas residuales.

• Riesgos externos

Los riesgos externos son aquellos que pueden afectar a la instalación y provienen del entorno más

FIGURA 2. ETAPAS BÁSICAS DE UN ANÁLISIS DE RIESGOS



cercano. Las características del medio pueden influir profundamente en el desarrollo de la actividad o en el agravamiento de riesgos internos.

Este tipo de riesgos no es particular del sector objeto del análisis, sino que en la mayoría de los casos es genérico y dependiente en mayor medida de la ubicación geográfica de la actividad o de las instalaciones vecinas.

Los principales riesgos externos que pueden afectar a las industrias e instalaciones del sector son aquellos asociados a:

- Fenómenos naturales: rayos, inundaciones, incendios forestales.
- Actividades desarrolladas en las instalaciones vecinas.
- Actividades históricas.
- Acceso a las instalaciones de personal no autorizado.

6.1. Metodología para la realización de un análisis de riesgo ambiental (ARA)

La metodología para la realización de un ARA viene definida en la norma UNE 150008:2008, que divide el proceso de análisis de riesgos en dos bloques generales: por un lado, la definición de los escenarios causales y, por otro, de los escenarios de consecuencias. Estos escenarios causales (árboles de fallos) y de consecuencias (árboles de sucesos) se encuentran conectados entre sí por los sucesos iniciadores, definidos como el hecho físico generado por un escenario causal que da lugar a la primera de las consecuencias. La **Figura 3** recoge la metodología propuesta por la UNE 150008:2008.

Aunque algunas ya han ido apareciendo a lo largo de los anteriores apartados, a continuación se recogen una serie de definiciones que ayudarán a tratar los temas de esta sección y las siguientes:

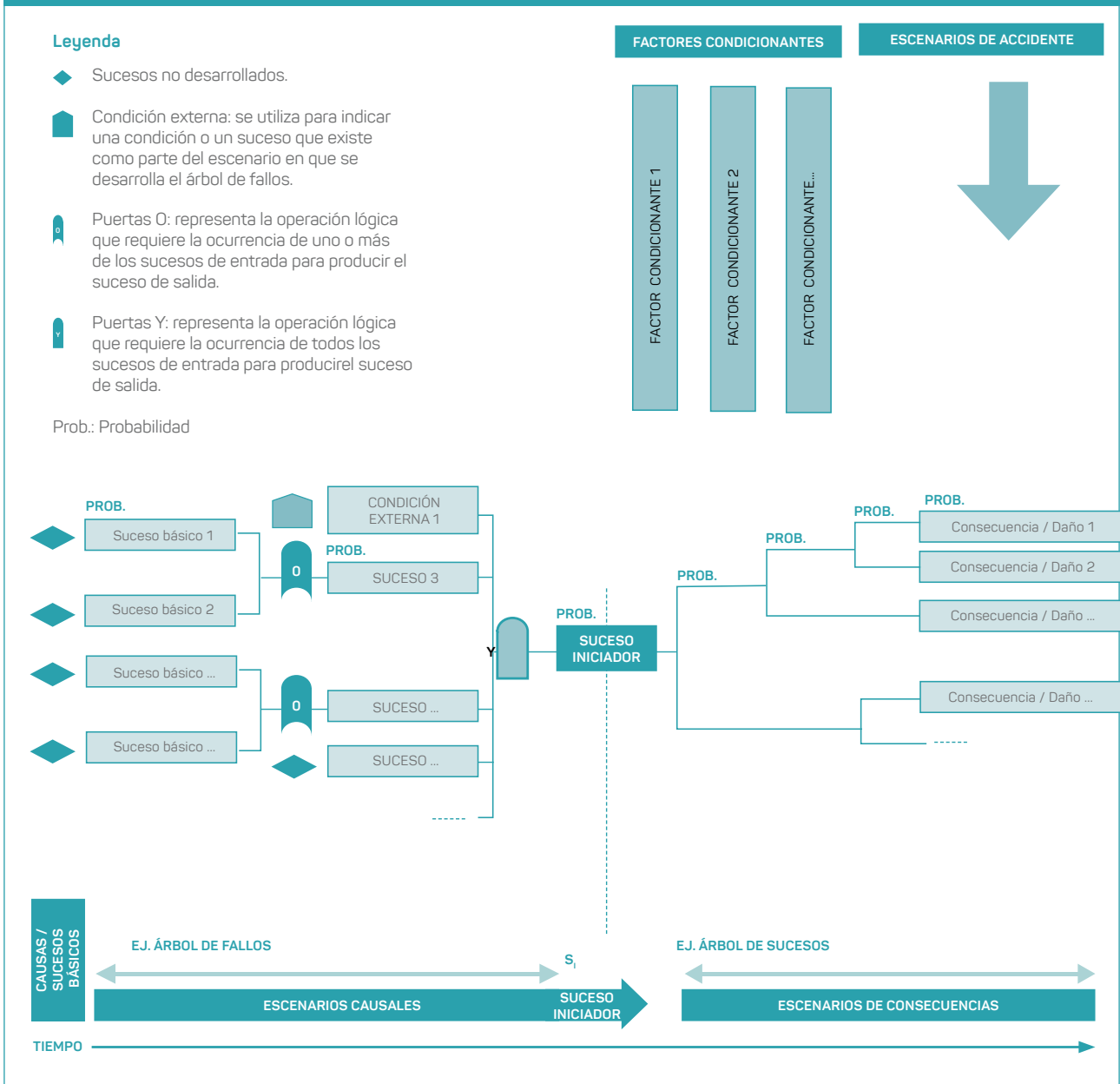
- **Peligro:** los peligros de una instalación vienen determinados por los almacenamientos, los procesos e instalaciones productivas, los elementos del entorno, los factores humanos organizativos e individuales y los procesos y actividades auxiliares. Se consideran peligros, por ejemplo, un tanque de almacenamiento de combustible, una caldera, etc.
- **Suceso Iniciador (SI):** es un hecho físico identificado a partir de un análisis causal que puede generar un incidente o accidente en función de cuál sea su

evolución en el espacio y en el tiempo. En ocasiones es complicado definirlo, ya que generalmente puede ser formulado como causa o consecuencia de otro suceso. En esta guía como norma general, se considera como SI el que produce la primera liberación de energía o materia que desencadenaría directamente el daño ambiental. En general se formulan los SI como roturas o fugas con pérdida de inventario de una sustancia peligrosa. En la secuencia temporal, cualquier suceso anterior podrá ser una causa del SI y cualquier suceso posterior podrá ser una consecuencia hasta desencadenar el escenario de accidente.

- **Suceso Iniciador Tipo (SIT):** es un SI que tras un proceso de análisis y cribado, es seleccionado como uno de los sucesos iniciadores más representativo y relevante de una determinada línea de fabricación (de cara a la realización de esta guía) o la instalación objeto del ARA (de cara a la realización del ARA de una instalación concreta por parte de un operador).
- **Suceso Iniciador Concreto (SIC):** es un SIT en el que se ha definido su causa de manera más concreta para asignarle una probabilidad de ocurrencia. Un SIT puede dar lugar a varios SIC.
- **Escenario Accidental (EA):** es el accidente que se origina a partir del SIC teniendo en cuenta los factores condicionantes que puedan intervenir en su desarrollo (presencia de medios de contención, actuaciones del personal u otros). A partir de un SIC se pueden producir diferentes escenarios accidentales. La evolución de cada SIC, hasta desencadenar el EA, queda recogida mediante árboles de sucesos.
- **Factores Condicionantes (FC):** cada una de las circunstancias que pueden condicionar la probabilidad de ocurrencia de un SIC (factores condicionantes de las causas del SIC) o el desarrollo del escenario accidental (factores condicionantes de las consecuencias del EA).
- **Estado Básico Ambiental (EBA):** estado en que, de no haberse producido el daño medioambiental, se habrían hallado los recursos naturales y los servicios de recursos naturales en el momento en que sufrieron el daño, considerado a partir de la mejor información disponible.

Tomando como referencia la metodología de la UNE 150008:2008 de análisis y evaluación del riesgo ambiental (en lo referente a la realización de análisis de riesgos, conforme a lo indicado en

FIGURA 3. ESQUEMA GENERAL DE LA METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE RIESGOS AMBIENTALES DE LA NORMA UNE 150008:2008



el Real Decreto 2090/2008 de Responsabilidad medioambiental), se ha diseñado la metodología general para que los operadores de las empresas del sector de Tecnología Sanitaria lleven a cabo los ARA de sus instalaciones, cuyas etapas se recogen en la **Figura 4**.

De este modo, para la identificación de los escenarios accidentales relevantes de la instalación objeto de estudio se debe proceder, en primer lugar, a la identificación de las causas y peligros más comunes con el fin de establecer los suce-

sos iniciadores que pueden ocurrir con mayor frecuencia en las instalaciones. A partir de los sucesos iniciadores identificados, y una vez llevada a cabo la determinación del estado básico ambiental, se establecerán los escenarios accidentales relevantes en función del agente causante del daño y del medio receptor afectado, asignándoles una probabilidad a cada uno de ellos. A continuación, se llevará a cabo, en la medida de lo posible, la cuantificación del daño (en términos de extensión, intensidad, y temporalidad del daño) en cada uno de los mencionados escenarios de ries-

FIGURA 4. ESQUEMA METODOLÓGICO GENERAL PARA EL ANÁLISIS DE RIESGOS AMBIENTALES DE LAS EMPRESAS DEL SECTOR DE TECNOLOGÍA SANITARIA



go para, seguidamente, identificar los escenarios significativos. Posteriormente, se procederá a la monetización del daño, que nos permitirá medir las consecuencias de cada escenario en términos económicos (valor del daño ambiental). Por último, se llevará a cabo el cálculo del riesgo asociado a cada escenario como el producto entre la probabilidad de ocurrencia de cada escenario y el valor del daño medioambiental.

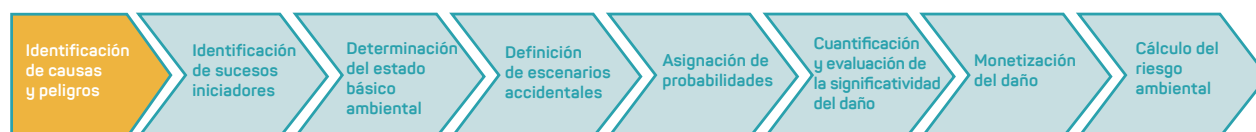
Mediante técnicas y herramientas de referencia propuestas en los siguientes capítulos para cada una de las fases del ARA, el operador podrá identificar los sucesos iniciadores y sus posibles causas, y los escenarios accidentales que se deben contemplar en cualquier ARA que se desarrolle partiendo de esta Guía de Responsabilidad Medioambiental. La guía incorpora las tipologías de accidente comunes de las actividades e instalaciones del sector. A partir de esta propuesta, el operador deberá particularizar el ARA a las condiciones específicas de su instalación.

En el caso concreto de las instalaciones multiproducto, éstas deberán considerar todos los escenarios accidentales de cada línea de producto (así como de las instalaciones auxiliares) y no ceñirse, por ejemplo, a la línea de producción mayoritaria. Asimismo, deberán contemplarse las posibles incompatibilidades y/o efectos en cascada que se pudieran producir entre las mismas.

La metodología propuesta se puede considerar como guía de técnicas a emplear por el operador para ampliar la identificación de peligros a los escenarios de riesgo "singulares" que pudieran existir en su planta. Estos son, aquellos escenarios que no son representativos a nivel sectorial por estar presentes en una minoría de actividades o instalaciones. Estos escenarios "singulares" con potencial de generar un daño significativo deberán ser, no obstante, tenidos en cuenta en el ARA particularizado a nivel de operador.

En los siguientes apartados se detalla cómo llevar a cabo las distintas etapas del ARA.

6.2. Identificación de peligros



El objetivo de esta fase es obtener la relación de peligros de la instalación objeto del ARA, como base previa para la definición e identificación de los riesgos ambientales.

Los peligros de una instalación guardan relación, principalmente, con las cantidades y tipos de sustancias involucradas, los focos de contaminación, los procesos productivos, las condiciones y actividades de almacenamiento, las fuentes de energía utilizadas,

la gestión de residuos, los elementos del entorno, los factores humanos organizativos e individuales y los procesos y actividades auxiliares, entre otros. Se consideran peligros, por ejemplo, un tanque de almacenamiento de combustible, una caldera, el almacenamiento de una sustancia inflamable, una balsa de decantación, un reactor, etc.

Las instalaciones, al realizar los ARA particulares, deberán revisar el listado de causas y peligros completo

que se recogen en las tablas del Apartado 5.1 para verificar cuáles les afectan. En el caso de las instalaciones multiproducto, éstas deberán considerar cada una de sus líneas de fabricación y no ceñirse a la línea de producción mayoritaria.

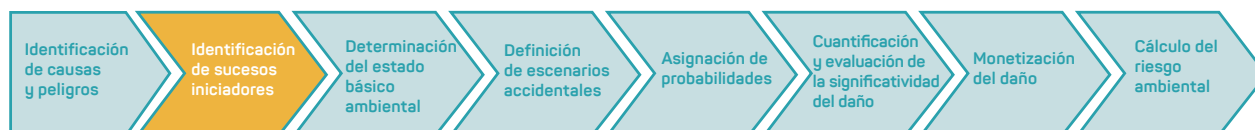
En caso de existir escenarios singulares, se deberá llevar a cabo una identificación de todas las fuentes de peligro existentes la instalación, justificándose éstas en virtud del potencial de causar daños en el medio ambiente. Se tendrá en cuenta, como fuentes de peligro, no sólo el tipo de actividad desarrollada en las instalaciones sino también aquellas relacionadas con el factor humano y los elementos externos a la instalación.

Existen diferentes técnicas para la identificación de peligros (tormenta de ideas, cuestionarios...), no obstante, se estima recomendable llevar a cabo la identificación de peligros mediante sesiones HAZID⁷

(identificación de peligros) y trabajo de gabinete, donde se analizará la peligrosidad de las sustancias y la selección de posibles sucesos iniciadores. En el proceso de identificación de peligros participarán analistas de riesgos y operadores de la planta que aportan el conocimiento y la experiencia específicos sobre las instalaciones, actividades y procesos; entre otros, el personal de mayor antigüedad, el jefe de mantenimiento, el director de operaciones... Se recomienda, por el buen éxito de estas sesiones, que la participación se limite a un grupo pequeño de expertos, en los que uno de ellos ejerza de coordinador/moderador de la reunión, preferiblemente un experto en análisis de riesgos.

Los resultados se recogerán en una tabla resumen con todos los peligros potenciales identificados clasificados de acuerdo a los grupos o tipologías de fuentes de peligro de propuestos en la UNE 150008:2008, siguiendo la estructura de las tablas del apartado 5.1.

6.3. Identificación de sucesos iniciadores (SI)



Al igual que en la identificación de peligros, los operadores del sector pueden valerse de los catálogos de sucesos iniciadores recogidos en las tablas del Apartado 5.1 para seleccionar los sucesos iniciadores que podrían ocurrir en su instalación atendiendo a las características de la misma (las instalaciones multiproducto deberán considerar cada una de sus líneas de fabricación). Además, los operadores deben tener en cuenta la identificación de otros sucesos iniciadores que no estén recogidos en esta GM, es decir, aquellos sucesos singulares que puedan ocurrir debido a las características específicas de la instalación.

De forma conjunta con la identificación de peligros, en la reunión HAZID se podrá proceder a identificar los sucesos iniciadores potenciales que pueden ocasionar un daño ambiental. Este proceso se llevará a cabo, asimismo, siguiendo las fuentes de peligro definidas en la

UNE 150008:2008, según el esquema de la tabla descrita anteriormente. No obstante, puede ocurrir que no se identifiquen a priori SI relacionados con algunos peligros de la tabla. Ejemplo: factor humano, que interviene a todos los niveles de los árboles de causas, como suceso básico, intermedio y/o como factor condicionante de la probabilidad de ocurrencia. Tal y como se ha mencionado anteriormente, en dicho proceso deben participar analistas de riesgos y operadores de la planta que aportan conocimiento y experiencia específico sobre las instalaciones, actividades y procesos.

De este modo, se recomienda elaborar una tabla con la siguiente estructura (estructura similar a la de las tablas del Apartado 5.1)

- *Fuentes de Peligro.* Clasificación según la propuesta de la UNE 150008:2008.
- *Columna de Identificación de Peligros.* Recopilación de todos aquellos peligros que se identifiquen.
- *Columna de comentarios.* Breve explicación de por qué se incluyen los peligros seleccionados, que saldrá de la reunión HAZID.

⁷ Reuniones en la que participan analistas de riesgos y personas con conocimiento de la instalación objeto del análisis con el objetivo de llevar a cabo la identificación de peligros (HAZard Identification).

FIGURA 5. CRITERIOS CUALITATIVOS DE PROBABILIDAD Y CONSECUENCIAS PARA LA VALORACIÓN DEL SUCESO INICIADOR (SI)

PROBABILIDAD					
	Casi seguro (A)	Muy probable (B)	Probable (C)	Poco probable (D)	Raro (E)
	El incidente puede ocurrir varias veces al año en la instalación. El incidente puede repetirse.	El incidente ocurre varias veces al año en el sector. Posibilidad de incidentes aislados en la instalación.	Ha ocurrido este tipo de incidente con anterioridad en la compañía. Podría ocurrir en la instalación.	Ha ocurrido en la industria pero es poco probable que ocurra en la instalación.	Altamente improbable que ocurra. Nunca se ha oído en la industria. Casi imposible que ocurra en la instalación.
Fuente: Organización Holandesa de Investigación Científica Aplicada (TNO)					
CONSECUENCIAS					
	Insignificante (1)	Menor (2)	Moderado (3)	Grave (4)	Catastrófico (5)
Medio ambiente	No causa un impacto significativo sobre el estado básico ambiental. El daño se limita al entorno más próximo del foco. No son necesarias medidas de recuperación.	El daño se localiza dentro de los límites de la instalación. Medidas de recuperación necesarias dentro de un mes desde que se produce el daño.	Daños con posibles efectos fuera de la instalación. Medidas de recuperación dentro de un año tras producirse el daño.	Daño significativo con consecuencias a nivel local (fuera de la instalación). Medidas de recuperación en un periodo superior a un año tras producirse el daño.	Daño significativo al entorno con posible extensión (mayor área de afección). Necesarias medidas de recuperación con tiempos superiores al año.
Reputación	Temporal. El impacto puede ser controlado dentro de la normalidad operativa de la instalación.	Temporal. Corto plazo.	Impacto a largo plazo pero controlable.	Daño a nivel local a largo plazo. Impacto imposible de controlar.	Daño regional a largo plazo. Impacto imposible de controlar.
Fuente: Elaboración propia					

- *Columna de Identificación de Sucesos Iniciadores.* Listado de todos aquellos posibles sucesos iniciadores asociados a los peligros identificados.

Una vez identificados todos los posibles peligros y sucesos iniciadores, se procederá a la identificación/selección de los sucesos iniciadores más relevantes y más comunes para la instalación del operador en cuestión.

En este sentido, no se deberían seleccionar los sucesos iniciadores que, de forma general, engloben emisiones difusas, olores, ruidos o vibraciones, entre otras, que formen parte del funcionamiento normal de la instalación y estén sometidos a distintos tipos de autorización. Se deberá dar prioridad a otros SI ya que de acuerdo al artículo 14.2 de Ley de Responsabilidad Medioambiental:

“El operador no estará obligado a sufragar el coste imputable a las medidas reparadoras cuando demuestre

que no ha incurrido en culpa, dolo o negligencia y que concurre alguna de las siguientes circunstancias:

Que la emisión o el hecho que sea causa directa del daño medioambiental constituya el objeto expreso y específico de una autorización administrativa otorgada de conformidad con la normativa aplicable a las actividades enumeradas en el anexo III. [...]

Adicionalmente, será necesario que el operador se haya ajustado estrictamente en el desarrollo de la actividad a las determinaciones o condiciones establecidas al efecto en la referida autorización y a la normativa que le sea aplicable en el momento de producirse la emisión o el hecho causante del daño medioambiental”.

Para la selección de los sucesos iniciadores tipo (SIT), se propone, sin menoscabo de la existencia de otros criterios y metodologías, llevar a cabo por parte de

TABLA 11. REGIONES DE RIESGO AMBIENTAL PROPUESTAS	
RIESGO	PUTUACIÓN
Bajo (L)	1-3
Moderado (M)	4-5
Alto (H)	6-14
Extremo (E)	15-25

los técnicos presentes en la reunión *HAZID* una valoración semicuantitativa en cuanto a probabilidad de ocurrencia y consecuencias del riesgo de cada uno de los sucesos iniciadores de acuerdo a los criterios recogidos en la **Figura 5**.

El objetivo de este trabajo es hacer una primera valoración semicuantitativa del potencial de riesgo ambiental de cada SI identificado para facilitar su selección bajo criterios técnicos. Se recuerda en este punto que el riesgo ambiental se define como el resultado de una función que relaciona la probabilidad de ocurrencia y las consecuencias sobre el entorno natural (Riesgo = probabilidad x consecuencias).

En esta fase, cada planta podrá establecer unos criterios de valoración del riesgo ambiental en función del producto de las puntuaciones de probabilidad y consecuencias obtenidas, con el fin de poder clasificar de mayor a menor riesgo ambiental los SI identificados para cada planta. A modo de ejemplo, se propone la siguiente clasificación:

Cada operador deberá llevar a cabo su propia selección de acuerdo a las características de cada emplazamiento y valorar en cada caso aquellos sucesos iniciadores particulares de su instalación, de acuerdo a la metodología propuesta en la Guía de Responsabilidad Medioambiental.

Téngase en consideración que en el caso de las instalaciones multiproducto, éstas deberán considerar los SIT de cada línea de producto (así como de las instalaciones auxiliares) y no ceñirse a la línea de producción mayoritaria.

Finalmente, una vez seleccionados los SIT de la instalación, para cada uno de ellos se definirá su causa de manera más concreta para facilitar la posterior asignación de una probabilidad de ocurrencia. Así, un SIT puede dar lugar a varios sucesos iniciadores concretos (SIC). Por ejemplo, en el caso de los SIT asociados a pérdidas de contención, éstos pueden dar lugar a distintos SIC en función de si la pérdida es de gran magnitud o de pequeña magnitud:

- SIT: Pérdida de contención de gasóleo desde tanque de almacenamiento aéreo.
 - SIC 1: Pérdida de contención de gasóleo desde tanque de almacenamiento aéreo de gran magnitud.
 - SIC 2: Pérdida de contención de gasóleo desde tanque de almacenamiento aéreo de pequeña magnitud.

6.4. Determinación del estado básico ambiental (EBA)



Cabe señalar que, si bien en esta guía se ha propuesto llevar a cabo la determinación del EBA tras la identificación de peligros y sucesos iniciadores, esta etapa del análisis del riesgo ambiental (ARA) podría llevarse a cabo inicialmente, pues lo importante es que se lleve a cabo con anterioridad a la definición de los escenarios accidentales, ya que es necesario conocer el entorno ambiental para identificar el posible medio receptor afectado en cada escenario, así como para identificar posibles riesgos externos de la instalación.

Dicho esto, el objetivo de este apartado es describir una metodología de trabajo para el establecimiento del EBA del entorno de cualquier instalación del sector de cara a que posteriormente sea utilizado por las instalaciones en el desarrollo de sus ARA correspondientes.

De acuerdo a la Ley 26/2007, ésta es de aplicación ante "cualquier daño medioambiental que produzca efectos adversos significativos" en:

- Las aguas
- El suelo
- La ribera del mar y de las rías
- Las especies silvestres y los hábitat

Por lo tanto, la metodología aquí recogida se centra en la determinación del EBA en estos vectores ambientales y no en otros.

Por otro lado y de acuerdo a las definiciones recogidas en esta normativa, por estado básico se entiende: aquél en que, de no haberse producido el daño medioambiental, se habrían hallado los recursos naturales y los servicios de recursos naturales en el momento en que sufrieron el daño, considerado a partir de la mejor información disponible.

Por lo tanto, la determinación o establecimiento del EBA de una instalación consistirá en definir mediante indicadores cualitativos y, preferiblemente cuantitativos, las características ambientales de su entorno potencialmente afectable en lo que respecta al suelo, las aguas (superficial, subterránea o costera), especies silvestres y hábitat.

Debe delimitarse explícitamente el alcance físico de la diagnosis del entorno, justificándolo al menos según el ámbito geográfico de las instalaciones o procesos y la postulación de los sucesos iniciadores. A priori, sobre la base del conocimiento del Equipo de Trabajo en aspectos ambientales del sector, se propone que el radio de estudio sea de 5 km en aguas superficiales, atmósfera y especies silvestres y hábitat; 2 km en aguas costeras y de transición; 1km en aguas subterráneas y 200 m en suelo.

La metodología de trabajo para la determinación del EBA pasa por las fases que se describen a continuación.

6.4.1. Recopilación de información

La recopilación de información tiene por objeto obtener información ambiental del entorno más próximo de la instalación en relación con los vectores considerados en la LRM (aguas, ribera del mar y las rías, suelos, especies y hábitat), con el fin de establecer el EBA mediante la determinación de parámetros e indicadores.

Las tres fuentes de datos más relevantes para la determinación del EBA del entorno de una instalación son:

- La propia instalación.
- Fuentes de información o bases de datos (BB DD) públicas.
- Estudios específicos: sondeos, muestreos, etc.

6.4.1.1 Información de la propia empresa o instalación.

Al comienzo de los trabajos para la realización del ARA de una instalación se debe proceder a recopilar cierta documentación de carácter ambiental, ya que puede aportar información relevante de cara a la determinación del EBA. En concreto se trata de, entre otras:

- La Memoria para la solicitud de la Autorización Ambiental Integrada y la misma autorización (si aplica). En su defecto, la licencia de actividad.
- Los Estudios de Impacto Ambiental y las correspondientes Declaraciones de Impacto Ambiental.
- Los Planes de Emergencia, especialmente de las actividades afectadas por la normativa Seveso.
- Otros informes y estudios como: informes geotécnicos, informes preliminares de suelos contaminados, caracterizaciones de la calidad del suelo.
- Planos cartográficos de la instalación y su entorno, así como fotos aéreas que puedan estar disponibles en la instalación.

6.4.1.2 Recopilación de información general de fuentes de información y BBDD públicas

Para la realización del estudio del medio se utilizará información bibliográfica sobre el emplazamiento como: cartografías temáticas, relación de especies silvestres protegidas, mapas geológicos e hidrogeológicos del Instituto Geológico y Minero de España (IGME), el Ente vasco de la Energía (EVE), el *Institut Geològic de Catalunya* (IGC), mapas de vegetación, mapas de hábitat, estudios específicos u otros.

La información recopilada mediante la consulta de las fuentes mencionadas, se recomienda que sea contrastada y actualizada mediante visitas de campo por personal cualificado.

En los apartados siguientes se detallan algunas de las fuentes principales de las que es posible obtener información. No obstante, dependiendo de la ubicación de la instalación, del grado de cobertura y detalle, actualización y ámbito de la fuente consultada (comunitario, nacional, autonómico, otros), puede resultar en que algunas de las fuentes citadas no contengan la información suficiente para el desarrollo del EBA. En este caso, los datos básicos requeridos serán estimados por similitud, extrapolación u otro método que el operador considere oportuno, teniendo en cuenta el mejor juicio profesional y siguiendo siempre el principio de precaución. Asimismo, podrá optarse por la realización de estudios concretos en

materia de aguas subterráneas, biodiversidad, geología u otros que se estimen necesarios para obtener la información necesaria para la realización del EBA.

• Estudio del medio

El objetivo del estudio del medio es la recopilación de información y descripción de los recursos naturales que pueden ser susceptibles de sufrir un daño ambiental significativo.

Asimismo, la normativa incluye dentro del concepto de daño ambiental aquellos que hayan sido ocasionados por los elementos transportados por el aire, por lo que se incluirá también en este apartado la descripción de la climatología (que influye en el transporte, distribución y dispersión de contaminantes en los distintos medios) y la calidad del aire.

Durante la realización del estudio del medio se recopilarán datos procedentes de bases de datos públicas o de estudios específicos de los siguientes factores ambientales:

- Climatología y calidad del aire.
- Geografía.
- Geología (suelo).
- Hidrogeología (aguas subterránea).
- Hidrología (aguas superficiales continentales, riberas del mar y de las rías).
- Especies silvestres y hábitat.

El estudio del medio es también relevante de cara a determinar/modelizar el posible comportamiento y movilización de los contaminantes una vez liberados. Esto se aborda más adelante en esta guía.

6.4.1.3 Climatología y calidad del aire

Se recogerán los datos climatológicos imperantes en la zona de estudio de la estación meteorológica más próxima a la instalación. Estos datos pueden ser obtenidos, por lo general, a través de la página Web de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET; <http://www.aemet.es>). Algunos de los datos enumerados a continuación no están disponibles en todas las estaciones meteorológicas, por lo que se trabajará con aquellos que estén disponibles, intentando conseguir, al menos, datos de precipitaciones, temperatura y viento. En ocasiones los datos están disponibles pero no son de acceso libre, por lo que el operador deberá considerar posibles gastos derivados de tasas administrativas:

- Viento (velocidad, dirección, frecuencia): rosa de los vientos.

- Temperatura: media anual, medias mensuales, máximas y mínimas absolutas, media mes más cálido y más frío, intervalo anual de temperaturas, frecuencia de heladas.
- Humedad: humedad relativa, frecuencia de rocío, frecuencia de nieblas.
- Precipitaciones: media anual, media mensual, número medio anual y mensual de días de lluvia, datos de más fiables de precipitación máxima para el/los periodo/s de retorno disponible/s.

Por lo que respecta a la determinación de la calidad de aire en el entorno de las instalaciones, en ausencia de estudios específicos, se procurará la obtención de los datos y series de concentración de los principales agentes causantes del daño o compuestos de interés (en adelante CDI) asociados a los sucesos iniciadores tipo seleccionados (más adelante en este documento), y su evolución en el tiempo. Esta información podrá obtenerse de las redes de control y calidad atmosférica de la Comunidad Autónoma o Ayuntamiento (si es una población grande) donde se ubique la instalación. En su defecto habrá que recurrir a estimaciones razonadas o realización de estudios concretos.

6.4.1.4 Geografía

Para el análisis de este apartado la información a obtener se conseguirá a través del estudio y análisis de los planos cartográficos de la zona así como de la información recopilada en la visita de reconocimiento. Se estima importante obtener datos relativos a:

- Coordenadas UTM (Universal Transverse Mercator) de la instalación.
- Pendientes del terreno en la instalación y en el entorno de ésta.
- Existencia de barreras físicas en los alrededores de la instalación, así como de barreras montañosas y su distancia.
- Distancia a los elementos naturales existentes en un radio de 5Km.
- Distancia a los núcleos urbanos más cercanos.
- Establecimientos que realicen actividades agrícolas, mineras o actividades industriales en los alrededores.
- Usos del suelo.

Los datos anteriores pueden ser obtenidos de fuentes tales como en Visor el Sistema de Información Geográfica de Parcelas Agrícolas (SIGPAC: <http://sigpac.mapa.es/fega/visor/>) del MARM, Visor del Instituto Geográfico Nacional (IGN; Visor IBERPIX: <http://www.ign.es/iberpix/visoriberpix/visorign.html>) en la base de datos de Biotopos CORINE (1988), y posterior revisión

incluida en el catálogo "CORINE biotopes manual. Habitat of the European Community" (1991) de la Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA; accesible a través de la página del Centro Nacional de Información Geográfica del IGN: <http://www.cnig.es/> o http://www.fomento.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/DIRECCIONES_GENERALES/INSTITUTO_GEOGRAFICO/Teledeteccion/corine/ del Ministerio de Fomento) y de los mapas topográficos de la zona (pueden consultarse de forma gratuita a través de los visores SIGPAC e IBERPIX).

6.4.1.5 Geología (suelo)

El estudio geológico del emplazamiento se desarrolla sucesivamente partiendo del análisis de la información previa procedente de los mapas geológicos regionales (MAGNA), así como de los estudios de la propia empresa/instalación (informes geotécnicos, informes de caracterización del suelo) y de la posterior visita al entorno de la instalación a través del reconocimiento visual de posibles afloramientos en la zona. En concreto se deberá obtener la siguiente información:

- Columna litológica del emplazamiento y su entorno: tipos de rocas/sedimentos y espesores.
- En la zona vadosa o zona no saturada (ZNS): porosidad, grado de meteorización y fracturación (determinación cualitativa), análisis granulométrico (en caso de estar disponible en estudios geotécnicos o de caracterización del suelo).

En el caso de que el bien a proteger sea el suelo en su valor edáfico, se deberá obtener la siguiente información, bien a través de fuentes documentales públicas, bien a través de los documentos de la propia empresa/instalación:

- Caracterización/clasificación edáfica.
- Características fisicoquímicas: composición del subsuelo, contenido de materia orgánica, arcilla y pH.
- Si estuviese disponible, fondo geoquímico del suelo.

Para la consulta de los mapas geológicos regionales (MAGNA, 1:50.000) podrá optarse por su adquisición en papel (requiere gastos de compra), su descarga o su consulta telemática (de forma gratuita a través de alguno de los visores del IGME: <http://www.igme.es/internet/default.asp> u otros organismos autonómicos).

6.4.1.6 Hidrogeología (aguas subterráneas)

Se identificarán los acuíferos potencialmente sensibles en la zona a través de la consulta de mapas

hidrogeológicos regionales y/o estudios de la propia instalación. Asimismo, será de especial importancia la información que pudiese estar disponible en la propia empresa/instalación procedente de estudios previos realizados con fines geotécnicos o de caracterización del subsuelo, ya que los mapas regionales hidrogeológicos no recogen las particularidades subsuperficiales de cada zona, pudiendo existir acuíferos someros potencialmente vulnerables que no quedan recogidos en dichos mapas.

Se tratarán de obtener los parámetros de calidad hidrogeológica e hidroquímica básicos del acuífero a partir de los planes y planos hidrológicos, la consulta a las bases de datos (BB DD) de las Demarcaciones Hidrográficas y otros organismos similares, así como de los informes que puedan ser aportados por la instalación. En concreto se determinará, con base en la información disponible:

- Parámetros hidrogeológicos: sentido de flujo subterráneo, niveles freáticos/piezométricos y su evolución, conductividad hidráulica, litología; gradiente hidráulico, transmisividad y espesor del acuífero.
- Características fisicoquímicas y su evolución: conductividad, pH, temperatura, oxígeno disuelto.
- Caracterización química de los acuíferos.
- Inventario de pozos existentes, coordenadas y niveles freáticos/piezométricos.

Para la consulta de los mapas hidrogeológicos regionales (1:200.000) podrá optarse por su adquisición en papel (costes derivados de su adquisición), su descarga o su consulta telemática (gratuita a través de alguno de los visores del IGME: <http://www.igme.es/internet/default.asp> y otros organismos autonómicos).

6.4.1.7 Hidrología (aguas superficiales, riberas del mar y de las rías)

Se deberá estudiar e inventariar la red hidrográfica existente en el entorno de la instalación a través de los planos topográficos y temáticos disponibles. El objetivo es identificar todas las masas de agua superficial que se puedan ver afectadas por condiciones anormales de operación.

Asimismo, siempre que sea posible, se determinará la calidad del medio hídrico receptor mediante los parámetros físico-químicos básicos de las masas de agua. Esta información se puede obtener a través de la consulta a las BB DD de las Demarcaciones Hidrográficas y otros organismos similares, tales como el IGME o el Sistema Integrado de

Información del Agua del MARM (SIA: http://www.mma.es/portal/secciones/aguas_continent_zonas_asoc/sia/), y de sus planes hidrológicos. En concreto se determinará, con base a la mejor información disponible:

- Inventario de presencia de cuerpos de agua superficial: ríos, arroyos, manantiales, lagunas, lagos, estuarios y otros.
- Distancia a los cursos/masas de agua más cercanos.
- Elementos de calidad hidromorfológicos: caudales, profundidad y anchura del río (o laguna, estuario y otros), estructura y sustrato de su lecho y estructura/morfología de la zona ribereña.
- Elementos de calidad fisicoquímicos: temperatura y su evolución, oxígeno disuelto, conductividad, salinidad y grado de eutrofización. Información sobre la calidad química de las aguas: concentraciones de los principales contaminantes (TPH, metales) y su evolución en el tiempo.
- Riberas del mar y de las rías: profundidad, régimen de mareas y corrientes dominantes.

6.4.1.8 Especies silvestres y hábitat

Se deberán identificar las especies silvestres y hábitat significativos que en el entorno del emplazamiento pudiesen verse afectados por condiciones de anormalidad operativa. La identificación de éstas se realizará mediante la información que pueda aportarse en los Estudios de Impacto Ambiental disponibles en la instalación así como de la consulta de las BB DD de la naturaleza, existentes tanto en el MARM como en las Comunidades Autónomas.

En concreto, se propone el uso del Banco de datos de la Biodiversidad publicado por el MARM (<http://www.gbif.es/MasDatos.php>). A través de él se tiene acceso a páginas Web sectoriales (inventarios nacionales de especies), de Comunidades Autónomas, de Espacios Protegidos, Planes de Ordenación de los Recursos Naturales y otros. Entre otras, pueden consultarse, de manera gratuita:

- Inventario Forestal Nacional (IFN).
- Inventario Nacional de Biodiversidad.
- Inventario Español de Zonas Húmedas (IEZH).
- Inventario Nacional de Espacios Naturales Protegidos.
- Censo de Aves Acuáticas.

Se identificarán todas las especies protegidas y, entre éstas, se seleccionarán los grupos de interés, indicando su grado de amenaza según la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN: <http://www.uicn.es/>) así como su estado de protección según el Catalogo Nacional de Especies Amenazadas del MARM (http://www.mma.es/portal/secciones/biodiversidad/especies_amenazadas/catalogo_especies/catalogo_especies.htm).

Respecto a los hábitat, se deberá incluir una descripción de los mismos, prestando especial atención a la presencia de áreas protegidas (Parques Naturales, Reservas Naturales, Paisajes Protegidos, Lugares de Interés Comunitario -LIC, Zonas de Especial Protección para las Aves -ZEPA, Áreas Importantes para la Conservación de las Aves -IBA, Hábitat Prioritarios y otros) ya que si bien suele coincidir la presencia de las mismas con la localización de elementos naturales clave, puede que no ocurra en todos los casos.

Respecto a los hábitat, se deberá incluir una descripción de los mismos, prestando especial atención a la presencia de áreas protegidas (Parques Naturales, Reservas Naturales, Paisajes Protegidos, Lugares de Interés Comunitario -LIC, Zonas de Especial Protección para las Aves -ZEPA, Áreas Importantes para la Conservación de las Aves -IBA, Hábitat Prioritarios y otros) ya que si bien suele coincidir la presencia de las mismas con la localización de elementos naturales clave, puede que no ocurra en todos los casos.

• Inspección de la instalación

En caso de que el ARA se lleve a cabo por personal interno a la instalación puede que, en determinadas ocasiones, no sea necesaria esta fase de inspección. No obstante, se recomienda contar con la información más actualizada posible y, en caso de que el ARA se lleve a cabo por personal que no esté en contacto directo con las instalaciones, proceder a la inspección visual en cualquier caso.

Aprovechando esta visita que se debe realizar a la instalación para el desarrollo del ARA, se verificará la información obtenida en el estudio para la elaboración del EBA (estudio del medio físico y biótico) mediante la realización de un reconocimiento visual del emplazamiento y su entorno en función de las distancias establecidas.

La visita tendrá tres objetivos diferenciados:

- Por un lado debe servir para verificar en la medida de lo posible, toda la información recopilada en el estudio del medio. Concretamente, se podrá verificar los datos geológicos, geográficos, hidrológicos..., así como verificar la existencia y estado de los hábitat, en caso de que existieran, identificados en la recopilación de información.
- Por otro lado en la inspección de los alrededores de la instalación se prestará especial atención a aquellas zonas (suelos, aguas, ecosistemas) que podrían verse más afectadas por episodios de contaminación accidental. Se podrá valorar la sensibilidad ambiental del entorno del emplazamiento, determinar la presencia, estado y distancia respecto del mismo de potenciales receptores sensibles como: suelos sin pavimentar, cuerpos de agua superficial, captaciones de aguas, especies silvestres y hábitat.

- Identificar factores externos, naturales o no, que pudieran ocasionar un accidente en la planta con consecuencias ambientales tales como terremotos, inundaciones, riadas u otras fábricas próximas.

Se realizará un reportaje fotográfico completo, tanto del emplazamiento como del entorno, incluyendo fotografías de detalle de aquellos aspectos relevantes para el estudio.

6.4.2. Determinación del EBA

La determinación o establecimiento del estado básico ambiental (EBA) de una instalación consistirá en definir las cualidades ambientales del entorno potencialmente afectable por lo que respecta al suelo, las aguas (superficial y subterránea), ribera del mar y las rías, especies silvestres y hábitat.

Por ello, una vez llevado a cabo la caracterización del medio mediante consulta de la información disponible (bien aportada por la instalación, bien a través de las distintas fuentes y BB DD de organismos públicos mencionados) y su verificación mediante el reconocimiento de campo, habrá que determinar el estado de calidad ambiental mediante indicadores cualitativos y, preferiblemente, cuantitativos.

6.4.2.1 Geología (suelo)

En caso de existir, se recurrirá a los estudios autonómicos que establezcan el fondo geoquímico de los suelos en su territorio de competencia, salvo que se disponga de estudios de calidad del suelo en la instalación o en las parcelas circundantes donde existan determinaciones analíticas de muestras de suelo no contaminado.

Como valores de referencia, se considerarán los niveles genéricos de referencia en el RD 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, así como los niveles de metales pesados que estén establecidos en la Comunidad Autónoma (en aquellas en las que se hayan establecido).

6.4.2.2 Hidrogeología (aguas subterráneas)

De acuerdo al Reglamento de Planificación Hidrológica el estado de las masas de agua subterránea quedará determinado por el peor valor de su estado cuantitativo y de su estado químico. Esta información deberá obtenerse de los Planes Hidrológicos de Cuenca.

• Estado cuantitativo

La evaluación del estado cuantitativo de una masa o grupo de masas de agua subterránea se realizará de forma global para toda la masa mediante el uso de indicadores de explotación como el índice de explotación de la masa de agua subterránea (obtenido como el cociente entre las extracciones y el recurso disponible de los acuíferos) y de los valores de los niveles freáticos/piezométricos. Dicho estado podrá clasificarse como bueno o malo.

Se considerará que una masa o grupo de masas se encuentra en mal estado cuando el índice de explotación sea mayor de 0,8 y además exista una tendencia clara de disminución de los niveles freáticos/piezométricos en una zona relevante de la masa de agua subterránea.

Asimismo se considerará que una masa, o grupo de masas, se encuentra en mal estado cuando esté sujeta a alteraciones antropogénicas que, impidan alcanzar los objetivos ambientales para las aguas superficiales asociadas que puede ocasionar perjuicios a los ecosistemas existentes asociados o que puede causar una alteración del flujo que genere salinización u otras intrusiones.

El cálculo del estado cuantitativo se limita a aquellas instalaciones situadas sobre acuíferos regionales para los que existan datos.

• Estado químico

La evaluación del estado químico de una masa o grupo de masas de agua subterránea se realizará de forma global para toda la masa con los indicadores calculados a partir de los valores de concentraciones de contaminantes y conductividad. Dicho estado podrá clasificarse como bueno o malo.

Entre los criterios de evaluación del estado químico de una masa de agua subterránea o un grupo de masas de agua subterránea se utilizarán criterios de calidad tales como la concentración de nitratos y los valores umbral (recogidos en el plan hidrológico) que se establezcan para los contaminantes, grupos de contaminantes e indicadores de contaminación que se hayan identificado para clasificar las masas de agua subterránea y que se referirán, al menos, a las sustancias, iones o indicadores presentes de forma natural o como resultado de actividades humanas (arsénico, cadmio, plomo, mercurio, amonio, cloruro y sulfato), sustancias sintéticas artificiales (tricloroetileno y tetracloroetileno) y parámetros indicativos de salinización u otras intrusiones (conductividad o cloruros o sulfatos).

6.4.2.3 Hidrología (aguas superficiales, riberas del mar y de las rías)

Para la determinación de la calidad de las aguas superficiales cercanas a la instalación, se podrá consultar el Sistema Integrado de Información del Agua (SIA), en el que se recoge información de las redes del Sistema Automático de Información de Calidad de las Aguas (SAICA), Sistema Automático de Información Hidrológica (AIH o SAIH), Red Integral de Calidad del Agua (Red ICA) y Red Europea de Información y Observación del Medio Ambiente (EIONET).

En ausencia de datos, teniendo en cuenta el mejor juicio profesional, y por principio de precaución, se recomienda definir el estado ecológico de las aguas superficiales como "bueno", de acuerdo a la clasificación recogida en el Real Decreto 907/2007, de 6 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de la Planificación Hidrológica. El Anexo V de dicho Real Decreto recoge como definición general de un buen estado ecológico:

"Los valores de los elementos de calidad biológicos correspondientes al tipo de masa de agua superficial que muestran valores bajos de distorsión causada por la actividad humana, pero sólo se desvían ligeramente de los valores normalmente asociados con el tipo de masa de agua superficial en condiciones inalteradas".

6.4.2.4. Especies silvestres y hábitats

Una vez identificadas las especies y hábitats, se obtendrán en la medida de lo posible, los siguientes datos:

El número de individuos, su densidad o la extensión de su zona de presencia.

La rareza de la especie o del hábitat potencialmente dañado (evaluada en el plano local, regional y superior, incluido el plano comunitario), así como su grado de amenaza.

El papel de los individuos concretos o de la zona potencialmente dañada en relación con la especie o la conservación de su hábitat.

La capacidad de propagación y la viabilidad de la especie (según la dinámica específica de la especie o población de que se trate) o la capacidad de regeneración natural del hábitat (según la dinámica específica de sus especies características o de sus poblaciones) potencialmente dañado.

La capacidad de la especie o del hábitat, después de haber sufrido los daños, de recuperar en breve plazo, sin más intervención que el incremento de las medidas de protección, un estado que, tan sólo en virtud de la dinámica de la especie o del hábitat, dé lugar a un estado equivalente o superior al básico.

Para la identificación de los servicios de los ecosistemas se utilizarán inventarios de servicios amparados en marcos de referencia objetivos y contrastados científicamente. Tendrá esta condición, entre otros, el inventario de servicio propuesto por la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio de España (EME; proyecto interdisciplinario impulsado por la Fundación Biodiversidad del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente que pretende proporcionar información, sobre los ecosistemas españoles, validada científicamente).

6.5. Definición de los escenarios accidentales relevantes



El objetivo de esta tarea es, una vez identificados y seleccionados los sucesos iniciadores tipo (SIT) de la instalación, identificar los escenarios accidentales relevantes. Estos escenarios accidentales se derivarán de los sucesos iniciadores concretos (SIC) que hayan sido identificados siguiendo la metodología expuesta

en el Apartado 6.3. Por escenario accidental se entiende el accidente que se origina a partir del SIC teniendo en cuenta los factores condicionantes que puedan intervenir en su desarrollo (presencia de medios de contención, actuaciones del personal u otros) e incluyéndose en su definición los medios

receptores que pudiesen verse afectados por el potencial daño ambiental del escenario así como el agente causante del daño.

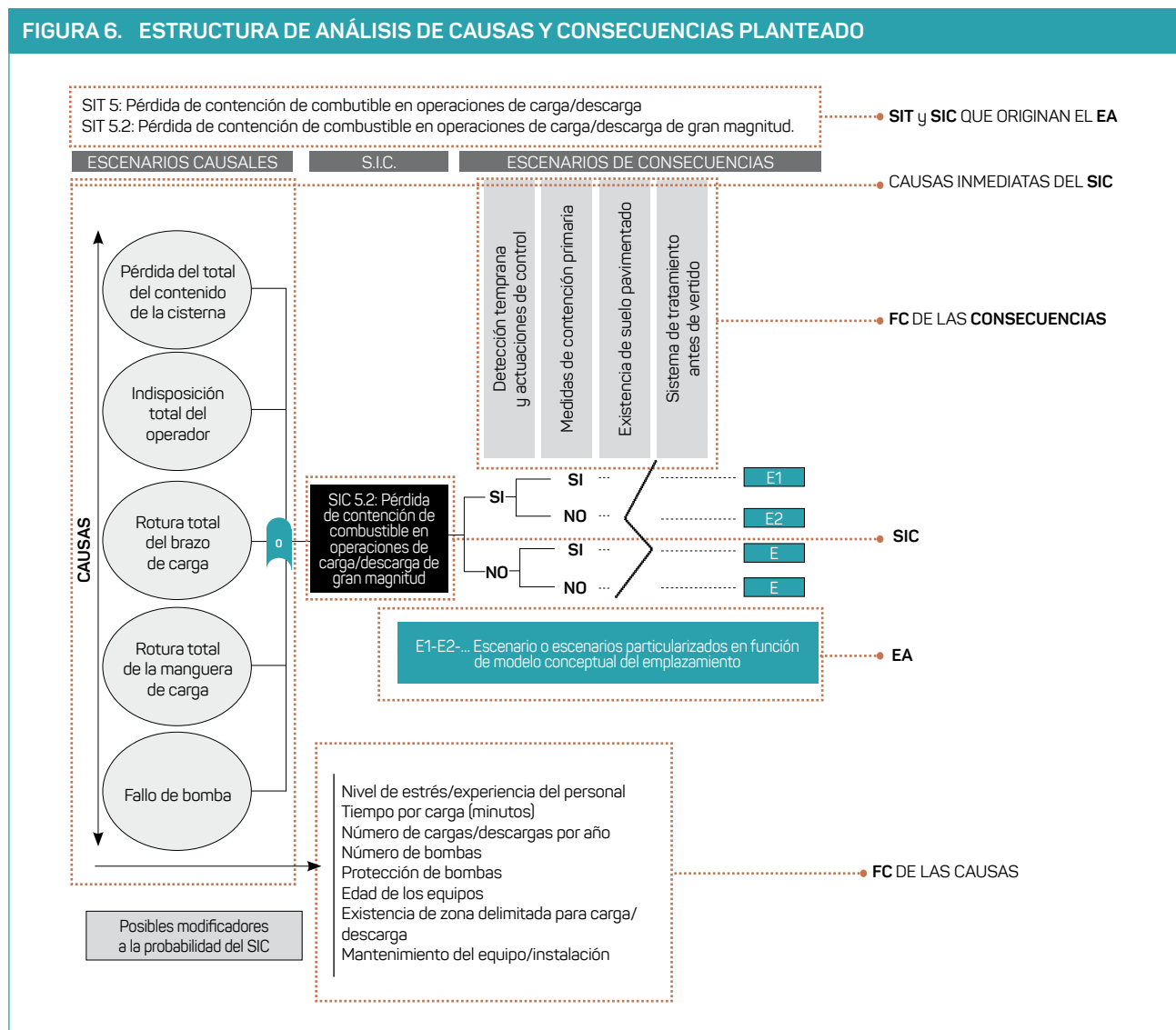
Se llevará a cabo un análisis de la secuencia de eventos o alternativas posibles que, a partir de la ocurrencia del SIC, pueden dar lugar a distintos escenarios accidentales (EA) sobre los que posteriormente se estimarán las consecuencias o daños que se pueden producir en los receptores identificados. Para facilitar esta tarea, se propone el desarrollo de árboles de fallos (causas) y sucesos (consecuencias) de acuerdo al esquema propuesto por la UNE 1500008:2008 (véase **Figura 3**) que permita al operador concretar la magnitud y tipología del EA.

En la identificación de las diferentes posibilidades de evolución desde que se produce el SIC hasta que

tiene lugar el EA, se tendrá en cuenta el papel que juegan los factores condicionantes (FC) tanto de las causas como de las consecuencias. En el primer caso, condicionan la probabilidad de ocurrencia del SIC, y en el segundo mitigan o empeoran las consecuencias del EA.

Este tipo de análisis sirve para poder delimitar de manera más exacta la magnitud y probabilidad de los EA en los análisis de riesgo ambiental (ARA) que se desarrollen. El protocolo de asignación de la probabilidad se incluye en la Apartado 6.6 de este documento.

La **Figura 6** muestra un esquema de cómo construir este tipo de árboles teniendo en cuenta: las causas directas que pueden combinarse para desencadenar un SIC; los FC de la probabilidad del SIC; los FC de las consecuencias del SIC y finalmente, el EA.



Por tanto, para definir los EA el operador de cada instalación deberá tener en cuenta:

- Los sucesos iniciadores concretos (SIC) y sus causas.
- Los factores condicionantes más comunes y relevantes tanto de las causas como de las consecuencias, considerando las condiciones específicas de su instalación. Para ello se puede consultar el catálogo de factores condicionantes del Apartado 5.4.
- Los Agentes Causantes del Daño o Compuesto de Interés (CDI) más comunes y relevantes de su instalación. Para ello se puede consultar el Apartado 5.2 y las tablas del Apartado 5.1.
- Los posibles medios receptores que pudieran verse afectados (aguas superficiales y subterráneas, suelo, especies, hábitats protegidos y/o ribera del mar y de las rías) y los sistemas de transporte o vectores de difusión de contaminantes, en función de las condiciones específicas de su instalación. Los posibles receptores del daño ambiental se describen en el Apartado 5.3.

6.5.1. Definición de la cantidad de producto/sustancia implicada

En esta fase hay que definir las cantidades de producto/sustancia implicadas en cada uno de los escenarios, que dependerán de:

- La tipología del Suceso Iniciador que lo puede originar (rotura parcial de línea, rotura catastrófica de tanque, orificio en recipiente u otros).
- Posibles reducciones de cantidad por existencia de sistemas de detección y corte o contención una vez producida la fuga.

El operador deberá valorar estos factores para cada escenario en su instalación para fijar así las cantidades de producto implicadas. Como ayuda se podrán seguir las indicaciones de la bibliografía de referencia como el "Purple Book" (TNO, 2005) o el manual Bevi (RIVM, 2009).

Para ayudar al operador a valorar las cantidades implicadas por escenario, teniendo en cuenta el carácter medioambiental del daño analizado y las citadas referencias, se dan con carácter meramente orientativo las siguientes recomendaciones:

- Para las fugas de entidad o roturas totales de tanques u otros equipos considerar el máximo inventario en el equipo.
- Para las fugas de menor entidad asociadas a perforaciones de tanques u otros equipos, considerar el caudal de fuga producido a través de un orificio de 10 mm, excepto para fugas continuas de equipos

enterrados que se considerará un orificio de 0,1 mm.

- Para fugas de entidad asociadas a roturas totales de líneas o mangueras durante operaciones de movimiento de producto se puede considerar como caudal de fuga 1,5 veces caudal de operación.
- Para fugas de menor entidad asociadas a roturas parciales de líneas o mangueras durante operaciones de movimiento de producto se puede considerar como caudal de fuga el 10% del caudal de operación.
- Los tiempos de detección y corte se pueden considerar de la siguiente manera:
 - 2 minutos para operaciones con supervisión directa de la operación o detección automática de fuga y posibilidad de parada o corte casi inmediato.
 - 10 minutos para operaciones con detección automática de fuga, pero el corte o parada no es inmediato o casi inmediato (en general, validación de la emergencia por operador y corte/parada en remoto).
 - 30 minutos para sistema de detección automático y el operador se desplaza al punto del incidente para poder cortar fuga.
 - 1 hora para fugas donde no existe posibilidad de detección automática, pero si posibilidad de detección por operador en algún momento del turno de trabajo.
 - 8 horas para las fugas que se considere la posibilidad de que no se de detección en todo un turno de trabajo.
 - Para fugas que puedan exceder estos tiempos de detección valorar el tiempo necesario para su detección con carácter conservador, teniendo en cuenta los máximos periodos entre revisiones de equipos o la detección exterior del incidente.

Cabe señalar que las recomendaciones para la definición de la cantidad de sustancia implicada aquí recogidas son aplicables a agentes químicos. En este sentido, si se tratase de un agente físico como el incendio, lo que se cuantificaría sería la cantidad de sustancia liberada que podría ser la causa de incendio, por ejemplo, el derrame de una sustancia inflamable.

6.5.2. Ejemplos de escenarios accidentales representativos del sector

Teniendo en cuenta todo lo anterior, a continuación se incluyen a modo de ejemplo una propuesta de árboles de causas y consecuencias de los SIC derivados de algunos de los sucesos iniciadores del sector de Tecnología Sanitaria, así como una descripción genérica de sus EA⁸.

⁸ No deben tomarse dichos árboles de causas y consecuencias como estándar del sector y por tanto directamente válidos para todas las instalaciones.

SIT 1. Pérdida de contención de combustible (gasóleo) desde tanque de almacenamiento subterráneo

SIC 1.1. Pérdida de contención de combustible (gasóleo) desde tanque de almacenamiento subterráneo de pequeña magnitud (Ej. por corrosión en la base del tanque)

Se podrían contemplar los siguientes EA relevantes:

DERRAME DE GASOIL DE PEQUEÑA MAGNITUD POR ORIFICIO POR CORROSIÓN EN TANQUE SUBTERRÁNEO

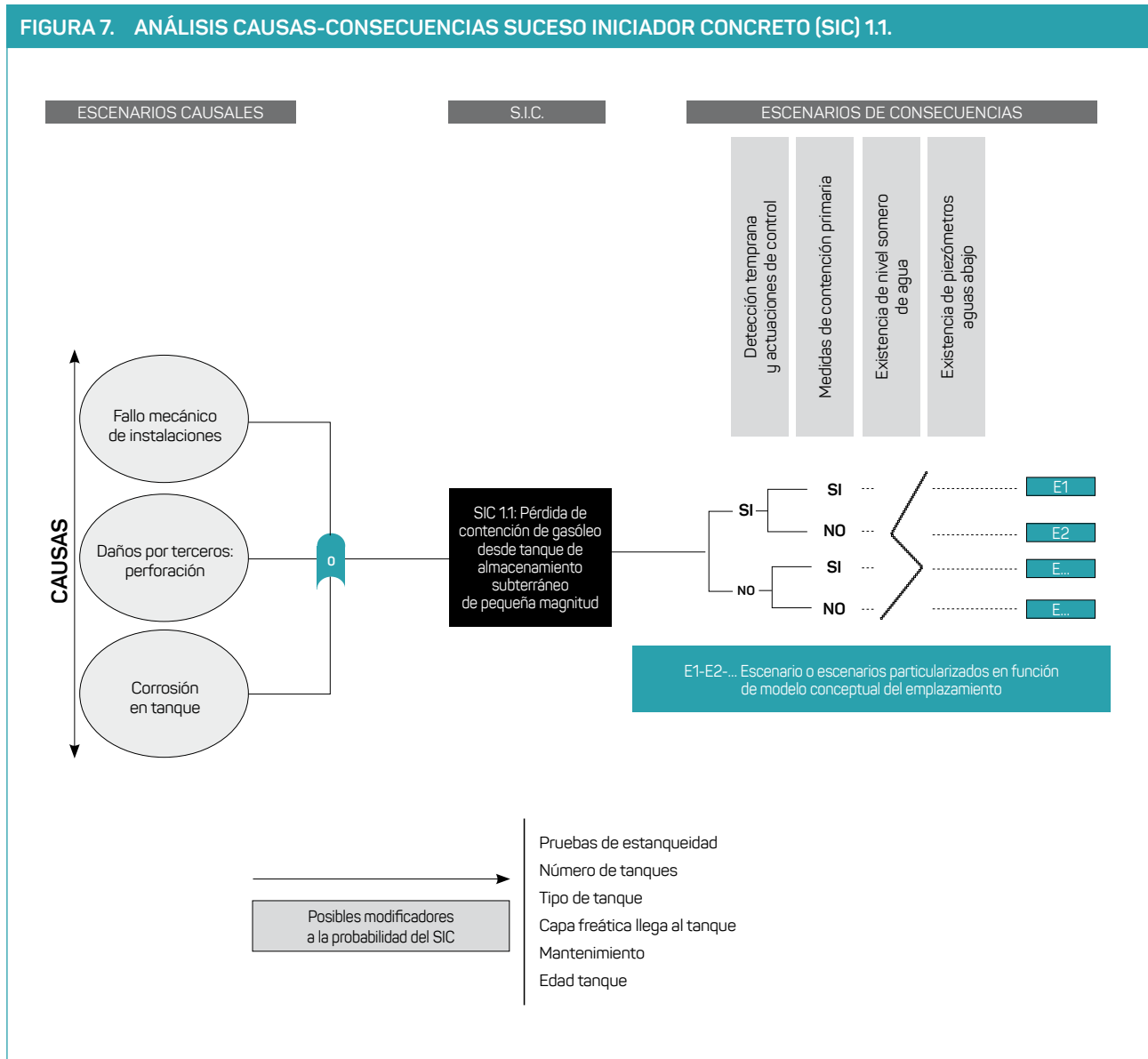
En función del Modelo Conceptual del Emplazamiento, podrían verse afectados los siguientes medios:

suelo, aguas subterráneas, especies, hábitat protegidos y/o ribera del mar y de las rías.

Los factores condicionantes de las causas del SIC podrían ser: pruebas de estanqueidad, tipo, edad y número de tanques y presencia de nivel de agua subterránea cercano.

Por otro lado, los factores condicionantes de las consecuencias del EA: detección temprana y actuaciones de control, medidas de contención primaria, existencia de nivel somero de agua, y existencia de piezómetros aguas abajo.

La principal sustancia involucrada sería el gasóleo, que se considera como agente causante del daño (CDI).



SIC 1.2. Pérdida de contención de combustible (gasóleo) desde tanque de almacenamiento subterráneo de gran magnitud (Ej. por rajado o colapso de tanque)

Los EA relevantes a considerar podrían ser:

DERRAME DE GASOIL DE GRAN MAGNITUD POR ROTURA CATASTRÓFICA TANQUE SUBTERRÁNEO

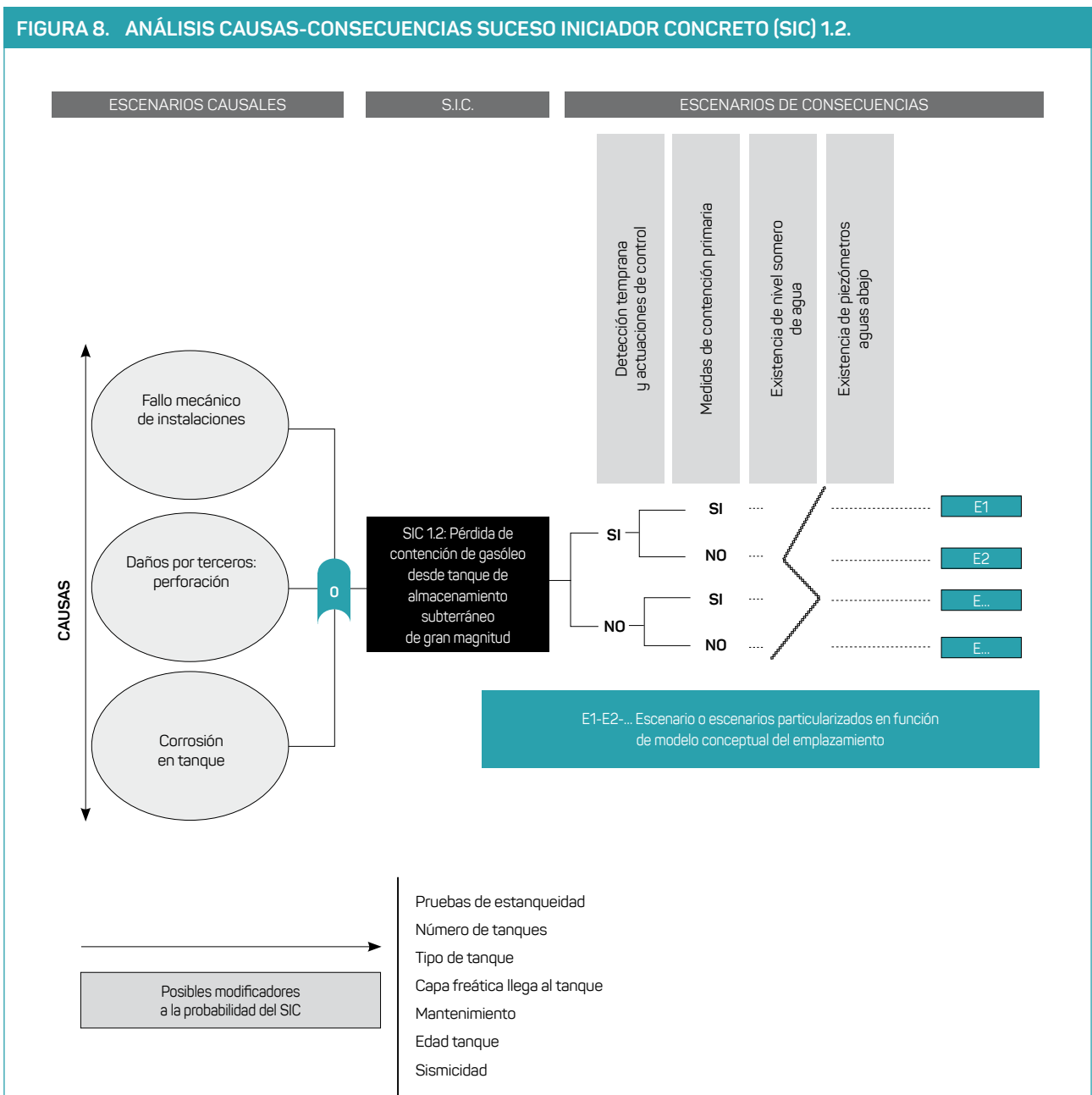
Los posibles medios afectados, en función del Modelo Conceptual del Emplazamiento, los siguientes: suelo, aguas subterráneas, aguas superficiales, es-

pecies, hábitat protegidos y/o ribera del mar y de las rías.

Se podrían contemplar los siguientes factores condicionantes de las causas del SIC: pruebas de estanqueidad, tipo, edad y número de tanques y riesgo sísmico. Por otro lado, los factores condicionantes de las consecuencias del EA: detección temprana y actuaciones de control, medidas de contención primaria, existencia de nivel somero de agua, y existencia de piezómetros aguas abajo.

Al igual que en el SIC anterior, el CDI sería el gasóleo.

FIGURA 8. ANÁLISIS CAUSAS-CONSECUENCIAS SUCESO INICIADOR CONCRETO (SIC) 1.2.



SIT 2. Pérdida de contención durante los procesos de carga/descarga de materia primas inflamables

SIC 2.1: Pérdida de contención durante los procesos de carga/descarga de materia primas inflamables de pequeña magnitud

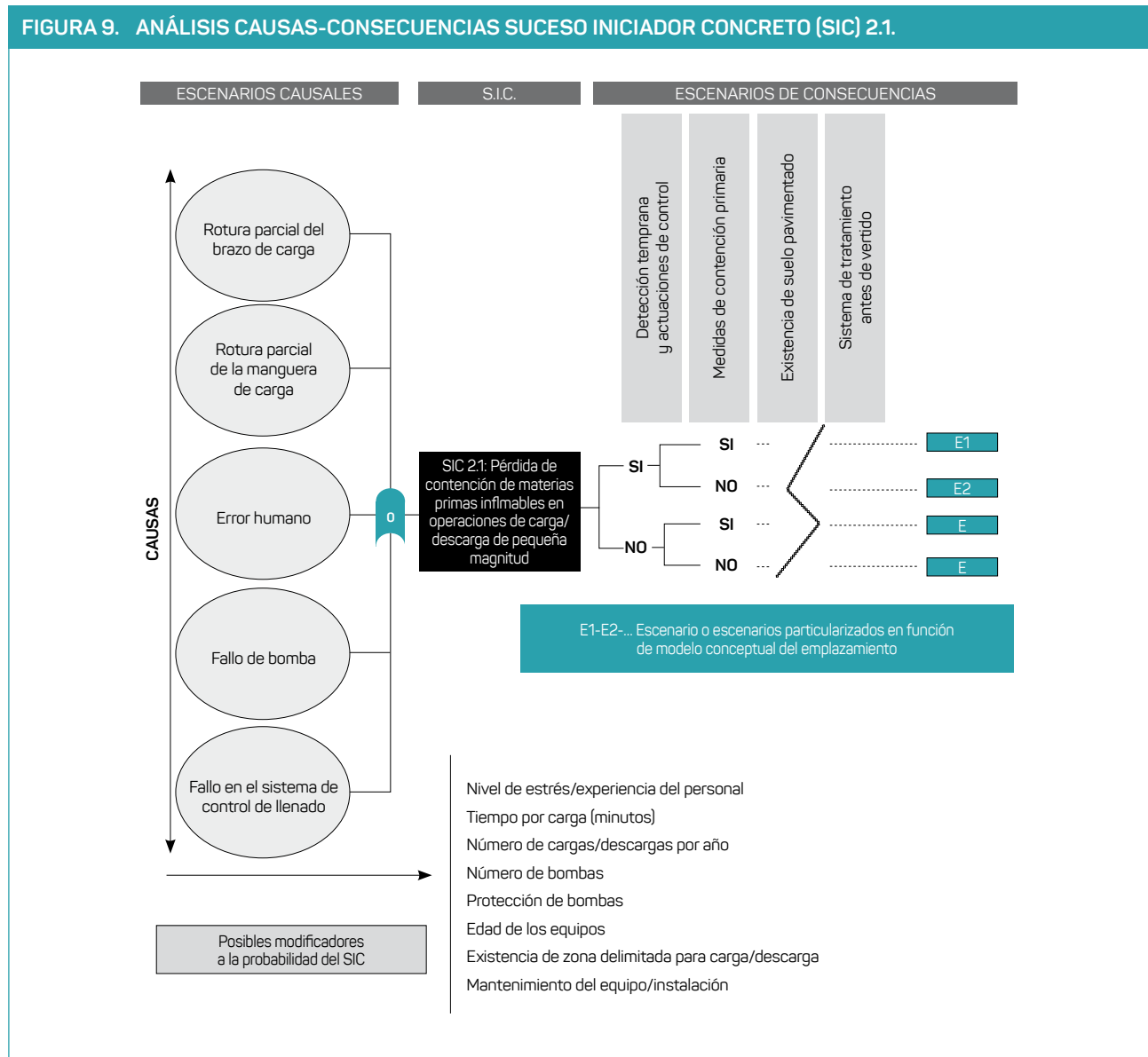
Los EA relevantes a tener en cuenta podrían ser:

DERRAME DE MATERIAS PRIMAS INFLAMABLES DE PEQUEÑA MAGNITUD DURANTE PROCESOS DE CARGA/DESCARGA

En función del Modelo Conceptual del Emplazamiento, podrían verse afectados los siguientes medios: suelo, aguas subterráneas.

Podrían considerarse los siguientes factores condicionantes de las causas del SIC: nivel de estrés/experiencia del personal; tiempo de carga; número de operaciones; número y edad de los equipos (bombas); existencia de protección de las bombas; existencia de zonas delimitadas y mantenimiento de los equipos. Por otro lado, los factores condicionantes de las consecuencias del EA: detección temprana y actuaciones de control, medidas de contención primaria, existencia de suelo pavimentado, y sistemas de tratamiento antes de vertido.

La principal sustancia involucrada, dependiendo de la línea de fabricación y más en concreto de la instalación, podría ser alcohol etílico u otro alcohol, isodecano, isododecano, cetonas, siliconas u otra sustancia inflamable, la cual se seleccionaría como CDI.



SIC 2.2: Pérdida de contención durante los procesos de carga/descarga de materias primas inflamables de gran magnitud

Se podrían considerar los siguientes EA relevantes:

DERRAME DE MATERIAS PRIMAS INFLAMABLES DE GRAN MAGNITUD DURANTE PROCESOS DE CARGA/DESCARGA

Los posibles medios afectados, en función del Modelo Conceptual del Emplazamiento, los siguientes: suelo, aguas subterráneas, aguas superficiales, especies, hábitat protegidos y/o ribera del mar y de las rías.

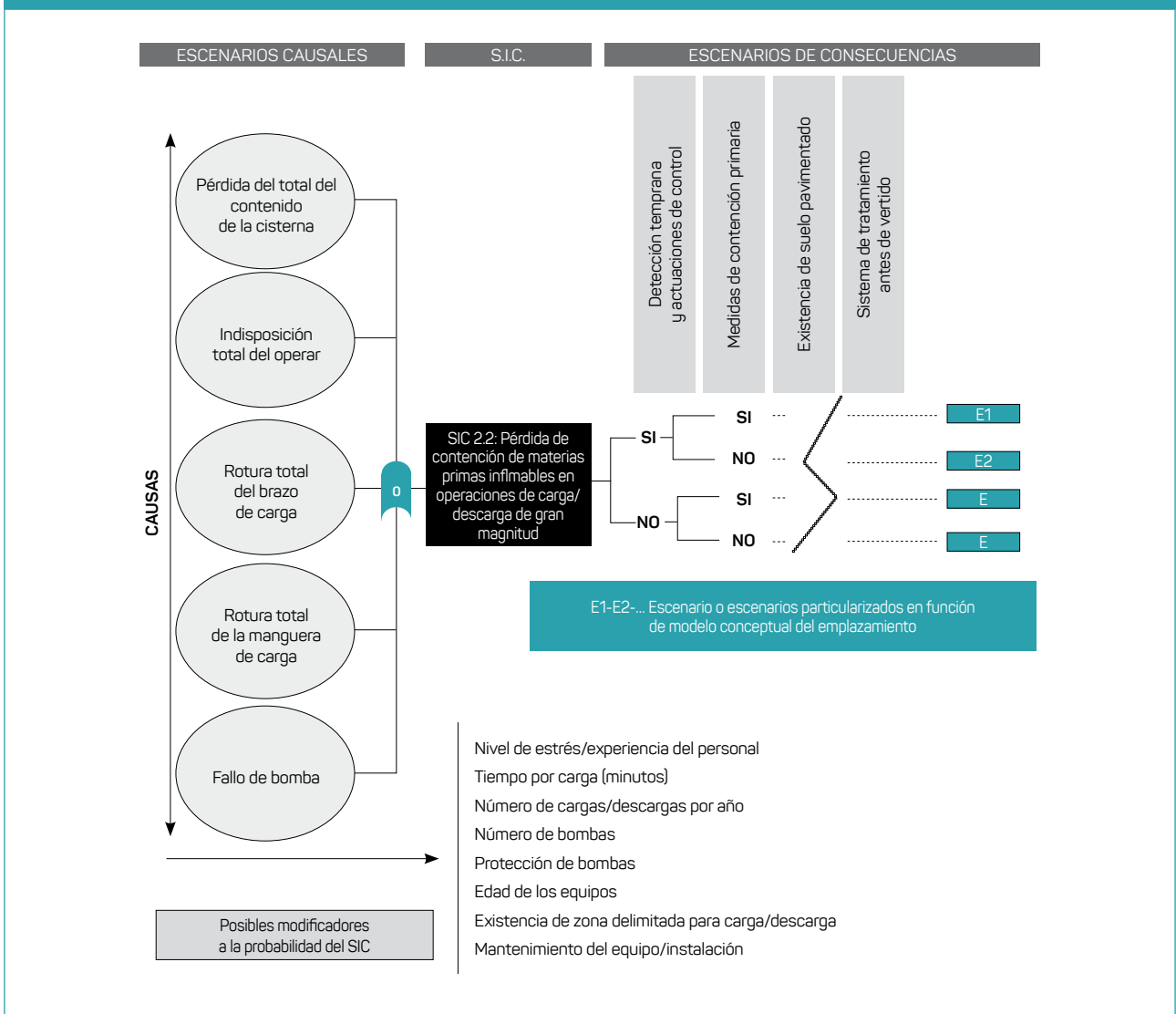
Se podrían contemplar los siguientes factores condicionantes de las causas del SIC: nivel de estrés/

experiencia del personal; tiempo de carga; número de operaciones; número y edad de los equipos (bombas); existencia de protección de las bombas; existencia de zonas delimitadas y mantenimiento de los equipos.

Por otro lado, los factores condicionantes de las consecuencias del EA: detección temprana y actuaciones de control, medidas de contención primaria, existencia de suelo pavimentado, y sistemas de tratamiento antes de vertido.

Al igual que en el caso anterior, la principal sustancia involucrada, dependiendo del línea de fabricación y más en concreto de la instalación, podría ser alcohol etílico u otro alcohol, isodecano, isododecano, cetonas, siliconas u otra sustancia inflamable, la cual se seleccionaría como CDI.

FIGURA 10. ANÁLISIS CAUSAS-CONSECUENCIAS SUCESO INICIADOR CONCRETO (SIC) 2.2.



SIT 3. Vertido fuera de especificaciones desde sistema de tratamiento de aguas

SIC 3.1. Vertido fuera de especificaciones desde el sistema de tratamiento de aguas

Se podrían contemplar los siguientes EA relevantes:

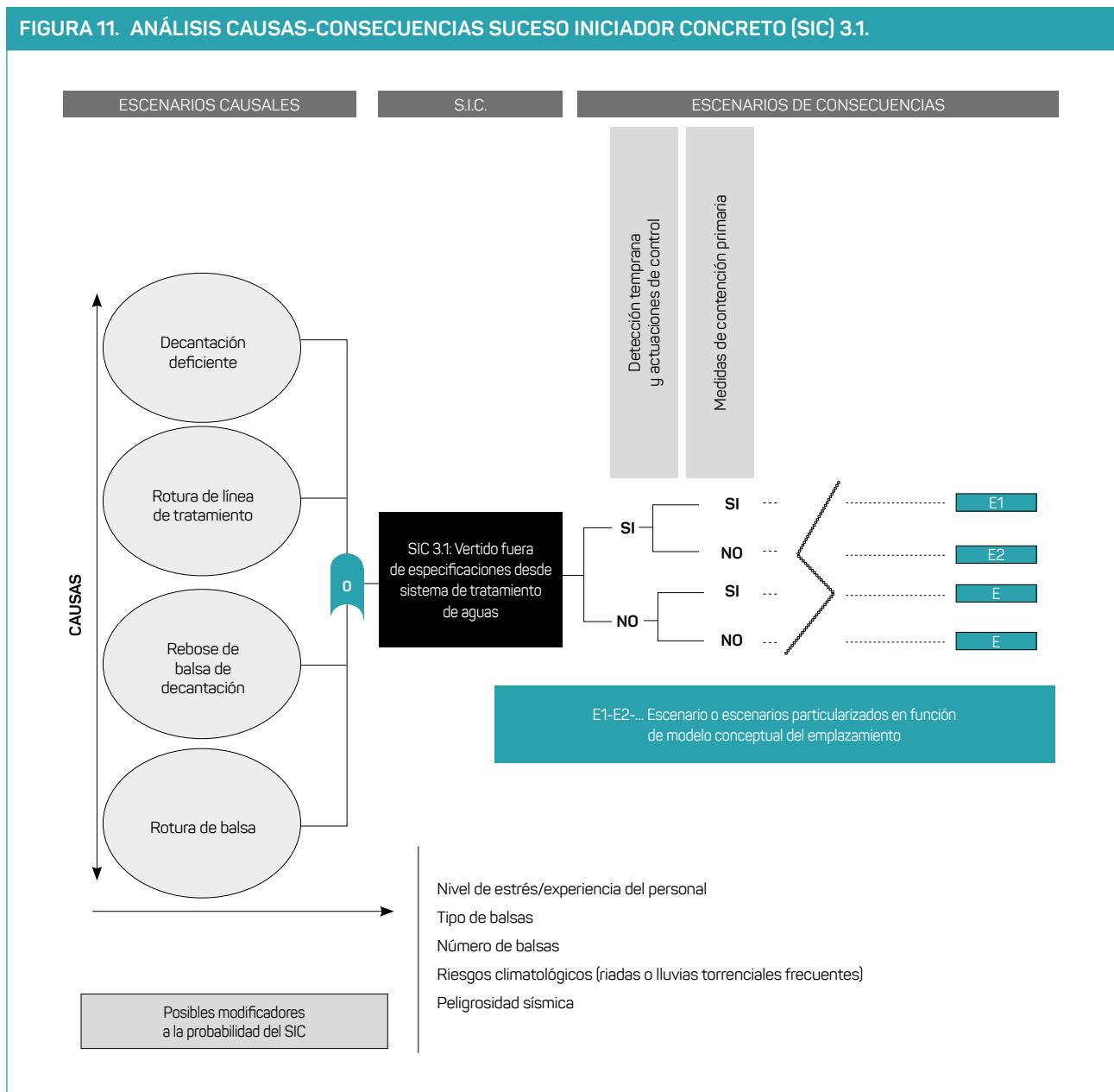
VERTIDO FUERA DE ESPECIFICACIONES DESDE SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS

En función del Modelo Conceptual del Emplazamiento, podrían verse afectados los siguientes medios: agua superficial, riberas y especies/hábitat.

Los factores condicionantes de las causas de que se produzca el SIC podrían ser: el nivel de estrés/ experiencia del personal, tipo y número de balsas de tratamiento u otros sistemas de contención, riesgos climatológicos (riadas o fuertes lluvias).

Por otro lado, los factores condicionantes de las consecuencias del EA: detección temprana y actuaciones de control y medidas de contención primaria.

El CDI involucrado podrían ser sólidos en suspensión o alguna sustancia específica contenida en las aguas de lavado.



SIT 4. Incendio en instalaciones

SIC 4.1. Incendio en instalaciones

Se podrían contemplar los siguientes EA relevantes:

PROPAGACIÓN FUERA DE LA INSTALACIÓN DE INCENDIO EN EQUIPO CON AFECCIÓN A RECURSOS NATURALES.

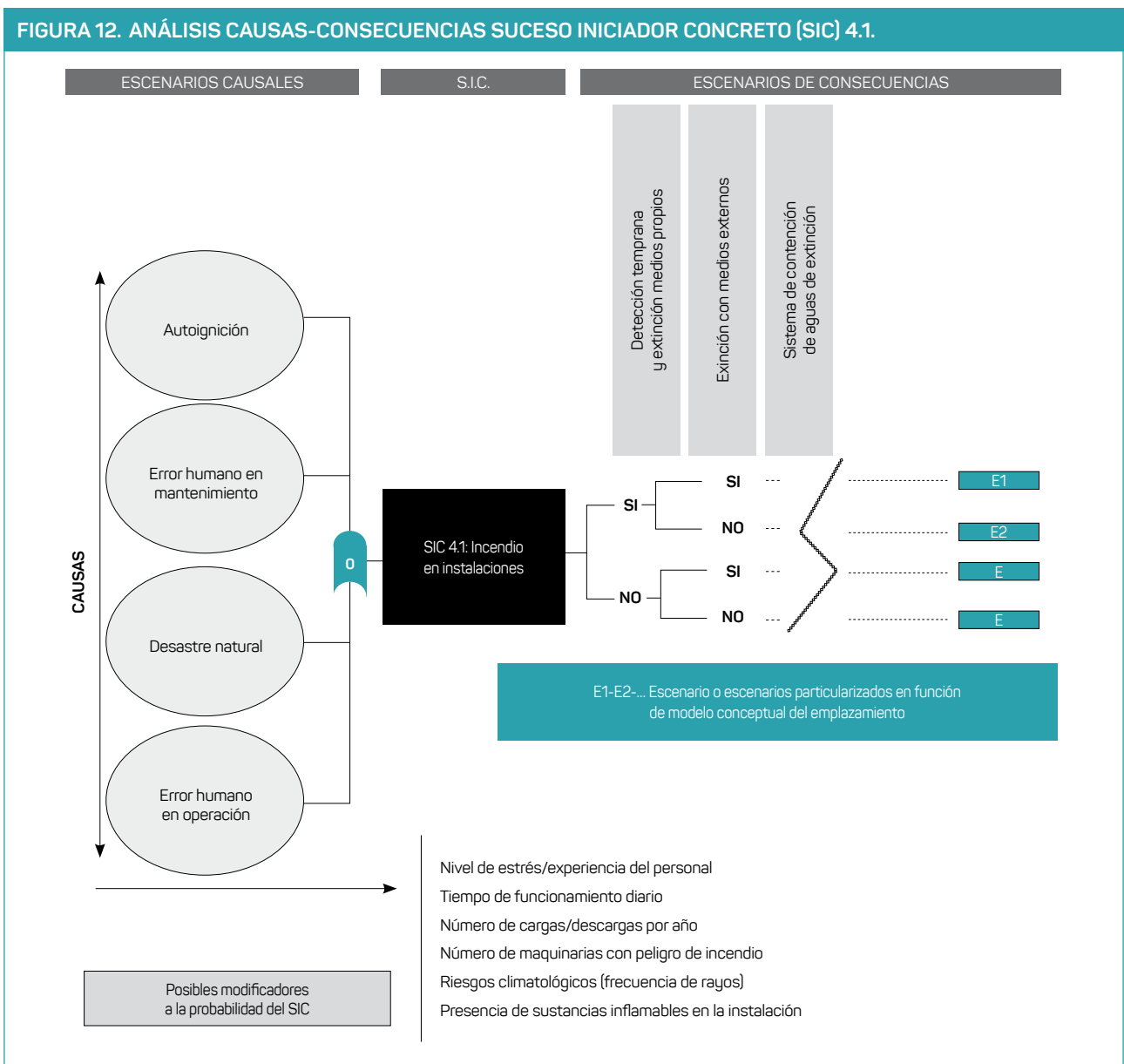
Los factores condicionantes de las causas de que se produzca un incendio en la instalación que podrían tenerse en cuenta son: nivel de estrés/experiencia del personal, número de equipos con riesgo de incendio, y riesgos climatológicos (frecuencia de rayos).

Por otro lado, los factores condicionantes de las consecuencias del EA podrían ser: detección temprana y extinción con medios propios, proximidad y medios de extinción externos a la planta (Brigadas Forestales, Servicio de Bomberos).

En este caso el daño sería de tipo físico por lo que no se selecciona ningún CDI. El agente causante del daño es el fuego.

El escenario accidental anterior quedará totalmente caracterizado con la particularización de los medios que puedan verse afectados, en función del Modelo Conceptual del Emplazamiento específico que se analice. En general se considera que en estos escenarios

FIGURA 12. ANÁLISIS CAUSAS-CONSECUENCIAS SUCESO INICIADOR CONCRETO (SIC) 4.1.



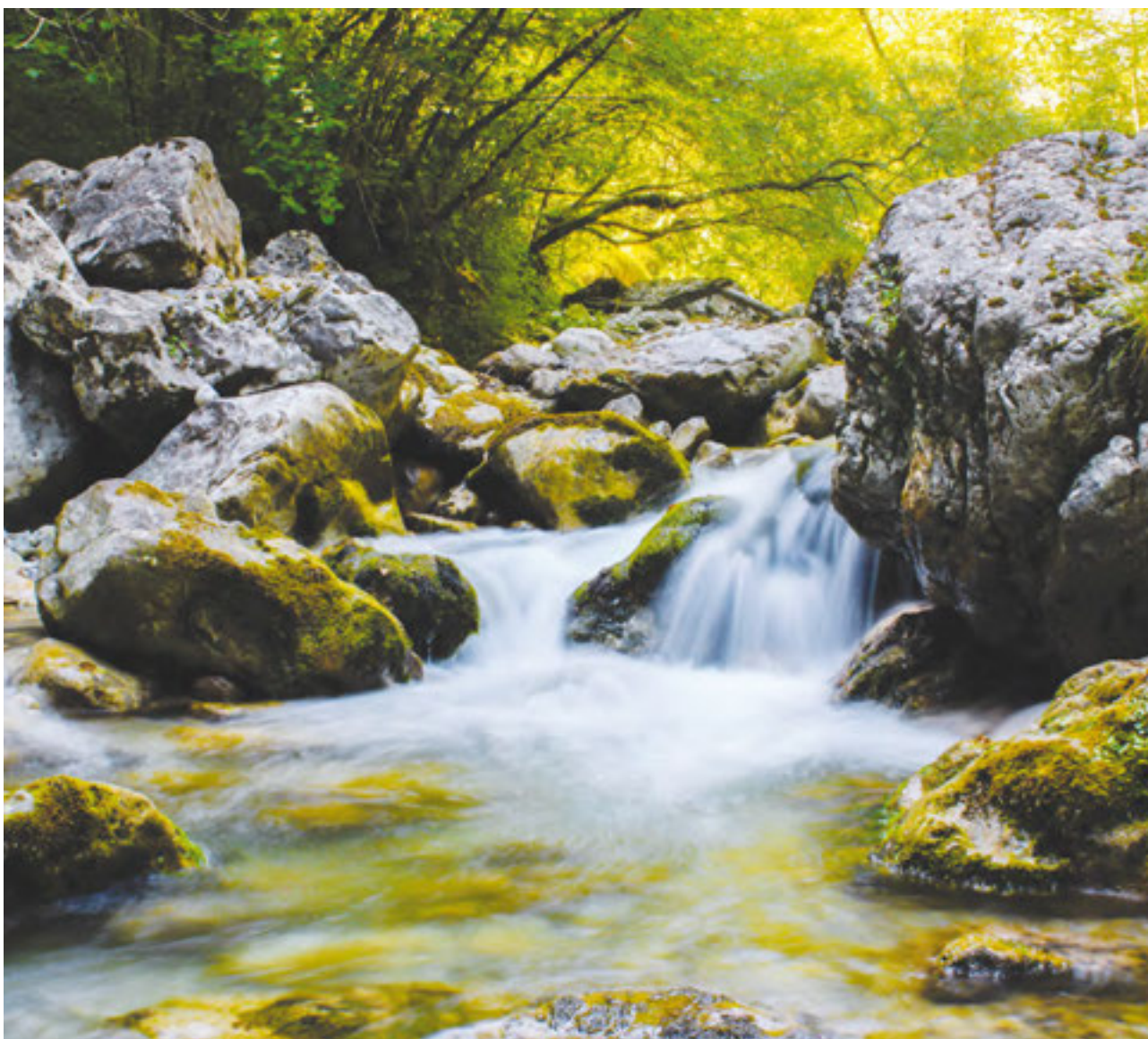
podrían verse afectados los siguientes medios: especies y hábitat para el incendio con propagación exterior.

VERTIDO DE AGUAS DE EXTINCIÓN DE INCENDIO A MASA DE AGUA SUPERFICIAL POR INCENDIO EN CINTAS TRANSPORTADORAS.

Los factores condicionantes de las causas de que se produzca un incendio en la instalación que podrían tenerse en cuenta son: nivel de estrés/experiencia del personal, número de equipos con riesgo de incendio, y riesgos climatológicos (frecuencia de rayos). Por otro lado, los factores condicionantes de las consecuencias del escenario accidental (EA) podrían ser: detección temprana y extinción con medios propios y existencia de contención de aguas de extinción.

En caso de verse involucrado en el incendio algún combustible u otra sustancia que pudiese ser arrastrado por las aguas de extinción, se consideraría como agente causante del daño (CDI) el propio combustible o sustancia. En otro caso se consideraría sólo arrastre de aguas con sólidos en suspensión.

El escenario accidental anterior quedará totalmente caracterizado con la particularización de los medios que puedan verse afectados, en función del Modelo Conceptual del Emplazamiento específico que se analice. En general, se considera que en estos escenarios podrían verse afectados los siguientes medios: aguas superficiales, riberas y especies y hábitat.



SIT 5. Pérdida de contención desde tanque de almacenamiento aéreo

SIC 5.1. Pérdida de contención desde tanque de almacenamiento aéreo de pequeña magnitud

De los escenarios posibles para el SIC, se considera más relevante para el sector, atendiendo a su probabilidad y consecuencias previsibles:

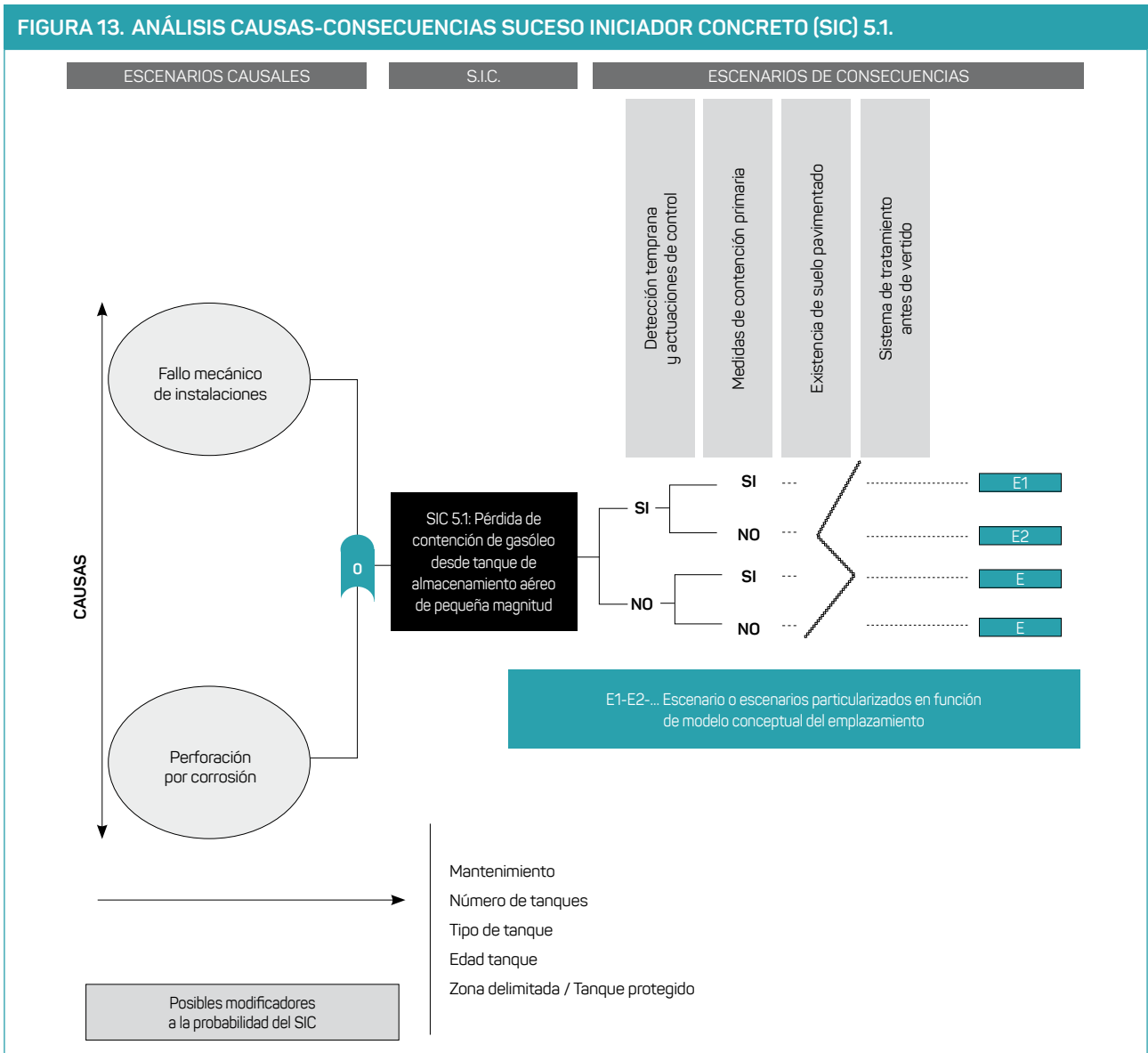
DERRAME DE GASOIL DE PEQUEÑA MAGNITUD POR ORIFICIO EN PARED TANQUE AÉREO

Los factores condicionantes de las causas del SIC podrían ser: tipo, edad y número de tanques, el mantenimiento y la existencia de una zona delimitada

tada o que el tanque se encuentre protegido. Por otro lado, los factores condicionantes de las consecuencias del EA: detección temprana y actuaciones de control, medidas de contención primaria, existencia de suelo pavimentado, y sistemas de tratamiento.

La principal sustancia involucrada es el gasóleo, considerándose éste como CDI. Se selecciona este CDI por ser el combustible mayoritariamente utilizado por la maquinaria en las instalaciones de este tipo.

En función del Modelo Conceptual del Emplazamiento, podrían verse afectados los siguientes medios: suelo, aguas subterráneas, aguas superficiales, especies, hábitat protegidos y/o ribera del mar y de las rías.



SIC 5.2. Pérdida de contención desde tanque de almacenamiento aéreo de gran magnitud

De los escenarios posibles para el SIC, se considera más relevante para el sector, atendiendo a su probabilidad y consecuencias previsible:

DERRAME DE GASOIL DE GRAN MAGNITUD POR ROTURA CATASTRÓFICA TANQUE AÉREO

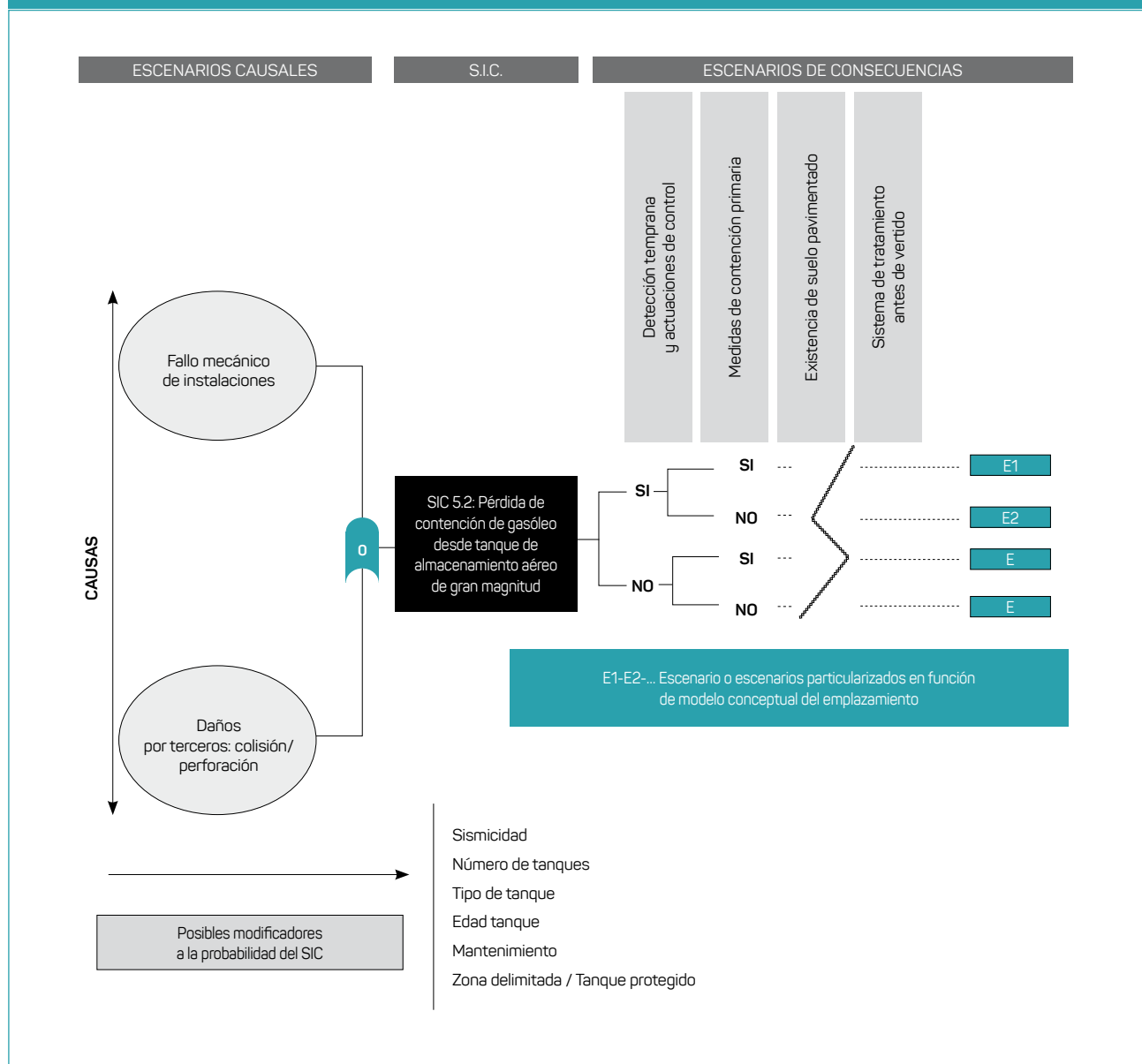
Se podrían contemplar los siguientes factores condicionantes de las causas del SIC: tipo, edad y número de tanques, mantenimiento, riesgo sísmico y la existencia de una zona delimitada o que el tan-

que se encuentre protegido. Por otro lado, los factores condicionantes de las consecuencias del EA: detección temprana y actuaciones de control, medidas de contención primaria, existencia de suelo pavimentado, y sistemas de tratamiento.

Al igual que en el caso anterior, la principal sustancia involucrada es el gasóleo, considerándose éste como CDI.

Los posibles medios afectados, en función del Modelo Conceptual del Emplazamiento, los siguientes: suelo, aguas subterráneas, aguas superficiales, especies, hábitat protegidos y/o ribera del mar y de las rías.

FIGURA 14. ANÁLISIS CAUSAS-CONSECUENCIAS SUCESO INICIADOR CONCRETO (SIC) 5.2.



6.6. Protocolos para la asignación de probabilidad



El riesgo ambiental a calcular mediante el empleo de la presente guía es el resultado del producto de la probabilidad de ocurrencia de un determinado escenario accidental (EA) y los daños del mismo sobre los recursos naturales definidos por la Ley de Responsabilidad Medioambiental (LRM).

En este apartado se desarrolla un protocolo para orientar a los operadores en el proceso de asignación de la probabilidad de los EA que se les puedan plantear al llevar a cabo el análisis de riesgo ambiental (ARA) de su instalación.

En general:

- La probabilidad de los EA considerados en el ARA debe ser obtenida por parte del operador mediante la aplicación en su instalación de un protocolo basado en metodologías que combinen árboles de fallos y árboles de sucesos. Referido a partir de ahora como Análisis de causas y consecuencias (ACC).
- Las probabilidades a asignar en los árboles de fallos y sucesos deben ser obtenidas por parte del operador según las fuentes de referencia o metodologías que se incluyen en el presente protocolo, debiendo quedar recogidas y justificadas en el informe del ARA que se elabore para cada instalación.

Este protocolo incluye:

- ACC tipo así como los factores condicionantes de causas y condicionantes de consecuencias para cada suceso iniciador concreto (SIC).
- Criterios para asignar las probabilidades siguiendo el método de ACC. Base para la obtención de la probabilidad final del EA particularizado con los datos de cada instalación.
- Criterios y fuentes de referencia para asignar las probabilidades.
- Resumen esquemático del protocolo de asignación de probabilidad.

En cualquier caso, las instalaciones deberán particularizar el análisis de riesgos a su realidad, por lo que los sucesos iniciadores identificados en apartados anteriores no son excluyentes de cualquier otro específico de la instalación objeto del análisis de riesgos.

6.6.1. Análisis de causas y consecuencias (ACC)

La metodología seguida para definir la probabilidad del escenario accidental está basada en el desarrollo de árboles que determinan las causas del suceso iniciador concreto (SIC) y de árboles que determinan cómo puede evolucionar el evento desde que tiene lugar el SIC hasta que se desencadena/n el/los escenario/s accidental/es final/es.

Para la asignación de la probabilidad de cada EA se recomienda al operador:

- Seleccionar los escenarios que puedan ocurrir en su instalación conforme se indica en el Apartado 6.5.
- Desarrollo de un árbol de causas para cada SIC o asignación directa: El operador tiene la opción de determinar la probabilidad del SIC bien por asignación directa, si se dispone de un valor de probabilidad que le pueda ser asignado de forma directa, o bien mediante el desarrollo del árbol completo, teniendo en cuenta la probabilidad de cada una de las causas inmediatas del SIC y sus posibles combinaciones. Se incluyen las recomendaciones para asignar estos valores, bien a partir de las fuentes de referencia disponibles incluidas más adelante en este documento, bien a través de reuniones de expertos o una combinación de ambas.
- Desarrollo de un árbol de consecuencias para cada SIC, que permita al operador concretar la magnitud y tipología del EA final así como su probabilidad.

En la **Figura 6** recogida en el apartado anterior, se muestra un esquema de cómo construir los árboles de causas y consecuencias considerando: las causas directas que pueden combinarse para desencadenar un SIC; los factores condicionantes (FC) de la probabilidad del SIC; los FC de las consecuencias del SIC y finalmente, el EA.

Se recomienda no desarrollar el árbol de causas más allá del primer nivel o causas inmediatas al SIC. Estas causas se consideran ya, en terminología de análisis mediante árboles, como sucesos básicos o sucesos no desarrollados que desencadenan el suceso iniciador. Un desarrollo más en detalle, que buscase las causas subyacentes a las inmediatas para em-

plearlas en el cálculo de probabilidades, supondría una mayor complejidad en el proceso e implica un mayor conocimiento/búsqueda de información en cuanto a tasas de fallos de componentes y equipos que se considera que excede el objetivo y alcance de esta guía y los ARA que se desarrollarán a partir del mismo, con lo que el esfuerzo no compensaría los resultados obtenidos.

Este trabajo de detalle puede ser desarrollado por cada operador en la medida que desee obtener un mejor conocimiento y gestión del riesgo asociado a cada escenario concreto. No obstante, en la metodología se recomienda el uso de los factores condicionantes de la probabilidad de las causas para matizar la probabilidad del SIC en cada instalación.

Pese a las recomendaciones y las propuestas incluidas en esta guía, es al operador al que le corresponde asignar y calcular la probabilidad de cada EA, ya que su desarrollo y acontecimiento está ligado al Modelo Conceptual de cada instalación.

En el caso de los valores de las probabilidades, éstos no se incluyen en la guía por la diversidad y grado de especificidad necesario en cada posible caso. No obstante, se incluyen una serie de referencias bibliográficas donde se pueden consultar estos valores utilizables y otros posibles procedimientos a seguir.

6.6.2. Criterios para asignar probabilidades mediante análisis de causas y consecuencias (ACC)⁹

En este apartado se desarrolla un protocolo concreto que permite al operador calcular una probabilidad para cada EA final en su instalación.

Para la asignación de probabilidades se propone avanzar por fases según la siguiente propuesta:

FASE 1: Selección del SIC para aplicar el protocolo

El operador debe seleccionar los SIC incluidos en el Apartado 6.3 que sean aplicables a su instalación

⁹ El protocolo proporciona directrices básicas para que operadores, algo familiarizados con estas herramientas y conceptos de probabilidad, puedan utilizar esta metodología para el cálculo de probabilidades. Una descripción más detallada de estas herramientas o conceptos escapan al alcance de este documento, pero están disponibles en fuentes de referencia relativas a metodologías de análisis de riesgos, incluidas en la Apartado 6.6.3.

u otros que, por ser específicos, no se han incluido en esta guía.

FASE 2: Asignar probabilidad al SIC

Utilizando como referencia el esquema de ACC de la **Figura 6**, el operador puede optar por dos vías, la elección queda a su criterio:

- Asignación directa, mediante la búsqueda de una probabilidad asociada al SIC en las fuentes de referencia incluidas más adelante en la **Tabla 14**. También se puede recurrir a reuniones de expertos del sector o de la planta que, en base a su experiencia, acuerden una probabilidad para cada SIC. Es recomendable que este tipo de reuniones estén dirigidas por una persona con experiencia en la materia que, para comenzar la reunión recurra a algún dato orientativo de probabilidad procedente de alguna fuente bibliográfica o del sector.
- Mediante el desarrollo y cálculo del árbol de fallos, asignando una probabilidad de ocurrencia, conforme a las fuentes de referencia, a cada una de las causas que da lugar al SIC. A continuación, si alguna de las causas inmediatas contribuye directamente por sí sola en la aparición de un suceso anterior, se conecta con él mediante una puerta lógica del tipo "O". Si son necesarias simultáneamente todas las causas inmediatas para que ocurra un suceso, entonces éstas se conectan con él mediante una puerta lógica del tipo "Y" (INSHT, NTP 333). Una puerta "O" implica que la probabilidad compuesta es igual a la suma de las probabilidades individuales conectadas mediante este operador, mientras que para una puerta "Y", la probabilidad compuesta es igual al producto de éstas (Storch de Gracia, J.M., et al., 2008).

Siempre que exista un valor de probabilidad que pueda ser asignado directamente al SIC, o cuando la asociación entre el SIC y un valor de probabilidad de entre las fuentes consultadas sea unívoca o muy similar, se recomienda la primera opción de asignación directa. La opción del árbol de fallos se recomienda cuando no sea factible encontrar en las fuentes una probabilidad asimilable directamente al SIC. Esta segunda opción también se puede utilizar cuando el operador desea conocer en mayor detalle la aportación de cada causa a la probabilidad final del SIC, para mejorar su gestión del riesgo. En este caso, que excede el alcance del presente trabajo, queda a discreción del operador el desarrollar los árboles de fallos planteados más allá de las causas inmediatas.

En la **Tabla 12** se recogen, a modo de ejemplo, las probabilidades de algunos sucesos iniciadores típicos

TABLA 12. EJEMPLOS DE PROB. DE SUCESOS INICIADORES (SI) FASE 3: INCLUIR POSIBLES MODIFICADORES A LA PROB. DEL SUCESO INICIADOR CONCRETO (SIC) (FACTORES CONDICIONANTES (FC) DE LAS CAUSAS)

SUCESO INICIADOR (SI)	PRef	UNIDADES	REFERENCIA
Pérdida de Contención (PC) por rotura catastrófica de tanque aéreo vertical	5,00E-06	año -1	TNO, 2005, considerado liberación instantánea de todo el inventario
PC por fisura de depósito	1,00E-04	año -1	TNO, 2005, estimado como orificio de 10 mm en tanque
PC durante procesos de carga/descarga por rotura parcial de la manguera/brazo de carga	4,00E-04	h-1	TNO, 2005, considerado manguera
PC por rotura catastrófica de cisterna de camión	1,00E-05	año -1	TNO, 2005, considerado rotura catastrófica de cisterna no presurizada. Por año (presencia 100% del tiempo)
PC por rotura total de tubería	1,00E-06	m-1 año-1	TNO, 2005, considerado como línea de 3", valor más conservador
PC en operaciones de carga/descarga	1,00E-05	operación-1	TNO, 2005, considerado derrame del producto durante su manipulación en la carga/descarga.

PC: Pérdida de contención
 PRef.: Probabilidad de referencia
 TNO: Organización Holandesa de Investigación Científica Aplicada

tomadas de las fuentes bibliográficas recogidas en la **Tabla 14** más adelante en este documento.

FASE 3: Incluir posibles modificadores a la probabilidad del SIC (FC de las causas)

En esta fase, la probabilidad asignada o calculada para el SIC o para cada una de sus causas, se matiza con modificadores de la probabilidad que son específicos del emplazamiento estudiado. Estos modificadores, denominados factores condicionantes (FC), son de dos tipos:

- Modificadores de la probabilidad asociados a las unidades en que figura el dato de probabilidad.

Estos modificadores deben ser considerados y aplicados en todos los casos por el operador en el cálculo de la probabilidad. El origen de estos modificadores está en que, por definición, la probabilidad de un suceso es la probabilidad de ocurrencia de un suceso en un año y en un emplazamiento. Cuando la probabilidad de referencia (PRef.) del suceso indica la probabilidad del mismo por operación, por hora, por equipo, por metro u otro, es necesario corregir el valor a uno anual por emplazamiento. En este caso, la probabilidad del suceso viene definida por:

Ecuación 1. Probabilidad del suceso por año y por emplazamiento

$P_{suceso} = 1 - (1 - P_{ref})^n$	
Donde	
P_{suceso}	Probabilidad del suceso, por año y por emplazamiento.
P_{ref}	Probabilidad de referencia, por operación, por hora, por equipo, por metro y otros.
n	Número de operaciones, horas u otros por año, o número de equipos, metros y otros para el emplazamiento concreto.

- Modificadores de la probabilidad no asociados a las unidades en que figura el dato de probabilidad.

Estos modificadores son de carácter opcional para el operador. Se trata de modificadores de la probabilidad

de ocurrencia del SI. El origen de éstos está en matizar la probabilidad del SIC en función de FC específicos del emplazamiento como pueden ser: el grado de formación de los operadores, la antigüedad de los equipos, el estado de mantenimiento u otros, y que no hayan podido ser considerados al asignar la probabilidad del SIC mediante el árbol de fallos o directamente. Sólo se debería adoptar esta matización para casos que: (i) difieran sensiblemente del estándar del sector o (ii), cuando los valores asignados directamente desde las referencias posibiliten ese hecho. En cualquier caso, no se recomienda aplicar factores que puedan variar la probabilidad base del suceso iniciador en más de un orden de magnitud (factor entre 0,1 y 10) salvo que exista un dato bibliográfico específico o un desarrollo detallado del árbol de fallos. Estos factores deben ser claramente reflejados en la propuesta de tabla de probabilidades (Tabla 15) que se incluye más adelante en este documento apartado.

Como resultado final, se obtiene una probabilidad anual de ocurrencia del SIC, particularizada para nuestra instalación. Esta probabilidad será la de partida para el cálculo del árbol de sucesos que se desarrolla en la fase siguiente.

FASE 4: Seleccionar los FC de las consecuencias para el SIC

En esta fase, el operador debe seleccionar y particularizar los FC de las causas y de las consecuencias. En el Apartado 5.4 anterior en este documento, se incluyen unos ejemplos de FC que pueden servir de orientación. La selección se debe realizar teniendo en cuenta los métodos de prevención y evitación presentes en la instalación y las posibles rutas que tiene el CDI en el emplazamiento para alcanzar a un receptor de los contemplados en la LRM. Como resultado de esta fase, el operador obtiene por cada SIC los factores condicionantes que encabezarán cada árbol de sucesos.

Cabe señalar que muchas veces la detección temprana y las actuaciones de control, así como las

medidas de prevención y evitación (el fallo de las mismas) vienen determinadas por un error humano, en este sentido, tal y como se recoge más adelante en la Tabla 14 cabe señalar como fuente de referencia de probabilidades de fallos humanos la NTP 619 Fiabilidad humana: evaluación simplificada del error humano (I) publicada por el INSHT. A continuación se recogen dos ejemplos de factores condicionantes y su probabilidad. (Ver Tabla 13).

FASE 5: Construir y asignar probabilidades al árbol de sucesos para cada SIC

A partir de cada SIC, y con los FC de las consecuencias seleccionados, el operador puede construir un árbol de sucesos. Para ello, coloca como cabecera cada uno de los FC y, a partir del SIC, plantea sistemáticamente dos bifurcaciones para cada uno de ellos. La de la parte superior refleja el éxito o la ocurrencia del FC (Sí ocurre) y en la parte inferior se representa el fallo o no ocurrencia del mismo (No ocurre). La selección de una bifurcación excluye a la otra (Si o No). Dado que a cada una de ellas hay que asignarles una probabilidad de entre 0 y 1, que además son excluyentes y que por definición la probabilidad de un suceso no puede ser mayor que uno, la suma total de las probabilidades asignadas en cada bifurcación debe ser 1, ya que si no los sucesos planteados no serían excluyentes.

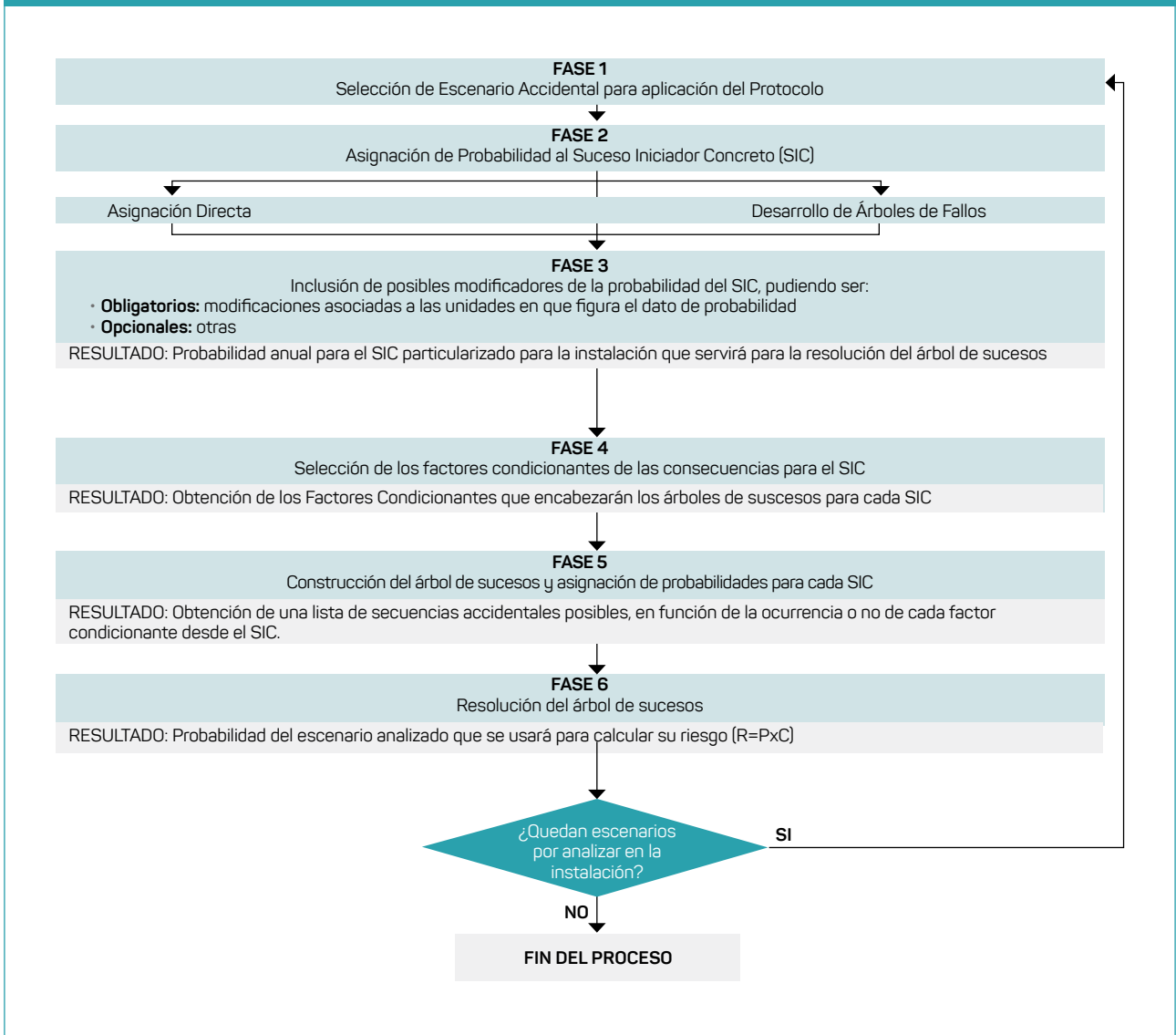
Para asignar las probabilidades el operador recurrirá a las referencias e indicaciones recogidas más adelante en este apartado.

Como resultado de la construcción del árbol de sucesos, el operador obtiene una lista de caminos o secuencias posibles, en función de la ocurrencia o no de cada FC desde que se produce el SIC. Cada una de esas rutas resulta en un EA final para la instalación concreta. El operador deberá seleccionar de cada uno de estos EA posibles, los que sean relevantes desde el punto de vista de daños ambientales.

TABLA 13. EJEMPLOS DE PROBABILIDADES DE FACTOR CONDICIONANTE (FC) DE LAS CONSECUENCIAS

FACTORES CONDICIONANTES (FC)		PROBABILIDAD
A	Detección temprana y actuaciones de control: se considera error operativo (basado en destreza y con tiempo corto) el no detectar y parar o recoger derrame antes de infiltrarse en suelo. Fuente: INSHT NTP 619 y RIVM, 2009.	1,00E-01
B	Medidas de contención primarias: existe cubeto con llave de vaciado de aguas pluviales a cauce. Se considera error humano (basado en mantenimiento y rutina) el haber dejado la llave de pluviales abierta. Fuente: INSHT NTP 619.	1,00E-03

FIGURA 15. RESUMEN ESQUEMÁTICO DEL PROTOCOLO DE ASIGNACIÓN DE PROBABILIDAD



Al finalizar el proceso anterior, tanto el SIC como cada una de las bifurcaciones del árbol de sucesos tienen asignada una probabilidad de ocurrencia, por lo que es posible hallar la probabilidad de cada escenario posible tal y como se define en la fase siguiente.

FASE 6: Resolver el árbol de sucesos

El operador ya puede en esta fase obtener la probabilidad de cada secuencia accidental del árbol de sucesos mediante el producto de la probabilidad del SIC, obtenida en la FASE 2, por cada una de las probabilidades asignadas en las bifurcaciones hasta el EA final. La probabilidad así obtenida para el EA analizado será la que se emplee en el cálculo de riesgo del escenario.

En la **Figura 15** se muestra un esquema del flujo del procedimiento de trabajo propuesto para la asignación de probabilidades.

6.6.3. Fuentes de referencia para asignar las probabilidades

Las probabilidades a emplear en cada ARA pueden obtenerse, con carácter general y en ausencia de datos específicos de la instalación, de las fuentes citadas en esta sección. Estas fuentes, recogidas en la **Tabla 14**, facilitan, en general, las probabilidades de fallos de equipos (más habituales en los emplazamientos industriales), humanos u otros. En este sentido:

- En la medida de lo posible, y para dar coherencia al estudio, se debe emplear un número reducido de fuentes de referencia y utilizar el resto con carácter auxiliar.
- Las probabilidades se deben seleccionar de tal manera que la descripción del suceso o factor buscado y el de la fuente sean unívocos o lo más similares posibles.
- Cuando no sea factible encontrar la probabilidad adecuada a un suceso o factor determinado, se contempla la posibilidad de asignar la probabilidad:
 - A partir de fuentes no incluidas en este apartado.
 - Por cálculo o determinación con panel de expertos, con personal especializado en análisis de riesgos o técnicos de la planta.

En estos casos se deben tener en cuenta y utilizar como guía las probabilidades o rangos de probabilidades similares que se encuentren disponibles en las fuentes bibliográficas incluidas en este apartado.

Las decisiones para asignar la probabilidad a un suceso o factor deben quedar correctamente registradas para su trazabilidad, para esto se ha incluido una propuesta de tabla. Asimismo, se deben recoger especialmente aquellas probabilidades asignadas que no hayan sido

obtenidas directamente de fuentes bibliográficas o que puedan introducir un mayor grado de incertidumbre.

6.6.4. Modelo para incluir las probabilidades empleadas

Las probabilidades asignadas para cada suceso iniciador o factor condicionante, deben recogerse en cada ARA para facilitar la trazabilidad de los datos.

Entre la información mínima que debe ser recogida, se incluye:

- Probabilidad asignada a cada SIC, FC o cualquier otro elemento de los árboles de fallos o de sucesos que no se obtenga de un cálculo a partir de otras probabilidades asignadas.
- Unidades en las que se facilita el dato de probabilidad (por evento, por año, por equipo, otro).
- Fuente de la que se ha obtenido el dato.

En la **Tabla 15** se muestra, con carácter orientativo, un formato de tabla para asegurar la trazabilidad de los valores asignados en los ARA. Los valores de probabilidad incluidos son a modo de ejemplo.

TABLA 14. FUENTES DE REFERENCIA PARA LA ASIGNACIÓN DE PROBABILIDADES

OGP	2010	<i>Risk assessment data directory.</i>
RIVM	2009	<i>Reference Manual Bevi Risk Assessments, version 3.2.</i>
AENOR	2006	Norma UNE-EN 61511, Seguridad Funcional, Sistemas instrumentados de seguridad para la industria de procesos, Parte 3 guía para la determinación de los niveles requeridos de integridad de seguridad.
TNO	2005	<i>Guidelines for quantitative risk assessment "Purple Book", report CPR 18E, 2nd edition.</i>
Frank P. Lees	1996	<i>Loss prevention in the process industries. Hazard identification, Assessment and control, 2nd edition.</i>
INSHT	--	NTP 619 Fiabilidad humana: evaluación simplificada del error humano (I).
DGPCE	1994	Guía Técnica. Métodos cuantitativos para el análisis de riesgos.

TABLA 15. TRAZABILIDAD DE LA PROBABILIDAD: MODELO DE TABLA

EA	SUCESOS/FACTORES	PROBABILIDAD	UNIDADES	REFERENCIA	COMENTARIOS
xx	Fuga en tanque	$1,00 \cdot 10^{-4}$	Por tanque	TNO, 2005	Fuga 10 mm tanque pared simple
	Error de operador	$1,00 \cdot 10^{-2}$	Por operación	INSHT, NTPXXX

6.7. Protocolos para cuantificar y evaluar la significatividad del daño



Tal y como se ha indicado anteriormente, el riesgo ambiental asociado a un determinado escenario se calcula como el producto de la probabilidad de ocurrencia del mismo y las consecuencias del mismo, es decir, el daño ambiental que pueda ocasionar. Cabe señalar que, en el marco de la Ley de Responsabilidad Medioambiental (LRM), las consecuencias se calculan en términos de coste monetario asociado a las medidas de recuperación primaria, previa determinación del daño potencialmente causado medido en unidades biofísicas.

Las consecuencias, en términos de daño ambiental, se pueden estimar mediante el cálculo de los niveles de daño que cada foco individual puede provocar en un receptor en comparación con unos umbrales de referencia. Asociado al uso de modelos, los niveles de referencia y umbrales asociados se refieren en general a concentración de una sustancia perjudicial en el medio, si bien pueden ser otros (como extensión afectada en un incendio) Para estos cálculos se propone la metodología de selección de modelos de transporte, para la estimación de la extensión del daño en unidades biofísicas (metros cúbicos en el caso de aguas, toneladas en el caso de suelos, hectáreas en el caso de hábitat o número de especies naturales) y el cálculo de la concentración de cada agente causante del daño (CDI) en los distintos receptores considerados cuando proceda. Las concentraciones de referencia dependen de la tipología de receptor y su sensibilidad y suelen corresponderse con estándares de calidad.

La comparación entre las concentraciones estimadas para cada CDI (mediante los modelos de transporte) y los distintos valores de referencia o estándares de calidad, sirven al operador para determinar la intensidad del daño o el Índice de Peligrosidad (IP) de cada CDI.

Por otro lado, la consecuencia en términos de coste monetario se refiere al coste de recuperación basado en medidas de reparación primaria de las unidades biofísicas afectadas, a considerar: volumen en el caso de aguas, toneladas en el caso de suelos, hectáreas en el caso de hábitat o número de especies natura-

les. El coste de cada unidad de volumen de unidad biofísica afectada varía en función de la intensidad de la afección. Por ello, en este caso también es necesario comparar una concentración estimada en el medio frente a una concentración aceptable. El valor resultante se conoce como Nivel de Daño (ND), y es por tanto análogo a IP. La metodología de cálculo para estimar el coste (monetización) se define en el Apartado 6.8.

La cuantificación consistirá en estimar el grado de exposición por parte de los receptores afectados al agente causante del daño y en la medición de los efectos que éste produce sobre aquéllos. Según el RD 2090/2008, para cuantificar el daño los operadores deberán evaluar, en la medida de lo posible, la extensión, la intensidad, y la escala temporal del daño en cada uno de los mencionados escenarios de riesgo para posteriormente identificar los escenarios significativos a efectos del cálculo de la garantía financiera.

En este apartado se exponen los procedimientos que el operador podrá utilizar en su análisis del riesgo medioambiental particularizado para cuantificar el daño y a evaluar su significatividad.

Para la elaboración de este protocolo se han tenido en cuenta los criterios técnicos para la determinación del daño medioambiental que establece el Real Decreto 2090/2008, de 22 de diciembre, en la sección 1ª del capítulo II y la memoria técnica justificativa que lo acompaña. Los protocolos están destinados a orientar a los operadores, por un lado, a determinar la extensión¹⁰, la intensidad¹¹ y la temporalidad¹² del daño en cada uno de los escenarios de riesgo identificados en su instalación, y por otro, a identificar los escenarios accidentales significativos.

¹⁰ Cantidad de recurso o servicio dañado (BOE 308, 2008).

¹¹ Severidad de los efectos ocasionados por el agente causante del daño (BOE 308, 2008).

¹² Caracterización de la reversibilidad y de la duración de los efectos adversos que experimentan los receptores hasta que éstos recuperan su estado básico (BOE 308, 2008).

6.7.1. Descripción y evaluación de la extensión del daño: tipo químico

La extensión del daño se determinará mediante la medición de la cantidad de recurso o de servicio afectado en unidades biofísicas, a considerar: metros cúbicos en el caso de aguas, toneladas en el caso de suelos, hectáreas en el caso de hábitat o número de especies naturales.

Se presta especial atención al método que podrá utilizar el operador para determinar la cantidad de receptor potencialmente afectado, ya que dicha cantidad será, junto al tipo de agente causante del daño (CDI), la característica que más va a condicionar la elección de la técnica de reparación primaria¹³ más adecuada y, por tanto, el valor del daño asociado a cada escenario que viene dado por el coste de dicha reparación.

En caso de que se considere necesaria la utilización de modelos de difusión para estimar la cantidad de receptor potencialmente dañado asociado a cada tipo de escenario accidental (EA), se ha formulado una propuesta sobre los modelos más adecuados que podrán utilizar los operadores del sector.

Igualmente, y mediante una justificación razonada, se proponen para algunos vectores soluciones o fórmulas alternativas más sencillas que permitan obtener un orden de magnitud confiable de la cantidad de receptor potencialmente afectado.

Según el artículo 33.2 del Real Decreto 2090/2008, de 22 de diciembre, el valor del daño medioambiental asociado a cada escenario será igual al coste del proyecto de reparación primaria. Para dicha valoración el operador podrá hacer uso del "Modelo de Oferta de Responsabilidad Medioambiental" (MORA). El riesgo asociado a cada escenario accidental será el valor resultante del producto entre la probabilidad de ocurrencia del escenario y el valor del daño medioambiental que viene dado por su coste de reparación primaria.

Teniendo en cuenta las recomendaciones del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, (MAGRAMA desde 2011), el potencial daño ambiental producido por cada EA se puede evaluar mediante:

- Programas comerciales (tanto de acceso público como uso bajo licencia), de mayor o menor comple-

jididad de utilización, que en muchos casos requieren cierta destreza o experiencia por parte del usuario; o

- Soluciones o fórmulas más o menos complejas que permiten obtener un orden de magnitud confiable de la cantidad de receptor potencialmente afectado.

La decisión a la hora de elegir el modelo, programa comercial o algoritmo más adecuado, se puede llevar a cabo siguiendo una serie de pasos sencillos que, independientemente del propio proceso de simulación, requieren de un buen conocimiento de la instalación y su entorno. Se enumeran a continuación unas recomendaciones de carácter general en cuanto a qué etapas realizar para tomar esta decisión de qué programa o algoritmo utilizar. Se debe tener en cuenta que gran parte de la información o acciones que se incluyen habrán sido ya llevadas a cabo íntegramente o parcialmente en las fases previas de la Guía de Responsabilidad Medioambiental o del análisis de riesgo ambiental (ARA) concreto que se esté desarrollando:

- **Elaboración del Modelo Conceptual (MC) de la instalación.** El MC de riesgo constituye los cimientos del proceso de simulación. La elaboración de un MC muy simplificado puede no ser lo suficientemente robusto y podría derivar en una sobreestimación o subestimación del riesgo y la necesidad de repetir el proceso. Por el contrario, un MC demasiado complejo puede exigir una cantidad de datos difícil de procesar y consume demasiados recursos (más tiempo de dedicación que se traduce en un coste mayor para el operador). Por tanto, el alcance del MC debe ser aquel que se ajuste mejor a las necesidades del proyecto y los recursos disponibles. Pese a que son numerosas las guías para la realización de estos modelos conceptuales, todas ellas coinciden en la necesidad de identificar los posibles focos, mecanismos de transporte, vías de exposición y receptores que puedan verse potencialmente afectados. Teniendo en cuenta el marco normativo de responsabilidad ambiental, cabe destacar la propuesta recogida en la norma UNE 150008:2008 (AENOR, 2008), recogida en la **Tabla 16**. Este trabajo de elaboración del MC debe completarse y particularizarse para cada instalación.
- Teniendo en cuenta el MC de la instalación, el siguiente paso lógico es el **planteamiento de hipótesis de accidente**, que debe partir de la identificación de los sucesos iniciadores. De acuerdo a la norma UNE 150008:2008 (AENOR, 2010), el suceso iniciador es un hecho físico que se ha identificado a partir de un análisis causal y que puede generar un incidente o accidente en función de cuál sea su evolución en el espacio-tiempo. Las fuentes de contaminación de-

¹³ Toda medida correctora que restituya o aproxime al máximo los recursos naturales o servicios de recursos naturales dañados a su estado básico (BOE 255, 2007).

TABLA 16. VARIABLES A CONSIDERAR EN LA ELABORACIÓN DEL MODELO CONCEPTUAL (MC) ¹⁴

FUENTES DE PELIGRO	VECTORES	RECEPTORES
<p>A. Factor humano Ámbito organizativo Ámbito individual</p> <p>B. Actividades/Instalaciones Almacenamientos Procesos e instalaciones productivas Procesos e instalaciones auxiliares</p> <p>C. Elementos externos Naturales Infraestructuras y suministros Socioeconómicos Tecnológicos</p>	Atmósfera Suelo Aguas: subterráneas y superficiales	Hábitat Especies silvestres Suelos Aguas subterráneas Aguas superficiales Ribera del mar y rías
<p>Variables a considerar</p> <ul style="list-style-type: none"> - Producto / Sustancia - Cantidad involucrada - Características físicas (sólido, líquido -disuelto y Fase Libre No Acuosa -FLNA- y gas) - Condiciones de servicio - Sistemas de prevención y control - Medios y tiempos intervención 	<p>Variables a considerar</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cond. meteorológicas - Cond. hidrogeológicas - Cond. hidrológicas - Vías preferenciales 	<p>Variables a considerar</p> <ul style="list-style-type: none"> Niveles de referencia (genéricos o específicos) Vías de exposición (específicas para los diferentes receptores)

berán definirse a partir de los sucesos iniciadores. El usuario necesitará considerar la duración, el estado (líquido, sólido o gaseoso), la masa o volumen y la composición del compuesto liberado. Además deberán considerarse las rutas de migración por las que el suceso iniciador afectará a los receptores, teniendo en mente que para que pueda haber riesgo es necesario que exista un agente causante del daño, una fuente desde la cual el contaminante se libera al medio, un receptor y una ruta de migración que conecta la fuente al receptor. En este sentido, se han desarrollado ejemplos en esta guía (Apartado 6.5.2 de planteamiento de escenarios y posibles receptores, y análisis de causas y consecuencias, ACC) y deben completarse y particularizarse para cada instalación.

- Una vez se ha definido el MC de riesgo del emplazamiento y se han planteado las hipótesis de accidente, se debería llevar a cabo un **análisis de la disponibilidad de datos de entrada**. La escasez y la incertidumbre de datos suele conducir a errores en las predicciones efectuadas por el modelo. Si no existen datos disponibles, el operador deberá plantearse la necesidad de obtención de algunos parámetros básicos mediante estudios preliminares (Ej. Investigación del subsuelo). El establecimiento del EBA de la instalación conforme se define en el

Apartado 6.4 y los valores de referencia para las sustancias incluidos en el apartado 6.7.2 ayudan a dar respuesta a parte de estos parámetros y requisitos de entrada.

- **Selección del modelo.** La selección del modelo más adecuado para valorar el daño ambiental debe estar basada en los puntos anteriores.

En las siguientes secciones se proponen una serie, tanto de programas como de algoritmos, destinados a cuantificar el daño mediante la simulación del comportamiento de los agentes causantes del daño (CDI) seleccionados para las distintas vías de migración. Los programas comentados son aquellos que el equipo consultor ha manejado y que más frecuentemente se utilizan en el sector; si bien pueden existir otras aplicaciones igual de válidas que los aquí comentados. En caso de que el Equipo de Trabajo haya realizado alguna valoración respecto a las herramientas existentes, ésta se hace desde el punto de vista más objetivo posible de cara a facilitar la realización de los Análisis de Riesgo Ambiental (ARA) a los futuros usuarios. Ni el Equipo de Trabajo ni las empresas tiene ninguna vinculación personal ni profesional con ninguna de las empresas o instituciones que han de-

¹⁴ Modificado de AENOR, 2008.

sarrollado las aplicaciones actualmente existentes y comentadas en este documento.

6.7.1.1 Modelos de simulación de flujo y transporte

Según el RD 2090/2008, el daño de tipo químico está asociado a la liberación de una sustancia en una concentración superior a su umbral de toxicidad en un determinado medio receptor. Para ello, tal y como se especifica en su Anexo I, se tendrá que determinar la concentración que puede alcanzar dicha sustancia en el medio. Para poder dar cumplimiento a este requisito, se aplicarán modelos de cálculo que permitan conocer la concentración de un determinado compuesto en el medio receptor, y así poder compararla con el nivel de referencia toxicológico.

Para caracterizar, tanto la extensión como la intensidad de un daño de tipo químico o físico¹⁵, existe una gran variedad de modelos que contemplan:

- Los diferentes mecanismos de transporte que pueden darse en los medios receptores
- La variedad de compuestos químicos que pueden liberarse al medioambiente, y
- Las diferentes vías de exposición a través de las cuales los diferentes receptores pueden verse afectados.

La propuesta de cuantificación, incluida en este documento, responde a la movilización de los agentes causantes del daño (CDI) a través de los siguientes medios:

- Zona no saturada (ZNS): transporte de los CDI seleccionados bajo componente vertical, a través de un medio poroso. Las distintas propuestas tienen en cuenta, entre otros, factores como la porosidad y permeabilidad del medio y profundidad del horizonte saturado. A través de éstas o del tratamiento de sus resultados, se obtienen valores para parámetros tales como la profundidad teórica de penetración del CDI seleccionado y volúmenes de suelo afectado.
- Zona saturada (ZS): la propuesta metodológica simula el comportamiento de la pluma de CDI en la zona saturada, teniendo en cuenta el estado estacionario de concentraciones de CDI aguas abajo del foco.
- Agua superficial: migración de CDI en distintas ti-

¹⁵ Tanto la LRM como el reglamento que la desarrolla parcialmente, hacen referencia a daños de tipo biológico causados por organismos modificados genéticamente. Dado que este tipo de CDI no se identifica con el sector no se ha incluido en esta guía.

pologías de cuerpos de agua superficial, tanto en ambiente continental como en aguas de transición y costeras.

- Transporte en aire: migración de partículas y sustancias gaseosas.

La propuesta metodológica está basada en la recopilación y análisis de modelos y algoritmos de fiabilidad y aplicabilidad ampliamente reconocidos. La propuesta incluye tanto programas comerciales y publicaciones de organismos públicos, como artículos científicos. El empleo de cualquier modelo incluido en este documento ayuda a que los resultados obtenidos con los mismos tengan un grado alto de confianza, siempre supeditados a la calidad de los datos de entrada y del correcto uso por parte del usuario.

Si el operador opta por desarrollar una herramienta *ad hoc* para su instalación, la recomendación sería que ésta tuviera como base alguna de estas aplicaciones, o publicaciones/guías reconocidas por la comunidad científico-técnica, pensando siempre que en un proceso de verificación, la aplicación debe ser transparente en su desarrollo y técnicamente solvente.

La **Tabla 17** incluye el resumen de todos los modelos que se proponen para la cuantificación del daño, así como una breve descripción. En cualquier caso, todos los modelos están siempre basados en simplificaciones de la realidad y asunciones, y todos ellos tienen limitaciones. El usuario es siempre el responsable de su aplicación, que habitualmente requiere de un proceso de ajuste o calibración que precisa de un mínimo de conocimientos técnicos y juicio experto, así como de un análisis de sensibilidad de los resultados obtenidos.

➔ Ver **Tabla 17. Resumen de modelos de transporte, transferencia entre medios y exposición: Daño químico**

Es importante resaltar que estos modelos estiman la extensión del daño para diferentes medios receptores (agua superficial, suelo, aguas subterráneas u otros). En función del escenario accidental y su ruta de transporte foco-receptor, puede ser necesario utilizar varios modelos. Para una pérdida de contención de un elemento en superficie, puede requerirse un modelo de fase libre no acuosa (FLNA) para estimar la infiltración y concentración en suelo y posible afección a aguas subterráneas y con posterioridad un modelo de transporte de aguas subterráneas para estimar las concentraciones finales en este medio.

CUANTIFICACIÓN DEL DAÑO EN SUELO: ZONA NO SATURADA (ZNS)

De entre todos los modelos enumerados en la **Tabla 17** se recomienda el uso de los siguientes:

- USEPA, 1994. Programa **HSSM** (Hydrocarbon Spill Screening Model).
- USEPA 1997. Programa **VLEACH** (Vadose Zone Leaching Model).
- Golder Associates Ltd para la Agencia Medioambiental de Reino Unido. Programa **CONSIM**.
- **HSSM** (Hydrocarbon Spill Screening Model), EPA/600/R-94/039A: transporte de hidrocarburo en fase libre no acuosa (FLNA). Distribuido de manera gratuita por la agencia de medio ambiente de los Estados Unidos a través de su página Web (<http://www.epa.gov/ada/csmos/models/hssmwin.html>).

Este modelo (USEPA, 1994) simula el flujo de fase libre no acuosa (FLNA) y el transporte de los compuestos químicos de la FLNA desde la superficie hasta el nivel freático, la extensión radial de la FLNA sobre el nivel freático, y la disolución y transporte del compuesto químico en la zona saturada. El modelo Hydrocarbon Spill Screening Model (HSSM) es unidimensional en la zona no saturada, radial en la franja capilar y bidimensional en la ecuación de advección-dispersión de la zona saturada. En esta sección se incluye la descripción del modelo para el transporte en ZNS.

El uso de este modelo está limitado a hidrocarburos, y calcula el transporte de uno de los compuestos de la FLNA (a seleccionar). Si es necesario conocer el alcance de todos los compuestos que componen la FLNA, habría que ejecutar el programa tantas veces como compuestos a considerar.

Los datos de entrada al modelo son:

- Volumen fugado.
- Características de la ZNS y Zona Saturada (ZS).
- Distancia a receptores.

Los datos de salida del modelo son:

- Concentraciones del compuesto seleccionado a una distancia concreta a lo largo del tiempo.
- Características del agente causante del daño (CDI).
- **VLEACH** (*A One-Dimensional Finite Difference Vadose Zone Leaching Model*), USEPA, 1997: transporte de contaminantes orgánicos. Distribuido por la agencia de medio ambiente de los Estados Unidos de forma

gratuita a través de su página Web (<http://www.epa.gov/ada/csmos/models/vleach.html>).

Este modelo es unidimensional, para realizar evaluaciones preliminares de los efectos en el agua subterránea derivados de la lixiviación de compuestos orgánicos a través de la zona no saturada (no se aplica para FLNA). El programa simula cuatro procesos principales: advección de la fase líquida, adsorción de la fase sólida, difusión de la fase vapor y equilibrio entre las tres fases. VLEACH simula el transporte vertical por advección en la fase líquida y por difusión gaseosa en la fase vapor. El programa trata la variación espacial y temporal de la concentración existente en sólido, líquido y gas: $C_s(z,t)$, $C_l(z,t)$ y $C_g(z,t)$. El modelo asume que las condiciones del suelo son homogéneas y que el compuesto no sufre ningún proceso de degradación.

Entre los datos de entrada necesarios se incluyen: propiedades físico-químicas de los CDIs (Ej. Coeficiente de Distribución de Carbono Orgánico - K_{oc} -, Constante de Henry - K_H -) y características físicas del medio (Ej.- porosidad efectiva, contenido volumétrico en agua y concentración inicial del CDI en el medio).

De entre los datos de salida de este modelo se encuentran: la concentración disuelta del compuesto analizado a la profundidad del nivel freático (dato que puede ser empleado como dato de entrada del modelo de transporte en ZS) y perfil de concentración del CDI en la vertical (desde el punto de liberación hasta alcanzar el nivel freático). En caso de que una pluma de contaminación contenga diferentes compuestos, habrá que realizar el análisis para cada uno.

Estos dos tipos de resultados se generan en ficheros de tipo ASCII en formato X-Y por lo que tienen que ser sometidos a un tratamiento posterior para la obtención de unidades biofísicas de ZNS afectada.

El operador tiene acceso, también de forma gratuita, al manual de usuario (<http://www.epa.gov/ada/download/models/vleach.pdf>). Éste proporciona ayuda sobre la teoría del modelo, asunciones, limitación, determinación de los parámetros de entrada, análisis de resultados y análisis de sensibilidad.

- **CONSIM**, modelo probabilístico desarrollado y distribuido por Golder Associates Ltd para la agencia de medio ambiente de Reino Unido (EA; <http://www.consim.co.uk/>). No es una aplicación gratuita, requiere de la adquisición de una licencia de usuario que puede rondar los 1.000 €.

A este fin podría utilizarse el modelo probabilístico CONSIM que contiene ecuaciones para la simulación predictiva del transporte a través de la ZNS y en la ZS. Mediante su uso, se puede conocer la profundidad de penetración del CDI y, junto al dimensionamiento horizontal de la zona afectada y la consideración de parámetros como la densidad del suelo, determinarse las toneladas de recurso afectado. El modelo probabilístico permite la introducción de variables de entrada en forma de distribuciones de datos para su procesamiento mediante el análisis de Monte Carlo. Esto podría suponer una ventaja a la hora de valorar la probabilidad de ocurrencia de consecuencias y, por tanto, podría incorporarse al cálculo del riesgo global de un emplazamiento. CONSIM no es una aplicación gratuita sino que requiere de la compra de una licencia de usuario.

Como parte de los datos de entrada necesarios para el modelo se encuentran:

- Propiedades de la zona no saturada (como conductividad hidráulica vertical, profundidad del nivel freático, porosidad, fracción de carbono orgánico).
- Datos de propiedades del acuífero (conductividad hidráulica, gradiente hidráulico, porosidad efectiva).
- Tasa de infiltración/recarga.
- Propiedades del contaminante que afectan al modelado de su transporte (coeficientes de dispersividad, coeficientes de reparto, vida media en la zona vadosa y saturada).
- Datos de la zona fuente (localización, anchura y profundidad de la zona fuente, concentraciones de contaminante en la zona fuente).

Como resultados del modelo, el operador puede obtener:

- Gráficos de concentración frente al tiempo en la base de la ZNS, en el agua subterránea bajo la zona fuente y en puntos de control fijados –aguas abajo– por el usuario.
- Gráficos de probabilidad acumulada de concentración en la base de la zona no saturada, en el agua subterránea bajo la zona fuente y en puntos de control fijados –aguas abajo– por el usuario.
- Gráficos de tiempos de transporte con retardo y sin retardo en la ZNS y ZS.
- Vistas en planta de curvas de isoconcentración en el agua subterránea (útil como dato de entrada para la cuantificación en ZS).

La mayoría de los resultados obtenidos con estos modelos no sólo sirven para cuantificar el daño en la ZNS, sino que pueden ser de utilidad a la hora de establecer prioridades en la aplicación de medidas de gestión del

riesgo [Ej. la obtención de tiempos de transporte puede resultar útil para el diseño de planes de seguimiento de la calidad del subsuelo, ya que ayuda a estimar la periodicidad de las medidas y/o toma de muestras de agua subterránea].

CUANTIFICACIÓN DEL DAÑO EN AGUA SUBTERRÁNEA: ZONA SATURADA (ZS)

Una vez que el CDI ha alcanzado la ZS, éste tenderá a migrar con predominio del plano horizontal sobre el vertical. La migración horizontal ocurrirá en la zona de contacto ZNS-ZS. Se asume que el CDI migrará en una dirección dominante definida por el sentido de flujo de agua subterránea. De entre todos los modelos enumerados en la **Tabla 17** para la simulación de comportamiento de los CDI, se recomienda el uso de los siguientes:

- AFCEE (*Air Force Center for Environmental Excellence, Houston –Texas*). USEPA, 1997. Programa **BIOSCREEN**.
- Colaboración entre U.S. EPA (*Subsurface Protection and Remediation Division, National Risk Management Research Laboratory, Robert S. Kerr Environmental Research Center, Ada, Oklahoma –RSKERC*) y AFCEE. 2002. Programa **BIOCHLOR**.
- USEPA, 1997. Programa **BIOPLUME III**.
- Connor, J.A., et al. 2007. Programa **RBCA** (*Risk-Based Corrective Action*).
- Lynn R. Spence, Spence Environmental Engineering, Pleasanton, California. Terry Waldon, BP Oil International, Sunbury, UK. Distribuido por *Groundwater Software*; Programa **RISC** (*Risk-Integrated Software for Clean-Ups*).
- **BIOSCREEN, BIOCHLOR**. Aplicaciones gratuitas distribuidas a través de la página Web de la agencia de medio ambiente de los Estados Unidos (USEPA) (<http://www.epa.gov/ada/csmos/models/bioscrn.html>;<http://www.epa.gov/ada/csmos/models/biochlor.html>).

A partir de una concentración bajo el foco, es necesario calcular el transporte y comportamiento de la contaminación hasta los receptores. La solución de Domenico¹⁶ estima la concentración del/los CDI/s aguas abajo la dirección de flujo desde el foco. Esta solución, en su forma original, puede estimar las concentraciones en un punto a una distancia “x” aguas abajo de una fuente y una distancia “y” perpendicular al eje central de la pluma. Las suposiciones principales del modelo son:

¹⁶ Distintas aproximaciones a la misma solución analítica. Las ecuaciones están disponibles de manera gratuita a través de la página Web de la USEPA, en los manuales de usuario de las distintas aplicaciones.

- El sistema se encuentra en estado estacionario.
- El acuífero y el campo de flujo son homogéneos e isotrópicos.
- La velocidad del agua subterránea es suficientemente rápida como para que la difusión molecular pueda ser ignorada.
- La adsorción es un proceso reversible representado por una isoterma lineal.

Ambas aplicaciones están programadas en Microsoft Excel® y están basadas en la solución analítica para el transporte de contaminantes desarrollada por Domenico. La principal diferencia entre ambos modelos son los tipos de contaminantes que consideran. Mientras que BIOSCREEN está dirigido a la simulación de la biodegradación de hidrocarburos, BIOCHLOR simula vertidos de disolventes clorados. Sus bases de datos no incorporan otro tipo de contaminantes, por lo que para estimar las concentraciones de cualquier otro CDI aguas abajo del foco, se recomienda el uso de la misma solución de Domenico fuera de estos programas teniendo en cuenta las características específicas de los CDI a considerar.

En cuanto a la estimación de la cantidad de recurso afectado (volumen de agua subterránea a un determinado nivel de daño), el operador puede recurrir a aproximaciones geométricas y cálculos sencillos, a partir de las distancias calculadas con Domenico, en las que se consideren además características del medio como la porosidad.

- **BIOPLUME III.** Aplicación gratuita distribuida a través de la página Web de la agencia de medio ambiente de los Estados Unidos (USEPA) (<http://www.epa.gov/ada/csamos/models/bioplume3.html>).

Otro modelo gratuito distribuido por la USEPA similar a BIOSCREEN y BIOCHLOR es BIOPLUME III. Éste permite la determinación de la extensión de plumas de hidrocarburo en aguas subterráneas y su representación bidimensional. La principal diferencia que presenta este modelo con BIOSCREEN y BOCHLOR es que éste considera la heterogeneidad espacial de las variables de entrada y permite introducir elementos modificadores de los patrones de flujo, como pozos de inyección y extracción. En contrapartida, este programa requiere mayor experiencia en simulación y conocimientos en el campo de la hidrogeología y el transporte de contaminantes. Esta aplicación genera como resultado mapas de concentraciones en el agua subterránea, a partir de los cuales, mediante un sencillo tratamiento posterior de los datos, se pueden obtener estimaciones de la intensidad y la ex-

tensión del daño. Las ecuaciones matemáticas del modelo están disponibles en el manual de usuario, que se puede consultar de manera gratuita a través de la citada página Web.

- **RBCA** (*Risk-Based Corrective Action*) y **RISC** (*Risk-Integrated Software for Clean-Ups*). Ambos modelos requieren de una licencia de usuario que oscila entre 630€ (<http://www.gsi-net.com/es/software/rbca-tool-kit-for-chemical-releases-version-25-en-espanol.html>) y 500€ (<http://www.groundwatersoftware.com/risc.htm>) respectivamente.

Ambas aplicaciones están programadas en entorno Microsoft Excel® y utilizan las mismas asunciones de cálculo entre sí y con los modelos descritos anteriormente: se basan en la solución analítica de Domenico para la simulación del transporte de contaminantes, la cual considera los efectos de la advección, dispersión lateral, adsorción y degradación de los contaminantes para el cálculo de concentraciones.

En ambas aplicaciones la variación en los valores asignados a algunos parámetros, incluidos en sus bases de datos puede hacer que los resultados finales sean distintos según utilicemos uno u otro programa. Los resultados obtenidos a partir de ambos modelos están orientados a la evaluación de la contaminación del recurso en términos de concentración. Su uso como variables de entrada para el cálculo de la garantía financiera (por ejemplo a través de MORA) presenta dificultades dado que el objeto de este programa no es la cuantificación (Ej. metros cúbicos) de medio afectado. Sin embargo, los resultados del modelo de Domenico pueden emplearse para determinar la extensión (longitudinal) de agua subterránea afectada. Para ello es necesario definir a partir de que concentración va a considerarse el agua subterránea como contaminada y asumir un área transversal de flujo subterráneo para poder estimar el volumen de daño.

Existen otros modelos más complejos de utilizar a partir de los cuales pueden obtenerse soluciones más refinadas. Tal es el caso de, por ejemplo MODFLOW y su módulo de simulación de transporte de contaminantes MT3DMS. El uso de este tipo de aplicaciones requiere, por lo general, de una gran cantidad de datos de entrada (normalmente en forma de serie de datos y no valores únicos) y una experiencia previa en simulación y especialmente en hidrogeología, para poder llevar a cabo la calibración e interpretación de los resultados de manera correcta. Del mismo modo, este tipo de aplicaciones requieren de

la adquisición de una licencia de usuario¹⁷ y al igual que el resto de los modelos propuestos, tampoco proporcionan salidas directas en cuanto a extensión e intensidad del daño. Se desaconseja el uso de estas aplicaciones como primera opción, estando sujeto su uso a las necesidades y características específicas de cada operador e instalación particular.

Cabe señalar además, que la aplicación de los modelos propuestos se limita a medios porosos, por ser éstos la mayoría de los casos de estudio que se suelen presentar en la práctica. Los modelos descritos nos son aplicables a aquellas situaciones en las que la instalación se encuentra situada sobre un medio fracturado o kárstico. A gran escala se podría considerar que un acuífero de estas características podría comportarse, bajo determinadas circunstancias, como un medio poroso. Sin embargo, a la escala de estos proyectos se requiere la simulación del sistema de fracturas o del sistema kárstico. Para la simulación de transporte de contaminantes podría servir una combinación de ambos, esta aproximación puede resultar práctica y puede llevar a resultados válidos para la estimación de las garantías financieras. Sin embargo, la combinación de estas dos tipologías de modelos puede llevar a inconsistencias en los resultados (Dottridge J., et. al).

Para la simulación de flujo en medios fracturados existen otro tipo de aplicaciones que requieren del usuario una gran experiencia previa y conocimientos técnicos en el área de hidrogeología, y del modelo una cantidad de datos de entrada superior a las requeridas por los modelos de simulación de medios porosos. Para este tipo de simulaciones podemos encontrar, entre otras aplicaciones, **FRACMAN y MAFIC** (*Matrix and Fracture Interaction Code*), ambos desarrollados y distribuidos por Golder Associates tras la compra de una licencia de usuario.

CUANTIFICACIÓN DEL DAÑO EN AGUA SUPERFICIAL CONTINENTAL: VERTIDO EN RÍO

De todos los modelos incluidos en la **Tabla 17** se recomienda el uso de:

- USEPA; programa **QUAL2K** (*River and Stream Water Quality Model*).

¹⁷ En el caso concreto de MODFLOW, la aplicación es gratuita. Si bien su uso de manera directa no es nada intuitivo y generalmente se recurre a la adquisición de programas diseñados como pre/post-procesadores, como es el caso de GROUNDWATER VISTAS. En la actualidad la mayoría de los usuarios utilizan este tipo de aplicaciones, también conocidas como Interfaz Gráfica del Usuario (IGU), para simulaciones con MODFLOW. Además de GrounwaterVistas, otras IGU disponibles en el mercado son: Processing MODFLOW; Visual MODFLOW o Groundwater Modeling System.

- DHI (*Danish Hydraulic Institute*); programa **MIKE 11**
- **QUAL2K** es una aplicación gratuita distribuida por la USEPA. Está disponible a través de la página <http://www.epa.gov/athens/wwqtsc/html/qual2k.html>.

Su uso requiere un grado de conocimiento básico sobre hidrología y transporte de contaminantes. Aunque es relativamente simple, familiarizarse con la interfaz de usuario y el post-procesado de los resultados requiere de cierto tiempo. QUAL2K tiene algunas limitaciones en cuanto a simulación de algunos compuestos de interés, tales como que para la simulación de procesos de contaminación asociados a metales pesados debería referirse a sólidos inorgánicos en suspensión y no podría simularse, por ejemplo, vertidos de hidrocarburos en fase libre no acuosa (FLNA). QUAL2K asume una mezcla homogénea tanto vertical como lateralmente. Permite incluir canales tributarios además del curso principal. Permite también la simulación de múltiples fuentes puntuales y difusas que se pueden introducir en cualquier punto del sistema.

Los datos de entrada requeridos por esta aplicación son: caudal de los tramos de ríos considerados para la simulación (o cálculo del mismo previa introducción de pendiente del tramo y sección de paso); datos relacionados con estructuras con efecto significativo sobre el flujo, como presas; datos sobre el nivel de base de los parámetros de calidad del río. Del mismo modo, si el vertido se lleva a cabo mediante descarga de los agentes causantes del daño (CDI) desde el nivel de agua subterránea, las concentraciones calculadas mediante la solución de Domenico, podría asimilarse al dato de concentración inicial.

Los resultados (concentraciones de los CDI), obtenidos en formato Microsoft Excel®, pueden emplearse para calcular el volumen de agua superficial con concentraciones por encima de los niveles de referencia, siendo éste un parámetro necesario para la estimación de la garantía financiera.

- **MIKE11**. Forma parte del grupo de aplicaciones "MIKE" desarrolladas y distribuidas por DHI (*Danish Hydraulic Institute*). Se puede adquirir a través de <http://mikebydhi.com/> Su uso requiere de la compra de una licencia que puede rondar los 9.500€.

Pese a que el coste de adquisición de las licencias es elevado y su utilización requiere de cierta experiencia, permiten la simulación de un conjunto de escenarios y medios receptores difícilmente igualable por la combinación de otras aplicaciones gratuitas o de coste más reducido. Puede aplicarse para llevar a cabo simulacio-

nes unidimensionales de calidad del agua y transporte de sedimentos en ríos, llanuras de inundación, canales de riesgo, embalses y otros cuerpos de aguas continentales. Se puede utilizar con una serie de módulos adicionales y/o extensiones que cubren casi todos los aspectos de la simulación y que a su vez pueden resultar de utilidad para determinados aspectos de los Análisis de Riesgo Ambiental (ARA). Entre ellos:

- Módulo AD: Transporte y difusión de contaminantes, incluyendo vertidos de alta temperatura.
- Módulo ECO-Lab: Puede simular DBO/DO, amoníaco, nitrato, metales pesados y procesos de eutrofización.

MIKE11 también se usa para predicción y análisis de inundaciones a tiempo real, transporte, erosión y sedimentación de sedimentos cohesivos y no cohesivos, estudio de caudales ecológicos en ríos y humedales, simulación de procesos de intrusión salina en ríos y estuarios y estudios de restauración de humedales.

Como datos de entrada están:

- Datos gráficos de la red hidrográfica.
- Topografía de la cuenca.
- Definiciones de los límites de los cauces.
- Serie de datos higrométricos.
- Parámetros hidrodinámicos.

Los resultados se presentan en formato tabla fácilmente exportable a otras aplicaciones (como Microsoft Excel®) para su procesamiento posterior.

QUAL2K es la elección preferente para una evaluación preliminar o de cribado, aunque en casos específicos, en función de la experiencia del usuario, también puede utilizarse para evaluaciones más complejas. El uso de MIKE11 es más recomendable cuando:

- La red fluvial es muy compleja y se tiene información disponible sobre los cortes transversales del río; y/o
- Se requiera de una vinculación con modelos bidimensionales o de agua subterránea.

Los algoritmos de cálculo en los que se basan ambas aplicaciones están disponibles desde las guías o manuales de usuario, gratuitas en el caso de QUAL2K.

CUANTIFICACIÓN DEL DAÑO EN AGUA SUPERFICIAL CONTINENTAL Y AGUAS DE TRANSICIÓN Y COSTERAS: VERTIDO EN LAGO, EMBALSE, HUMEDAL, BAHÍA O ESTUARIO

De todos los modelos incluidos en la **Tabla 17** se recomienda el uso de:

- Di Toro et al., 1983; Connolly y Winfield, 1984; Ambrose, R.B. et al., 1988. USEPA; programa WASP/WASP7 (*Water Quality Analysis Simulation Program*).
- DHI; programa MIKE 21.
- DHI; programa MIKE 3.
- **WASP**. Es un *software* gratuito de la Agencia de Protección Ambiental Estadounidense (USEPA). Está disponible a través de: <http://www.epa.gov/athens/wwqtsc/html/wasp.html>.

Permite la simulación en una, dos y tres dimensiones de vertidos en sistemas acuáticos y la predicción de las afecciones a la calidad de las aguas de ríos, lagos, estuarios y zonas costeras. El programa no modela procesos hidrodinámicos. Esta aplicación es de reconocida solvencia en Estados Unidos, donde ha sido empleado para el análisis de procesos de eutrofización, contaminación por bifenilos policlorados (PCB), compuestos orgánicos volátiles y mercurio en ríos, lagos y estuarios.

Entre los datos de entrada necesarios se encuentran:

- Geometría de los segmentos o celdas empleados en la simulación –profundidad y volumen–, velocidad del flujo y otros parámetros.
- Concentraciones iniciales y tasas de descarga de contaminantes.
- Parámetros físico-químicos de los contaminantes (coeficientes de reparto y factores de decaimiento).
- Parámetros para la simulación del transporte advectivo y difusivo.

En cuanto a los resultados:

- El modelo produce tablas de resultados con las concentraciones máximas alcanzadas en cada celda en las que el usuario divide el sistema.
- Los resultados en cada celda se pueden comparar con niveles de referencia y a partir de ahí, mediante un simple tratamiento de los datos, el usuario puede estimar el volumen de afección por encima de dichos niveles.
- Los resultados también se representan espacialmente en mallas 2D y en gráficos XY de concentración frente a tiempo.

- **MIKE 21/3**. Forman parte del grupo de aplicaciones "MIKE" desarrolladas y distribuidas por DHI (*Danish Hydraulic Institute*). Se pueden adquirir a través de <http://mikebydhi.com/> Su uso requiere

de la compra de una licencia que puede rondar los 4.900€ y los 5.900€ respectivamente, si se adquiere sólo el paquete básico, y 3.900€ y 5.600€ si se adquieren módulos adicionales.

MIKE 21 y MIKE 3 son aplicaciones de uso extendido para la simulación de procesos de modificación de la calidad del agua en sistemas costeros, de estuario o lacustres. Requiere un conocimiento de los campos de corrientes del medio no siempre disponibles y que puede requerir trabajos de campo para caracterizar el medio. La diferencia básica entre ambos modelos es que MIKE 21 permite la simulación en dos dimensiones, mientras que MIKE 3 es un sistema en tres dimensiones. En la práctica, MIKE 21 se aplica en aguas poco profundas, en las que los vientos y las corrientes marinas horizontales son los principales vectores de la dispersión. MIKE 3 se aplica a sistemas en los que la componente vertical de los flujos juega un papel relevante, ya sea por las corrientes propias del sistema o las características térmicas o de densidad del vertido.

Del mismo modo que para eventos de contaminación debidos a vertidos en río, si éste se produce a través de descarga desde el nivel de agua subterránea, las concentraciones calculadas mediante la solución de Domenico, podría asimilarse al dato de concentración inicial.

La recomendación en este caso se centra en WASP o MIKE 21/3. Ambos modelos proporcionan resultados similares y necesitan de un trabajo posterior para la estimación de volúmenes (post-procesado mediante Microsoft Excel®). Ambos son relativamente complejos, pero la interfaz de MIKE21/3 es mucho más intuitiva que la de WASP. MIKE21/3 también tiene beneficios en cuanto a la disponibilidad de manuales detallados y soporte al cliente. El uso de MIKE es recomendable para la obtención de resultados refinados para problemas complejos y/o si se requiere la simulación de vertido de hidrocarburos.

Los algoritmos de cálculo en los que se basan ambas aplicaciones están disponibles desde las guías o manuales de usuario, gratuitas en el caso de QUAL2K.

CUANTIFICACIÓN DEL DAÑO EN AGUA SUPERFICIAL: AGUAS DE TRANSICIÓN Y COSTERAS, VERTIDOS EN ZONAS COSTERAS

De todos los modelos incluidos en la **Tabla 17** se recomienda el uso de:

- *Ecosystems Research Division*, NERL, ORD; USEPA 2003: programa **VISUAL PLUMES**.
- MixZon Inc.; programa **CORMIX** (*Cornell Mixing Zone Expert System*).
- **VISUAL PLUMES**. Software libre desarrollado por la USEPA dirigido a la simulación del comportamiento de plumas de contaminación en aguas superficiales, producidas por descargas de corrientes residuales en lagos, estuarios y zonas costeras. Está disponible a través de: <http://www.epa.gov/ceampubl/swater/vplume/>

Visual Plumes permite la simulación de procesos de contaminación para uno o más CDI y ofrece como resultados perfiles de concentración verticales y horizontales. El modelo permite variar las condiciones de la descarga –profundidad, caudal, concentración–, incluyendo la variación de estas condiciones con el tiempo. Una posible aplicación del modelo es la modificación de estos parámetros para simular un vertido de duración determinada a fin de asimilarlo con condiciones accidentales.

Visual Plumes produce una delimitación de la pluma horizontal y vertical, permitiendo un tratamiento posterior de los resultados para la estimación de volúmenes e intensidad del daño, relativamente sencillo.

El modelo sólo considera como propiedades del contaminante la tasa de degradación y su concentración en el efluente. A priori podría considerarse cualquier tipo de contaminante siempre que este se encuentre en fase disuelta. El manual incluye instrucciones sobre cómo simular una fuga desde un pozo de extracción de petróleo.

- **CORMIX**. Es un modelo comercial dirigido a la evaluación de la calidad de las aguas superficiales, incluyendo costas y lagos, asociada a descargas puntuales. Se puede adquirir mediante la compra de una licencia de usuario que ronda los 3.000€/año (<http://www.mixzon.com/sales/>)

Éste, sencillo en su aplicación, analiza la trayectoria de la pluma, su forma, concentración y dilución estimada, resultados que se pueden visualizar a través de una interfaz de usuario.

Se aplica tanto para simular plumas individuales como múltiples, tanto en la superficie, en cualquier punto de la columna de agua o en el lecho, en la zona de afección directa (campo cercano) y en el campo lejano. Puede simular plumas de partículas densas, como sedimentos o descargas de material procedente de perforaciones.

En función de la precisión que se quiera obtener en los resultados, utiliza algunas aproximaciones para simular mareas y variaciones en las corrientes del medio, por lo que estos datos no son necesarios para obtener una primera aproximación al problema. Abarca un amplio espectro de medios receptores, entre los que se incluyen estuarios, ríos, lagos o embalses estratificados por densidad. Es un modelo útil para estimar la dilución a diversas distancias de la fuente, lo que requiere una posterior interpretación apropiada de los resultados.

Del mismo modo que en los dos casos anteriores, si el vertido se produce a través de descarga desde el nivel de agua subterránea, las concentraciones calculadas mediante la solución de Domenico, podrá asimilarse al dato de concentración inicial.

Ambos requieren de la misma tipología de datos de entrada, por lo que los costes en este sentido son similares. Tanto el tiempo de calibración como el tiempo de ejecución sería el mismo si para ambos casos el modelo conceptual es igual de complejo. Como primera aproximación se recomienda el uso de VISUAL PLUMES por ser una aplicación gratuita. El uso de CORMIX como primera opción está sujeto a las necesidades y características específicas de cada operador e instalación particular.

En cuanto a su potencial aplicación para la estimación de la cuantía de garantías financieras (por ejemplo mediante el Modelo de Oferta de Responsabilidad Medioambiental –MORA), ambas aplicaciones tienen la misma limitación, y es que ninguno proporciona un resultado directo en cuanto a volumen de agua afectada. Este parámetro debe ser calculado fuera de ambos modelos por el usuario mediante el tratamiento de los datos de resultados.

Los algoritmos de cálculo en los que se basan ambas aplicaciones están disponibles desde las guías o manuales de usuario, gratuitas en el caso de VISUAL PLUMES.

CUANTIFICACIÓN DEL DAÑO: EMISIONES A LA ATMÓSFERA

En el caso del vector atmósfera, éste no se considera dentro de la LRM como un posible receptor afectado como consecuencia de un daño ambiental. Sin embargo, si que están incluidos en el concepto de daño, aquéllos que hayan sido ocasionados por los elementos transportados por el aire. En este sentido, se hace necesaria la recomendación de modelos. Si bien los modelos disponibles en el mercado están enfocados

a la estimación de la calidad del aire y no proporcionan una solución directa en cuanto a cantidad de receptor afectado, el operador puede llevar a cabo una serie de aproximaciones que le permitan evaluar tanto la extensión como la intensidad del daño producido como consecuencia de los Sucesos Iniciales (SI) identificados, mediante un tratamiento de los resultados de los modelos como se recomendaba en los casos anteriores de suelo, agua subterránea y agua superficial.

De todos los modelos incluidos en la **Tabla 17** se recomiendan los siguientes:

- USEPA (*United States Environmental Protection Agency*), 1995. Programa **SCREEN 3**.
- USEPA y NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*). Programa **ALOHA** (*Areal Locations of Hazardous Atmospheres*).
- DNV (*Det Norske Veritas*). Programa **PHAST**.
- **SCREEN** y **ALOHA**. Ambos modelos se adquieren de manera gratuita a través de las páginas: <http://www.weblakes.com/products/screen/index.html> y <http://www.epa.gov/osweroe1/content/comeo/aloah.htm> respectivamente.

Estas dos herramientas, constituyen aplicaciones sencillas con las que obtener un resultado de forma rápida. Su uso está recomendado en la fase inicial de proyectos.

SCREEN3 estima las concentraciones máximas a nivel del suelo en función de la distancia a la fuente emisora en la dirección del viento, mostrando los resultados en forma tabular o en una gráfica de concentración (eje Y) frente a la distancia (eje X).

Por otra parte, ALOHA es un programa diseñado para responder ante emergencias. Predice zonas de riesgo en las que se supera la concentración de referencia del compuesto en el aire. Los resultados se pueden mostrar en un mapa y determinar así el área afectada.

Los datos de entrada requeridos por ambos programas son fáciles de obtener. Los resultados calculados son conservadores, por lo que únicamente será preciso aplicar modelos más refinados si las concentraciones estimadas en los receptores se encuentran por encima de los niveles de referencia, o próximos a estos.

- **PHAST**. Desarrollada por DNV (Det Norske Veritas) para el análisis de peligros. Calcula la descarga inicial, la dispersión del contaminante y los posteriores efectos por toxicidad o inflamabilidad. Se

TABLA 18. PROPUESTA PARA LA CUANTIFICACIÓN DEL DAÑO DE TIPO FÍSICO

PROPUESTA	DESCRIPCIÓN
BehavePlus 5.0 <i>(U.S Forest Service Fire and Aviation Management, 2009)</i> . Disponible de manera gratuita a través de la Web: www.firemodels.org	Aplicación gratuita diseñada para predecir el comportamiento del fuego y sus efectos.
Planes Autonómicos de Emergencia por Incendios Forestales. Accesibles de manera gratuita a través de diferentes recursos.	Desarrollados por las Comunidades Autónomas (CCAA), tienen como objeto establecer las medidas para la detección y extinción así como la resolución de las situaciones de emergencia que de ellos se deriven. La protección de la vida y la seguridad de las personas es el principio básico de estos planes. Éstos incluyen un análisis de riesgos de incendio forestal basado en las características específicas de los combustibles vegetales de cada región, climatología y estadísticas de incendios.
Modelo de Oferta de Responsabilidad Ambiental (MORA). Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA).	El MORA proporcionará una herramienta de monetización de daños acorde con los requerimientos de la normativa de responsabilidad medioambiental.

distribuye a través de <http://www.dnv.com/contactus/> y requiere de la adquisición de una licencia de usuario que puede rondar los 14.000€ (un solo usuario) – 15.200€ (múltiples usuarios).

Este programa incluye herramientas de gran utilidad para la evaluación de accidentes que implican emisiones de gases o vertidos de líquidos que puedan evaporarse. Entre otras funciones, permiten calcular la emisión a la atmósfera a partir de las condiciones en las que se producen diversos escenarios accidentales (como rupturas de tanques o tuberías y emisiones en válvulas de alivio) y la dosis en el receptor. Calcula la concentración del agente causante del daño (CDI) en función de la distancia, la dosis en el receptor, el nivel o dosis de radiación y la sobrepresión. Es posible así determinar también la distancia máxima a la que se supera un determinado límite.

Los resultados se muestran tanto en forma tabular como gráfica. Esta salida gráfica se puede personalizar de una manera muy amplia para todos los casos y parámetros. Además, es posible superponer representaciones gráficas de los efectos o alcances sobre imágenes del entorno.

Teniendo en cuenta lo anterior y como primera aproximación, siempre sujeto a las necesidades

específicas de cada proyecto o características particulares de la instalación que sea objeto de estudio, se propone el uso del modelo ALOHA por ser un modelo gratuito y de fácil uso con el que se pueden obtener resultados válidos para la estimación de la cuantía de la garantía financiera.

- **Descripción y evaluación de la extensión del daño: tipo físico**

Un incendio dentro de la instalación tiene el potencial de propagarse fuera de los límites de ésta si no se consigue sofocar con los medios internos (equipos de primera intervención – Equipos de Protección Individual) y externos disponibles (bomberos), independientemente de cuales sean sus causas.

Si la instalación se encuentra ubicada en un entorno protegido y el incendio originado dentro de la instalación no puede ser controlado, nos encontraríamos frente a un daño ambiental de tipo físico: incendio forestal o rural en función de las características del entorno¹⁸.

En cuanto a la intensidad del daño, se considera que daños causados por incendio serán siempre significativos en los casos de especies y hábitats, por lo que no se han incluido criterios/metodologías para la evaluación de distintas intensidades de daño para este caso.

Para la cuantificación del daño ambiental de tipo físico se proponen tres alternativas distintas. Éstas se encuentran resumidas en la **Tabla 18** y su aplicación se detalla más adelante, a lo largo de esta sección.

¹⁸ Recibe el nombre de Incendio Forestal, el fuego que se produce en un monte afectando a los combustibles vegetales naturales, y que se desarrolla de forma abierta y libre a través del mismo. Cuando éste se produce en tierras cultivadas, recibe el nombre de Incendio Rural (Martínez Monterde, S., et. Al., 2007).

El riesgo de incendios se define como la probabilidad de que se produzca un incendio de entidad en una zona y en un intervalo de tiempo determinado y las consecuencias que de ello se generen. Este riesgo dependerá de aquellos factores que determinan el comportamiento del fuego. Los principales factores influyentes en el comportamiento de un incendio forestal o rural son:

• **Factor Combustible:**

La característica más importante que presenta este tipo de incendios es el tipo y la naturaleza del combustible, pues de éste depende su iniciación, propagación y desarrollo. No solamente es importante el tipo sino también la cantidad, ya que ésta influye directamente sobre la intensidad del incendio (a mayor combustible mayor intensidad). La cantidad de combustible se mide por la carga o peso seco de éste por unidad de superficie, normalmente en toneladas por hectárea (Tm/Ha). Otros factores del combustible que influyen en el desarrollo y propagación de un incendio forestal o rural son: el tamaño y la forma (a mayor tamaño y forma la pérdida de humedad es más rápida y la temperatura de ignición se alcanza más rápidamente), la compactación (a mayor espacio entre las partículas de combustible, mayor velocidad de propagación), continuidad horizontal, continuidad vertical, densidad de la madera, y sustancias químicas en determinados tipos de madera (como resinas y aceites, que consiguen aumentar la propagación y la velocidad de un incendio) (Martínez Monterde, S., et. Al., 2007).

• **Factor Topográfico y Climatológico:**

Los factores topográficos son aquellos que dependen de la orografía y el relieve del terreno por donde puede propagarse el incendio forestal. Tal es el caso de:

- El **viento**. Su influencia a la hora de aumentar la velocidad de propagación de un incendio tiene una importancia trascendental cuando valoramos el potencial daño causado por el fuego. Los tipos de viento más frecuentes son: brisas de tierra y mar, vientos de ladera, vientos de valle y vientos de Foehn. (Ej., viento de poniente en la Comunidad Valenciana; bochorno en Aragón; viento de componente sur en Cantabria).
- La **temperatura**, influenciada por la topografía del terreno, regula la desecación de la vegetación y la temperatura interna de los tejidos vegetales y, por tanto, los requerimientos de energía calórica externa necesaria para la ignición. Si se combina alta temperatura con baja humedad, aumenta el riesgo de incendio.

- Las **precipitaciones y humedad**. A mayor humedad relativa en el aire, menor proporción de oxígeno en el ambiente y mayor retardo.
- La **tormenta con aparato eléctrico**. Los incendios causados por rayo se pueden manifestar muchas horas, o incluso días, después de producirse la descarga.

Al margen de estos factores de índole físico están otros, de igual trascendencia, que son los de carácter socio-económico. La distribución de la población, su grado de dispersión o concentración, sus flujos estacionales, su distribución por sectores productivos y su comportamiento frente al medio natural, son factores igualmente decisivos en el inicio de un incendio.

Para la cuantificación de potenciales daños causados por un incendio forestal o rural, producido a causa de los SI identificados, el operador dispone de distintas herramientas de simulación. De todas ellas la que más se adapta a las necesidades de los ARA por Responsabilidad Ambiental, es BehavePlus. Esta herramienta ha sido diseñada para que el usuario pueda hacer cálculos simples a partir de datos proporcionados por defecto, tanto para los datos de entrada como para la generación de resultados, y puede también hacer análisis más complejos utilizando sus propias series de datos y asunciones.

BehavePlus 5.0 (*U.S Forest Service Fire and Aviation Management*, 2009) es una aplicación gratuita que se puede obtener a través la página www.firemodels.org, diseñada para predecir el comportamiento del fuego y sus efectos. A través de esta página se tiene acceso, también de manera gratuita, a distinta documentación como: (i) operación del programa (detalles sobre cómo instalar la aplicación y general los resultados de interés), (ii) conceptos de simulación (para entender mejor los fundamentos de su programación, limitaciones y asunciones, así como la relación entre los distintos módulos que la componen y la sensibilidad de los resultados a distintos parámetros de entrada), y (iii) aplicaciones (para necesidades específicas de gestión, planificación o análisis de riesgos). Igualmente, a través de este enlace, se puede acceder a otros programas de simulación de incendios como FlapMap y FARSITE (Heinsch, F. A.; Andrews, P. L., 2010).

El programa permite al usuario elegir los distintos módulos con los que quiere trabajar en función de sus necesidades. Los módulos disponibles se muestran en la **Tabla 19**, si bien sólo se muestran aquellos aspectos que podrían resultar de interés para los ARA realizados dentro del marco de la LRM.

TABLA 19. BEHAVEPLUS 5.0 (ANDREWS, P. L., 2007)

MÓDULO	CÁLCULOS
SURFACE	Tasa de propagación en superficie.
CROWN	Tasa de propagación de fuego en copa. Área y perímetros de actuación.
SAFETY	Zonas seguras. Áreas y perímetros.
SIZE	Área, perímetro y forma.
CONTAIN	Éxito en la contención teniendo en cuenta las características introducidas por el usuario (o seleccionadas por defecto a partir de la base de datos del programa).
SPOT	Área y perímetro final.
MORTALITY	Probabilidad de muerte del combustible.
IGNITE	Probabilidad de ignición por causas antrópicas o relámpagos.

Los datos de entrada requeridos son función de las opciones de cálculo que elige el usuario al iniciar la aplicación e incluyen, por lo general, datos relativos al tipo de combustible presente en el entorno de la instalación (existen 53 tipos de combustible que incluyen los 13 de Anderson H.E. (1982) más los 40 de scout J.H y Burgan R.E. (2005), ambos basados en las aproximaciones de Rothermel, R.C. -1972) dirección y velocidad de viento, pendiente del terreno y temperatura. Para la mayoría de las variables de entrada, el programa proporciona una serie de opciones que pueden ser de utilidad en caso de ausencia de datos específicos de la zona de estudio. Los resultados de cada módulo que sean de interés para el ARA, son fácilmente exportables a Microsoft Excel® para su procesamiento posterior.

Una alternativa a los modelos de cálculo es el uso de los Planes Autonómicos de Emergencia por Incendios Forestales que se han desarrollado por las Comunidades Autónomas (CCAA) y las estadísticas de incendios forestales contenidas en los mismos o en los informes periódicos elaborados por el MARM o los datos del Instituto Nacional de Estadística (INE). El

objeto de los mismos es establecer las medidas para la detección y extinción así como la resolución de las situaciones de emergencia que de ellos se deriven. Sin olvidar la existencia de un Plan Estatal que actúa en situaciones especiales, como Emergencias de Interés Nacional o incendios limítrofes entre CC AA. La protección de la vida y la seguridad de las personas es el principio básico de estos planes.

La **Tabla 20** recoge todos los planes desarrollados hasta la fecha (diciembre de 2010) y su uso está condicionado a futuras actualizaciones o modificaciones. La mayoría de los planes de emergencia incluyen un análisis de riesgos de incendio por municipios y/o comarcas. Estos análisis de riesgos se basan en el conocimiento de la información territorial, así como del resto de factores que influyen en el inicio y propagación de los incendios forestales se ha determinado una metodología que permite conocer cuál es el riesgo de que se produzca un incendio en una zona, su posible evolución y la afectación a bienes naturales o no.

➔ Ver [Tabla 20. Planes de Emergencia por Incendios Forestales](#)

Para los análisis de riesgo local se ha tenido en cuenta índices de peligrosidad (determinado por las características estructurales del lugar el índices de riesgo meteorológico), y el índice de Riesgo Histórico, que tiene en cuenta la frecuencia de los incendios así como sus causas. Los factores básicos considerados son:

- Pendiente del terreno.
- Tipo de combustible forestal.
- Intensidad de vientos.
- Déficit hídrico de la vegetación.
- Recurrencia de incendios.

Por otro lado, estos planes incluyen análisis de vulnerabilidad. Según la Directriz Básica de Planificación de Protección Civil de Emergencias por Incendios Forestales de 2 de abril de 1993, las consecuencias de los incendios serán objeto de un análisis cuantitativo en función de los elementos vulnerables expuestos al fenómeno de los incendios forestales y el grado de pérdidas o daños que se pueden producir: personas, bienes y medio ambiente. Los análisis de vulnerabilidad se llevan a cabo atendiendo a factores como:

- Núcleos de población.
- Áreas recreativas.
- Elementos del patrimonio histórico.
- Vías de comunicación, tanto carreteras como ferrocarriles.

- Líneas eléctricas.
- Conducciones de combustible.
- Vegetación natural.

Finalmente, se definen épocas de peligro que pueden ser modificadas, por la persona titular de la Consejería competente en materia de medio ambiente, cuando las circunstancias meteorológicas lo aconsejen como. En general se definen tres épocas de peligro para cada plan de emergencia, establecidas en función de variables climatológicas y condicionantes como épocas de quema controladas (como es el caso de INFOPA -112 Asturias, 2009).

Por tanto, los planes de emergencia por incendios forestales, se presentan como herramientas útiles para la estimación de consecuencias mediante ARA por Responsabilidad Ambiental. Los elementos de estos planes, disponibles para los ARA son:

- Índice de Riesgo de Incendio Forestal. Algunos planes, como por ejemplo INFOCANT (BOC 64, 2007), calculan el riesgo de incendio con base en datos estadísticos de frecuencia (frecuencia media anual de incendios) y causalidad (trata de reflejar la incidencia de las causas en la ocurrencia de los incendios).
- Zonificación del Territorio:
 - Mapas de Combustibles. Mediante índices de riesgo, algunas CC AA obtienen resoluciones espaciales en función del tipo y estado de los combustibles. En algunos casos lo que podemos encontrar es una combinación de factores fisiográficos con combustibilidad (Ej. Pendiente). Los modelos de combustibles están basados en su mayoría en las mismas publicaciones que la aplicación BehavePlus (U.S. FOREST SERVICE: Rothermel, R.C., 1972; Aderson, H.E., 1982; Scott, J.H. y Burgan, R.E., 2005) (En INFOCANT (BOC 64, 2007) e INFOMUR (112 Región de Murcia, 2010), se hace referencia a la adaptación de éstos que hace la Dirección General de Medio Natural y Política Forestal).
 - Zonas de Riesgo. La mayoría de los planes o sus actualizaciones, incluyen la zonificación del territorio en función del riesgo y de las previsible consecuencias de los incendios forestales. En algunos casos, como INFOPA (112 Asturias, 2009), se han incorporado técnicas de cálculos de riesgo basadas en Sistemas de Información Geográfica, utilizando variables que antes sólo se usaban en los modelos de comportamiento del fuego y que ahora se integran en la valoración del riesgo o peligro de incendios. El análisis de este riesgo se basa

en el establecimiento y análisis de un índice estructural, a partir de la información ambiental disponible en formato digital, analizando la vegetación y el valor y vulnerabilidad del territorio ante incendios forestales como variables estáticas, no teniendo en cuenta variables temporales o climáticas.

- Épocas de peligro. En general se definen tres épocas de peligro en función de las condiciones meteorológicas de cada CC AA y tratamiento estadístico de series de datos.

Como primera opción para la cuantificación de daño físico por fuego, se recomienda el uso de los planes de emergencia autonómicos (se recomienda primero consultar posibles actualizaciones a las referencias proporcionadas en esta guía). Los mapas proporcionados han sido elaborados con información específica de cada una de las CC AA y se basa, no sólo en el tipo de combustible característico de la región, sino en sus estadísticas de incendio. Por tanto, los planes de emergencia se presentan como herramientas útiles, fiables y por ende válidas, para hacer estimaciones sencillas en cuanto al área (ha) potencialmente afectada por un posible incendio que se propaga fuera de la instalación. Dato necesario para la estimación de la garantía financiera obligatoria.

6.7.2. Descripción y evaluación de la intensidad del daño

El RD 2090/2008, define la intensidad del daño como la severidad de los efectos ocasionados por el agente causante del daño. El nivel de intensidad consistirá en la clasificación de la severidad de los efectos ocasionados por el agente causante del daño a los recursos naturales o servicios afectados. Se consideran tres niveles de intensidad:

- Agudo: nivel de intensidad que representa efectos adversos claros y a corto plazo sobre el receptor, con consecuencias evidentes sobre los ecosistemas y sus hábitat y especies. Los efectos agudos suponen una afección sobre al menos el 50 por ciento de la población expuesta al agente causante del daño.
- Crónico: nivel de intensidad que indica posibles efectos adversos a largo plazo para un porcentaje de la población expuesta al agente causante del daño comprendido entre el 10 y el 50 por ciento.
- Potencial: nivel de intensidad que corresponde a efectos que superan el valor de referencia ecotoxicológico y afectan al menos al 1 por ciento de la población expuesta al daño, pero no alcanzan los efectos de los niveles crónicos o agudos.

Se deberá evaluar la intensidad del daño para todos los receptores de la Ley de Responsabilidad Medioambiental (LRM) que potencialmente puedan verse afectados atendiendo a los escenarios accidentales específicos de cada instalación. En este sentido, se enfoca en la evaluación de la intensidad a los receptores:

- Suelo.
- Agua subterránea.
- Agua superficial.
- Hábitat y especies silvestres.

En cuanto a la intensidad del daño, se considera que daños causados por incendio serán siempre significativos en los casos de especies y hábitats, por lo que no se han incluido criterios/metodologías para la evaluación de distintas intensidades de daño para este caso.

En el caso de daños causados por agentes químicos, el nivel de intensidad se mide en relación con la concentración o dosis límite. Para ello se considerarán, entre otros aspectos, la concentración que alcanza dicha sustancia en el receptor afectado, el tiempo de exposición del receptor a dicha sustancia y la relación de ambos con el umbral de toxicidad.

Con el fin de evaluar la intensidad de los potenciales daños causados por los principales CDI que se estimen pueden dispersarse en el ambiente según la instalación estudiada, se analizará la relación entre los niveles de exposición esperados resultantes de los vertidos y/o emisiones de dichas sustancias y los efectos de las mismas sobre la estructura del medio y, en su caso, en función del ecosistema y las especies concretas a proteger.

Para la elaboración de la metodología aquí descrita, se ha tomado como referencia el Documento de Orientación Técnica sobre Evaluación del Riesgo (*Technical Guidance Document on Risk Assessment, TGD*) Part II (ECB, 2003) publicado por la Comisión Europea, ya que se trata de un documento reconocido internacionalmente y que establece el marco de referencia europeo para la evaluación de riesgos.

De manera general e independientemente del tipo de receptor potencialmente afectado, la intensidad del daño se evaluará mediante la relación de la **Ecuación 2**.

El PEC (*Predicted Environmental Concentration*) es la concentración del CDI estimada en el punto de expo-

Ecuación 2. Intensidad del daño

$I = \frac{PEC}{VRT}$	
Donde:	
I	Intensidad del daño.
PEC	Concentración en el punto de exposición.
VRT	Valor de Referencia Toxicológico (NGR para el receptor suelo).

sición del medio receptor que será calculada mediante los modelos de flujo y transporte o juicio profesional para los diferentes escenarios accidentales.

Por otro lado, el VRT es el Valor de Referencia Toxicológico. Generalmente, para los distintos compartimentos, se trabajará con el PNEC (*Predicted No-Effect Concentration*) que es la concentración por debajo de la cual no es probable que se produzcan efectos inaceptables en los organismos. Normalmente el PNEC se determina sobre la base de los resultados de ensayos de laboratorio con una única especie o, en algunos casos, concentraciones efectivas y/o no efectivas establecidas a partir de ensayos de ecosistemas modelo, teniendo en cuenta los factores de evaluación adecuados.

Por otro lado, en el caso de las especies silvestres y los hábitat, se utilizará el LC50 (*Lethal Concentration, concentración letal*)¹⁹ para efectos a corto plazo y el NOEC (*No Observed Effect Concentration, concentración sin efecto observable*)²⁰ y NOAEL (*No Observed Adverse Effect Level, nivel sin efecto adverso observable*)²¹ para efectos a largo plazo.

La decisión de si una sustancia presenta riesgo de generar un daño medioambiental dependerá del ratio PEC/VRT obtenido en el punto de exposición. De esta forma, cuando el cociente de riesgo supere la unidad se podrá afirmar que existe riesgo de que aparezcan efectos negativos sobre el receptor afectado, para esa concentración de sustancia (PEC) y ese tiempo de exposición concretos.

¹⁹ Concentración de una sustancia que mata al 50% de los organismos estudiados en un periodo específico de tiempo.

²⁰ Máxima concentración de una sustancia que no muestra ningún efecto en el organismo.

²¹ Máxima dosis que no muestra ningún efecto adverso en el organismo.

Cabe señalar que, de acuerdo al TGD, la metodología utilizada para la evaluación de los efectos de las sustancias químicas en el agua y el suelo no se puede aplicar de la misma manera a la atmósfera. Los métodos para la determinación de los efectos de las sustancias químicas en las especies debidos a la contaminación atmosférica aún no han sido completamente desarrollados, a excepción de los estudios de inhalación con mamíferos. Por ello, en caso de la atmósfera, la caracterización cuantitativa de los riesgos mediante la comparación del PEC y el PNEC todavía no es posible. En este sentido, para el aire, sólo es viable una evaluación cualitativa a partir de datos concretos de toxicidad en animales y plantas, si bien estos datos no suelen estar disponibles excepto, como se ha comentado, para los mamíferos.

En los siguientes apartados se recoge la metodología general para la determinación de los parámetros ecotoxicológicos, seguida de una serie de recomendaciones específicas para los distintos receptores (suelo, agua, y hábitat y especies silvestres).

6.7.2.1 Determinación de los parámetros ecotoxicológicos

La determinación de los parámetros ecotoxicológicos de referencia se llevará a cabo para cada uno de los agentes causantes del daño (CDI) involucrados, tanto para la protección de los ecosistemas de los distintos compartimentos (suelo, agua) como para las especies silvestres y hábitat identificados.

La variedad de recursos disponibles para la determinación de parámetros ecotoxicológicos, hace necesario llevar a cabo una selección y jerarquización de las fuentes de información con el fin de garantizar, en la medida de lo posible, una información de calidad y fiable y más representativa.

Además de las fichas de datos de seguridad de las distintas sustancias, a continuación se indican las principales fuentes de información disponibles por orden de prioridad:

- Normativa española para suelos y aguas:
 - Niveles Genéricos de Referencia (NGR) de los Anexos V y VI del 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, así como NGR específicos determinados por las Comunidades Autónomas, bien con rango normativo, bien con rango orientativo.

- RD 60/2011, de 21 de enero, sobre las normas de calidad ambiental en el ámbito de la política de aguas.
- Niveles de calidad del agua fijados por las Confederaciones Hidrográficas, recogidos en los correspondientes planes hidrológicos de cuenca.

- Documentos oficiales de la Unión Europea, como los Risk Assessment Reports (RAR, ECB) que existen para algunas sustancias, o de algún Estado Miembro como los Valores Holandeses para suelos y aguas establecidos en la "Circular sobre valores objetivo y valores de intervención para la recuperación del suelo y sus Anexos A-D" del Ministerio de Vivienda, Planificación del Territorio y Medio Ambiente Holandés, Dirección General de Protección Medioambiental, Departamento de Protección del Suelo.
- Bases de datos oficiales europeas como ESIS (*European Chemical Substances Information System*: <http://ecb.jrc.it/esis/index.php?PGM=pbt>), IUCLID (*International Uniform Chemical Information Database*: <http://iuclid.eu/>).
- Información ecotoxicológica publicada por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (*US Environmental Protection Agency*; USEPA), para ello se consultarán sus bases de datos *Ecotox* (<http://cfpub.epa.gov/ecotox/>) y *Ecological Soil Screening Level* (EcoSSL: <http://www.epa.gov/ecotox/ecossl/>).
- Información ecotoxicológica publicada por *Environment Canada* (<http://www.ec.gc.ca/default.asp?lang=En>).
- Información ecotoxicológica publicada por otros organismos internacionales como la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE: http://www.oecd.org/topic/0,3699,en_2649_37465_1_1_1_1_37465,00.html), *Conservation of Clean Air and Water in Europe* (CONCAWE: <http://www.concawe.be/Content/Default.asp?>) o la Agencia para el Registro de Sustancias Tóxicas y Enfermedades de Estados Unidos (*Agency for Toxic Substances and Disease Registry*; ATSDR: <http://www.atsdr.cdc.gov/>) así como consulta a otras bases de datos como *Integrated Risk Information System* (IRIS: <http://www.epa.gov/IRIS/>), *Hazardous Substances Data Bank* (HSDB o TOXNET –Toxicology Data Network: <http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/htmlgen?HSDB>) o *International Toxicity Estimates for Risk* (ITER: http://iter.ctcnet.net/publicurl/pub_search_list.cfm).

En algunos casos, el valor de referencia toxicológico (VRT) no estará publicado, bien para un compartimento (suelo, agua), bien para una especie en concreto. En estos casos se llevará a cabo una estimación del mismo derivándolo a partir de otros pa-

TABLA 21. DERIVACIÓN PNEC: AGUAS SUPERFICIALES	
DATOS DISPONIBLES	FACTOR DE EVALUACIÓN
Al menos un LC50 a corto plazo de cada uno de los tres niveles tróficos básicos (peces, Daphnia y algas)	1.000
Un NOEC a largo plazo (peces o Daphnia)	100
Dos NOEC a largo plazo de especies que representen dos niveles tróficos (peces y/o Daphnia y/o algas)	50
NOECs a largo plazo de al menos tres especies (normalmente peces, Daphnia y algas) que representen tres niveles tróficos	10
PNEC: concentración esperada sin efecto PNOEC: concentración sin efecto observable LC: concentración letal	

TABLA 22. DERIVACIÓN PNEC: SUELO	
DATOS DISPONIBLES	FACTOR DE EVALUACIÓN
LC50 ensayos de toxicidad a corto plazo (Ej. plantas, lombrices o microorganismos)	1.000
NOEC para un ensayo de toxicidad a largo plazo (Ej. plantas)	100
NOEC para ensayos de toxicidad a largo plazo adicionales de dos niveles tróficos	50
NOEC para ensayos de toxicidad a largo plazo adicionales para tres especies de tres niveles tróficos	10

rámetros toxicológicos disponibles como el LC50 y el NOEC, o VRT de especies sustitutas, y aplicando los factores de evaluación siguiendo la metodología descrita en el *TGD Part II* (ECB, 2003) para los distintos casos, tal y como se explica a continuación.

En el caso del suelo y de las aguas, el procedimiento a seguir para la obtención del PNEC será tomar el menor de los datos disponibles y aplicarle el factor de evaluación correspondiente. Las [Tabla 21](#), [Tabla 22](#) y [Tabla 23](#) muestran los factores a aplicar en función de la información disponible para cada receptor.

Por otro lado, en el caso de las especies silvestres y los hábitat, cuando no se encuentre el valor ecotoxicológico para la especie objeto de análisis, éste se derivará a partir del valor de otra especie similar (especie sustituta) aplicando un factor de evaluación

TABLA 23. DERIVACIÓN PNEC: AGUAS MARINAS	
DATOS DISPONIBLES	FACTOR DE EVALUACIÓN
LC50 a corto plazo más bajo de representantes de tres grupos taxonómicos de agua dulce o agua salada (crustáceos, algas y peces) de tres niveles tróficos	10.000
LC50 a corto plazo más bajo de representantes de tres grupos taxonómicos de agua dulce o agua salada (crustáceos, algas y peces) de tres niveles tróficos, más dos grupos taxonómicos marinos adicionales (Ej. equinodermos, moluscos)	1.000
Un NOEC a largo plazo (de estudios de crecimiento de peces o reproducción de crustáceos de agua dulce o salada)	1.000
Dos NOEC a largo plazo de especies de agua dulce o salada que representen dos niveles tróficos (algas y/o crustáceos y/o peces)	500
NOEC a largo plazo más bajo de tres especies de agua dulce o salada que representen tres niveles tróficos (algas y/o crustáceos y/o peces)	100
Dos NOEC a largo plazo de especies de agua dulce o salada que representen dos niveles tróficos (algas y/o crustáceos y/o peces), más un NOEC a largo plazo de un grupo taxonómico marino adicional (Ej. equinodermos, moluscos)	50
NOEC a largo plazo más bajo de tres especies de agua dulce o salada que representen tres niveles tróficos (algas y/o crustáceos y/o peces), más dos NOECs a largo plazo de grupos taxonómicos marinos adicionales (Ej. equinodermos, moluscos)	10

de 10, lo que permite tener en cuenta diferencias interespecíficas de las especies de interés. Cuando sea necesario escoger una especie sustituta y haya varias parecidas, se escogerá siempre la más sensible a no ser que exista un juicio claro de que es lo contrario.

En la [Tabla 24](#) se recoge un ejemplo de cómo determinar el PNEC a partir de datos bibliográficos. En concreto, se ha llevado a cabo la determinación del PNEC del gasóleo en aguas superficiales a partir de los datos toxicológicos recogidos en el documento "Environmental classification of petroleum substan-

TABLA 24. DATOS DE TOXICIDAD AGUDA PARA EL GASÓLEO

SPECIES	PARAMETER	RESULTS (MG/L)
Fish (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	LL _{50'} 96h	21-230 (4 studies)
Fish (<i>Jordanella floridae</i> and <i>Pimephales promelas</i>)	LL _{50'} 96h	31,54 (2 studies)
Fish (<i>Cyprinodon variegatus</i> , <i>Menidia beryllina</i> and <i>Fundulis similis</i>)	TL _{m'} 96h	33-125 (3 studies)
Invertebrate (<i>Daphnia magna</i>)	EL _{50'} 48h	6.2-210 (12 studies)
Invertebrate (<i>Mysidopsis almyra</i>)	TL _{m'} 48h	1.6
Invertebrate (<i>Palaemonetes pugio</i>)	TL _{m'} 48h	3.4
Invertebrate (<i>Penaeus aztecus</i>)	TL _{m'} 48h	9.4
Algae (<i>Raphidocelis subcapitata</i>)	I _L _{50'} 72h	>10-78 (4 studies)

Fuente: Environmental classification of petroleum substances - summary data and rationale (CONCAWE)

ces – summary data and rationale” elaborado por CONCAWE.

De acuerdo a la metodología descrita anteriormente se tomará el valor más restrictivo de datos disponibles y se aplicará el factor de evaluación correspondiente. En este caso, dado que hay al menos un LC50 a corto plazo de cada uno de los tres niveles tróficos, el factor de evaluación es 1000. De este modo el valor del PNEC sería:

$$\text{PNEC} = 1.6 \text{ mg/l} / 1000 = 0.0016 \text{ mg/l}$$

Suponiendo un escenario accidental en el que se produce una rotura de un depósito de gasóleo, fallan las medidas de contención primaria y éste alcanza un río cercano de modo que la concentración de gasóleo en la masa de agua afectada (PEC) alcanza una concentración de 1·10⁻³ mg/l, la intensidad de daño se calcularía como:

$$I = 0.001 \text{ mg/l} / 0.0016 \text{ mg/l} = 0.625$$

Dado que la intensidad del daño es inferior a la unidad se podrá afirmar que no existe riesgo de que aparez-

can efectos negativos sobre el receptor afectado, para esa concentración de gasoil.

6.7.2.2 Receptor: SUELO

Para calcular la intensidad del daño en el suelo se considerarán como valores de referencia toxicológicos para los CDI individuales, los Niveles Genéricos de Referencia (NGR) de los Anexos V y VI del Real Decreto 9/2005, en función del uso del suelo que se encuentre afectado (industrial, urbano, otros usos y ecosistemas). En caso de no estar disponible el valor de referencia para alguno de los CDI, se recurrirá a otras posibles fuentes de información recogidas en el apartado siguiendo la jerarquización expuesta en dicho apartado.

La intensidad del daño (o Índice de Peligrosidad) en el receptor suelo es el cociente entre la concentración presente en el suelo, estimada a partir de los modelos de cálculo, y el NGR correspondiente en función del uso del suelo afectado. Este cálculo se realiza con la **Ecuación 2**, donde el valor de referencia toxicológico son los NGR. Se calcula la intensidad del daño de manera acumulada, teniendo en cuenta el conjunto de CDI incluidos.

6.7.2.3 Receptor: AGUA

- **Aguas subterráneas**

Según lo establecido en el RD 1514/2009, los planes hidrológicos de cuenca deberán incluir los valores umbral que pueden estar presentes en el agua subterránea, con el fin de proteger este medio contra la contaminación y el deterioro. En la fecha de elaboración de este informe estos valores no han sido aún publicados, por lo que se tiene en cuenta la normativa de otro Estado Miembro.

Para establecer qué concentraciones se consideren como máximas en el agua subterránea, se puede consultar el informe RIVM 711701 023 (RIVM, 2001) y la normativa holandesa relativa a la protección de las aguas subterráneas (VROM, 2008).

RIVM 711701 023 (RIVM, 2001) incluye el cálculo de las concentraciones de riesgo para suelo, sedimento y agua subterránea, mediante la elaboración de análisis de riesgos para la protección de la salud humana y los ecosistemas. Estas concentraciones se denominan SRC (*Serious Risk Concentration*, Concentración de riesgo serio). El SRC para humanos (SRC_{human}) se obtiene teniendo en cuenta un escenario de exposición estándar que incluye vías de exposición como inhalación de vapores, ingestión de alimentos o ingestión de agua subterránea. El SRC para ecosistemas (SRC_{eco}) se obtiene empleando la concentración de no efecto denominada NOEC (*No Observed Effect Concentration*, concentración sin efecto observable) protector para el 50% de la población del grupo taxonómico a proteger. Los valores SRC equivalen a la concentración máxima permisible de no riesgo.

Teniendo en cuenta el SRC_{human} , el SRC_{eco} , y la concentración máxima permisible para agua potable, el gobierno de Holanda ha determinado los valores de intervención en el agua subterránea a través del documento *Soil Remediation Circular 2009* (VROM, 2009). Según éste, los valores de intervención son aquellos a partir de los cuales las propiedades funcionales de los receptores se encuentran amenazadas.

Por ello, para los agentes causantes del daño (CDI) disponibles, se deben usar sus respectivas SRC como las máximas aceptables en el agua subterránea, dado que protegen el conjunto de potenciales receptores. Para aquellos CDI que no disponen de SRC, como es el caso de las cadenas de hidrocarburos, se puede tomar como concentración máxima admisible el valor de intervención para el grupo de compuestos (en este caso el equivalente de hidrocarburos totales de petróleo (TPH) total sería, según la normativa holandesa: *Mine-*

ral Oil), aplicando la relación existente entre el valor que integra las tres concentraciones máximas obtenidas para cada tipo de receptor (el SRC_{human} , el SRC_{eco} , y la concentración máxima permisible para agua potable).

Según lo establecido en el artículo 4 y Anexo I del RD 1514/2009, el estado químico de las aguas no debe suponer un riesgo significativo para los ecosistemas potencialmente afectados y receptores humanos asociados. Esto justifica el empleo de los valores de intervención de la normativa holandesa como concentraciones máximas de aceptabilidad en el agua subterránea.

- **Aguas superficiales**

Para calcular la intensidad del daño en aguas superficiales, siempre que esté disponible, se tomará el PNEC como valor de referencia toxicológico teniendo en cuenta los criterios de búsqueda de información recogidos en el Apartado 6.7.2.1. En caso de que el PNEC no esté disponible para alguno de los CDI considerados, se llevará a cabo una estimación del mismo derivándolo a partir de otros parámetros toxicológicos disponibles como el LC50 (*Lethal Concentration*, concentración letal) y el NOEC (*No Observed Effect Concentration*, concentración sin efecto observable), aplicando los factores de evaluación siguiendo la metodología descrita en dicha sección.

- **Aguas marinas**

La metodología para el cálculo de la intensidad del daño en aguas marinas es similar a la seguida en aguas superficiales, variando únicamente los factores de evaluación a utilizar en caso de que sea necesario derivar el PNEC a partir de otros parámetros toxicológicos. Dichos factores de evaluación se recogen en el Apartado 6.7.2.1.

6.7.2.4 Receptor: HÁBITAT Y ESPECIES SILVESTRES

Para calcular la intensidad del daño asociada a la afección potencial a los hábitat y especies silvestres se trabajará con el LC50 (*Lethal Concentration*, concentración letal) para efectos a corto plazo y el NOEC (*No Observed Effect Concentration*, concentración sin efecto observable) y NOAEL (*No Observed Adverse Effect Level*, nivel sin efecto adverso observable) para efectos a largo plazo. En caso de no encontrar el valor ecotoxicológico para la especie objeto de análisis, éste se derivará a partir del valor de otra especie similar (especie sustituta) aplicando un factor de evaluación de 10, lo que permite tener en cuenta diferencias interespecíficas de las especies de interés, tal y como se describe en el Apartado 6.7.2.1.

6.7.3. Descripción y evaluación de la escala temporal del daño

De acuerdo al RD 2090/2008, “escala temporal” es la caracterización de la reversibilidad y de la duración de los efectos adversos que experimentan los receptores hasta que éstos recuperan su estado básico. Para determinar la escala temporal del daño se estimará la duración, la frecuencia y la reversibilidad de los efectos que el agente causante del daño ocasiona sobre el medio receptor.

Se ha tenido en cuenta que la frecuencia de los efectos de cada escenario accidental equivale a su probabilidad de ocurrencia.

En cuanto a la duración del daño, se considera que ésta equivale al tiempo de recuperación necesario para el restablecimiento del medio a su nivel de no riesgo, que dependerá de la técnica de remediación empleada. La duración se estima de manera cualitativa y se clasifica en alta, media o baja, según *Federal Remediation Technologies Roundtable (FRTR)*. En la **Tabla 25**, a modo de ejemplo, se muestra dicha clasificación para algunas tecnologías de remediación de hidrocarburos (*in-situ*) de efectividad demostrada para el caso de suelo, agua subterránea.

En cuanto a la reversibilidad del daño, ésta se clasificará en función de la duración del mismo. La aproximación se basa en lo especificado en la guía para la Realización del Análisis del Riesgo Medioambiental (DGPC, 2004). En la **Tabla 26** se detalla la equivalencia entre la duración del daño y su reversibilidad, aplicando el criterio de temporalidad propuesto por FRTR.

6.7.4. Evaluación de la significatividad del daño

El RD 2090/2008 establece en los artículos 16, 17 y 18 una serie de criterios u orientaciones para evaluar la significatividad del daño en función del recurso natural que se vea afectado:

- **Especies silvestres y hábitat**

“Los daños ocasionados a las especies silvestres y a los hábitat serán significativos cuando los cambios experimentados por el receptor produzcan efectos adversos que afecten al mantenimiento de un estado favorable de conservación o a la posibilidad de que éste sea alcanzado. La evaluación de la significatividad de estos daños se realizará conforme a los criterios establecidos en el anexo I de la Ley 26/2007, de 23 de octubre, y deberá tener en

cuenta cualquier información disponible de carácter local, regional, nacional y comunitario de la especie o del hábitat afectado que resulte relevante”.

En este sentido, el anexo I de la Ley 26/2007 establece que:

“1. El carácter significativo del daño que produzca efectos desfavorables en la posibilidad de alcanzar o de mantener el estado favorable de conservación de las especies o los hábitat se evaluará en relación con el estado de conservación que tuvieran al producirse el daño, con las prestaciones ofrecidas por las posibilidades recreativas que generan y con su capacidad de regeneración natural. Los cambios adversos significativos en el estado básico deberán determinarse mediante datos mensurables como:

- a) El número de individuos, su densidad o la extensión de su zona de presencia.
- b) La rareza de la especie o del hábitat dañado (evaluada en el plano local, regional y superior, incluido el plano comunitario), así como su grado de amenaza.
- c) El papel de los individuos concretos o de la zona dañada en relación con la especie o la conservación de su hábitat.
- d) La capacidad de propagación y la viabilidad de la especie (según la dinámica específica de la especie o población de que se trate) o la capacidad de regeneración natural del hábitat (según la dinámica específica de sus especies características o de sus poblaciones) dañados.
- e) La capacidad de la especie o del hábitat, después de haber sufrido los daños, de recuperar en breve plazo, sin más intervención que el incremento de las medidas de protección, un estado que, tan sólo en virtud de la dinámica de la especie o del hábitat, dé lugar a un estado equivalente o superior al básico.

Los daños con efectos demostrados en la salud humana deberán clasificarse como daños significativos.

2. No tendrán el carácter de daños significativos los siguientes:

- a) Las variaciones negativas inferiores a las fluctuaciones naturales consideradas normales para la especie o el hábitat de que se trate.
- b) Las variaciones negativas que obedecen a causas naturales o se derivan de intervenciones relacionadas con la gestión corriente de los espacios naturales protegidos o los lugares de la Red Natura 2000, según se definan en sus respectivos planes de gestión o instrumentos técnicos equivalentes.

TABLA 25. DURACIÓN ESTIMADA DE RECUPERACIÓN PARA ALGUNAS TÉCNICAS DE REMEDIACIÓN (FRTR)

TÉCNICA (SUELO)	DURACIÓN ²²	TÉCNICA (AGUA)	DURACIÓN ²³
Tratamiento térmico	Baja	Inyección de aire (<i>Air sparring</i>)	Baja
Bioventilación	Media	Ventilación no forzada y recuperación con vacío (<i>Bioslurping</i>)	Media
Extracción de vapor del suelo (<i>Soil vapor extraction</i>)	Media	Bombeo y tratamiento (<i>Pump and treat</i>)	Alta
Fitorremediación	Alta	Atenuación natural monitorizada	(*)

TABLA 26. REVERSIBILIDAD DEL DAÑO MEDIOAMBIENTAL (FRTR)

DURACIÓN	REVERSIBILIDAD
Más de 10 años	Muy baja
Entre 3 y 10 años	Baja
Entre 1 y 3 años	Media
Menos de 1 año	Alta

c) Los daños a especies o hábitat con demostrada capacidad de recuperar, en breve plazo y sin intervención, el estado básico o bien un estado que, tan sólo en virtud de la dinámica de la especie o del hábitat, dé lugar a un estado equivalente o superior al básico”.

• Aguas

“Los daños ocasionados a las aguas serán significativos si la masa de agua receptora experimenta un efecto desfavorable de su estado ecológico, químico o cuantitativo, en el caso de aguas superficiales o subterráneas, o de su potencial ecológico, en el caso de aguas artificiales y muy modificadas, que traiga consigo, en ambos casos, un cambio en la clasificación de dicho estado en el momento de producirse la afectación, de conformidad con lo dispuesto en el Reglamento de Planificación Hidrológica aprobado mediante el Real Decreto 907/2007, de 6 de julio, y demás legislación aplicable”.

• Suelo

“Los daños ocasionados al suelo serán significativos si el receptor experimenta un efecto adverso que genere riesgos para la salud humana o para el medio ambiente, de manera que aquél pueda ser calificado como suelo contaminado en los términos establecidos en el 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”.

• Riberas del mar y de las rías

“Los daños ocasionados a las riberas del mar y de las rías serán significativos en la medida en que lo sean los daños experimentados por las aguas, por el suelo o por las especies silvestres y los hábitat, de conformidad con lo establecido en los apartados anteriores”.

Además, en el caso de que el agente causante del daño sea de tipo químico, el Real Decreto establece que la significatividad del daño debe determinarse mediante el cálculo del cociente de riesgo entre la concentración que alcanza la sustancia en el receptor y el umbral de toxicidad para un nivel concreto de intensidad, considerándose que el daño es significativo cuando el cociente de riesgo sea superior a uno, tal y como se recoge en el Apartado 6.7.2.1 de la guía.

Por último, en los casos donde no resulte posible determinar la significatividad conforme a los criterios anteriores o cuando el suelo tenga la calificación de contaminado, el Real Decreto indica que el carácter significativo de los daños ocasionados a las aguas y al suelo puede establecerse analizando la afección que el daño haya ocasionado al servicio de acogida o de hábitat que estos recursos prestan a las especies silvestres. A tal efecto, se presume que los daños a las aguas y al suelo tienen carácter significativo cuando el daño que experimenten las especies silvestres que habitan en ellos como consecuencia de la acción del mismo agente puedan ser calificados de significativos.

²² Estimada. Remediación de suelo in-situ, alta: más de 3 años; media: entre 1 y 3 años; baja: menos de 1 año.

²³ Estimada. Remediación de agua, alta: más de 10 años; media: entre 3 y 10 años; baja: menos de 3 años.

(*) El nivel de efectividad depende del contaminante y el diseño del proyecto, no se puede clasificar.

6.8. Protocolo de monetización



El cálculo de la monetización del daño deberá realizarse para cada uno de los escenarios accidentales cuyo potencial daño hay sido evaluado como significativo.

Con el fin de facilitar el cálculo del valor de los potenciales daños medioambientales, la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental y Medio Natural ha elaborado una metodología para el cálculo de costes de reposición, el Modelo de Oferta de Responsabilidad Ambiental (MORA), que permitirá monetizar los escenarios de riesgo identificados por los operadores en los análisis de riesgos medioambientales de su instalación.

Asimismo ha desarrollado una aplicación informática basada en esta metodología (cuyo empleo es voluntario por parte de los operadores), con el objetivo de ofrecer a todos los operadores y sectores industriales, una herramienta de asistencia integral para la monetización del daño medioambiental asociado a cada escenario de riesgo significativo conforme a la metodología de valoración que establece el Real Decreto 2090/2008, y de las medidas reparadoras —primarias, compensatorias y complementarias— junto con las mejores técnicas disponibles que sean necesarias para devolver los recursos naturales y los servicios que éstos prestan a su estado original.

Esta herramienta, partiendo de un criterio de equivalencia recurso-recurso, ofrece como datos de salida el coste que supondría la aplicación de las medidas primaria, compensatoria y en su caso complementaria; expresando por lo tanto el resultado en euros. De este modo, el protocolo de monetización que se propone en esta guía es el MORA, cuya aplicación informática está disponible en el siguiente enlace: <http://portal.magrama.gob.es/mora/login.action>

Los principales parámetros de entrada en el modelo son los siguientes:

- **Localización del daño**

En el bloque de localización se pregunta al usuario sobre el lugar concreto que recibiría el daño medioambiental. Se deben facilitar al sistema las coordenadas en las cuales se puede producir el mismo. Se dispone de varios mecanismos para introducir en el sistema esta información. En concreto, el usuario puede:

- Introducir directamente las coordenadas del lugar del daño en caso de que disponga de este dato.
- Acceder al visor cartográfico a través del cual se puede localizar el lugar en el mapa y seleccionar el punto geográfico en el cual se produce el daño ambiental.

Una vez seleccionado el punto por cualquiera de las opciones indicadas, la aplicación recibe los datos que caracterizan la zona dañada. Dicha información se obtiene a través de las coberturas Sistema de Información Geográfico (SIG) disponibles en MORA. Dichos datos pueden ser modificados por el usuario en caso de que éste disponga de mejor información sobre el área afectada, siempre de manera justificada.

Los parámetros de localización son los siguientes:

- *Accesibilidad.* Esta cobertura indica la posibilidad de acceder al lugar dañado con los medios mecánicos necesarios para llevar a cabo la reparación.

Puede tomar únicamente dos valores:

- a. Sí b. No

La zona se considera accesible si dispone de un camino que llegue hasta ella, o en su defecto, si la construcción de un camino de acceso es viable. En el ámbito de la aplicación informática, la construcción de una vía de acceso se considera posible si existe una ruta entre el punto dañado y la vía de comunicación más cercana que sólo atraviese zonas con pendiente inferior al 20%. En caso contrario, la zona será considerada inaccesible. El coste de construcción del camino de acceso es una partida más dentro del presupuesto final de la reparación.

- *Distancia a la vía más cercana.* La distancia a la vía más cercana informa sobre la distancia —en metros— entre el punto en el cual se produce el accidente y la carretera o camino más cercanos. Únicamente se considera esta opción en el caso de zona accesibles.
- *Rango de pendiente.* La pendiente de la zona afectada es determinante a la hora de seleccionar la técnica de reparación. Su caracterización se realiza a partir de un modelo digital del terreno. Viene clasificada en cinco rangos (ver **Tabla 27**).

TABLA 27. RANGOS DE PENDIENTE MORA

RANGO DE PENDIENTE	PENDIENTE (%)
Muy alta	>50
Alta	31-50
Media	21-30
Baja	11-20
Muy baja	≤ 10

MORA: Modelo de Oferta de Responsabilidad Ambiental

– *Permeabilidad*. El grado de permeabilidad del terreno condiciona las técnicas de reparación aplicables a los recursos suelo y agua subterránea. Se clasifica según el Mapa de permeabilidades de España en cinco grupos principales, éstos son:

a. Muy alta | b. Alta | c. Media | d. Baja | e. Muy baja

– *Espacio protegido*. En los espacios naturales sensibles —a efectos de la aplicación MORA se consideran como tales: los hábitats prioritarios (considerados atendiendo al Anexo I de la Directiva 92/43/CEE), los espacios naturales protegidos y la Red Natura 2000—, la selección del proyecto de reparación tiene en especial consideración el criterio de ponderación relativo a la prevención de riesgos futuros y evitación de daños colaterales —Anexo II, Ley 26/2007—. Por lo tanto, la existencia de una figura de protección es determinante a la hora de seleccionar la técnica de reparación para algunos daños como los producidos por compuestos químicos en el suelo, el agua superficial y el agua subterránea.

Este parámetro puede tomar únicamente dos valores:

- Sí —pertenencia del punto a un espacio protegido.
- No —ausencia de figuras de especial protección en la zona afectada.

• Agente causante de daño

La herramienta MORA ofrece un catálogo de agentes causantes de daño —físicos, químicos, biológicos e incendio—, siendo los agentes químicos los que cuentan con un mayor nivel de desglose.

– *Químicos*. El daño estaría asociado a la liberación de una sustancia en una concentración superior al umbral de toxicidad de dicha sustancia en determinado medio receptor. Se encuentran estructurados en 14 grupos principales:

- Compuestos Orgánicos Volátiles no halogenados biodegradables.
- Compuestos Orgánicos Volátiles no halogenados no biodegradables.

- Compuestos Orgánicos Semivolátiles no halogenados biodegradables.
- Compuestos Orgánicos Semivolátiles no halogenados no biodegradables.
- Compuestos Orgánicos Volátiles halogenados biodegradables.
- Compuestos Orgánicos Volátiles halogenados no biodegradables.
- Compuestos Orgánicos Semivolátiles halogenados biodegradables.
- Compuestos Orgánicos Semivolátiles halogenados no biodegradables.
- Fueles y Compuestos Orgánicos no Volátiles biodegradables.
- Fueles y Compuestos Orgánicos no Volátiles no biodegradables.
- Sustancias inorgánicas biodegradables.
- Sustancias inorgánicas no biodegradables.
- Explosivos biodegradables.
- Explosivos no biodegradables.

– *Físicos*. Referido al exceso o defecto de una sustancia que no tiene asociado un nivel de toxicidad, tales como el agua, la tierra, la temperatura o los residuos inertes.

– *Biológicos*. Incluyen organismos modificados genéticamente, especies exóticas invasoras y microorganismos patógenos —virus y bacterias para animales u hongos e insectos para vegetales.

En concreto, en el ámbito del presente sector pueden ser especialmente interesantes los agentes químicos inorgánicos, y en menor medida los fueles y compuestos orgánicos volátiles y semivolátiles.

• Cantidad de recurso dañado

Una vez definido dónde se produce el daño y con qué se produce, es necesario seleccionar los recursos que se puedan ver afectados. En concreto, los recursos afectados por el daño medioambiental pueden ser:

- Aguas:
 - Agua superficial continental.
 - Agua subterránea.
 - Agua marina.
- Ribera del mar y de las rías.
- Lecho de agua de mar.
- Lecho de las aguas superficiales continentales.
- Suelo.
- Hábitat.
- Especies.

Además, se deberá disponer de la cantidad de recurso que se haya visto afectado por el daño, que se obtendrá a partir del dato de extensión al que se haya llegado a través del proceso de cuantificación. La unidades en las que se mide cada recurso son:

- a. Agua en metros cúbicos (m³). Debido a la especificidad de las técnicas de reparación para daños por compuestos orgánicos al agua marina, será necesario informar además de la cantidad de agente contaminante vertido en metros cúbicos (m³).
- b. Ribera del mar y de las rías en toneladas (t). Debido a la especificidad de las técnicas de reparación para daños por compuestos orgánicos a la ribera del mar y de las rías, será necesario informar además de la cantidad de agente contaminante vertido en metros cúbicos (m³).
- c. Lecho de agua de mar en toneladas (t).
- d. Lecho de las aguas superficiales continentales en toneladas (t).
- e. Suelo en toneladas (t).
- f. Hábitat en hectáreas (ha). Para el recurso hábitat, además de la cantidad dañada en hectáreas, también es necesario informar sobre:
 - i. La densidad de la vegetación afectada medida en pies por hectárea (pie/ha).
 - ii. El tipo de suelo. Existen únicamente dos opciones: pedregoso o tránsito.
 - iii. La fracción de cabida cubierta total, expresada en porcentaje (%). Cuando las coordenadas seleccionadas coincidan con una tesela del Mapa Forestal de España, la aplicación ofrecerá por defecto los datos recogidos en la misma para estos campos.
- g. Especies en individuos afectados (nº individuos). Se deberá informar el número de individuos que hayan resultado muertos y/o el número de animales heridos de cada especie.

• **Reversibilidad del daño**

Un daño se considera irreversible siempre y cuando no sea posible reestablecer el estado básico original en el cual se encontraba previamente a la ocurrencia del daño medioambiental. Hace referencia a la posibilidad de recuperación del daño, obteniendo un recurso equivalente al dañado en cuanto a tipo, calidad y cantidad en un plazo temporal razonable.

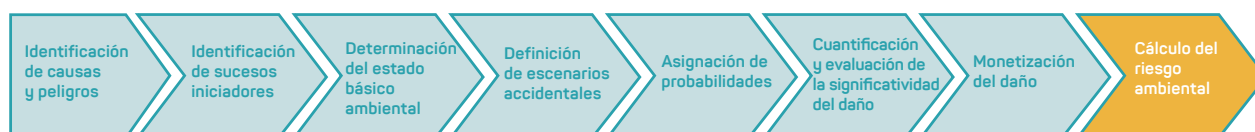
En el caso de los daños por muerte a las especies animales, éste se considera reversible a través de la cría en cautividad y posterior suelta de individuos de la misma especie.

Cuando el daño esté causado por una sustancia química, el indicador de biodegradabilidad de la sustancia podrá ofrecer información útil para estimar los parámetros de duración y reversibilidad de la contaminación.

La aplicación MORA ofrece dos módulos de cálculo uno para daños reversibles y otro para daños irreversibles. Si se considera que el daño tiene carácter reversible, la reparación se efectuará mediante medidas primarias y compensatorias, mientras que, si por el contrario se califica como irreversible, la reparación será a través de medidas complementarias.

Para mayor información sobre el uso de la herramienta MORA, se puede consultar su *Guía de Usuario* en el siguiente enlace: http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/responsabilidad-medioambiental/Gu%C3%ADa_Usuario_Aplicaci%C3%B3n_MORA_tcm7-270599.pdf

6.9. Cálculo del riesgo ambiental



El riesgo medioambiental asociado a cada escenario accidental se calculará mediante el producto entre la probabilidad de ocurrencia de cada escenario, calculada de acuerdo al protocolo recogido en la Apartado 6.6 y el valor del daño medioambiental, calculado mediante el MORA, equivalente al coste de reparación primaria a efectos de establecer la garantía financiera por responsabilidad medioambiental.

Ecuación 3. Valor de riesgo

$R = P \cdot C$	
Donde:	
P	Probabilidad de ocurrencia del escenario accidental.
C	Consecuencia del daño ambiental producido, en términos monetarios.

07

CÁLCULO DE LA
GARANTÍA FINANCIERA



07 | CÁLCULO DE LA GARANTÍA FINANCIERA

En el artículo 33 del Reglamento aprobado mediante el Real Decreto 2090/2008, de 22 de diciembre, se establecen los requisitos para la fijación de la cuantía de la garantía financiera obligatoria. La determinación del valor de esta garantía partirá del análisis de riesgos medioambientales, que se llevará a cabo de acuerdo a lo indicado en las anteriores secciones de esta Guía y consistirá en las siguientes operaciones:

- Identificar los escenarios accidentales y establecer la probabilidad de ocurrencia de cada escenario.
- Establecer el valor del daño medioambiental asociado a cada escenario accidental siguiendo los siguientes pasos:
 - En primer lugar, se cuantificará el daño medioambiental generado en cada escenario.
 - En segundo lugar, se monetizará el daño medioambiental generado en cada escenario, cuyo valor será igual al coste del proyecto de reparación primaria.
- Calcular el riesgo asociado a cada escenario accidental (R) como el producto entre la probabilidad de ocurrencia del escenario (P) y el valor del daño medioambiental (V).
- Seleccionar los escenarios de menor coste asociado que agrupen el 95% del riesgo total. Para ello se ordenan los escenarios de menor a mayor daño medioambiental, se calcula el porcentaje de riesgo de cada escenario sobre el riesgo total (siendo el riesgo total la suma del riesgo de todos los escenarios), y por último se calcula el porcentaje de riesgo acumulado de cada escenario.
- Establecer como propuesta de cuantía de garantía financiera el valor del daño medioambiental más alto entre los escenarios accidentales seleccionados.

A modo de ejemplo, la **Tabla 28** muestra cómo seleccionar el escenario de referencia para establecer la cuantía de la garantía financiera en una instalación ficticia. En ella se recogen los 13 escenarios accidentales identificados, ordenados de menor a



TABLA 28. CÁLCULO DE LA GARANTÍA FINANCIERA (EJEMPLO)

ESCENARIO	P	V (€)	R=PxV	% R TOTAL	% R ACUMULADO
2	0,0062	12,000	74	0,03%	0,04%
3	0,0100	38,000	380	0,17%	0,21%
9	0,0045	80,000	360	0,16%	0,37%
4	0,0900	90,000	8.100	3,61%	3,98%
5	0,0761	235,000	17.884	7,98%	11,96%
7	0,0101	390,000	3.939	1,76%	13,72%
11	0,0870	450,000	39.150	17,46%	31,18%
12	0,0930	500,000	46.500	20,74%	51,91%
6	0,0073	700,000	5.110	2,28%	54,19%
10	0,0650	930,000	60.450	26,96%	81,15%
8	0,0099	1.150,000	11.385	5,08%	86,23%
13	0,0106	1.900,000	20.140	8,98%	95,21%
1	0,0050	2.150,000	10.750	4,79%	100,01%
TOTAL	0,4747	8.625,000	224.222	100,00%	100,00%

Donde: P: probabilidad de ocurrencia; V: valor del daño medioambiental asociado a cada escenario en términos monetarios; R: riesgo asociado a cada escenario; % R total: porcentaje de riesgo de cada escenario sobre el riesgo total; % R acumulado: porcentaje de riesgo acumulado de cada escenario.

mayor valor de daño medioambiental, su probabilidad, riesgo (como resultado del producto de su probabilidad y daño medioambiental), el porcentaje de riesgo de cada escenario sobre el riesgo total y el riesgo acumulado de cada escenario. En amarillo se marca el escenario con mayor daño medioambiental que agrupa el 95% del riesgo total, que será el que determine la cuantía de la garantía financiera.

Cabe señalar que los datos utilizados para realizar este ejercicio práctico no son reales, por lo que esta garantía financiera no corresponde a una instalación real. **Este ejemplo práctico únicamente pretende ilustrar la forma en que ha de particularizarse una instalación concreta, no pretendiendo, en ningún caso, establecer un valor de referencia para la garantía financiera que puedan constituir las instalaciones pertenecientes al sector.**

Una vez aplicada la metodología para la estimación de la garantía financiera, que establece el Reglamento aprobado por el Real Decreto 2090/2008, de 22 de diciembre, se puede concluir que en **este ejemplo el escenario que definiría la garantía es el Escenario 13**. El coste de la garantía financiera por responsabilidad ambiental que, en su caso, tendría que constituir esta instalación, sería el resultado de sumar al coste de reparación primaria del escenario

elegido, un 10% destinado a cubrir los costes de las medidas de prevención y evitación, conforme establece el artículo 33.3 del Real Decreto 2090/2008, de 22 de diciembre, obteniéndose un valor final de 2.090.000 euros.

La exigibilidad de establecer la garantía financiera está supeditada a la aprobación de las órdenes ministeriales establecidas en la disposición final cuarta de la Ley de Responsabilidad Medioambiental (LRM), las cuales serán promulgadas de acuerdo con el calendario recogido en la Orden ARM/1783/2011, de 22 de junio, por la que se establece el orden de prioridad y el calendario para la aprobación de las órdenes ministeriales a partir de las cuales será exigible la constitución de la garantía financiera obligatoria, previstas en la disposición final cuarta de la LRM.

A partir de la entrada en vigor de esta Orden, se establecen los plazos para la publicación de las órdenes ministeriales a partir de las cuales será exigible la garantía financiera obligatoria a los sectores de actividad afectados, de tal manera que esta norma orienta a los sectores respecto al tiempo del que disponen para la elaboración de los análisis de riesgos medioambientales sectoriales ya que, de conformidad con la disposición final primera, apartado

TABLA 29. ORDEN DE PRIORIDAD PARA LA EXIGENCIA DE CONTRATACIÓN DE UNA GARANTÍA FINANCIERA DEL SECTOR DE TECNOLOGÍA SANITARIA

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	NIVEL DE PRIORIDAD
25	Fabricación de productos informáticos, electrónicos y ópticos	
25.6	Fabricación de equipos de radiación, electromédicos y electroterapéuticos	3
31	Otras industrias manufactureras (en caso de que requieran de autorización de vertido)	
31.5	Fabricación de instrumentos y suministros médicos y odontológicos.	3

segundo, del RLRM, se establece que tales instrumentos deben estar elaborados con carácter previo a las citadas órdenes ministeriales.

Este calendario contempla la publicación de las órdenes de exigencia de la garantía financiera obligatoria de los sectores de actividad afectados clasificándolos como nivel 1, nivel 2 y nivel 3 (de mayor a menor nivel

de prioridad respectivamente). El sector de actividades de Tecnología Sanitaria se ha clasificado como aparece en la [Tabla 29](#).

No obstante, cabe señalar que en el sector de Tecnología Sanitaria no se lleva a cabo la fabricación de detergentes ni otros artículos de limpieza y abrillantamiento.



08

ORIENTACIONES PARA
LA GESTIÓN DEL RIESGO
MEDIOAMBIENTAL



08

ORIENTACIONES PARA LA GESTIÓN DEL RIESGO MEDIOAMBIENTAL

En este apartado se incluyen una serie de propuestas de medidas de gestión que podrán adoptar los operadores con carácter individual. Se trata de medidas generales a aplicar en las instalaciones. En cualquier caso, las Mejores Técnicas Disponibles del sector serán una buena guía para la aplicación de medidas más concretas.

En términos globales, la disposición de una política de minimización de riesgos ambientales es un elemento clave para la reducción del riesgo ambiental de una instalación. La política es un elemento integrador entre el compromiso de la entidad con la protección del medio ambiente y las acciones a tomar para la reducción del riesgo.

La eliminación o minimización del riesgo se puede enfocar desde dos perspectivas: la reducción de la probabilidad o la reducción de la gravedad de las consecuencias.

Algunas medidas que permiten reducir la probabilidad, e incluso eliminar el riesgo son:

- Mejorar los procesos e inversiones materiales.
- Realizar auditorías periódicas e implantar las medidas correctoras y acciones de seguimiento.
- Impartir formación y entrenamiento del personal.
- Realizar un mantenimiento preventivo de equipos.
- Establecer políticas de control de calidad de la mejora de la gestión.
- Incorporar sistemas activos y pasivos de control ambiental.

Asimismo, las siguientes medidas permitirán reducir la gravedad de las consecuencias:

- Incorporar sistemas activos y pasivos de protección (contra derrames, fugas, vertidos, incendio, intrusión).
- Implantar un Plan de Emergencia Ambiental.
- Elaborar un Plan de Contingencia Ambiental.
- Elaborar un Plan de Gestión de Crisis.
- Impartir Formación del personal y realizar simulacros.

- Implantar Sistemas de Gestión Ambiental según norma ISO 14.001 o EMAS (Sistema Comunitario de Gestión y Auditoría Ambiental).

Por otro lado, la implantación, de forma voluntaria, de sistemas de gestión medioambiental reporta importantes ventajas de cara a una más efectiva protección del entorno y tiene repercusiones positivas en otros ámbitos de las empresas. Cuando estos sistemas están integrados, a su vez, con la gestión de la calidad y de la prevención de riesgos laborales, las sinergias que se producen redundan en una mejor eficiencia de las operaciones.

Riesgos y medidas según las actividades

A continuación se enumeran una serie de medidas generales aplicadas a los distintos riesgos identificados en las actividades habituales del sector:

- Vertidos y derrames durante el transporte de materias primas o residuos peligrosos. Conviene maximizar las medidas de seguridad durante el transporte, empleando mecanismos de carga y descarga y elevación mecánicos como grúas o portabidones y evitando, siempre que sea posible, el transporte manual.
- Vertidos, derrames y emisiones durante los procesos de carga y descarga de equipos. La carga de los depósitos de aceite de maquinaria, tanques, depósitos de aditivos, reactores y otros, debe hacerse siempre que sea posible mediante tuberías. En caso de que no sea posible deberán emplearse bandejas de contención para evitar derrames y salpicaduras. La utilización de mecanismos de dosificación automática, elevación mecánica y sistemas de contención en dichas zonas son medidas que evitarán los derrames y emisiones difusas.

- Incendios y explosiones en las zonas de proceso o almacenamiento de combustibles o materias primas inflamables. Se recomienda llevar un control de las condiciones de almacenamiento y características del material almacenado, realizar las revisiones periódicas de las medidas de seguridad y garantizar la existencia de sistemas de prevención contra incendios. Son importantes asimismo los sistemas de detección adecuados así como los sistemas de contención de aguas de extinción de incendios.
- Generación de lixiviados y arrastre de contaminantes por la lluvia en almacenamientos sin cubierta. Es recomendable dotar a todos los almacenamientos de cubierta para evitar el arrastre de sustancias que puedan contaminar el suelo, las aguas superficiales y las aguas subterráneas del entorno de la instalación y en todo caso, de sistemas de recogida de aguas de escorrentía.
- Infiltración de contaminantes en el terreno en zonas no pavimentadas o con el pavimento deteriorado. Los almacenamientos de las instalaciones deben estar pavimentados, preferiblemente con hormigón u otro aislante, garantizando siempre la buena conservación del mismo. Se recomienda utilizar pavimentos especiales tales como recubrimientos antiácidos o impermeabilización con resina si las sustancias almacenadas lo aconsejan.
- Vertidos por falta de medidas de contención o fallo de las mismas. Todas las zonas de almacenamiento deben contar con medidas de contención de las sustancias de tal modo que sean suficientes para poder retener los posibles vertidos accidentales dimensionados según la legislación vigente. Además se deben realizar revisiones periódicas para garantizar la estanqueidad y el buen funcionamiento de los mismos.
- Vertidos asociados a los procesos de carga y descarga de tanques y depósitos. Todas las zonas de carga y descarga deben estar pavimentadas con materias resistentes a la degradación por las sustancias que se manejan. Se recomienda que dichas instalaciones estén cubiertas siempre que sea técnica y económicamente viable. Del mismo modo, estas zonas deben contar con sistemas de contención de vertidos y con materiales absorbentes adecuados a las características del posible vertido. Las zonas de carga y descarga estarán adecuadamente señalizadas con carteles informativos sobre los procedimientos y las actuaciones a seguir en caso de vertido.
- Riesgos asociados al sistema de depuración de aguas residuales. Los sistemas de depuración deben localizarse en zonas de acceso restringido y contar con los elementos mínimos que aseguren su estanqueidad. Asimismo se deben diseñar sistemas de contención de posibles vertidos para que éstos sean de nuevo recirculados al sistema



de tratamiento, siendo capaces de retenerlo. Si el sistema de depuración es subterráneo, contará con un sistema de detección de fugas, comprobando asimismo su estanqueidad mediante revisiones periódicas. Por último, se deben controlar periódicamente los parámetros de vertido asegurando que se encuentran dentro de los límites establecidos.

- Riesgos asociados a las redes de aguas residuales y de pluviales. Las redes de aguas residuales deben ser estancas y mantenerse en buen estado de conservación. Se deben extremar las precauciones para evitar vertidos accidentales a las redes de saneamiento y de pluviales. Asimismo, al diseñar las zonas de almacenamiento de sustancias o de residuos peligrosos deberá tenerse en cuenta que no pueda producirse ningún vertido accidental a las redes de pluviales y de saneamiento.
- Sistema de detección de incendios y medios de extinción. La instalación debe cumplir la normativa vigente en materia de protección contra incendios y explosiones así como contar con un Plan de Emergencia y los medios de extinción suficientes. Se

recomienda contar con sistemas de retención de aguas de extinción que eviten que sean vertidos a la red de saneamiento o de pluviales.

- Riesgos de actividades vecinas. La instalación tendrá en cuenta en su Plan de Emergencia las situaciones provocadas por agentes externos, desde incendios a sustancias o accidentes.
- Riesgos asociados a las actividades históricas. Se recomienda que, en todo caso, se tomen medidas correctoras al efecto, previniendo el riesgo potencial de que se ocasionen mayores daños y responsabilidades en el futuro debido a la no actuación.
- Riesgos asociados a fenómenos naturales. Las instalaciones situadas en zonas especialmente propensas a determinados fenómenos naturales, tales como tormentas eléctricas, inundaciones, terremotos y otros, deberán tener en cuenta en su Plan de Emergencia dichos aspectos de cara a la prevención de sus posibles consecuencias dentro de la instalación.



09

ESTIMACIÓN DE LA
INCERTIDUMBRE



09 | ESTIMACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE

El proceso de análisis de riesgos supone trabajar con fuentes de información, modelos y aproximaciones que introducen cierto nivel de incertidumbre en el resultado final para cada escenario.

En la mayoría de los casos el resultado del análisis de riesgo ambiental (ARA) podría considerarse sobreestimado dado el uso generalizado de “la hipótesis más conservadora” en la asignación de valores a las distintas variables de riesgo. Debe tenerse en cuenta, sin embargo, que pese a la importancia que tiene el uso del criterio conservador, los valores asignados o las distintas asunciones hechas a lo largo del proceso, serán lo más aproximados a la realidad del problema para tratar de minimizar la sobreestimación del resultado y que éste se ajuste, en la medida de lo posible, a la realidad de la instalación considerada y su entorno. Teniendo en cuenta siempre este principio, la opción de subestimar el riesgo queda minimizada.

La realización de análisis de incertidumbre es crítica para que el ARA esté completo y para que el operador sea consciente del grado de confianza del resultado obtenido. Actualmente no existe obligación en cuanto a si éste debe ser cualitativo o cuantitativo. Un análisis cualitativo se lleva a cabo mediante la identificación de aquellas variables con mayor influencia en el resultado final (contribución a un aumento o disminución del resultado), una justificación de los valores asignados y una valoración cualitativa del grado de confianza general sobre la evaluación final. A modo de ejemplo, para la estimación del volumen de afectación al suelo en la zona no saturada, la persona que realiza el ARA tiene la opción de seleccionar distintos valores bibliográficos de permeabilidad, en el supuesto de que no se disponga de una caracterización específica del subsuelo de su instalación. A la hora de seleccionar el valor, el usuario se encuentra con que, para el mismo tipo de litología, cada autor considera un valor diferente, pudiendo variar en dos órdenes de magnitud dependiendo del autor considerado. La tendencia sería la selección del valor más conservador, es decir, aquel que permita una mayor propagación del agente causante del daño en el suelo. El resultado

por tanto puede ser un valor de riesgo sobreestimado con un grado de incertidumbre alto (dada la variación en órdenes de magnitud) que genera una confianza media. El operador podrá decidir entonces, en función del resultado global del ARA, si se requiere llevar a cabo un mínimo de trabajos de campo que ayuden a mejorar el conocimiento de su emplazamiento y, por tanto, reducir la incertidumbre en su resultado del análisis. En este caso, el análisis de incertidumbre puede resultar de gran utilidad a la hora de establecer los costes de recuperación.

Un análisis de riesgo cuantitativo está justificado cuando:

- Los resultados del primer ARA, teniendo en cuenta el criterio más conservador, llevan a la conclusión de la necesidad de obtener datos más representativos y por lo tanto a realizar trabajos adicionales, por ejemplo, de investigación o caracterización detallada del subsuelo. En este caso, previo al análisis cuantitativo, deberán seleccionarse aquellos parámetros a estimar que puedan tener más peso sobre el resultado final, para no incurrir en costes innecesarios y establecer prioridades.
- Análisis coste-efectividad para la selección de técnicas de recuperación si el resultado está claramente por encima de lo razonable para determinadas situaciones o se aleja de la realidad observada en la instalación y/o su entorno. Por ejemplo que los costes de remediación sean excesivamente altos mientras que las concentraciones del agente causante del daño (CDI) en el punto de exposición de exposición no se hayan reducido significativamente.

Se recomienda que el proceso de estimación de la incertidumbre se lleve a cabo para los parámetros con mayor influencia sobre el resultado final, ya que analizar todas y cada una de las variables dentro del proceso global del ARA puede resultar demasiado costoso para la finalidad de un análisis cualitativo. Por tanto, el primer paso para llevar a cabo estos análisis es el cribado o selección de estos parámetros, atendiendo a:

- Valores estimados para las sustancias, los equipos, la magnitud o probabilidad del escenario accidental o en los parámetros del medio receptor o de los receptores potenciales, que puedan introducir variación sensible en los resultados.
- Hipótesis generales adoptadas que puedan introducir variación sensible en los resultados.

En la **Tabla 30** se incluye una propuesta de contenidos mínimos para el análisis de incertidumbre de cada uno de los escenarios considerados en cada ARA. La propuesta se hace a modo de ejemplo y deberá ser adaptada a las necesidades de cada ARA, incluyendo en cada caso los valores asignados y las fuentes de información consultadas.

→ Ver Tabla 30. **Ejemplo para la propuesta de análisis cualitativo de incertidumbre**²⁴

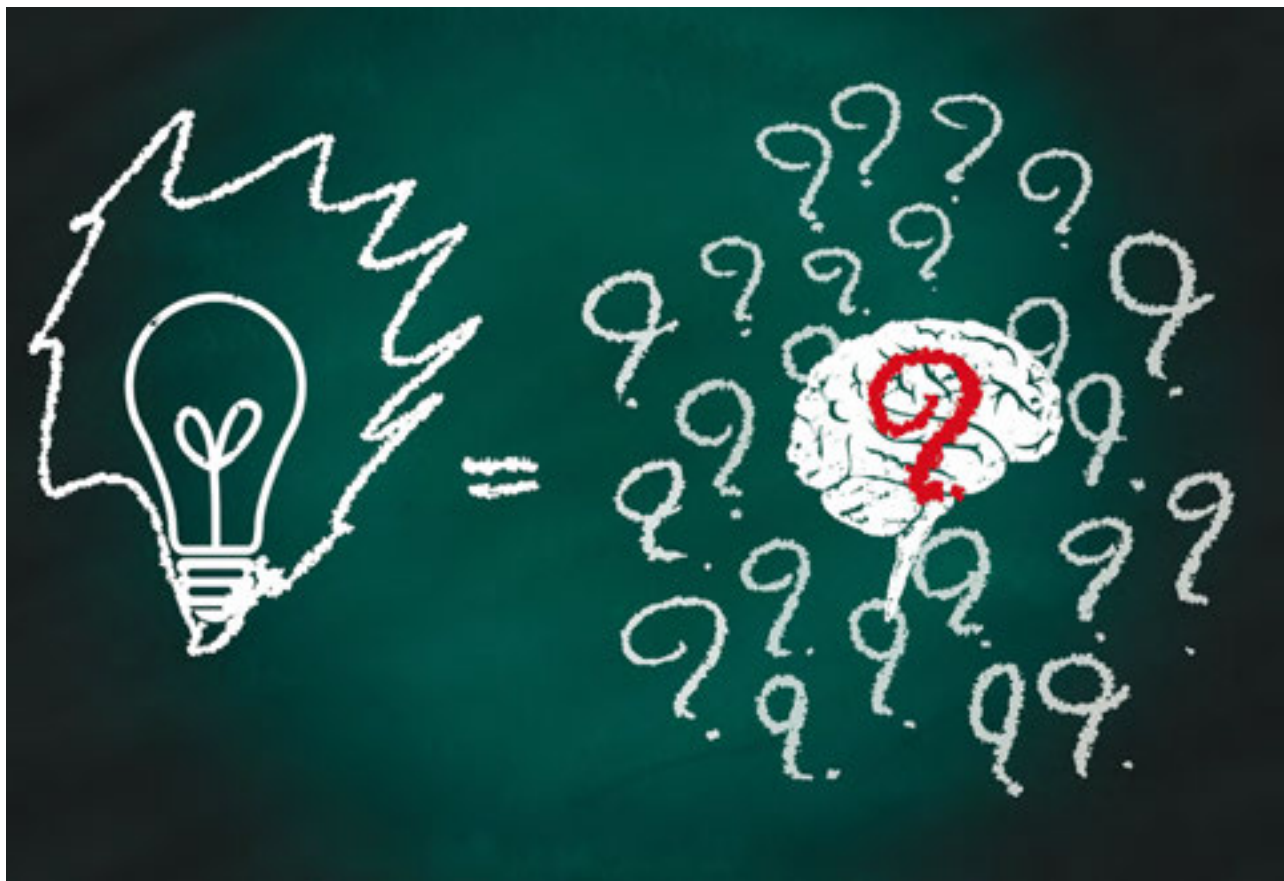
En cada uno de los apartados a desarrollar en la tabla, se debe incluir un juicio cualitativo sobre la calidad y fiabilidad de los datos siempre que para su obtención se hayan realizado suposiciones o adoptados criterios que previsiblemente pueden ser relevantes en los resultados finales.

Para valores comunes a la mayoría de los escenarios, asociados a entrada de parámetros de modelos, características consideradas del medio u otros criterios de carácter general, se recomienda desarrollar tablas independientes para recoger esos datos.

Se hará una evaluación de la de las hipótesis y aproximaciones formuladas, en virtud de la calidad y fiabilidad de la información disponible.

Apoyarse en los modelos de difusión de contaminantes utilizados es una ayuda y complemento a los análisis de la incertidumbre; así, modificando uno a uno los parámetros de entrada del modelo que se estimen más sensibles, se obtienen de forma rápida los resultados de las cantidades y concentraciones de contaminantes que llegarían al medio, determinando cuál de dichos parámetros es el más sensible y, por lo tanto, sobre el que hay que prestar más cuidado en su determinación, para así reducir la incertidumbre del resultado del ARA.

²⁴ Las referencias incluidas en la tabla corresponden al ejemplo planteado.



10

PLAN DE REVISIÓN Y ACTUALIZACIÓN DEL INSTRUMENTO DE ANÁLISIS SECTORIAL



10

PLAN DE REVISIÓN Y ACTUALIZACIÓN DEL INSTRUMENTO DE ANÁLISIS SECTORIAL

Este apartado incluye un protocolo de actualización de datos que permitirá ir perfeccionando y afinando el instrumento sectorial, en la medida en que los operadores profesionales del sector vayan adquiriendo experiencia práctica en el análisis del riesgo medioambiental de sus respectivas instalaciones.

Las actividades, los riesgos y las fuentes de datos disponibles para su análisis, rara vez permanecen estáticos a lo largo del tiempo. Por esta razón, **debe existir un plan de revisión y actualización de la Guía de Responsabilidad Medioambiental.**

En este sentido, y siguiendo las indicaciones de la norma UNE 150008:2008, los criterios a tener en cuenta en el protocolo de revisión de los análisis de los riesgos ambientales (ARA) de las instalaciones serán los siguientes:

- La complejidad y la peligrosidad intrínseca de la actividad.
- La calidad y fragilidad del entorno.
- Las expectativas de los grupos de interés relevantes.
- Las modificaciones del entorno legal y normativo aplicable relacionados con la Ley de Responsabilidad Medioambiental o con el Análisis de riesgos medioambientales, que afecten significativamente al sector.

- Las modificaciones en procesos e instalaciones a nivel sectorial.
- Actualizaciones o variaciones significativas en las herramientas empleadas de monetización del daño.
- Implantación y desarrollo de los Análisis de Riesgos Medioambientales y obtención de garantías financieras en el sector que permite contrastar el grado de profundidad, uniformidad y resultados de las metodologías empleadas.
- Deficiencias significativas observadas en la guía o en los ARA derivados del mismo con el desarrollo del proceso de verificación contemplado en la sección 3ª del reglamento de desarrollo de la Ley de Responsabilidad Medioambiental.

Se propone como frecuencia de revisión de la Guía de Responsabilidad Medioambiental un periodo de cinco años desde su aprobación por la Comisión Técnica de Prevención y Reparación de Daños Medioambientales (CTPRDM).

No obstante, los operadores, así como Fenin, tienen la libertad de proponer los cambios oportunos fuera de los momentos de revisión la guía. En este sentido, deberán tener en cuenta que cualquier modificación del instrumento deberá ser verificada y posteriormente aprobada por la CTPRDM.



11 | GLOSARIO

Daños: El cambio adverso y mensurable de un recurso natural o el perjuicio de un servicio de recursos naturales, tanto si se produce directa como indirectamente.

Escenario accidental (EA): Es el accidente que se origina a partir del SIC teniendo en cuenta los factores condicionantes que puedan intervenir en su desarrollo (presencia de medios de contención, actuaciones del personal u otros). A partir de un SIC se pueden producir diferentes escenarios accidentales. La evolución de cada SIC, hasta desencadenar el EA, queda recogida mediante árboles de sucesos.

Estado básico: Aquél en que, de no haberse producido el daño medioambiental, se habrían hallado los recursos naturales y los servicios de recursos naturales en el momento en que sufrieron el daño, considerado a partir de la mejor información disponible.

Factores condicionantes (FC): Cada una de las circunstancias que pueden condicionar la probabilidad de ocurrencia de un SIC (factores condicionantes de las causas del SIC) o el desarrollo del escenario accidental (factores condicionantes de las consecuencias del EA).

Medida de reparación primaria: Toda medida correctora que restituya o aproxime al máximo los recursos naturales o servicios de recursos naturales dañados a su estado básico.

Peligro: Los peligros de una instalación vienen determinados por los almacenamientos, los procesos e instalaciones productivas, los elementos del entorno, los factores humanos organizativos e individuales y los procesos y actividades auxiliares. Se consideran peligros, por ejemplo, un tanque de almacenamiento de combustible, una caldera, etc.

Recurso natural: Las especies silvestres y los hábitat, el agua, la ribera del mar y de las rías y el suelo.

Reunión HAZID: Reunión en la que participan analistas de riesgos y personas con conocimiento de la instalación objeto del análisis con el objetivo de llevar a cabo la identificación de peligros (HAZard IDentification).

Riesgo: Función de la probabilidad de ocurrencia de un suceso y de la cuantía del daño que puede provocar.

Servicios de recursos naturales: Las funciones que desempeña un recurso natural en beneficio de otro recurso natural o del público.

Suceso iniciador (SI): Un SI es un hecho físico, pudiendo ser, entre otros, un fallo humano concreto o el fallo de un equipo. En ocasiones es complicado definirlo, ya que generalmente puede ser formulado como causa o consecuencia de otro suceso. En esta guía como norma general, se considera como SI el que produce la primera liberación de energía o materia que desencadena directamente el daño ambiental. En general se formulan los SI como roturas o fugas con pérdida de inventario de una sustancia peligrosa. En la secuencia temporal, cualquier suceso anterior podrá ser una causa del SI y cualquier suceso posterior podrá ser una consecuencia hasta desencadenar el escenario de accidente.

Suceso iniciador concreto (SIC): Es un SIT en el que se ha definido su causa de manera más concreta para asignarle una probabilidad de ocurrencia. Un SIT puede dar lugar a varios SIC.

Suceso iniciador tipo (SIT): Es un SI que, tras un proceso de análisis, es seleccionado como uno de los sucesos iniciadores más representativo y relevante de una línea de fabricación (de cara a la realización de esta guía) o la instalación objeto del ARA (de cara a la realización del ARA de una instalación concreta por parte de un operador).

12 | ANEXOS



Anexo 1

Metodología para la elaboración de la Guía de Responsabilidad Medioambiental

Este capítulo recoge un resumen de la metodología de trabajo y las herramientas o técnicas que se han empleado para elaborar esta Guía de Responsabilidad Medioambiental. Los resultados de este trabajo se desarrollan a lo largo de los restantes capítulos del presente documento.

La metodología seguida en el proyecto se corresponde con la establecida en la Norma UNE 150008 de Análisis y evaluación del riesgo ambiental, en lo referente a la realización de análisis de riesgos, conforme a lo indicado en el Real Decreto 2090/2008 de Responsabilidad Medioambiental. El trabajo se ha dividido en los distintos bloques o tareas que se describen a continuación. De manera general, estas tareas han sido:

- Tarea 1. Análisis preliminar del sector
- Tarea 2. Reunión inicial de lanzamiento
- Tarea 3. Estudio de detalle en una serie de instalaciones "tipo"
- Tarea 4. Desarrollo metodológico de la Guía de Responsabilidad Medioambiental
 - Protocolo para la determinación del Estado Básico Ambiental
 - Identificación de peligros y sucesos iniciadores
 - Postulación de escenarios accidentales
 - Protocolo para la asignación de probabilidades y el desarrollo de árboles de fallos y consecuencias
 - Protocolos para la cuantificación y evaluación de la significatividad del daño
 - Orientaciones para la gestión del riesgo medioambiental
- Tarea 5. Integración de la información y redacción de la Guía de Responsabilidad Medioambiental

Con carácter transversal en todas las fases de elaboración de la guía, se ha empleado la bibliografía de referencia para la realización de análisis de riesgos y postulación de sucesos iniciadores en el ámbito de la seguridad industrial, y la documentación técnica más específica del sector.

A partir de esta propuesta, el operador deberá particularizar el análisis de riesgo ambiental (ARA) a las condiciones específicas de su planta, considerando este documento como una guía mínima de técnicas a emplear por el operador para ampliar la identificación de peligros a los escenarios de riesgo "singulares" que pudieran

existir en su planta. Estos son aquellos escenarios que no son representativos a nivel sectorial por estar presentes en una minoría de actividades o instalaciones. Estos escenarios "singulares" que puedan generar un daño significativo deberán ser, no obstante, tenidos en cuenta en el análisis de riesgos medioambientales particularizado a nivel de operador.

Tarea 1. Análisis preliminar del sector

El equipo consultor realizó un trabajo de gabinete consistente en el estudio de los procesos industriales y tecnologías aplicados en las instalaciones del sector, así como en las prácticas ambientales y de gestión desarrolladas en las mismas. Este análisis preliminar se llevó a cabo a partir de la consulta de distintos documentos, así como de su experiencia y conocimiento del sector.

Como resultado se elaboró un modelo conceptual preliminar, específico para cada instalación "tipo" de los distintos subsectores, en el que de manera muy preliminar se identificaron una serie de peligros y sus posibles causas, así como tipo de receptores que podrían verse potencialmente afectados.

Tarea 2. Reunión inicial de lanzamiento

Se organizó una reunión inicial de lanzamiento y presentación del proyecto a la Comisión de Medio Ambiente de Fenin. Esta reunión se organizó con el siguiente objetivo:

- Presentar el objeto y alcance del proyecto, incluyendo la metodología y cronograma propuesto a todas las partes interesadas.
- Exponer los aspectos positivos del proyecto: facilitación en la aplicación de la normativa en materia de responsabilidad medioambiental (simplificación del análisis de riesgos, exclusión de actividades/instalaciones de muy bajo riesgo y otros).
- Identificación y acuerdo de un número limitado de instalaciones "tipo" para realizar el estudio de detalle, con base en el modelo conceptual preliminar generado en la Tarea 1.

Como resultado de esta tarea, Fenin conoce con detalle el objeto del proyecto y cómo éste se llevará a cabo. Asimismo, el equipo de trabajo dispone de una visión previa adecuada de los procesos desarrollados y del compromiso de colaboración de las instalaciones para ser estudiadas en profundidad.

Tarea 3. Estudio de detalle de instalaciones tipo

Para la realización de esta guía, se visitaron un total de siete instalaciones tipo que cubren las actividades lle-

vadas a cabo por los once subsectores identificados. El estudio de detalle de las instalaciones tipo se llevó a cabo a través de las siguientes fases:

- Recopilación y análisis detallado de información relevante.

Para proceder al adecuado análisis de la actividad se solicitó a la instalación seleccionada, previamente a su visita, la información relevante existente que pudiera ser de utilidad al equipo de trabajo (véase cuestionario enviado en el Anexo II), como por ejemplo la memoria presentada para la obtención de la Autorización Ambiental Integrada (AAI), Estudios y Declaraciones de Impacto Ambiental (EIA, DIA), Planes de emergencia (PEI, PEE) y sus análisis de riesgos correspondientes, informes preliminares de suelos, estudios o caracterizaciones existentes de suelos y geotécnicos, sustancias manejadas en la instalación, sus cantidades, peligrosidad y fichas de datos de seguridad, otros.

Esta información permitió una primera aproximación a los posibles sucesos básicos e iniciadores de accidente, a los parámetros que podrían determinar su intensidad y magnitud y a las variables que pudieran influir en su probabilidad de ocurrencia, con el fin de confirmarlos y cuantificarlos durante la visita.

Por otro lado, se llevó a cabo, a modo meramente informativo, una recopilación y análisis de la información ambiental disponible del entorno más próximo de la instalación a visitar con el fin de identificar los recursos naturales que podrían ser susceptibles de sufrir un daño ambiental significativo de acuerdo a la Ley de Responsabilidad Medioambiental (aguas, riberas del mar y las rías, suelos, especies y hábitat).

- Visita a las instalaciones seleccionadas.

Las visitas se llevaron a cabo, en la medida de lo posible, junto el Director Técnico, el Responsable de Medio Ambiente, el Jefe de Mantenimiento (persona indispensable en la reunión y visita) y el personal de mayor antigüedad. Éstas se estructuraron en tres partes:

Parte 1. La primera parte consistió en una reunión inicial durante la cual se llevó a cabo la revisión de la documentación previamente remitida por las plantas. Asimismo, se procedió a repasar el guion de la visita, tratando de identificar los siguientes aspectos propios de los ARA (a partir de la información de la planta analizada en la etapa anterior) como:

- Condiciones habituales de funcionamiento sobre las que se lleva a cabo el análisis de la información

y los supuestos de accidentes. La consideración de las condiciones habituales de funcionamiento supone la estimación de que las instalaciones están en pleno cumplimiento de la legislación vigente (autorizaciones, permisos, registros, otros).

- Identificación preliminar de peligros y sus posibles causas: se identificaron, conjuntamente con los técnicos de la planta, las posibles fuentes de peligro relacionadas principalmente con las sustancias utilizadas, las condiciones y actividades de almacenamiento, proceso industrial y con las fuentes de generación energía. Se valoraron también otras fuentes de peligro que puedan estar relacionadas con el factor humano, con la propia actividad o con elementos externos a la instalación como los aspectos naturales.
- Identificación preliminar de posibles sucesos iniciadores e identificación de factores condicionantes. De manera transversal a la identificación preliminar de peligros, se llevó a cabo una definición previa de posibles sucesos iniciadores de accidente como, por ejemplo, un incendio, un derrame, una fuga de depósito, emisiones a la atmósfera, otros. Al mismo tiempo se identificaron las medidas de prevención y control que podrían atenuar o anular los sucesos iniciadores identificados.

Parte 2. La segunda parte consistió en una visita guiada por las instalaciones durante la que se verificaron in situ todos los aspectos relacionados con la identificación de peligros anterior. Durante la visita, pudieron detectarse, entre otros, nuevos sucesos, fuentes de peligro y factores condicionantes, que se discutieron en una reunión posterior para estudiar con más detalle estos nuevos casos.

Parte 3. Esta tercera parte consistió en una reunión final de cierre en la que se hizo una presentación de los resultados del trabajo realizado y una presentación y repaso de las conclusiones.

De esta forma se llevó a cabo la identificación de las principales fuentes de peligro existentes en las instalaciones de los subsectores, justificándose éstas en virtud del potencial de causar daños en el medio ambiente, así como los posibles receptores del daño ambiental y su posible afección. Se tuvieron en cuenta, como fuentes de peligro, no sólo el tipo de actividad desarrollada en las instalaciones sino también aquellas relacionadas con el factor humano y los elementos externos. Esta identificación de peligros se realizó mediante:

- Sesiones HAZID²⁵ (Identificación de peligros)
 - Análisis preliminar de información.

- Elaboración de cuestionarios y/o listas de chequeo previos a la visita: preparación sesión HAZID.
 - Identificación in-situ: sesión previa y visita.
 - Sesión HAZID en la que participaron analistas de riesgos del equipo consultor y operadores de la planta que han aportado conocimiento y experiencia específico sobre las instalaciones, actividades y procesos.
- Trabajo de gabinete
- Análisis de peligrosidad de las sustancias.
 - Identificación de posibles sucesos iniciadores.

Estos trabajos permitieron el planteamiento y desarrollo del modelo conceptual de cada subsector, incluyendo posibles escenarios causales y escenarios de consecuencias para cada tipo de instalación.

Tarea 4. Desarrollo metodológico de la guía

La información generada en tareas anteriores fue analizada por el Equipo de Trabajo con el fin de realizar las labores de gabinete que se describen en este capítulo.

• Protocolo para la determinación del estado básico ambiental (EBA)

De acuerdo a la Ley 26/2007, se entiende por estado básico ambiental "aquél en que, de no haberse producido el daño medioambiental, se habrían hallado los recursos naturales y los servicios de recursos naturales en el momento en que sufrieron el daño, considerado a partir de la mejor información disponible". El estado básico ambiental deberá servir como nivel de referencia para evaluar los posibles daños ambientales que pudieran producirse en caso de accidente y la situación a la que deberían restituirse.

Sobre la base de su conocimiento técnico y con la experiencia acumulada en los estudios del medio para las investigaciones de suelos contaminados, el equipo consultor elaboró un protocolo de trabajo para el establecimiento del EBA, de cara a que posteriormente sea utilizado por cualquier instalación del sector de tecnología sanitaria, en el desarrollo de sus ARA correspondientes. Este protocolo se recoge en el apartado 6.4.

• Identificación de peligros y sucesos iniciadores

Durante la visita a las instalaciones se llevó a cabo una identificación preliminar de los peligros y sucesos iniciadores (SI) potenciales que podrían ocasionar un daño ambiental. Por otro lado, con el fin de

que los peligros y sucesos iniciadores identificados en la guía fuesen representativos de todo el sector, se elaboró un cuestionario básico de identificación de peligro que fue remitido a otras instalaciones relevantes del sector que no habían sido visitadas para completar la información recabada durante las visitas.

Tras el análisis de toda la información recopilada, el Equipo de Trabajo elaboró una tabla para cada una de las líneas de fabricación con los peligros identificados y los posibles sucesos iniciadores (SI) asociados siguiendo el esquema de identificación de peligros propuesto por la UNE 150008:2008. De este modo, el equipo consultor elaboró las tablas Excel con la siguiente estructura:

- *Fuentes de Peligro*. Clasificación según la propuesta de la UNE 150008:2008.
- *Columna de Identificación de Peligros*. Recopilación de los aquellos peligros identificados.
- *Columna de comentarios*. Breve explicación de por qué se incluyen los peligros seleccionados.
- *Columna de Identificación de Sucesos Iniciadores*. Listado de todos aquellos posibles sucesos iniciadores asociados a los peligros identificados.

El resultado final de la identificación de peligros y sucesos iniciadores líneas de fabricación se recoge en el apartado 5.1.

• Postulación de escenarios accidentales

A partir de los sucesos iniciadores se debe diseñar la secuencia de eventos que puede dar lugar a los diferentes escenarios accidentales (EA).

Para la identificación de las diferentes posibilidades de evolución desde que se produce el SI hasta que tiene lugar el EA, se deberá tener en cuenta el papel que juegan los factores condicionantes (FC) tanto de las causas como de las consecuencias. En el primer caso, condicionan la probabilidad de ocurrencia del SIC, y en el segundo mitigan o empeoran las consecuencias del EA. La herramienta sugerida para la identificación de escenarios accidentales es la construcción de árboles de sucesos, en los cuales partiendo de cada suceso iniciador y considerando los factores condicionantes se alcanzan los diferentes escenarios.

²⁵ Reuniones en las que participan analistas de riesgos y personas con conocimiento de la instalación objeto del análisis con el objetivo de llevar a cabo la identificación de peligros (HAZard Identification).

En este sentido, se elaboró un protocolo para el desarrollo de árboles de sucesos y definición de escenarios accidentales que se recoge en el apartado 6.5 de esta guía. Asimismo, se elaboró un catálogo de factores condicionantes y se desarrollaron, a modo orientativo, una serie de escenarios accidentales básicos que se recogen en el mismo apartado.

- **Protocolo para la asignación de probabilidades**

Se desarrolló un protocolo para orientar a los operadores en el proceso de asignación de la probabilidad de los distintos escenarios accidentales del ARA de su instalación, de acuerdo a la metodología establecida en la norma UNE 150008.

Esta metodología seguida para definir la probabilidad del escenario accidental se basa en el desarrollo de árboles que determinan las causas del SIC (árboles de fallos) y de árboles que determinan cómo puede evolucionar el evento desde que tiene lugar el SI hasta que se desencadena/n el/los escenario/s accidental/es final/es (árboles de sucesos), lo que se conoce como Análisis de Causas y Consecuencias (ACC). Las probabilidades a signar en los árboles de fallos y consecuencias podrán ser obtenidas vía consulta de fuentes bibliográficas de referencia o vía reunión de expertos.

La propuesta metodológica, así como las referencias consultadas, que se elabora como resultado de esta tarea se encuentra detallada en el apartado 6.6 de este documento.

- **Protocolos para la cuantificación y evaluación de la significatividad del daño**

La cuantificación del daño consistirá en estimar el grado de exposición por parte de los receptores afectados al agente causante del daño y en la medición de los efectos que éste produce sobre aquéllos. Según el Real Decreto 2090/2008, para cuantificar el daño los operadores deberán evaluar, en la medida de lo posible, la extensión, la intensidad, y la escala temporal del daño en cada uno de los mencionados escenarios de riesgo para posteriormente identificar los escenarios significativos a efectos del cálculo de la garantía financiera.

En este sentido, se llevó a cabo la elaboración de una propuesta metodológica para que el operador lleve a cabo la caracterización del daño en términos de extensión, intensidad y escala temporal, y evalúe su significatividad de acuerdo a los criterios y metodología establecidos en el Real Decreto 2090/2008. El resultado de dicha

propuesta se incluye en el apartado 6.7 de este documento.

- **Orientaciones para la gestión del riesgo medioambiental**

Se recopilaron una serie de propuestas de medidas de gestión del riesgo generales que podrán adoptar los operadores del sector con carácter individual con objeto de minimizarlo. Estas medidas se recogen en el apartado 8 de la guía.

Tarea 5. Integración de la información y redacción de la Guía de Responsabilidad Medioambiental

A partir de los trabajos descritos hasta ahora, se elaboró esta propuesta de Guía de Responsabilidad Medioambiental para el sector de Tecnología Sanitaria, en el marco de la Ley 26/2007 de Responsabilidad Medioambiental, una vez seguida la metodología prevista en el Reglamento aprobado por el Real Decreto 2090/2008, de 22 de diciembre y en la norma UNE 150008:2008 de Análisis y evaluación del riesgo ambiental.

Asimismo, la estructura y contenidos de la guía se ajustan a los recogidos en el documento "Estructura y contenidos generales de los instrumentos sectoriales para el análisis de riesgo medioambiental" emitido por la Comisión Técnica de Prevención y Reparación de Daños Medioambientales.

Se trata de un modelo que permite llevar a cabo una evaluación de los riesgos ambientales de cualquier instalación que pertenezca al mismo sector de actividad, con base a la casuística general del mismo.

Mediante la aplicación de la metodología general propuesta, cada operador, de forma independiente, debería poder llevar a cabo el análisis de riesgos de su instalación y cuantificar monetariamente las reparaciones primarias a que darían lugar los escenarios de accidentes identificados y analizados.

Por otro lado, el resultado de la aplicación de la metodología propuesta, proporciona al operador las bases y la información necesaria (probabilidad de ocurrencia frente a gravedad de las consecuencias) para implantar o mejorar las medidas necesarias de prevención para la gestión de los riesgos ambientales derivados de su instalación, tales como:

- Definición de mejoras en las instalaciones y prácticas operativas.
- Diseño de sistemas de seguimiento de la calidad ambiental.
- Diseño de planes de contingencia y áreas o medidas de actuación.

Anexo 2

Cuestionario enviado a las instalaciones con anterioridad a las visitas

1. Descripción de la actividad y emplazamiento:
 - Actividad: sub-sector al que pertenece, productos elaborados, descripción de los procesos de producción (diagrama de procesos). *(Nota: información a grandes rasgos. Indicar los productos elaborados sin especificar marcas ni gamas. Ejemplo: gasas, sondas, implantes, marcapasos, etc. Principales procesos de producción, para fabricar gasas, sondas, implantes, marcapasos, etc.)*
 - Logística: almacenamiento y distribución propios o subcontratado; en el centro productivo o fuera en otra instalación.
 - Capacidad de almacenamiento y producción: capacidad media y máxima de almacenamiento de las materias primas más significativas y de producción en términos de producto terminado. *(Nota: aportar datos en toneladas/litros y en unidades. Aportar el dato de capacidad de almacenamiento de aquellas materias primas más significativas ya sea por su peligrosidad o por las cantidades manipuladas)*
 - Entorno: localización geográfica, descripción del entorno. *(Nota: interesa la proximidad a zonas vulnerables, parque natural, cauce, etc)*. Facilitar plano de la instalación con el lay out de las naves y procesos.
2. Copia de la Memoria y de la Autorización Ambiental Integrada (AAI) si aplica, así como de la Declaraciones de Impacto Ambiental (DIA) y de los Estudios de Impacto Ambiental presentados.
3. Copia, en caso de no ser de aplicación la AAI, de las licencias y autorizaciones de carácter ambiental por razón de la actividad (municipales, autonómicas y/o estatales).
4. Copia de cualquier informe de auditoría ambiental que se haya llevado a cabo en las plantas. Información sobre cualquier procedimiento interno para el funcionamiento de las instalaciones o cualquier manual de prácticas medioambientales interno si lo hubiera.
5. Documentación sobre cualquier contingencia medioambiental, incluyendo cualquier reclamación de terceros. Copias de actas de inspecciones por este concepto emitidas por las autoridades competentes, así como de expedientes o procedimientos derivados de dicha normativa. *(Nota: si no se dispone de documentación pero se conoce alguna contingencia medioambiental, describirla)*.
6. ¿Le es de aplicación la normativa SEVESO? Justificar por qué aportando datos.
7. Información en general, sobre cualquier accidente significativo con consecuencias ambientales: fuga, emisión, filtración, incendio, escape o derrame de sustancias tóxicas y peligrosas.
8. Copias de mediciones a la atmósfera y del correspondiente Libro Registro de emisiones a la atmósfera. Relación de focos de emisión y de sistemas de abatimiento *(Nota: aportar la última medición realizada)*.
9. Información sobre el abastecimiento de agua para las plantas (origen, caudales, pozos...).
10. Información sobre los vertidos de aguas y copia de autorizaciones de vertido. Indicar los parámetros que han superado alguna vez las limitaciones de la autorización de vertido.
11. Información sobre los residuos que se generan y copia de autorizaciones como productor y/o gestor de residuos, copia del registro en el Registro de productores de Residuos y de la última declaración anual de producción de residuos. *(Nota: interesan principalmente los residuos peligrosos)*.
12. Información sobre almacenamiento de combustibles: tipo de almacenamiento (tanque aéreo, tanque subterráneo), capacidad media y máxima de almacenamiento. *(Nota: aportar datos en toneladas/litros y unidades)*.
13. Información sobre almacenamiento de sustancias tóxicas y peligrosas, incluyendo PCBs, productos químicos, aceites, y sustancias controladas por el protocolo de Montreal.
14. Fichas de datos de seguridad de las sustancias más relevantes (por cantidad y/o por peligrosidad/toxicidad) utilizadas en las instalaciones. *(Nota: aportar las que supongan un impacto ambiental significativo en caso de accidente)*.
15. Cualquier otra información que se considere relevante a efectos de impacto ambiental de las actividades. *(Nota: aportar información resumida, no es necesario una justificación documental de la misma)*.
16. Planes de emergencia (PPI, PPE) e informe de riesgos y estudios de incendios. *(Nota: únicamente se requiere información sobre las posibles incidencias medioambientales y los protocolos de actuación ante las mismas)*.
17. Estudios y Análisis Cuantitativos de Riesgos (ACR) de seguridad realizados en el emplazamiento y su actualización, en su caso.
18. Manuales de los distintos equipos y maquinaria. *(Nota: únicamente de aquellos equipos con consecuencias medioambientales significativas o los que se incluyan en el Plan de Emergencia)*.
19. Informe Preliminar de situación del suelo (IPS).
20. En su caso, caracterizaciones analíticas del subsuelo realizadas en la instalación.
21. Plano general de la instalación.

Anexo 3

Cuestionario genérico enviado a instalaciones no visitadas

1. Descripción de la actividad

Breve descripción de los distintos procesos de fabricación llevados a cabo en las instalaciones (incluyendo condiciones del proceso y equipos utilizados) y productos fabricados.

2. Tipo de suelo donde se encuentra la instalación

- a) Urbano b) Industrial c) Rústico

3. Almacenamientos

- ¿Existe algún almacenamiento sujeto a almacenamiento de productos químicos (APQ)? En caso afirmativo, tipología del mismo.
- **Materias primas**
 - i. Principales material primas peligrosas utilizadas y clasificación general de las mismas (explosivas, inflamables, peligrosas para el medio ambiente, etc.).²⁶

- ii. Cantidades máximas (aproximadas) de almacenamiento de las materias primas peligrosas más relevantes.

- Productos

- i. ¿Alguno de los productos fabricados es peligroso? Detallar su peligrosidad.
- ii. Cantidades máximas (aproximadas) de almacenamiento de los productos peligrosos más relevantes.

- Residuos

- i. Principales residuos peligrosos generados.
- ii. Cantidad máxima (aproximada) de almacenamiento de aquellos que se consideren más relevantes desde el punto de vista ambiental.

- Combustibles

- i. Tipos de combustibles utilizados (tanto para el proceso productivo como para actividades auxiliares como calefacción)

- Tanques de almacenamiento

Por favor, complete la siguiente tabla con los tanques existentes en la instalación:

TANQUE	CONTENIDO	SUPERFICIAL O SUBTERRÁNEO	INTERIOR O EXTERIOR	CAPACIDAD (M ³)	MEDIDAS PREVENTIVAS ²⁷
1
2
...

4. Aguas residuales

Por favor, complete la siguiente tabla²⁸:

TIPO DE AGUA RESIDUAL	CAUDAL ²⁹	CONTAMINANTES	DESTINO [FOSA SÉPTICA, DEPURADORA, ALCANTARILLADO, CAUCE PÚBLICO, RECIRCULACIÓN]
Pluviales
Sanitarias
De proceso
De refrigeración

5. Focos de emisión a la atmósfera

PUNTO DE EMISIÓN	CAUDAL ³⁰	CONTAMINANTES	TIPO DE FOCO [CONTINUO, DISCONTINUO, ESPORÁDICO (MENOS DEL 5% DEL TIEMPO DE FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA)]
...
...
...

²⁶ No es necesario un inventario detallado. Pueden agruparse las materias primas según su peligrosidad o naturaleza, p.ej.: disolventes inflamables, tensoactivos (peligroso para el medio ambiente acuático), etc.

²⁷ Cubeto de retención, doble pared, detección de sobrellenado, etc.

²⁸ En caso de que no se genere algún tipo de agua residual, poner NA (No aplica).

²⁹ Especificar unidades.

³⁰ Especificar unidades.

6. Instalaciones auxiliares

INSTALACIONES CON RIESGO POTENCIAL DE DAÑO AMBIENTAL: <i>(Marcar las instalaciones disponibles del siguiente listado e indicar otras específicas de su proceso que crea que puedan faltar)</i>	COMENTARIOS
<input type="checkbox"/> Alta tensión con PCB's	
<input type="checkbox"/> Reactores a presión	
<input type="checkbox"/> Destiladores	
<input type="checkbox"/> Autoclaves	
<input type="checkbox"/> Evaporadores	
<input type="checkbox"/> Atomizadores	
<input type="checkbox"/> Cristalizadores	
<input type="checkbox"/> Secadores	
<input type="checkbox"/> Otros Átex	
<input type="checkbox"/> Calderas de vapor	
<input type="checkbox"/> Cogeneración	
<input type="checkbox"/> Compresores aire comprimido	
<input type="checkbox"/> Equipos de frío con amoníaco	
<input type="checkbox"/> Tratamiento de agua residuales: (indicar tipo: biológico, físico químico, etc.)	
<input type="checkbox"/> Tratamiento de gases. Indicar tipo:	
<input type="checkbox"/> Filtros	
<input type="checkbox"/> Scrubber	
<input type="checkbox"/> Oxidación catalítica	
<input type="checkbox"/> Oxidación térmica	
<input type="checkbox"/> Torre de absorción	
<input type="checkbox"/> Ciclones	
<input type="checkbox"/> Otros:	
<input type="checkbox"/> Tanques enterrados	
<input type="checkbox"/> Zona almacenamiento de residuos	
<input type="checkbox"/> Instalación de recuperación de residuos. Indicar tipo:	
<input type="checkbox"/> Áreas de carga y descarga líquidos APQ	
<input type="checkbox"/> Conducciones enterradas (indicar todas: productos químicos, gases, aguas residuales, vapor, otros)	
<input type="checkbox"/> Racks aéreos	
<input type="checkbox"/> Depósito de contención de aguas emergencia (disponible para emergencia aguas incendios o grandes vertidos). Indicar volumen:	
<input type="checkbox"/> Red pluviales. Indicar destino	
<input type="checkbox"/> Pozo de suministro de agua	
<input type="checkbox"/> Otros	

federación española
de empresas de
fenin **TECNOLOGÍA SANITARIA**

MADRID

C/ Villanueva, 20, 1º
28001 Madrid
T.: 91 575 98 00

BARCELONA

C/ Trav. de Gràcia, 56, 1, 3
08006 Barcelona
T.: 91 93 201 46 55

www.fenin.es



TABLA 1. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS Y SUCESOS INICIADORES: FABRICACIÓN DE EFECTOS Y ACCESORIOS

EFECTOS Y ACCESORIOS

FUENTES DE PELIGRO (UNE 150008:2008)		IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS		COMENTARIOS	SUCESOS INICIADORES PROPUESTOS	
FACTOR HUMANO	ÁMBITO ORGANIZATIVO	ESTRUCTURA				
		SISTEMAS DE GESTIÓN				
		CULTURA PREVENTIVA	- Situación laboral (ERE - p. ej. desinterés / desmotivación en plantilla).		- Situaciones laborales tensas pueden inducir a errores humanos más frecuentes.	
		PROCEDIMIENTOS	- Situación laboral (subcontratas - p. ej. reducción frecuencia mantenimiento preventivo).		- Trabajo a turnos: posibilidad de falta de comunicación, lo que podría incurrir en fallos.	
		COMUNICACIÓN	- Procedimientos (p. ej. inexistencia o falta de implantación de PEI / PEE / Plan de autoprotección, en relación a los riesgos medioambientales).			
		CONDICIONES AMBIENTALES	- Patrulla diurna / nocturna de vigilancia activa.			
	ÁMBITO INDIVIDUAL	FORMACIÓN			- Errores humanos.	
		ENTRENAMIENTO	- Cursos de formación.			
		CAPACITACIÓN	- Experiencia.			
		ERROR HUMANO	- Errores por estrés.			
ALMACENAMIENTOS	MATERIAS PRIMAS	Material de embalaje: - Estuches. - Papel de sellado (sobre). - Carretes. - Film retráctil. Material para producto: - Silicona. - Gasa. - Adhesivo. - Papel siliconado. - Soporte básico (tejido, papel, seda, polietileno, entre otros). Materiales auxiliares: - Principalmente papel siliconado. Tinta de impresión. Inhibidor.	Disolventes: - 2- butanona. - Disolvente naranja. - Otros. Productos químicos de laboratorio: - Acetona. - Etanona. - Tolueno. - Acetato de Etilo. - Éter de petróleo. - Azul de metileno. - Azul de bromitol. - Ácido sulfúrico. - Otros. Lubricantes, grasas y aceites para el mantenimiento. Productos de limpieza.	- Adhesivo: sólido, corrosivo. - Aditivos: fácilmente inflamables e irritantes. - Tintas: inflamables, irritantes, nocivo para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático (R52/53). - Butanona: inflamable, irritante, nocivo para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático (R52/53). - Solución de azul de metileno (inflamable) por toda la fábrica para comprobar estanqueidad. - Éter de petróleo: Nocivo, inflamable, R53 (a largo plazo puede provocar efectos nocivos en el medioambiente acuático). - Disolventes almacenados en armario de laboratorio con extintores de agua - Materias primas en almacén cubierto y armario especial para los productos peligrosos. - Riesgo de incendio almacenamiento de materias primas combustibles: material de embalaje, gasas, papel siliconado, etc.	- Pérdida de contención de materias primas inflamables. - Pérdida de contención de materias primas peligrosas para el medio ambiente. - Pérdida de contención de grasas y aceites. - Incendio en almacenamiento de materias primas combustibles (material de embalaje, gasas, papel siliconado, etc.).	
	COMBUSTIBLES	- Gasóleo. - Gas natural.		- Gasóleo y gas utilizados para calderas. - Suministro gas municipal. - Tanques de gasóleo (generalmente aéreos). - Fuga o colapso del tanque. - Corrosión en base de tanque de combustible. - Fuga de gas natural. - Riesgo incendio/explosión en tanques de combustible. - Riesgo explosión/incendio por fuga de gas.	- Fuga de gas natural. - Pérdida de contención de gasóleo desde tanque de almacenamiento aéreo. - Pérdida de contención de gasóleo desde tanque de almacenamiento subterráneo.	
	PRODUCTOS	- Tiras adhesivas. - Esparadrapos. - Apósitos sanitarios. - Tiritas.		- Material combustible, riesgo de incendio.	- Incendio almacenamiento producto terminado.	
PROCESOS E INSTALACIONES PRODUCTIVAS	EQUIPOS	Equipos de producción: - Máquinas de adhesivado. - Máquinas de carretes. - Máquinas de strips y tiritas. - Máquinas de Cosmopor. Equipos de envasado y empaquetado.		- Proceso de adhesivado a alta temperatura. Riesgo de incendio. - Pérdida de contención de aceite de los equipos. - Riesgo de incendio por cortocircuito, trabajo con llama, puntos de ignición (elementos eléctricos), etc. - Equipos en zonas techadas y pavimentadas.	- Pérdida de contención de aceite hidráulico de los equipos. - Incendio en máquina de adhesivado. - Incendio otros equipos eléctricos.	
	TRASIEGO Y MANEJO DE SUSTANCIAS	- Procesos de carga/descarga de productos químicos. - Procesos de carga/descarga de gasóleo. - Procesos de carga/descarga de aceite hidráulico. - Procesos de carga/descarga de materias primas y auxiliares. - Tuberías aéreas/enterradas de combustible.		- Proceso de carga de adhesivo en caliente (180 ° C) - Proceso de carga de silicona manual. Riesgo de vertido en carga manual. - Riesgos ambientales asociados a: (1) liberación repentina de producto al suelo por rotura total (p. ej. perforación, tensión física extrema) y (2) fuga subterránea continua desde perforación (p. ej. corrosión, pérdida estanqueidad codo) en tuberías. - Traseigo de gasóleo por tubería aérea/enterrada. - Riesgo de incendio en los procesos de carga/descarga de materias primas y auxiliares inflamables (alcohol isopropílico, disolvente, etc.). - Riesgo de derrame en el traseigo del aceite hidráulico para los equipos.	- Pérdida de contención durante los procesos de carga/descarga de gasóleo. - Pérdida de contención durante los procesos de carga/descarga de aceite hidráulico. - Pérdida de contención durante los procesos de carga/descarga de materias primas inflamables. - Pérdida de contención durante los procesos de carga/descarga de materias primas peligrosas para el medio ambiente. - Pérdida de contención durante los procesos de carga/descarga de otras materias primas y auxiliares. - Pérdida de contención durante los procesos de carga/descarga de silicona. - Pérdida de contención durante los procesos de carga/descarga de adhesivo en caliente. - Pérdida de contención de gasóleo en tubería aérea. - Pérdida de contención de gasóleo en tubería enterrada. - Fuga de gas en tubería aérea. - Fuga de gas en tubería enterrada.	
	DISPOSICIÓN	Distribución sensible de las instalaciones de la fábrica.				
	MEDIDAS DE SEGURIDAD Y SALVAGUARDA	- Suelo pavimentado. - Recipientes de seguridad contra derrames en zonas de carga y descarga de materias primas. - Cubetos en tanques de almacenamiento. - Rack de tuberías aéreo. - Rack de tuberías subterráneo (p. ej. encamado en hormigón tratado, galerías subterráneas visitables). - Impermeabilización vs. suelo desnudo. - Detectores de humo. - Extintores, rociadores, hidrantes, BIEs. - Generadores de emergencia.		- Fallo en sistemas de seguridad contra incendio. - Ausencia de medidas de seguridad y salvaguarda. - etc.	Estas medidas condicionan o modulan la probabilidad de ocurrencia de algunos sucesos iniciadores y escenarios accidentales. Se incluyen como factores condicionantes de la probabilidad.	
	CONDICIONES DEL ENTORNO	Zonas industriales.		- Zonas industriales, pavimentadas y con red de saneamiento. - Instalaciones alejadas del entorno natural aunque en ocasiones pueda haber algún receptor aislado, como un río cercano o un espacio natural protegido.	Estos peligros condicionan o modulan la probabilidad de ocurrencia de algunos sucesos iniciadores y escenarios accidentales. Se incluyen como factores condicionantes de la probabilidad.	
	CONDICIONES DEL PROCESO	- Control operacional proceso de adhesivado. - Control operacional proceso de corte y confección. - Control operacional envasado y empaquetado.		- Proceso de adhesivado a alta temperatura. Fallo en el control del proceso podría producir un incendio.	- Incendio proceso de adhesivado.	
	GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO	- Mantenimiento preventivo. - Mantenimiento correctivo. - Mediciones en focos de emisiones a la atmósfera.		- Mantenimiento de compresores de aire, aire acondicionado y calefacción, caldera, carretillas elevadoras, de máquinas y otros equipos, sistema de iluminación.	Estas medidas condicionan o modulan la probabilidad de ocurrencia de algunos sucesos iniciadores y escenarios accidentales. Se incluyen como factores condicionantes de la probabilidad.	
PROCESOS E INSTALACIONES AUXILIARES	PRODUCCIÓN DE CALOR	Caldera.		Caldera de gas o gasóleo.	- Incendio de la caldera. - Explosión de la caldera. - Emisión de gases de combustión fuera de especificaciones.	
	PRODUCCIÓN DE FRÍO	Sistema de aire acondicionado.		Mayoría de equipos libres de gas refrigerante R22. Si bien la emisión de HCFCs destruye la capa de ozono, no produce un daño ambiental en los receptores recogidos en la normativa.		
	PRODUCCIÓN AIRE COMPRIMIDO	Compresores.		- Incendios por cortocircuitos eléctricos, por excesiva temperatura del aire comprimido o por excesiva temperatura del aceite de refrigeración. - Explosiones por falta de resistencia del material, por exceso de presión, por autoinflamación del aceite de lubricación en la compresión o por descarga electrostática.	- Pérdida de contención de aceite lubricante desde compresor. - Incendio compresor. - Explosión compresor.	
	GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	- Transformadores. - Grupo electrógeno. - Zona de carga de baterías.		- Se pueden producir incendios en grupos electrógenos y centros de transformación próximos a tanques de combustible: fácil propagación. - Pérdidas de aceite desde grupo electrógeno. - Pérdida de aceite dieléctrico en centros de transformación.	- Incendio en transformador. - Pérdida de contención de aceite dieléctrico desde transformador. - Incendio en zona de carga de baterías. - Incendio en grupo electrógeno y pérdida de contención de aceite desde grupo electrógeno.	
	PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS	- Planes de emergencia. - Zonas ATEX. - Detectores de humo. - Extintores, rociadores, hidrantes, BIEs. - Depósito de agua contra incendio.		- En caso de no funcionar los sistemas de detección y contra incendios de la planta, y producirse un gran incendio, se podría producir un vertido de las aguas de extinción al DPH.	- Vertido de aguas procedentes de extinción/sofocación de incendios. - El resto de medidas condicionan o modulan la probabilidad de ocurrencia de algunos sucesos iniciadores y escenarios accidentales. Se incluyen como factores condicionantes de la probabilidad.	
	TRATAMIENTO DE AGUA PARA PROCESOS E INSTALACIONES	Torres de refrigeración.		- Suministro municipal de agua. - No se utiliza agua para el proceso de producción, su consumo es para uso sanitario, riego de jardines y limpieza del suelo.		
	INSTALACIONES DE PREVENCIÓN Y TRATAMIENTO DE LA CONTAMINACIÓN					
	DEPURACIÓN DE AGUAS			- Disponen de permiso de vertido. No están sometidos a controles porque el agua residual es exclusivamente sanitaria.		
	EMISIONES A LA ATMÓSFERA	- Tres focos de emisión extracción adhesivo silicona de la máquina de recubrimiento adhesivo (silicona, horno, aspiración): COT. - Foco emisión caldera de calefacción y agua caliente: CO y NOx.		- Foco de emisión máquina recubrimiento adhesivo: medidas de tres focos (silicona, horno, aspiración). - Foco emisión caldera de calefacción y agua caliente: controlado con carácter preventivo aunque no requiere por su potencia un control reglamentario.	- Emisiones fuera de especificaciones de gases de combustión caldera. - Emisiones fuera de especificaciones de COT de máquina de recubrimiento adhesivo.	
	ALMACENAMIENTO Y TRATAMIENTO DE RESIDUOS	Zona de almacenamiento de residuos peligrosos: - Disolvente usados. - Aerosoles usados. - Aceites usados. - Siliconas con agua de limpieza adhesivadora.	- Adhesivos acuosos. - Trapos, papel, vidrio, etc. contaminados. - Envases de metal y de plástico. - Tubos fluorescentes. - Pilas usadas. - etc.	- Derrames en transporte de los bidones u otros recipientes con residuos peligrosos (aceites usados, disolventes usados, tinta residual, etc.)	- Pérdida de contención/derrame de residuos peligrosos desde bidones u otros envases.	
ELEMENTOS EXTERNOS	NATURALES	- Sismicidad de la zona. - Problemas de estabilidad del terreno. - Precipitaciones (fuertes, inundaciones, nevadas). - Tormentas (rayos). - Crecida de cauces próximos. - Nivel freático somero (necesidad de bombeo si tanques enterrados). - Bosques cercanos (incendio). - Temperaturas (congelación tuberías). - Vientos fuertes.		- Asentamiento del terreno, deslizamiento de ladera por baja estabilidad del terreno. - Aumento grietas en tanques por sismicidad alta - En caso de tanques vacíos, pueden volcar sobre los llenos y romperlos: derrame. - Aumento de probabilidad de corrosión si nivel freático alto.	Estos peligros condicionan o modulan la probabilidad de ocurrencia de algunos sucesos iniciadores y escenarios accidentales. Se incluyen como factores condicionantes de la probabilidad.	
	INFRAESTRUCTURAS Y SUMINISTROS (vías transporte, servicios)	- Líneas de alta tensión. - Conducciones de agua.				
	SOCIOECONÓMICOS (vandalismos, sabotaje)	Vandalismo / robo.				
	INSTALACIONES VECINAS	Otras instalaciones industriales.		- Efectos en cadena.		



TABLA 2. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS Y SUCESOS INICIADORES: FABRICACIÓN DE PRODUCTOS SANITARIOS DE UN SOLO USO

FUENTES DE PELIGRO (UNE 150008:2008)		IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS		COMENTARIOS		SUCESOS INICIADORES PROPUESTOS		
FACTOR HUMANO	ÁMBITO ORGANIZATIVO	ESTRUCTURA SISTEMAS DE GESTIÓN CULTURA PREVENTIVA PROCEDIMIENTOS COMUNICACIÓN CONDICIONES AMBIENTALES CLIMA LABORAL	- Situación laboral (ERE - p. ej. desinterés / desmotivación en plantilla). - Situación laboral (subcontratas - p. ej. reducción frecuencia mantenimiento preventivo). - Procedimientos (p. ej. inexistencia o falta de implantación de PEI / PEE / Plan de autoprotección, en relación a los riesgos medioambientales). - Patrulla diurna / nocturna de vigilancia activa.	- Situaciones laborales tensas pueden inducir a errores humanos más frecuentes. - Trabajo a turnos; posibilidad de falta de comunicación, lo que podría incurrir en fallos.		Estos peligros condicionan o modulan la probabilidad de ocurrencia de algunos sucesos iniciadores y escenarios accidentales. Se incluyen como factores condicionantes de la probabilidad.		
	ÁMBITO INDIVIDUAL	FORMACIÓN ENTRENAMIENTO CAPACITACIÓN ERROR HUMANO	- Cursos de formación. - Experiencia. - Errores por estrés.	- Errores humanos.		Estos peligros condicionan o modulan la probabilidad de ocurrencia de algunos sucesos iniciadores y escenarios accidentales. Se incluyen como factores condicionantes de la probabilidad.		
ACTIVIDADES E INSTALACIONES	ALMACENAMIENTOS	MATERIAS PRIMAS	Polipropileno (PP). Óxido de etileno (ETO). Disolventes: - Alcohol etílico. - Alcohol isopropílico. - Acetona. - Acetato de etilo. - Metilcelulosa. - Heptano. Tintas (al agua, al disolvente y UV). Colorantes. Retardante. Reactivos para el tratamiento de aguas: - Ácido clorhídrico. - Ácido sulfúrico.	- Hidróxido sódico. - Hipoclorito sódico y cálcico. - Biocidas. - Anti-incrustantes y anticorrosivos. Aceite hidráulico. Grasas y aceites para mantenimiento. Productos de limpieza. Siliconas y pegamentos. Botellas de gas: - Oxígeno. - Nitrógeno. - Argón. - Gases refrigerantes. Material de embalaje.	- Gran cantidad de PP almacenado en silos. - ETO: Gas extremadamente inflamable, peligro de explosión en caso de calentamiento, irritante cutáneo y ocular, nocivo por inhalación, mutagénico y cancerígeno. Su fuga podría desembocar en un incendio o explosión. Utilizado en el proceso de esterilización. Se comercializa mezclado con CO2 en distintas concentraciones (desde 10% a 90%). Se almacena en botellas. Almacén con acceso sólo desde el exterior; rejillas de ventilación natural en la parte superior e inferior; extractor; detector de humos.	- Almacén de inflamables (APOI): disolventes, tintas, retardante. Zona ATEX. Almacén con ventilación, estructura de diques de contención, sistema de control de temperatura, sistema de iluminación antideflagrante, sistemas contra incendios, etc. - Tintas: R51/S3 (Tóxico para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático). - Ácido sulfúrico para tratamiento de gas residual ETO.	- Pérdida de contención de PP desde silo. - Fuga de ETO desde botella de almacenamiento. - Explosión botella de ETO. - Pérdida de contención de materias primas inflamables. - Pérdida de contención de materias primas peligrosas para el medio ambiente. - Pérdida de contención de reactivos para plantas de tratamientos de aguas. - Pérdida de contención de grasas y aceites.	
		COMBUSTIBLES	- Gas natural. - Gasóleo. - Propano.		- El propano se utiliza en los equipos de marcado de la escala en las jeringuillas. - Propano almacenado en varias botellas. - Riesgo explosión/incendio de bombonas de gas propano. - Fuga de propano. - Corrosión en base de tanque de combustible.	- Gasóleo y gas utilizados para calderas. - Suministro gas municipal. - Tanques aéreos de gasóleo (con doble pared o cubeto). - Fuga o colapso del tanque. - Fuga de gas natural. - Riesgo incendio/explosión en tanques de combustible. - Riesgo explosión/incendio por fuga de gas.	- Fuga de gas natural. - Fuga de propano desde botella. - Explosión botella de propano. - Pérdida de contención de gasóleo desde tanque de almacenamiento aéreo. - Pérdida de contención de gasóleo desde tanque de almacenamiento enterrado.	
		PRODUCTOS	- Agujas espinales. - Jeringuillas. - Conectores.	- Protectores. - Inyectores. - Sistemas cerrados para la transferencia de medicamentos.			- Incendio en almacén de producto terminado.	
	PROCESOS E INSTALACIONES PRODUCTIVAS	EQUIPOS	- Inyectoras. - Enfriadoras. - Equipos de moldeo. - Equipos de marcado. - Equipos de ensamblado. - Equipos de envasado y empaquetado. - Cámaras frigoríficas. - Cámara de esterilización.		- Proceso de inyección a alta temperatura. Riesgo de incendio en inyectoras (p. ej. por rotura de un latiguillo de aceite). - Inyectoras eléctricas y de aceite. - Pérdida de contención de aceite de los equipos. - Riesgo de incendio en los distintos equipos (cortocircuitos, etc.).	- Equipos en zonas techadas y pavimentadas. - Riesgo de incendio en la zona de marcadores de propano con llama, donde además se trabaja con tintas y disolventes inflamables. - Riesgo de incendio/explosión en la cámara de esterilización.	- Pérdida de contención de PP a alta temperatura desde inyectora. - Pérdida de contención de aceite hidráulico de los equipos. - Fuga de propano en marcadores con llama. - Explosión marcadores de propano con llama. - Incendio en la cámara de esterilización. - Explosión en la cámara de esterilización. - Incendio otros equipos eléctricos.	
		TRASIEGO Y MANEJO DE SUSTANCIAS	- Procesos de carga/descarga de polipropileno. - Procesos de carga/descarga de gasóleo. - Procesos de carga/descarga de propano. - Procesos de carga/descarga de ETO. - Procesos de carga/descarga solución ácida tratamiento gas residual ETO. - Procesos de carga/descarga de aceite hidráulico. - Procesos de carga/descarga de materias primas y auxiliares. - Tuberías aéreas y enterradas de combustible. - Tuberías aéreas/enterradas de PP. - Tuberías aéreas/enterradas de ETO.		- El PP puede cargarse electrostáticamente: riesgo de incendio. Usar conexión de tierra para transferir de un contenedor a otro, evitar la formación de polvo. - La descarga de PP se realiza directamente desde los camiones a los silos mediante un sistema de vacío. - Trasego de PP por tubería aérea/enterrada. - Trasego de gasóleo por tubería aérea/enterrada. - Riesgos ambientales asociados a: (1) liberación repentina de producto al suelo por rotura total (p. ej. perforación, tensión física extrema) y (2) fuga subterránea continua desde perforación (p.e. corrosión, pérdida estanqueidad codo) en tuberías. - Riesgo de explosión en los procesos de carga/descarga de botellas ETO y propano. - Riesgo de derrame en el trasego del aceite para los equipos que se hace de forma manual. - Riesgo de incendio en los procesos de carga/descarga de materias primas y auxiliares inflamables.	- Pérdida de contención durante los procesos de carga/descarga de polipropileno. - Pérdida de contención durante los procesos de carga/descarga de gasóleo. - Fuga de propano durante los procesos de carga/descarga. - Explosión durante los procesos de carga/descarga de propano. - Fuga de ETO durante los procesos de carga/descarga. - Explosión durante los procesos de carga/descarga de ETO. - Pérdida de contención durante los procesos de carga/descarga solución ácida tratamiento gas residual ETO. - Pérdida de contención durante los procesos de carga/descarga de aceite hidráulico. - Pérdida de contención durante los procesos de carga/descarga de materias primas inflamables.	- Pérdida de contención durante los procesos de carga/descarga de otras materias primas y auxiliares. - Pérdida de contención de gasóleo en tubería aérea. - Pérdida de contención de gasóleo en tubería enterrada. - Pérdida de contención de PP en tubería aérea. - Pérdida de contención de PP en tubería enterrada. - Fuga de ETO en tubería aérea. - Fuga de ETO en tubería enterrada.	
		DISPOSICIÓN	Distribución sensible de las instalaciones de la fábrica.					
		MEDIDAS DE SEGURIDAD Y SALVAGUARDA	- Cubetos en tanques de almacenamiento. - Arquetas ciegas. - Rack de tuberías aéreo. - Rack de tuberías subterráneo (p. ej. encamado en hormigón tratado, galerías subterráneas visitables). - Impermeabilización vs. suelo desnudo. - Detectores de humo. - Extintores, rociadores, hidrantes, BIEs.	- Equipos de medición automática de atmósferas explosivas. - Instalación eléctrica antideflagrante. - Generadores de emergencia. - Sistema de contención de derrames en zonas de carga y descarga de materias primas. - Sistema de vacío para carga de silos de PP.	- Fallo en sistemas de seguridad contra incendio. - Ausencia de medidas de seguridad y salvaguarda. - etc.		Estas medidas condicionan o modulan la probabilidad de ocurrencia de algunos sucesos iniciadores y escenarios accidentales. Se incluyen como factores condicionantes de la probabilidad.	
		CONDICIONES DEL ENTORNO	Zonas industriales.		- Zonas industriales, pavimentadas y con red de saneamiento. - Instalaciones alejadas del entorno natural aunque en ocasiones pueda haber algún receptor aislado, como un río cercano o un espacio natural protegido.		Estos peligros condicionan o modulan la probabilidad de ocurrencia de algunos sucesos iniciadores y escenarios accidentales. Se incluyen como factores condicionantes de la probabilidad.	
		CONDICIONES DEL PROCESO	- Control operacional proceso de esterilización. - Control operacional proceso de inyección. - Control operacional proceso de moldeo.	- Control operacional proceso de marcado con llama con equipos de propano. - Control operacional ensamblado. - Control operacional envasado y empaquetado.	- Fallo en el control del proceso de esterilización podría producir una explosión/incendio. - Riesgo de incendio en la zona de marcadores de propano con llama, donde además se trabaja con tintas y disolventes inflamables.		- Explosión/incendio en cámara de esterilización. - Fuga de propano durante el proceso de marcado con llama. - Explosión durante el proceso de marcado con llama.	
		GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO	- Mantenimiento preventivo. - Mantenimiento correctivo. - Mediciones en punto de vertido y emisiones a la atmósfera.				Estas medidas condicionan o modulan la probabilidad de ocurrencia de algunos sucesos iniciadores y escenarios accidentales. Se incluyen como factores condicionantes de la probabilidad.	
PROCESOS E INSTALACIONES AUXILIARES	PRODUCCIÓN DE CALOR	Calderas.		- Caldera de gasóleo o gas para la producción de vapor en el proceso de esterilización.		- Incendio de la caldera. - Explosión de la caldera. - Emisión de gases de combustión fuera de especificaciones.		
	PRODUCCIÓN DE FRÍO	Sistemas de refrigeración con HCFCs.		- Si bien la emisión de HCFCs destruye la capa de ozono, no produce un daño ambiental en los receptores recogidos en la normativa.				
	PRODUCCIÓN AIRE COMPRIMIDO	Compresores.		- Incendios por cortocircuitos eléctricos, por excesiva temperatura del aire comprimido o por excesiva temperatura del aceite de refrigeración. - Explosiones por falta de resistencia del material, por exceso de presión, por autoinflamación del aceite de lubricación en la compresión o por descarga electrostática.		- Pérdida de contención de aceite lubricante desde compresor. - Incendio compresor. - Explosión compresor.		
	GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	- Transformadores. - Grupo electrógeno. - Zona de carga de baterías.		- Se pueden producir incendios en grupos electrógenos y centros de transformación, próximos a tanques de combustible: fácil propagación. - Pérdidas de aceite desde grupo electrógeno. - Pérdida de aceite dieléctrico en centros de transformación.		- Incendio en transformador. - Pérdida de contención de aceite dieléctrico desde transformador. - Incendio en grupo electrógeno. - Pérdida de contención de aceite desde grupo electrógeno. - Incendio en zona de carga de baterías.		
	PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS	- Planes de emergencia. - Zonas ATEX. - Detectores de humo. - Extintores, rociadores, hidrantes, BIEs.	- Equipos de medición automática de atmósferas explosivas. - Instalación eléctrica antideflagrante. - Depósito de agua contra incendio.	- En caso de no funcionar los sistemas de detección y contra incendios de la planta, y producirse un gran incendio, se podría producir un vertido de las aguas de extinción al DPH.		- Vertido de aguas procedentes de extinción/sofocación de incendios. - El resto de medidas condicionan o modulan la probabilidad de ocurrencia de algunos sucesos iniciadores y escenarios accidentales. Se incluyen como factores condicionantes de la probabilidad.		
	TRATAMIENTO DE AGUA PARA PROCESOS E INSTALACIONES	Torres refrigeración.		Algunas instalaciones captan agua de pozos o ríos cercanos, si bien en la mayoría de las instalaciones el abastecimiento es público.				
	INSTALACIONES DE PREVENCIÓN Y TRATAMIENTO DE LA CONTAMINACIÓN							
	DEPURACIÓN DE AGUAS	Neutralización de aguas de refrigeración (pozo).		- Las aguas pluviales y sanitarias se vierte directamente a la red pública de saneamiento conectada a la depuradora municipal. - Las aguas de refrigeración, tras su neutralización, también se vierten a la red pública de saneamiento. - Pozo de neutralización impermeabilizado con fibra de vidrio y políester.	- Vertido fuera de especificaciones por fallo en el sistema de neutralización. - Posible afección al subsuelo (infiltración / alcance nivel freático) por fuga desde el pozo de neutralización.		- Vertido fuera de especificaciones desde el sistema de tratamiento/recogida de aguas. - Pérdida de contención/fuga desde depósito de neutralización.	
	EMISIONES A LA ATMÓSFERA	Foco de emisión caldera: CO, NOx, SO2, partículas. Foco de emisión evaporación tinta: NH3. Foco de emisión esterilización: ETO. Depósito tratamiento gas residual ETO.		- Fallo en los sistemas de depuración: emisión fuera de especificaciones. - Tratamiento gas residual ETO: lavado con ácido sulfúrico y agua caliente, generándose un efluente ácido que se gestiona como residuo peligroso. - Posible rotura o fuga del tanque de lavado de ETO.		- Emisiones fuera de especificaciones de gases de combustión caldera. - Emisiones fuera de especificaciones de NH3. - Emisiones fuera de especificaciones de ETO. - Pérdida de contención efluente ácido desde depósito tratamiento gas residual ETO.		
	ALMACENAMIENTO Y TRATAMIENTO DE RESIDUOS	Polipropileno en granza. Zona de almacenamiento de residuos peligrosos: - Disolventes usados. - Aceites usados. - Lodos de tinta. - Silicona + disolvente residual. - Trapos, papel, vidrio, etc. contaminados.	- Envases de metal y de plástico. - Pintura. - Pilas. - Baterías de Pb, transformadores (sin PCB). - Halón R12. - etc. Depósito solución ácida tratamiento gas residual ETO.	- Derrames en transporte de los bidones u otros recipientes con residuos peligrosos (aceites usados, disolventes usados, tinta residual, etc.). - Solución ácida tratamiento gas residual ETO.		- Pérdida de contención/derrame de residuos peligrosos desde bidones u otros envases. - Pérdida de contención solución ácida tratamiento gas residual ETO.		
ELEMENTOS EXTERNOS	NATURALES	Sismicidad de la zona. Problemas de estabilidad del terreno. Precipitaciones (fuertes, inundaciones, nevadas). Tormentas (rayos). Crecida de cauces próximos.	Nivel freático somero (necesidad de bombeo si tanques enterrados). Bosques cercanos (incendio). Temperaturas (congelación tuberías). Vientos fuertes.	- Asentamiento del terreno, deslizamiento de ladera por baja estabilidad del terreno. - Aumento grietas en tanques por sismicidad alta. - En caso de tanques vacíos, pueden volcar sobre los llenos y romperlos: derrame. - Aumento de probabilidad de corrosión si nivel freático alto.		Estos peligros condicionan o modulan la probabilidad de ocurrencia de algunos sucesos iniciadores y escenarios accidentales. Se incluyen como factores condicionantes de la probabilidad.		
	INFRAESTRUCTURAS Y SUMINISTROS (vías transporte, servicios)	Líneas de alta tensión. Conducciones de agua.						
	SOCIOECONÓMICOS (vandalismos, sabotaje)	Vandalismo / robo.						
	INSTALACIONES VECINAS	Otras instalaciones industriales.		- Efectos en cadena.				



TABLA 3. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS Y SUCESOS INICIADORES: FABRICACIÓN DE PRODUCTOS DE DIAGNÓSTICO IN VITRO

DIAGNÓSTICO IN VITRO

FUENTES DE PELIGRO (UNE 150008:2008)		IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS		COMENTARIOS	SUCESOS INICIADORES PROPUESTOS	
FACTOR HUMANO	ÁMBITO ORGANIZATIVO	ESTRUCTURA				
		SISTEMAS DE GESTIÓN				
		CULTURA PREVENTIVA				
		PROCEDIMIENTOS	- Situación laboral [ERE - p. ej. desinterés / desmotivación en plantilla]. - Situación laboral (subcontratas - p. ej. reducción frecuencia mantenimiento preventivo). - Procedimientos (p. ej. inexistencia o falta de implantación de PEI / PEE / Plan de autoprotección, en relación a los riesgos medioambientales). - Patrulla diurna / nocturna de vigilancia activa.	- Situaciones laborales tensas pueden inducir a errores humanos más frecuentes. - Trabajo a turnos: posibilidad de falta de comunicación, lo que podría incurrir en fallos.	Estos peligros condicionan o modulan la probabilidad de ocurrencia de algunos sucesos iniciadores y escenarios accidentales. Se incluyen como factores condicionantes de la probabilidad.	
		COMUNICACIÓN				
		CONDICIONES AMBIENTALES				
		CLIMA LABORAL				
ÁMBITO INDIVIDUAL	FORMACIÓN					
	ENTRENAMIENTO	- Cursos de formación. - Experiencia. - Errores por estrés.	- Errores humanos.	Estos peligros condicionan o modulan la probabilidad de ocurrencia de algunos sucesos iniciadores y escenarios accidentales. Se incluyen como factores condicionantes de la probabilidad.		
	CAPACITACIÓN					
	ERROR HUMANO					
ALMACENAMIENTOS	MATERIAS PRIMAS	- Alcohol etílico - Hidróxido sódico - Tensioactivos - Adhesivos - Reactivos de laboratorio - Resinas (gel de tarjetas) - Tarjetas de polipropileno - Grasas y lubricantes - Productos de limpieza - Material de embalaje - Bombonas de argón - Nitrógeno líquido - Reactivos para calderas y torres de refrigeración.	- Alcohol etílico: fácilmente inflamable. - Adhesivo: sólido, corrosivo. - Disolventes y productos de laboratorio (ácidos, bases, etc.): inflamables, irritantes, nocivos para los organismos acuáticos, pueden provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático (R52/53). - Bajo consumo de reactivos de laboratorio (150 l/año). - Inflamables y reactivos de laboratorio se guardan en armarios de seguridad (ignífugos para inflamables) en el interior de las instalaciones, así como en un almacén exterior. - Pequeñas cantidades de adhesivos, grasa y lubricantes. - Riesgo de incendio almacenamiento de material de embalaje. - Hidróxido sódico: tanque de almacenamiento exterior. Corrosivo.	- Pérdida de contención de materias primas inflamables. - Pérdida de contención de materias primas peligrosas para el medio ambiente. - Pérdida de contención de grasas y lubricantes. - Incendio en almacenamiento de materias primas combustibles (material de embalaje). - Pérdida de contención de otras materias primas. - Pérdida de contención de tanque de hidróxido sódico.		
	COMBUSTIBLES	- Gasóleo - Gas natural	- Gasóleo y gas utilizados para calderas. - Suministro gas municipal. - Tanques de gasóleo (generalmente aéreos). - Fuga o colapso del tanque. - Corrosión en base de tanque de combustible. - Fuga de gas natural. - Riesgo incendio/explosión en tanques de combustible. - Riesgo explosión/incendio por fuga de gas.	- Fuga de gas natural. - Pérdida de contención de gasóleo desde tanque de almacenamiento aéreo. - Pérdida de contención de gasóleo desde tanque de almacenamiento subterráneo.		
	PRODUCTOS	Tarjetas y reactivos para diagnóstico in vitro.	- Materiales combustibles (embalaje de los productos), riesgo de incendio.	- Incendio en almacén de producto terminado. - Pérdida de contención de producto terminado.		
ACTIVIDADES E INSTALACIONES	PROCESOS E INSTALACIONES PRODUCTIVAS	EQUIPOS	- Reactores - Equipos de dosificación. - Equipos de envasado y empaquetado.	- Reactores a presión. Capacidad máxima 50 litros. - Rotura o explosión de reactores. - Pérdida de contención de aceite de los equipos. - Riesgo de incendio en los distintos equipos (cortocircuitos, etc.). - Equipos en zonas techadas y pavimentadas.	- Pérdida de contención de aceite hidráulico de los equipos. - Incendio de los distintos equipos. - Pérdida de contención desde reactor. - Explosión o incendio de reactor.	
		TRASIEGO Y MANEJO DE SUSTANCIAS	- Procesos de carga/descarga de hidróxido sódico. - Procesos de carga/descarga de otras materias primas y auxiliares. - Procesos de carga/descarga de aceite hidráulico de equipos. - Traslado de producto de reactor a máquinas dosificadoras por tubería aérea. - Procesos de carga/descarga de gasóleo. - Tuberías aéreas y enterradas de combustible.	- Riesgo de incendio en los procesos de carga/descarga de reactivos inflamables. - Riesgo de derrame en el trasiego del aceite hidráulico para los equipos.	- Pérdida de contención durante los procesos de carga/descarga de gasóleo. - Pérdida de contención durante los procesos de carga/descarga de aceite hidráulico. - Pérdida de contención durante los procesos de carga/descarga de materias primas inflamables. - Pérdida de contención durante los procesos de carga/descarga de materias primas peligrosas para el medio ambiente. - Pérdida de contención durante los procesos de carga/descarga de hidróxido sódico. - Pérdida de contención durante los procesos de carga/descarga de otras materias primas y auxiliares. - Pérdida de contención de producto desde tubería aérea. - Pérdida de contención de gasóleo en tubería aérea. - Pérdida de contención de gasóleo en tubería enterrada. - Fuga de gas en tubería aérea.	
		DISPOSICIÓN	Distribución sensible de las instalaciones de la fábrica.			
		MEDIDAS DE SEGURIDAD Y SALVAGUARDA	- Cubetos en tanques de almacenamiento. - Arquetas ciegas. - Rack de tuberías aéreo. - Rack de tuberías subterráneo (p. ej. encamado en hormigón tratado, galerías subterráneas visitables). - Impermeabilización vs. suelo desnudo. - Detectores de humo. - Extintores, rociadores, hidrantes, BIEs. - Generadores de emergencia. - Sistema de contención de derrames en zonas de carga y descarga de materias primas.	- Fallo en sistemas de seguridad contra incendio. - Ausencia de medidas de seguridad y salvaguarda. - etc.	Estas medidas condicionan o modulan la probabilidad de ocurrencia de algunos sucesos iniciadores y escenarios accidentales. Se incluyen como factores condicionantes de la probabilidad.	
		CONDICIONES DEL ENTORNO	Zonas industriales.	- Zonas industriales, pavimentadas y con red de saneamiento. - Instalaciones alejadas del entorno natural aunque en ocasiones pueda haber algún receptor aislado, como un río cercano o un espacio natural protegido.	Estos peligros condicionan o modulan la probabilidad de ocurrencia de algunos sucesos iniciadores y escenarios accidentales. Se incluyen como factores condicionantes de la probabilidad.	
		CONDICIONES DEL PROCESO	- Control operacional de los distintos procesos productivos. - Control operacional envasado y empaquetado.	- Fallo en el control del proceso productivos con sustancias inflamables, reactores a presión, etc. podría producir un incendio/explosión.	- Explosión/incendio en proceso productivo por fallo en el control del proceso. - Incendio en proceso empaquetado por fallo en el control del proceso.	
		GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO	- Mantenimiento preventivo. - Mantenimiento correctivo. - Mediciones en punto de vertido y emisiones a la atmósfera.		Estas medidas condicionan o modulan la probabilidad de ocurrencia de algunos sucesos iniciadores y escenarios accidentales. Se incluyen como factores condicionantes de la probabilidad.	
		PROCESOS E INSTALACIONES AUXILIARES	PRODUCCIÓN DE CALOR	Calderas	- Caldera de gasóleo o gas para la producción de vapor en el proceso de esterilización.	- Incendio de la caldera. - Explosión de la caldera.
			PRODUCCIÓN DE FRÍO	Sistemas de refrigeración y aire acondicionado.	- Si bien la emisión de HCFCs destruye la capa de ozono, no produce un daño ambiental en los receptores recogidos en la normativa.	
			PRODUCCIÓN AIRE COMPRIMIDO	Compresores	- Incendios por cortocircuitos eléctricos, por excesiva temperatura del aire comprimido o por excesiva temperatura del aceite de refrigeración. - Explosiones por falta de resistencia del material, por exceso de presión, por autoinflamación del aceite de lubricación en la compresión o por descarga electrostática.	- Pérdida de contención de aceite lubricante desde compresor. - Incendio compresor. - Explosión compresor.
GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	- Transformadores - Grupos electrógenos - Zona de carga de baterías		- Se pueden producir incendios en grupos electrógenos y centros de transformación, próximos a tanques de combustible: fácil propagación. - Pérdidas de aceite desde grupo electrógeno. - Pérdida de aceite dieléctrico en centros de transformación.	- Incendio en transformador. - Pérdida de contención de aceite dieléctrico desde transformador. - Incendio en grupo electrógeno. - Pérdida de contención de aceite desde grupo electrógeno. - Incendio en zona de carga de baterías.		
PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS	- Planes de emergencia. - Zonas ATEX. - Detectores de humo. - Extintores, rociadores, hidrantes, BIEs.		- Equipos de medición automática de atmósferas explosivas. - Instalación eléctrica antideflagrante. - Depósito de agua contra incendio.	- Vertido de aguas procedentes de extinción/sofocación de incendios. El resto de medidas condicionan o modulan la probabilidad de ocurrencia de algunos sucesos iniciadores y escenarios accidentales. Se incluyen como factores condicionantes de la probabilidad.		
TRATAMIENTO DE AGUA PARA PROCESOS E INSTALACIONES	Torres refrigeración.		Algunas instalaciones captan agua de pozos o ríos cercanos, si bien en la mayoría de las instalaciones el abastecimiento es público.			
INSTALACIONES DE PREVENCIÓN Y TRATAMIENTO DE LA CONTAMINACIÓN						
DEPURACIÓN DE AGUAS			- Las aguas pluviales y sanitarias se vierten directamente a la red pública de saneamiento conectada a la depuradora municipal. - En general, no existen aguas de proceso, sólo de lavado, éstas son vertidas a la red pública de saneamiento.	- Vertido fuera de especificaciones desde el sistema de tratamiento/recogida de aguas.		
EMISIONES A LA ATMÓSFERA	Foco de emisión caldera: CO, NOx, SO2, partículas.		- Fallo en los sistemas de depuración: emisión fuera de especificaciones.	- Emisiones fuera de especificaciones.		
ALMACENAMIENTO Y TRATAMIENTO DE RESIDUOS	Zona de almacenamiento de residuos peligrosos: - Envases contaminados. - Residuo sanitario grupo III. - Aerosoles usados. - Tarjetas no procesadas. - Trapos, papel, vidrio, etc. contaminados.		- Reactivos químicos. - Pilas. - Baterías. - RAEe. - etc.	- Derrames en transporte de los bidones u otros recipientes con residuos peligrosos.	- Pérdida de contención/derrame de residuos peligrosos desde bidones u otros envases.	
ELEMENTOS EXTERNOS	NATURALES	- Sismicidad de la zona. - Problemas de estabilidad del terreno. - Precipitaciones (fuertes, inundaciones, nevadas). - Tormentas (rayos). - Crecida de cauces próximos.	- Nivel freático somero (necesidad de bombeo si tanques enterrados). - Bosques cercanos (incendio). - Temperaturas (congelación tuberías). - Vientos fuertes.	- Asentamiento del terreno, deslizamiento de ladera por baja estabilidad del terreno. - Aumento grietas en tanques por sismicidad alta - En caso de tanques vacíos, pueden volcar sobre los llenos y romperlos: derrame. - Aumento de probabilidad de corrosión si nivel freático alto.	Estos peligros condicionan o modulan la probabilidad de ocurrencia de algunos sucesos iniciadores y escenarios accidentales. Se incluyen como factores condicionantes de la probabilidad.	
	INFRAESTRUCTURAS Y SUMINISTROS (vías transporte, servicios)	- Líneas de alta tensión. - Conducciones de agua.				
	SOCIOECONÓMICOS (vandalismos, sabotaje)	Vandalismo / robo.				
	INSTALACIONES VECINAS	Otras instalaciones industriales.	- Efectos en cadena.			



TABLA 4. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS Y SUCESOS INICIADORES: FABRICACIÓN DE IMPLANTES DENTALES Y DE TRAUMATOLOGÍA

IMPLANTES

FUENTES DE PELIGRO (UNE 150008:2008)		IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS		COMENTARIOS	SUCESOS INICIADORES PROPUESTOS	
FACTOR HUMANO	ÁMBITO ORGANIZATIVO	ESTRUCTURA				
		SISTEMAS DE GESTIÓN				
CULTURA PREVENTIVA						
PROCEDIMIENTOS		- Situación laboral (ERE - p. ej. desinterés / desmotivación en plantilla). - Situación laboral (subcontratas - p. ej. reducción frecuencia mantenimiento preventivo). - Procedimientos (p. ej. inexistencia o falta de implantación de PEI / PEE / Plan de autoprotección, en relación a los riesgos medioambientales). - Patrulla diurna / nocturna de vigilancia activa.	- Situaciones laborales tensas pueden inducir a errores humanos más frecuentes. - Trabajo a turnos: posibilidad de falta de comunicación, lo que podría incurrir en fallos.	- Estos peligros condicionan o modulan la probabilidad de ocurrencia de algunos sucesos iniciadores y escenarios accidentales. Se incluyen como factores condicionantes de la probabilidad.		
COMUNICACIÓN						
CONDICIONES AMBIENTALES						
CLIMA LABORAL						
ÁMBITO INDIVIDUAL	FORMACIÓN					
	ENTRENAMIENTO	- Cursos de formación. - Experiencia.		- Errores humanos.	- Estos peligros condicionan o modulan la probabilidad de ocurrencia de algunos sucesos iniciadores y escenarios accidentales. Se incluyen como factores condicionantes de la probabilidad.	
	CAPACITACIÓN	- Errores por estrés.				
	ERROR HUMANO					
ALMACENAMIENTOS	MATERIAS PRIMAS	- Titanio - Acero inoxidable - Cromo-cobalto - Polvo de titanio - Polietileno - Ácidos y mezclas de ácidos (sulfúrico, fosfórico, clorhídrico, nítrico, etc.) - Aceites - Amoniaco - Taladrinas - Abrasivos - Antiespumantes	- Aerosoles - Argón - Helio - Grasas y lubricantes - Alcohol isopropílico - Disolventes - Tensioactivos y desengrasantes - Productos de limpieza - Material de embalaje	- Materia primas: inflamables, corrosivos, irritantes, nocivos para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático (RS2/RS3). - Barras de distintos diámetros de titanio, acero inoxidable, etc. - Polvo de titanio: explosivo. Utilizado en el proceso de acabado (proyección). - Ácidos muy corrosivos. - Amoniaco: volátil, tóxico y corrosivo. - Alcohol isopropílico: fácilmente inflamable. - Almacenamiento de inflamables en armario exterior. - Almacenamiento específico de ácidos con sistema de extracción. - Aceites y taladrinas para el mecanizado de piezas. - Baños ácidos. - Riesgo de incendio almacenamiento de material de embalaje.	- Pérdida de contención de ácidos. - Pérdida de contención de amoniaco. - Pérdida de contención de materias primas inflamables. - Pérdida de contención de materias primas peligrosas para el medio ambiente. - Pérdida de contención de grasas y lubricantes. - Pérdida de contención de aceites y taladrinas. - Incendio en almacenamiento de materias primas combustibles (material de embalaje). - Explosión en almacenamiento de polvo de titanio. - Pérdida de contención de otras materias primas.	
	COMBUSTIBLES	- Gasóleo - Gas natural		- Gasóleo y gas utilizados para calderas. - Suministro gas municipal. - Tanques de gasóleo (generalmente aéreos). - Fuga o colapso del tanque. - Corrosión en base de tanque de combustible. - Fuga de gas natural. - Riesgo incendio/explosión en tanques de combustible. - Riesgo explosión/incendio por fuga de gas.	- Fuga de gas natural. - Pérdida de contención de gasóleo desde tanque de almacenamiento aéreo. - Pérdida de contención de gasóleo desde tanque de almacenamiento subterráneo.	
	PRODUCTOS	- Prótesis articulares y demás aparatos de ortopedia para fracturas, material de trauma (placas, tornillos, etc.). - Implantes dentales.		- Materiales combustibles (embalaje de los productos), riesgo de incendio.	- Incendio en almacén de producto terminado.	
ACTIVIDADES E INSTALACIONES	PROCESOS E INSTALACIONES PRODUCTIVAS	EQUIPOS	- Equipos de mecanizado (torno, fresadora, taladro, roscadora, etc.). - Equipos de lijado, pulido y electropulido. - Equipos de arenado y chorreo. - Cubas de baño (ácido y otros). - Equipos de soldadura. - Equipos de envasado y empaquetado.	- Incendio en tornos y fresadoras (temperatura de corte 40°C, titanio inflamable). - Pérdida de contención de aceite de los equipos. - Riesgo de incendio en los distintos equipos (cortocircuitos, etc.). - Equipos en zonas techadas y pavimentadas.	- Pérdida de contención de aceite hidráulico de los equipos. - Pérdida de contención de aceite de corte o taladrina. - Incendio en torno o fresadora. - Incendio en otros equipos. - Explosión en equipo de proyección de polvo de titanio.	
		TRASIEGO Y MANEJO DE SUSTANCIAS	- Procesos de carga/descarga de materias primas y auxiliares. - Procesos de carga/descarga de aceite hidráulico de equipos. - Procesos de carga/descarga de aceite de corte y taladrinas. - Procesos de carga/descarga de gasóleo. - Tuberías aéreas y enterradas de combustible.	- Riesgo de incendio en los procesos de carga/descarga de reactivos inflamables. - Riesgo de derrame en el trasego del aceites y taladrinas para los equipos.	- Pérdida de contención durante los procesos de carga/descarga de gasóleo. - Pérdida de contención durante los procesos de carga/descarga de aceite hidráulico. - Pérdida de contención durante los procesos de carga/descarga de materias primas inflamables. - Pérdida de contención durante los procesos de carga/descarga de materias primas peligrosas para el medio ambiente. - Pérdida de contención durante los procesos de carga/descarga de aceites de corte y taladrinas. - Pérdida de contención durante los procesos de carga/descarga de otras materias primas y auxiliares. - Pérdida de contención de gasóleo en tubería aérea. - Pérdida de contención de gasóleo en tubería enterrada. - Fuga de gas en tubería aérea. - Fuga de gas en tubería enterrada.	
		DISPOSICIÓN	Distribución sensible de las instalaciones de la fábrica.			
	MEDIDAS DE SEGURIDAD Y SALVAGUARDA	- Cubetos en tanques de almacenamiento. - Arquetas ciegas. - Rack de tuberías aéreo. - Rack de tuberías subterráneo (p. ej. encamado en hormigón tratado, galerías subterráneas visibles). - Impermeabilización vs. suelo desnudo. - Detectores de humo.	- Extintores, rociadores, hidrantes, BIEs. - Equipos de medición automática de atmósferas explosivas. - Instalación eléctrica antideflagrante. - Generadores de emergencia. - Sistema de contención de derrames en zonas de carga y descarga de materias primas.	- Fallo en sistemas de seguridad contra incendio. - Ausencia de medidas de seguridad y salvaguarda. - etc.	- Estas medidas condicionan o modulan la probabilidad de ocurrencia de algunos sucesos iniciadores y escenarios accidentales. Se incluyen como factores condicionantes de la probabilidad.	
	CONDICIONES DEL ENTORNO	- Zonas industriales.	- Zonas industriales, pavimentadas y con red de saneamiento. - Instalaciones alejadas del entorno natural aunque en ocasiones pueda haber algún receptor aislado, como un río cercano o un espacio natural protegido.	- Estos peligros condicionan o modulan la probabilidad de ocurrencia de algunos sucesos iniciadores y escenarios accidentales. Se incluyen como factores condicionantes de la probabilidad.		
	CONDICIONES DEL PROCESO	- Control operacional de los distintos procesos productivos. - Control operacional envasado y empaquetado.	- Fallo en el control del procesos productivos podría producir un incendio/explosión.	- Explosión/incendio en proceso productivo por fallo en el control del proceso. - Incendio en proceso empaquetado por fallo en el control del proceso.		
	GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO	- Mantenimiento preventivo - Mantenimiento correctivo - Mediciones en punto de vertido y emisiones a la atmósfera		- Estas medidas condicionan o modulan la probabilidad de ocurrencia de algunos sucesos iniciadores y escenarios accidentales. Se incluyen como factores condicionantes de la probabilidad.		
ELEMENTOS EXTERNOS	PRODUCCIÓN DE CALOR	- Calderas.		- Caldera de gasóleo o gas para la producción de vapor en el proceso de esterilización.	- Incendio de la caldera. - Explosión de la caldera.	
	PRODUCCIÓN DE FRÍO	- Sistemas de refrigeración y aire acondicionado.		- Si bien la emisión de HCFCs destruye la capa de ozono, no produce un daño ambiental en los receptores recogidos en la normativa.		
	PRODUCCIÓN AIRE COMPRIMIDO	- Compresores.		- Incendios por cortocircuitos eléctricos, por excesiva temperatura del aire comprimido o por excesiva temperatura del aceite de refrigeración. - Explosiones por falta de resistencia del material, por exceso de presión, por autoinflamación del aceite de lubricación en la compresión o por descarga electrostática.	- Pérdida de contención de aceite lubricante desde compresor. - Incendio compresor. - Explosión compresor.	
	GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	- Transformadores - Grupos electrogenos - Zona de carga de baterías		- Se pueden producir incendios en grupos electrogenos y centros de transformación, próximos a tanques de combustible: fácil propagación. - Pérdidas de aceite desde grupo electrogénico. - Pérdida de aceite dieléctrico en centros de transformación.	- Incendio en transformador. - Pérdida de contención de aceite dieléctrico desde transformador. - Incendio en grupo electrogénico. - Pérdida de contención de aceite desde grupo electrogénico. - Incendio en zona de carga de baterías.	
	PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS	- Planes de emergencia - Zonas ATEX - Detectores de humo - Extintores, rociadores, hidrantes, BIEs	- Equipos de medición automática de atmósferas explosivas - Instalación eléctrica antideflagrante - Depósito de agua contra incendio	- En caso de no funcionar los sistemas de detección y contra incendios de la planta, y producirse un gran incendio, se podría producir un vertido de las aguas de extinción al DPH.	- Vertido de aguas procedentes de extinción/sofocación de incendios. - El resto de medidas condicionan o modulan la probabilidad de ocurrencia de algunos sucesos iniciadores y escenarios accidentales. Se incluyen como factores condicionantes de la probabilidad.	
	TRATAMIENTO DE AGUA PARA PROCESOS E INSTALACIONES	- Torres refrigeración		- Algunas instalaciones captan agua de pozos o ríos cercanos, si bien en la mayoría de las instalaciones el abastecimiento es público.		
	INSTALACIONES DE PREVENCIÓN Y TRATAMIENTO DE LA CONTAMINACIÓN					
	DEPURACIÓN DE AGUAS			- Las aguas pluviales y sanitarias se vierten directamente a la red pública de saneamiento conectada a la depuradora municipal. - En general, no existen aguas de proceso, sólo de lavado, éstas son vertidas a la red pública de saneamiento.	- Vertido fuera de especificaciones desde el sistema de tratamiento/recogida de aguas.	
	EMISIONES A LA ATMÓSFERA	Focos de emisión: - Aspiración sistema tratamiento superficial. Contaminante: ácido nítrico. - Aspiración sistema de chorro con arena de piezas de titanio. Contaminante: partículas de metales pesados conteniendo titanio.	- Aspiración sistema arenado y pulido de piezas metálicas (exceptuando titanio). Contaminante: partículas de metales pesados.	- Fallo en los sistemas de depuración: emisión fuera de especificaciones.	- Emisiones fuera de especificaciones desde foco caldera. - Emisiones fuera de especificaciones desde focos de aspiración.	
	ALMACENAMIENTO Y TRATAMIENTO DE RESIDUOS	Zona de almacenamiento de residuos peligrosos: - Aceites de corte usados. - Taladrinas. - Lodos de titanio. - Soluciones ácidas. - Disolventes no halogenados. - Envases contaminados.	- Residuos que contienen hidrocarburos. - Trapos, papel, vidrio, etc. contaminados. - Pilas. - Tubos fluorescentes. - etc.	- Derrames en transporte de los bidones u otros recipientes con residuos peligrosos.	- Pérdida de contención/derrame de residuos peligrosos desde bidones u otros envases.	
NATURALES	- Sismicidad de la zona. - Problemas de estabilidad del terreno. - Precipitaciones (fuertes, inundaciones, nevadas). - Tormentas (rayos). - Crecida de cauces próximos.	- Nivel freático somero (necesidad de bombeo si tanques enterrados). - Bosques cercanos (incendio). - Temperaturas (congelación tuberías). - Vientos fuertes.	- Asentamiento del terreno, deslizamiento de ladera por baja estabilidad del terreno. - Aumento grietas en tanques por sismicidad alta. - En caso de tanques vacíos, pueden volcar sobre los llenos y romperlos: derrame. - Aumento de probabilidad de corrosión si nivel freático alto.	- Estos peligros condicionan o modulan la probabilidad de ocurrencia de algunos sucesos iniciadores y escenarios accidentales. Se incluyen como factores condicionantes de la probabilidad.		
INFRAESTRUCTURAS Y SUMINISTROS (vías transporte, servicios)	- Líneas de alta tensión. - Conducciones de agua.					
SOCIOECONÓMICOS (vandalismos, sabotaje)	- Vandalismo / robo.					
INSTALACIONES VECINAS	- Otras instalaciones industriales.		- Efectos en cadena.			



TABLA 5. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS Y SUCESOS INICIADORES: FABRICACIÓN DE PRODUCTOS DE NEFROLOGÍA

NEFROLOGÍA

FUENTES DE PELIGRO (UNE 150008:2008)		IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS		COMENTARIOS		SUCESOS INICIADORES PROPUESTOS	
FACTOR HUMANO	ÁMBITO ORGANIZATIVO	ESTRUCTURA	<ul style="list-style-type: none"> - Situación laboral (ERE - p. ej. desinterés / desmotivación en plantilla). - Situación laboral (subcontratas - p. ej. reducción frecuencia mantenimiento preventivo). - Procedimientos (p. ej. inexistencia o falta de implantación de PEI / PEE / Plan de autoprotección, en relación a los riesgos medioambientales). - Patrulla diurna / nocturna de vigilancia activa. 	<ul style="list-style-type: none"> - Situaciones laborales tensas pueden inducir a errores humanos más frecuentes. - Trabajo a turnos: posibilidad de falta de comunicación, lo que podría incurrir en fallos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Estos peligros condicionan o modulan la probabilidad de ocurrencia de algunos sucesos iniciadores y escenarios accidentales. Se incluyen como factores condicionantes de la probabilidad. 		
		SISTEMAS DE GESTIÓN					
CULTURA PREVENTIVA							
PROCEDIMIENTOS							
COMUNICACIÓN							
CONDICIONES AMBIENTALES							
CLIMA LABORAL							
ÁMBITO INDIVIDUAL	FORMACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> - Cursos de formación. - Experiencia. - Errores por estrés. 	<ul style="list-style-type: none"> - Errores humanos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Estos peligros condicionan o modulan la probabilidad de ocurrencia de algunos sucesos iniciadores y escenarios accidentales. Se incluyen como factores condicionantes de la probabilidad. 			
	ENTRENAMIENTO						
	CAPACITACION						
	ERROR HUMANO						
ALMACENAMIENTOS	MATERIAS PRIMAS	<ul style="list-style-type: none"> - Alcohol isopropílico. - Ácido clorhídrico. - Ácido fosfórico. - Hidróxido sódico. - Hidrógeno sulfuro. - Aquaprox TM 6000. - Aquicir. - Nexguard. - Botellas de gases. - Productos de limpieza. - Material de embalaje. 	<ul style="list-style-type: none"> - Alcohol isopropílico: fácilmente inflamable, irritante. - Ácido clorhídrico, ácido fosfórico, hidróxido sódico, hidrógeno sulfuro, Aquicir, Nexguard, Aquaprox TM 6000: corrosivos. - Cantidades máximas almacenadas: <ul style="list-style-type: none"> - Isopropanol: 1.500 kg. - Aquaprox: 500 kg. - Hidróxido sódico: 2.000 kg. - Materias primas inflamables hasta 1.500 litros en armarios infugos. - Riesgo de incendio almacenamiento de material de embalaje. 	<ul style="list-style-type: none"> - Pérdida de contención de materias primas inflamables. - Pérdida de contención de materias primas corrosivas. - Incendio en almacenamiento de materias primas combustibles (material de embalaje). 			
	COMBUSTIBLES	<ul style="list-style-type: none"> - Gasóleo. - Gas natural. 	<ul style="list-style-type: none"> - Gasóleo y gas utilizados para calderas. - Suministro gas municipal. - Tanques de gasóleo (generalmente aéreos). - Fuga o colapso del tanque. - Corrosión en base de tanque de combustible. - Fuga de gas natural. - Riesgo incendio/explosión en tanques de combustible. - Riesgo explosión/incendio por fuga de gas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Fuga de gas natural. - Pérdida de contención de gasóleo desde tanque de almacenamiento aéreo. - Pérdida de contención de gasóleo desde tanque de almacenamiento subterráneo. 			
	PRODUCTOS	Soluciones en envase-bolsa utilizadas para la administración intravenosa de fluidos, terapias y medicamentos.	<ul style="list-style-type: none"> - Materiales combustibles (embalaje de los productos), riesgo de incendio. - Producto no peligroso. 	<ul style="list-style-type: none"> - Incendio en almacén de producto terminado. - Pérdida de contención de producto terminado. 			
PROCESOS E INSTALACIONES PRODUCTIVAS	EQUIPOS	<ul style="list-style-type: none"> - Destiladores. - Autoclaves. - Evaporadores. - Reactores. - Equipos de envasado y empaquetado. 	<ul style="list-style-type: none"> - Explosión de autoclave. - Pérdida de contención de aceite de los equipos. - Riesgo de incendio en los distintos equipos (cortocircuitos, etc.). - Equipos en zonas techadas y pavimentadas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Pérdida de contención de aceite hidráulico de los equipos. - Incendio de los distintos equipos. - Pérdida de contención de producto/materia prima desde reactor. - Explosión autoclave. 			
	TRASIEGO Y MANEJO DE SUSTANCIAS	<ul style="list-style-type: none"> - Procesos de carga/descarga de gasóleo. - Procesos de carga/descarga de aceite hidráulico de equipos. - Procesos de carga/descarga de materias primas y auxiliares. - Tuberías aéreas /enterradas de combustible. 	<ul style="list-style-type: none"> - Trasego de gas por tubería aérea/enterrada. - Riesgo de incendio en los procesos de carga/descarga de materias primas y auxiliares inflamables (alcohol isopropílico, etc.). - Riesgo de derrame en el trasego del aceite hidráulico para los equipos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Pérdida de contención durante los procesos de carga/descarga de gasóleo. - Pérdida de contención durante los procesos de carga/descarga de aceite hidráulico. - Pérdida de contención durante los procesos de carga/descarga de materias primas inflamables. - Pérdida de contención durante los procesos de carga/descarga de materias primas corrosivas. - Pérdida de contención durante los procesos de carga/descarga de otras materias primas y auxiliares. - Fuga de gas en tubería aérea. - Fuga de gas en tubería enterrada. - Pérdida de contención de gasóleo en tubería aérea. - Pérdida de contención de gasóleo en tubería enterrada. 			
	DISPOSICIÓN	Distribución sensible de las instalaciones de la fábrica					
	MEDIDAS DE SEGURIDAD Y SALVAGUARDA	<ul style="list-style-type: none"> - Cubetos en tanques y otros almacenamientos. - Tanques de doble pared. - Arquetas ciegas. - Rack de tuberías aéreo. - Rack de tuberías subterráneo (p. ej. encamado en hormigón tratado, galerías subterráneas visitables). - Suelo pavimentado. - Detectores de humo. - Extintores, rociadores, hidrantes, BIEs. - Pulsadores de alarma. - Sectorización de incendios. - Generadores de emergencia. - Depósito de agua contra incendios. 	<ul style="list-style-type: none"> - Fallo en sistemas de seguridad contra incendio. - Ausencia de medidas de seguridad y salvaguarda. - etc. 	<ul style="list-style-type: none"> - Estas medidas condicionan o modulan la probabilidad de ocurrencia de algunos sucesos iniciadores y escenarios accidentales. Se incluyen como factores condicionantes de la probabilidad. 			
	CONDICIONES DEL ENTORNO	Zonas industriales.	Zonas industriales, pavimentadas y con red de saneamiento. Instalaciones alejadas del entorno natural aunque en ocasiones pueda haber algún receptor aislado, como un río cercano o un espacio natural protegido.	<ul style="list-style-type: none"> - Estos peligros condicionan o modulan la probabilidad de ocurrencia de algunos sucesos iniciadores y escenarios accidentales. Se incluyen como factores condicionantes de la probabilidad. 			
	CONDICIONES DEL PROCESO	<ul style="list-style-type: none"> - Control operacional de los distintos procesos productivos. - Control operacional envasado y empaquetado. 	<ul style="list-style-type: none"> - Fallo en el control del proceso productivos con sustancias inflamables, reactores a presión, etc. podría producir un incendio/explosión. 	<ul style="list-style-type: none"> - Explosión/incendio en proceso productivo por fallo en el control del proceso. - Incendio en proceso empaquetado por fallo en el control del proceso. 			
	GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO	<ul style="list-style-type: none"> - Mantenimiento preventivo - Mantenimiento correctivo - Mediciones en focos de emisiones a la atmósfera y puntos de vertido. 		<ul style="list-style-type: none"> - Estas medidas condicionan o modulan la probabilidad de ocurrencia de algunos sucesos iniciadores y escenarios accidentales. Se incluyen como factores condicionantes de la probabilidad. 			
	PRODUCCIÓN DE CALOR	Calderas.	<ul style="list-style-type: none"> - Caldera de gas o gasóleo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Incendio de la caldera. - Explosión de la caldera. 			
	PRODUCCIÓN DE FRÍO	Equipos de aire acondicionado.					
	PRODUCCIÓN AIRE COMPRIMIDO	Compresores.	<ul style="list-style-type: none"> - Incendios por cortocircuitos eléctricos, por excesiva temperatura del aire comprimido o por excesiva temperatura del aceite de refrigeración. - Explosiones por falta de resistencia del material, por exceso de presión, por autoinflamación del aceite de lubricación en la compresión o por descarga electrostática. - Instalación de aire comprimido para la red de alimentación de sistemas neumáticos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Pérdida de contención de aceite lubricante desde compresor. - Incendio compresor. - Explosión compresor. 			
GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	<ul style="list-style-type: none"> - Transformadores. - Grupos electrógenos. - Zona de carga de baterías. 	<ul style="list-style-type: none"> - Se pueden producir incendios en grupos electrógenos y centros de transformación, próximos a tanques de combustible: fácil propagación. - Pérdidas de aceite desde grupo electrógeno. - Pérdida de aceite dieléctrico en centros de transformación. 	<ul style="list-style-type: none"> - Incendio en transformador. - Pérdida de contención de aceite dieléctrico desde transformador. - Incendio en grupo electrógeno. - Pérdida de contención de aceite desde grupo electrógeno. - Incendio en zona de carga de baterías. 				
PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS	<ul style="list-style-type: none"> - Planes de emergencia. - Detectores de humo. - Extintores, rociadores, hidrantes, BIEs. - Pulsadores de alarma. - Sectorización de incendios. - Bombas y depósitos de presión de red de incendios, motobombas. - Depósito de agua contra incendio. 	<ul style="list-style-type: none"> - En caso de no funcionar los sistemas de detección y contra incendios de la planta, y producirse un gran incendio, se podría producir un vertido de las aguas de extinción al DPH. 	<ul style="list-style-type: none"> - Vertido de aguas procedentes de extinción/sofocación de incendios. - El resto de medidas condicionan o modulan la probabilidad de ocurrencia de algunos sucesos iniciadores y escenarios accidentales. Se incluyen como factores condicionantes de la probabilidad. 				
TRATAMIENTO DE AGUA PARA PROCESOS E INSTALACIONES	<ul style="list-style-type: none"> - Destiladores. - Torres refrigeración. 	<ul style="list-style-type: none"> - Algunas instalaciones captan agua de pozos o ríos cercanos, si bien en la mayoría de las instalaciones el abastecimiento es público. 					
INSTALACIONES DE PREVENCIÓN Y TRATAMIENTO DE LA CONTAMINACIÓN							
DEPURACIÓN DE AGUAS	EDAR con tratamiento biológico.	<ul style="list-style-type: none"> - Las aguas pluviales se vierten directamente a la red pública de saneamiento. 	<ul style="list-style-type: none"> - Vertido fuera de especificaciones desde el sistema de tratamiento de aguas. 				
EMISIONES A LA ATMÓSFERA	Foco de emisión calderas: CO, NOx, SO2, partículas.		<ul style="list-style-type: none"> - Emisiones fuera de especificaciones de gases de combustión caldera. 				
ALMACENAMIENTO Y TRATAMIENTO DE RESIDUOS	<ul style="list-style-type: none"> - Zona de almacenamiento de residuos peligrosos: <ul style="list-style-type: none"> - Residuos sanitarios. - Aceite usado. - Aerosoles vacíos. - Baterías agotadas. - Envases vacíos. - Equipos informáticos. - Filtros de aceite. - Material contaminado. - Materias primas caducadas. - Reactivos de laboratorio. - Solución ácida. - Tubos fluorescentes. 	<ul style="list-style-type: none"> - Derrames en transporte de los bidones u otros recipientes con residuos peligrosos (aceites usados, disolventes usados, etc.). 	<ul style="list-style-type: none"> - Pérdida de contención/derrame de residuos peligrosos desde bidones u otros envases. 				
ELEMENTOS EXTERNOS	NATURALES	<ul style="list-style-type: none"> - Sismicidad de la zona. - Problemas de estabilidad del terreno. - Precipitaciones (fuertes, inundaciones, nevadas). - Tormentas (rayos). - Crecida de cauces próximos. - Nivel freático somero (necesidad de bombeo si tanques enterrados). - Bosques cercanos (incendio). - Temperaturas (congelación tuberías). - Vientos fuertes. 	<ul style="list-style-type: none"> - Asentamiento del terreno, deslizamiento de ladera por baja estabilidad del terreno. - Aumento grietas en tanques por sismicidad alta. - En caso de tanques vacíos, pueden volcar sobre los llenos y romperlos: derrame. - Aumento de probabilidad de corrosión si nivel freático alto. 	<ul style="list-style-type: none"> - Estos peligros condicionan o modulan la probabilidad de ocurrencia de algunos sucesos iniciadores y escenarios accidentales. Se incluyen como factores condicionantes de la probabilidad. 			
	INFRAESTRUCTURAS Y SUMINISTROS (vías transporte, servicios)	<ul style="list-style-type: none"> - Líneas de alta tensión. - Conducciones de agua. 					
	SOCIOECONÓMICOS (vandalismos, sabotaje)	<ul style="list-style-type: none"> - Vandalismo / robo. 					
	INSTALACIONES VECINAS	<ul style="list-style-type: none"> - Otras instalaciones industriales. 	<ul style="list-style-type: none"> - Efectos en cadena. 				



TABLA 6. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS Y SUCESOS INICIADORES: FABRICACIÓN DE BOTELLAS DE OXÍGENO MEDICINAL PARA OXIGENOTERAPIA

TERAPIAS RESPIRATORIAS DOMICILIARIAS Y GASES MEDICINALES

FUENTES DE PELIGRO (UNE 150008:2008)		IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS		COMENTARIOS		SUCESOS INICIADORES PROPUESTOS			
FACTOR HUMANO	ÁMBITO ORGANIZATIVO	ESTRUCTURA	<ul style="list-style-type: none"> - Situación laboral (ERE - p. ej. desinterés / desmotivación en plantilla). - Situación laboral (subcontratas - p. ej. reducción frecuencia mantenimiento preventivo). - Procedimientos (p. ej. inexistencia o falta de implantación de PEI / PEE / Plan de autoprotección, en relación a los riesgos medioambientales). - Patrulla diurna / nocturna de vigilancia activa. 	<ul style="list-style-type: none"> - Situaciones laborales tensas pueden inducir a errores humanos más frecuentes. - Trabajo a turnos: posibilidad de falta de comunicación, lo que podría incurrir en fallos. 	Estos peligros condicionan o modulan la probabilidad de ocurrencia de algunos sucesos iniciadores y escenarios accidentales. Se incluyen como factores condicionantes de la probabilidad.				
		SISTEMAS DE GESTIÓN							
		CULTURA PREVENTIVA							
		PROCEDIMIENTOS							
		COMUNICACIÓN							
		CONDICIONES AMBIENTALES							
		CLIMA LABORAL							
ÁMBITO INDIVIDUAL	FORMACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> - Cursos de formación. - Experiencia. - Errores por estrés. 	- Errores humanos.	Estos peligros condicionan o modulan la probabilidad de ocurrencia de algunos sucesos iniciadores y escenarios accidentales. Se incluyen como factores condicionantes de la probabilidad.					
	ENTRENAMIENTO								
	CAPACITACION								
	ERROR HUMANO								
ALMACENAMIENTOS	MATERIAS PRIMAS	<ul style="list-style-type: none"> - Materia prima: aire atmosférico. - Materias primas auxiliares: disolventes, reactivos de laboratorios, productos de limpieza, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> - Aire de la atmósfera no peligroso. - Materias primas auxiliares en pequeñas cantidades, algunas peligrosas. 	Pérdida de contención de materia primas auxiliar.					
	COMBUSTIBLES	<ul style="list-style-type: none"> - Gasóleo. - Gas natural. 	<ul style="list-style-type: none"> - Algunas instalaciones gasóleo y gas utilizados para calderas de calefacción. - Suministro gas municipal. - Tanques de gasóleo (generalmente aéreos). - Fuga o colapso del tanque. - Corrosión en base de tanque de combustible. - Fuga de gas natural. - Riesgo incendio/explosión en tanques de combustible. - Riesgo explosión/incendio por fuga de gas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Fuga de gas natural. - Pérdida de contención de gasóleo desde tanque de almacenamiento aéreo. - Pérdida de contención de gasóleo desde tanque de almacenamiento subterráneo. 					
	PRODUCTOS	Oxígeno medicinal: botellas y mochilas de oxígeno medicinal.	<ul style="list-style-type: none"> - Oxígeno medicinal: Oxidante y comburente. Mantiene la combustión vigorosamente. Puede reaccionar violentamente con los materiales combustibles. 	- Incendio/explosión de producto terminado.					
ACTIVIDADES E INSTALACIONES	PROCESOS E INSTALACIONES PRODUCTIVAS	EQUIPOS	<ul style="list-style-type: none"> - Torres de destilación. - Depósito criogénico de oxígeno. - Gasificador de oxígeno. - Filtros. - Adsorbentes. 	<ul style="list-style-type: none"> - Oxígeno: Oxidante y comburente. Mantiene la combustión vigorosamente. Puede reaccionar violentamente con los materiales combustibles. - Depósito criogénico de oxígeno, anclado y sólo accesible para personal autorizado. - Todos los equipos sin grasa para evitar explosiones. - Compresores hasta licuar el aire a -178°C. - Compresores para llenar botellas. - Destilación en frío a contracorriente. - Compresores a 300 bares. 	<ul style="list-style-type: none"> - Explosión/incendio tanque de oxígeno criogénico. - Explosión/incendio compresores. - Explosión/incendio gasificadores. - Explosión/incendio torres de destilación. - Fuga de oxígeno desde los distintos equipos. 				
		TRASIEGO Y MANEJO DE SUSTANCIAS	<ul style="list-style-type: none"> - Proceso de carga y descarga de oxígeno. - Trasego de oxígeno por tubería aérea. - Proceso carga y descarga de combustible. - Tuberías aéreas /enterradas de combustible. 	<ul style="list-style-type: none"> - Oxígeno medicinal: Oxidante y comburente. 	<ul style="list-style-type: none"> - Fuga de oxígeno desde tubería aérea. - Explosión tubería aérea de oxígeno. - Fuga de gas en tubería aérea. - Fuga de gas en tubería enterrada. - Pérdida de contención de gasóleo en tubería aérea. - Pérdida de contención de gasóleo en tubería enterrada. - Pérdida de contención durante los procesos de carga/descarga de gasóleo. 				
		DISPOSICIÓN	Distribución sensible de las instalaciones de la fábrica.						
		MEDIDAS DE SEGURIDAD Y SALVAGUARDA	<ul style="list-style-type: none"> - Sensores de oxígeno y nitrógeno en el ambiente. - Sistema de control centralizado de los parámetros físicos de la instalación (presión, temperatura y % de oxígeno...). - Válvulas de seguridad con descarga dirigida a zonas inocuas. - Depósito de agua contra incendios. - Cubetos en tanques y otros almacenamientos. - Arquetas ciegas. - Suelo pavimentado. - Detectores de humo. - Extintores, rociadores, hidrantes, BIEs. - Pulsadores de alarma. - Sectorización de incendios. - Generadores de emergencia. 	<ul style="list-style-type: none"> - Fallo en sistemas de seguridad contra incendio. - Ausencia de medidas de seguridad y salvaguarda. - etc. 	Estas medidas condicionan o modulan la probabilidad de ocurrencia de algunos sucesos iniciadores y escenarios accidentales. Se incluyen como factores condicionantes de la probabilidad.				
		CONDICIONES DEL ENTORNO	Zonas industriales.	<ul style="list-style-type: none"> - Zonas industriales, pavimentadas y con red de saneamiento. - Instalaciones alejadas del entorno natural aunque en ocasiones pueda haber algún receptor aislado, como un río cercano o un espacio natural protegido. 	Estos peligros condicionan o modulan la probabilidad de ocurrencia de algunos sucesos iniciadores y escenarios accidentales. Se incluyen como factores condicionantes de la probabilidad.				
		CONDICIONES DEL PROCESO	<ul style="list-style-type: none"> - Sistema de control centralizado de los parámetros físicos de la instalación (presión, temperatura y % de oxígeno...). - Sensores de oxígeno y nitrógeno en el ambiente. 	<ul style="list-style-type: none"> - Fallo en el control del procesos productivos con sustancias inflamables, reactores a presión, etc. podría producir un incendio/explosión. 	- Explosión/incendio en proceso productivo por fallo en el control del proceso.				
		GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO	<ul style="list-style-type: none"> - Mantenimiento preventivo. - Mantenimiento correctivo. 		Estas medidas condicionan o modulan la probabilidad de ocurrencia de algunos sucesos iniciadores y escenarios accidentales. Se incluyen como factores condicionantes de la probabilidad.				
ELEMENTOS EXTERNOS	PROCESOS E INSTALACIONES AUXILIARES	PRODUCCIÓN DE CALOR	Calderas.	<ul style="list-style-type: none"> - Caldera de gas o gasóleo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Incendio de la caldera. - Explosión de la caldera. 				
		PRODUCCIÓN DE FRÍO	Instalación frigorífica.	<ul style="list-style-type: none"> - Si bien la emisión de determinados gases refrigerantes destruye la capa de ozono, no produce un daño ambiental en los receptores recogidos en la normativa. 					
		PRODUCCIÓN AIRE COMPRIMIDO	Compresores.	<ul style="list-style-type: none"> - Incendios por cortocircuitos eléctricos, por excesiva temperatura del aire comprimido o por excesiva temperatura del aceite de refrigeración. - Explosiones por falta de resistencia del material, por exceso de presión, por autoinflamación del aceite de lubricación en la compresión o por descarga electrostática. - Instalación de aire comprimido para la red de alimentación de sistemas neumáticos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Pérdida de contención de aceite lubricante desde compresor. - Incendio compresor. - Explosión compresor. 				
		GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	<ul style="list-style-type: none"> - Transformadores. - Grupos electrógenos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Se pueden producir incendios en grupos electrógenos y centros de transformación, próximos a tanque de combustible u oxígeno: fácil propagación. - Pérdidas de aceite desde grupo electrógeno. - Pérdida de aceite dieléctrico en centros de transformación. 	<ul style="list-style-type: none"> - Incendio en transformador. - Pérdida de contención de aceite dieléctrico desde transformador. - Incendio en grupo electrógeno y pérdida de contención de aceite desde grupo electrógeno. 				
		PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS	<ul style="list-style-type: none"> - Planes de emergencia. - Detectores de humo. - Extintores, rociadores, hidrantes, BIEs. - Pulsadores de alarma. - Sectorización de incendios. - Bombas y depósitos de presión de red de incendios, motobombas. - Depósito de agua contra incendio. 	<ul style="list-style-type: none"> - En caso de no funcionar los sistemas de detección y contra incendios de la planta, y producirse un gran incendio, se podría producir un vertido de las aguas de extinción al DPH. 	<ul style="list-style-type: none"> - Vertido de aguas procedentes de extinción/sofocación de incendios. - El resto de medidas condicionan o modulan la probabilidad de ocurrencia de algunos sucesos iniciadores y escenarios accidentales. Se incluyen como factores condicionantes de la probabilidad. 				
		TRATAMIENTO DE AGUA PARA PROCESOS E INSTALACIONES	Torres refrigeración.	<ul style="list-style-type: none"> - Algunas instalaciones captan agua de pozos o ríos cercanos, si bien en la mayoría de las instalaciones el abastecimiento es público. 					
		INSTALACIONES DE PREVENCIÓN Y TRATAMIENTO DE LA CONTAMINACIÓN							
		DEPURACIÓN DE AGUAS		<ul style="list-style-type: none"> - Las aguas se vierten directamente a la red pública de saneamiento conectada a la depuradora municipal. 	<ul style="list-style-type: none"> - Vertido fuera de especificaciones desde el sistema de tratamiento/ recogida de aguas. 				
		EMISIONES A LA ATMÓSFERA	Foco de emisión calderas: CO, NOx, SO2, partículas.		<ul style="list-style-type: none"> - Emisiones fuera de especificaciones de gases de combustión caldera. 				
		ALMACENAMIENTO Y TRATAMIENTO DE RESIDUOS	<ul style="list-style-type: none"> - Zona de almacenamiento de residuos peligrosos: - Envases vacíos contaminados. - Absorbentes y trapos contaminados. - RAEE. 	<ul style="list-style-type: none"> - Derrames en transporte de los bidones u otros recipientes con residuos peligrosos [aceites usados, disolventes usados, etc.]. 	<ul style="list-style-type: none"> - Pérdida de contención/derrame de residuos peligrosos desde bidones u otros envases. 				
NATURALES	<ul style="list-style-type: none"> - Sismicidad de la zona. - Problemas de estabilidad del terreno. - Precipitaciones (fuertes, inundaciones, nevadas). - Tormentas (rayos). - Crecida de cauces próximos. - Nivel freático somero (necesidad de bombeo si tanques enterrados). - Bosques cercanos (incendio). - Temperaturas (congelación tuberías). - Vientos fuertes. 	<ul style="list-style-type: none"> - Asentamiento del terreno, deslizamiento de ladera por baja estabilidad del terreno. - Aumento grietas en tanques por sismicidad alta. - En caso de tanques vacíos, pueden volcar sobre los llenos y romperlos: derrame. - Aumento de probabilidad de corrosión si nivel freático alto. 	Estos peligros condicionan o modulan la probabilidad de ocurrencia de algunos sucesos iniciadores y escenarios accidentales. Se incluyen como factores condicionantes de la probabilidad.						
INFRAESTRUCTURAS Y SUMINISTROS (vías transporte, servicios)	<ul style="list-style-type: none"> - Líneas de alta tensión. - Conducciones de agua. 								
SOCIOECONÓMICOS (vandalismos, sabotaje)	Vandalismo / robo.								
INSTALACIONES VECINAS	Otras instalaciones industriales.	<ul style="list-style-type: none"> - Efectos en cadena. 							



TABLA 7. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS Y SUCESOS INICIADORES: FABRICACIÓN DE PRODUCTOS OFTALMOLÓGICOS

OFTALMOLOGÍA

FUENTES DE PELIGRO (UNE 150008:2008)		IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS		COMENTARIOS	SUCESOS INICIADORES PROPUESTOS		
FACTOR HUMANO	ÁMBITO ORGANIZATIVO	ESTRUCTURA					
		SISTEMAS DE GESTIÓN					
		CULTURA PREVENTIVA	- Situación laboral (ERE - p. ej. desinterés / desmotivación en plantilla).		- Situaciones laborales tensas pueden inducir a errores humanos más frecuentes.	Estos peligros condicionan o modulan la probabilidad de ocurrencia de algunos sucesos iniciadores y escenarios accidentales. Se incluyen como factores condicionantes de la probabilidad.	
		PROCEDIMIENTOS	- Situación laboral (subcontratas - p. ej. reducción frecuencia mantenimiento preventivo). - Procedimientos (p. ej. inexistencia o falta de implantación de PEI / PEE / Plan de autoprotección, en relación a los riesgos medioambientales).		- Trabajo a turnos: posibilidad de falta de comunicación, lo que podría incurrir en fallos.		
		COMUNICACIÓN	- Patrulla diurna / nocturna de vigilancia activa.				
		CONDICIONES AMBIENTALES					
	CLIMA LABORAL						
	ÁMBITO INDIVIDUAL	FORMACIÓN					
	ENTRENAMIENTO	- Cursos de formación.		- Errores humanos.	Estos peligros condicionan o modulan la probabilidad de ocurrencia de algunos sucesos iniciadores y escenarios accidentales. Se incluyen como factores condicionantes de la probabilidad.		
	CAPACITACIÓN	- Experiencia.					
ERROR HUMANO	- Errores por estrés.						
ACTIVIDADES E INSTALACIONES	ALMACENAMIENTOS	MATERIAS PRIMAS	- Alcohol isopropílico. - Acetona. - Eter dietílico. - Acetato de etilo. - Surfánios. - Bacterianos.	- Azul trypan. - Ácido clorhídrico. - Ácido bórico. - Hidróxido sódico. - Productos de limpieza. - Material de embalaje.	- Todas las materias primas en pequeñas cantidades. - Materias primas inflamables: alcohol isopropílico, acetona, eter dietílico, acetato de etilo, otros. - Surfánios y bacterianos: inflamables; utilizados para limpieza de la sala blanca. - Azul de trypan: cancerígeno y tóxico. Utilizado en muy pequeña cantidad (25 g al año). - Ácido clorhídrico, ácido bórico, hidróxido sódico: corrosivos. - Riesgo de incendio almacenamiento de material de embalaje.	- Pérdida de contención de materias primas inflamables. - Pérdida de contención de materias primas corrosivas. - Pérdida de contención de materias primas nocivas y/o tóxicas. - Incendio en almacenamiento de materias primas combustibles (material de embalaje).	
		COMBUSTIBLES	- Gasóleo. - Gas natural.		- Gasóleo y gas utilizados para calderas. - Suministro gas municipal. - Tanques de gasóleo (generalmente aéreos). - Fuga o colapso del tanque. - Corrosión en base de tanque de combustible. - Fuga de gas natural. - Riesgo incendio/explosión en tanques de combustible. - Riesgo explosión/incendio por fuga de gas.	- Fuga de gas natural. - Pérdida de contención de gasóleo desde tanque de almacenamiento aéreo. - Pérdida de contención de gasóleo desde tanque de almacenamiento subterráneo.	
		PRODUCTOS	- Formulaciones de líquidos en base acuosa estériles envasadas en botellas de polietileno. - Soluciones oftalmológicas viscoelásticas y colorantes para cirugía intraocular. - Solución viscoelástica de HaNa. - Solución viscoelástica de HPMC. - Solución colorante de Azul trypan. - Solución colorante de Azul trypan brillante.	- Implantes intraoculares para cirugía oftalmológica. - Lentes intraoculares. - Implantes para glaucoma. - Anillos intracorneales. - Anillos de tensión capsular. - Indentador macular. - Aceite de Silcona 1000,2000, 5000 Cst.	- Materiales combustibles (embalaje de los productos), riesgo de incendio.	- Incendio en almacén de producto terminado. - Pérdida de contención de producto terminado.	
	PROCESOS E INSTALACIONES PRODUCTIVAS	EQUIPOS	- Destiladores. - Secadores. - Autoclaves. - Reactores. - Evaporadores. - Equipos de mecanizado. - Equipos de pulido. - Equipos de envasado, emblistado y empaquetado.		- Fabricación de implantes intraoculares para cirugía oftalmológica por micro mecanizado y micro fresado (sala controlada T° y HR). Pulido de los implantes con abrasivos. - Incendio en equipos de mecanizado. - Explosión reactores a presión. - Explosión de autoclave. - Pérdida de contención de aceite de los equipos. - Riesgo de incendio en los distintos equipos (cortocircuitos, etc.). - Equipos en zonas techadas y pavimentadas.	- Pérdida de contención de aceite hidráulico de los equipos. - Incendio de los distintos equipos. - Pérdida de contención de producto/materia prima desde reactor, destilador u otro equipo. - Explosión autoclave. - Explosión reactor.	
		TRASIEGO Y MANEJO DE SUSTANCIAS	- Procesos de carga/descarga de gasóleo. - Procesos de carga/descarga de aceite hidráulico de equipos. - Procesos de carga/descarga de materias primas y auxiliares. - Tuberías aéreas /enterradas de combustible.		- Trasego de gas por tubería aérea/enterrada. - Riesgo de incendio en los procesos de carga/descarga de materias primas y auxiliares inflamables (alcohol isopropílico, etc.). - Riesgo de derrame en el trasego del aceite hidráulico para los equipos.	- Pérdida de contención durante los procesos de carga/descarga de gasóleo. - Pérdida de contención durante los procesos de carga/descarga de aceite hidráulico. - Pérdida de contención durante los procesos de carga/descarga de materias primas inflamables. - Pérdida de contención durante los procesos de carga/descarga de materias primas corrosivas. - Pérdida de contención durante los procesos de carga/descarga de otras materias primas y auxiliares. - Pérdida de contención de gasóleo en tubería aérea. - Pérdida de contención de gasóleo en tubería enterrada. - Fuga de gas en tubería aérea. - Fuga de gas en tubería enterrada.	
		DISPOSICIÓN	Distribución sensible de las instalaciones de la fábrica.				
		MEDIDAS DE SEGURIDAD Y SALVAGUARDA	- Cubetos en tanques y otros almacenamientos. - Tanques de doble pared. - Arquetas ciegas. - Rack de tuberías aéreo. - Rack de tuberías subterráneo (p. ej. encamado en hormigón tratado, galerías subterráneas visitables). - Suelo pavimentado.	- Detectores de humo. - Extintores, rociadores, hidrantes, BIEs. - Pulsadores de alarma. - Sectorización de incendios. - Generadores de emergencia. - Depósito de agua contra incendios.	- Fallo en sistemas de seguridad contra incendio. - Ausencia de medidas de seguridad y salvaguarda. - etc.	Estas medidas condicionan o modulan la probabilidad de ocurrencia de algunos sucesos iniciadores y escenarios accidentales. Se incluyen como factores condicionantes de la probabilidad.	
		CONDICIONES DEL ENTORNO	Zonas industriales.		Zonas industriales, pavimentadas y con red de saneamiento. Instalaciones alejadas del entorno natural aunque en ocasiones pueda haber algún receptor aislado, como un río cercano o un Espacio Natural protegido.	Estos peligros condicionan o modulan la probabilidad de ocurrencia de algunos sucesos iniciadores y escenarios accidentales. Se incluyen como factores condicionantes de la probabilidad.	
		CONDICIONES DEL PROCESO	- Control operacional de los distintos procesos productivos. - Control operacional envasado y empaquetado.		- Fallo en el control del procesos productivos con sustancias inflamables, reactores a presión, etc. podría producir un incendio/explosión.	- Explosión/incendio en proceso productivo por fallo en el control del proceso. - Incendio en proceso empaquetado por fallo en el control del proceso.	
		GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO	- Mantenimiento preventivo. - Mantenimiento correctivo. - Mediciones en focos de emisiones a la atmósfera.			Estas medidas condicionan o modulan la probabilidad de ocurrencia de algunos sucesos iniciadores y escenarios accidentales. Se incluyen como factores condicionantes de la probabilidad.	
		PROCESOS E INSTALACIONES AUXILIARES	PRODUCCIÓN DE CALOR	Calderas.		- Caldera de gas o gasóleo.	- Incendio de la caldera. - Explosión de la caldera.
			PRODUCCIÓN DE FRÍO	Instalación frigorífica.		Si bien la emisión de determinados gases refrigerantes destruye la capa de ozono, no produce un daño ambiental en los receptores recogidos en la normativa.	
			PRODUCCIÓN AIRE COMPRIMIDO	Compresores.		- Incendios por cortocircuitos eléctricos, por excesiva temperatura del aire comprimido o por excesiva temperatura del aceite de refrigeración. - Explosiones por falta de resistencia del material, por exceso de presión, por autoinflamación del aceite de lubricación en la compresión o por descarga electrostática. - Instalación de aire comprimido para la red de alimentación de sistemas neumáticos.	- Pérdida de contención de aceite lubricante desde compresor. - Incendio compresor. - Explosión compresor.
	GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA		- Transformadores. - Grupos electrógenos. - Zona de carga de baterías.		- Se pueden producir incendios en grupos electrógenos y centros de transformación, próximos a tanques de combustible: fácil propagación. - Pérdidas de aceite desde grupo electrógeno. - Pérdida de aceite dieléctrico en centros de transformación.	- Incendio en transformador. - Pérdida de contención de aceite dieléctrico desde transformador. - Incendio en grupo electrógeno. - Pérdida de contención de aceite desde grupo electrógeno. - Incendio en zona de carga de baterías.	
	PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS		- Planes de emergencia. - Detectores de humo. - Extintores, rociadores, hidrantes, BIEs. - Pulsadores de alarma. - Sectorización de incendios. - Bombas y depósitos de presión de red de incendios, motobombas. - Depósito de agua contra incendio.		- En caso de no funcionar los sistemas de detección y contra incendios de la planta, y producirse un gran incendio, se podría producir un vertido de las aguas de extinción al DPH.	- Vertido de aguas procedentes de extinción/sofocación de incendios. El resto de medidas condicionan o modulan la probabilidad de ocurrencia de algunos sucesos iniciadores y escenarios accidentales. Se incluyen como factores condicionantes de la probabilidad.	
	TRATAMIENTO DE AGUA PARA PROCESOS E INSTALACIONES		Torres refrigeración.		Algunas instalaciones captan agua de pozos o ríos cercanos, si bien en la mayoría de las instalaciones el abastecimiento es público.		
	INSTALACIONES DE PREVENCIÓN Y TRATAMIENTO DE LA CONTAMINACIÓN						
	DEPURACIÓN DE AGUAS				- Las aguas se vierten directamente a la red pública de saneamiento conectada a la depuradora municipal.	- Vertido fuera de especificaciones desde el sistema de tratamiento/recogida de aguas.	
	EMISIONES A LA ATMÓSFERA		Foco de emisión calderas: CO, NOx, SO2, partículas.			- Emisiones fuera de especificaciones de gases de combustión caldera.	
	ALMACENAMIENTO Y TRATAMIENTO DE RESIDUOS		- Zona de almacenamiento de residuos peligrosos: - Disolventes halogenados. - Disolventes no halogenados. - Tintas de impresión. - Absorbente contaminado.	- Tubos fluorescentes. - RAEE. - Aerosoles vacíos. - Envases contaminados. - Reactivos de laboratorio líquidos.		- Derrames en transporte de los bidones u otros recipientes con residuos peligrosos (aceites usados, disolventes usados, etc.).	- Pérdida de contención/derrame de residuos peligrosos desde bidones u otros envases.
	ELEMENTOS EXTERNOS	NATURALES	- Sismicidad de la zona. - Problemas de estabilidad del terreno. - Precipitaciones (fuertes, inundaciones, nevadas). - Tormentas (rayos). - Crecida de cauces próximos. - Nivel freático somero (necesidad de bombeo si tanques enterrados). - Bosques cercanos (incendio). - Temperaturas (congelación tuberías). - Vientos fuertes.		- Asentamiento del terreno, deslizamiento de ladera por baja estabilidad del terreno. - Aumento grietas en tanques por sismicidad alta. - En caso de tanques vacíos, pueden volcar sobre los llenos y romperlos: derrame. - Aumento de probabilidad de corrosión si nivel freático alto.	Estos peligros condicionan o modulan la probabilidad de ocurrencia de algunos sucesos iniciadores y escenarios accidentales. Se incluyen como factores condicionantes de la probabilidad.	
		INFRAESTRUCTURAS Y SUMINISTROS (vías transporte, servicios)	- Líneas de alta tensión. - Conducciones de agua.				
SOCIOECONÓMICOS (vandalismos, sabotaje)		- Vandalismo / robo.					
INSTALACIONES VECINAS		Otras instalaciones industriales.		- Efectos en cadena.			



TABLA 8. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS Y SUCESOS INICIADORES: FABRICACIÓN DE PRODUCTOS ORTOPÉDICOS

ORTOPEDIA TÉCNICA

FUENTES DE PELIGRO (UNE 15008:2008)		IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS		COMENTARIOS	SUCESOS INICIADORES PROPUESTOS	
FACTOR HUMANO	ÁMBITO ORGANIZATIVO	ESTRUCTURA				
		SISTEMAS DE GESTIÓN				
CULTURA PREVENTIVA						
PROCEDIMIENTOS		- Situación laboral (ERE - p. ej. desinterés / desmotivación en plantilla). - Situación laboral (subcontratas - p. ej. reducción frecuencia mantenimiento preventivo). - Procedimientos (p. ej. inexistencia o falta de implantación de PEI / PEE / Plan de autoprotección, en relación a los riesgos medioambientales). - Patrulla diurna / nocturna de vigilancia activa.	- Situaciones laborales tensas pueden inducir a errores humanos más frecuentes. - Trabajo a turnos: posibilidad de falta de comunicación, lo que podría incurrir en fallos.	Estos peligros condicionan o modulan la probabilidad de ocurrencia de algunos sucesos iniciadores y escenarios accidentales. Se incluyen como factores condicionantes de la probabilidad.		
COMUNICACIÓN						
CONDICIONES AMBIENTALES						
	CLIMA LABORAL					
	ÁMBITO INDIVIDUAL	FORMACIÓN				
		ENTRENAMIENTO	- Cursos de formación. - Experiencia. - Errores por estrés.	- Errores humanos.	Estos peligros condicionan o modulan la probabilidad de ocurrencia de algunos sucesos iniciadores y escenarios accidentales. Se incluyen como factores condicionantes de la probabilidad.	
		CAPACITACION				
		ERROR HUMANO				
ALMACENAMIENTOS	MATERIAS PRIMAS	- Colorantes. - Pegamentos y colas. - Disolventes. - Resinas. - Aceites. - Chapas de acero, aluminio, etc. - Planchas de termoplásticos.	- Rollos o planchas de: látex, corcho, EVA (etilvinilacetato), otros. - PVA (acetato de polivinilo). - Nylon en bovinas. - Yeso. - Vendas de escayola. - Productos de limpieza. - Material de embalaje.	- Materias primas: inflamables, corrosivas, irritantes, nocivas, peligrosas para el medio ambiente (R52/53). - Inflamables: colorantes, pegamentos, disolventes, etc. Todas en pequeñas cantidades. - Riesgo de incendio almacenamiento de material de embalaje.	- Pérdida de contención de materias primas inflamables. - Pérdida de contención de materias primas peligrosas para el medio ambiente. - Incendio en almacenamiento de materias primas combustibles (material de embalaje). - Pérdida de contención de otras materias primas.	
	COMBUSTIBLES	- Gasóleo. - Gas natural.		- Gasóleo y gas utilizados para calderas. - Suministro gas municipal. - Tanques de gasóleo (generalmente aéreos). - Fuga o colapso del tanque. - Corrosión en base de tanque de combustible. - Fuga de gas natural. - Riesgo incendio/explosión en tanques de combustible. - Riesgo explosión/incendio por fuga de gas.	- Fuga de gas natural. - Pérdida de contención de gasóleo desde tanque de almacenamiento aéreo. - Pérdida de contención de gasóleo desde tanque de almacenamiento subterráneo.	
	PRODUCTOS	- Ortesis: plantillas, cédulas, rodilleras, corsés, etc. - Prótesis.		- Materiales combustibles (embalaje de los productos), riesgo de incendio.	- Incendio en almacén de producto terminado.	
ACTIVIDADES E INSTALACIONES	PROCESOS E INSTALACIONES PRODUCTIVAS	EQUIPOS	- Equipos de mecanizado (cortadora, fresadora, taladro, roscadora, etc.). - Máquinas de coser. - Equipos de lijado y pulido. - Horno. - Bomba de succión. - Equipos de soldadura. - Equipos de envasado y empaquetado.	- Riesgo de incendio en fresadoras. - Pérdida de contención de aceite de los equipos. - Riesgo de incendio en los distintos equipos (cortocircuitos, etc.). - Equipos en zonas techadas y pavimentadas.	- Pérdida de contención de aceite hidráulico de los equipos. - Incendio en fresadora. - Incendio en otros equipos.	
		TRASIEGO Y MANEJO DE SUSTANCIAS	- Procesos de carga/descarga de materias primas y auxiliares. - Procesos de carga/descarga de aceite hidráulico de equipos. - Procesos de carga/descarga de aceite de corte y taladrinas. - Procesos de carga/descarga de gasóleo. - Tuberías aéreas y enterradas de combustible.	- Riesgo de incendio en los procesos de carga/descarga de reactivos inflamables. - Riesgo de derrame en el trasiego del aceites y taladrinas para los equipos.	- Pérdida de contención durante los procesos de carga/descarga de gasóleo. - Pérdida de contención durante los procesos de carga/descarga de aceite hidráulico. - Pérdida de contención durante los procesos de carga/descarga de materias primas inflamables. - Pérdida de contención durante los procesos de carga/descarga de materias primas peligrosas para el medio ambiente. - Pérdida de contención durante los procesos de carga/descarga de aceites de corte y taladrinas. - Pérdida de contención durante los procesos de carga/descarga de otras materias primas y auxiliares. - Pérdida de contención de gasóleo en tubería aérea. - Pérdida de contención de gasóleo en tubería enterrada.	
		DISPOSICIÓN	- Distribución sensible de las instalaciones de la fábrica.			
		MEDIDAS DE SEGURIDAD Y SALVAGUARDA	- Cubetos en tanques de almacenamiento. - Arquetas ciegas. - Rack de tuberías aéreo. - Rack de tuberías subterráneo (p. ej. encamado en hormigón tratado, galerías subterráneas visitables). - Impermeabilización vs. suelo desnudo. - Detectores de humo. - Extintores, rociadores, hidrantes, BIEs. - Generadores de emergencia. - Sistema de contención de derrames en zonas de carga y descarga de materias primas.	- Fallo en sistemas de seguridad contra incendio. - Ausencia de medidas de seguridad y salvaguarda. - etc.	Estas medidas condicionan o modulan la probabilidad de ocurrencia de algunos sucesos iniciadores y escenarios accidentales. Se incluyen como factores condicionantes de la probabilidad.	
		CONDICIONES DEL ENTORNO	Zonas industriales.	- Zonas industriales, pavimentadas y con red de saneamiento. - Instalaciones alejadas del entorno natural aunque en ocasiones pueda haber algún receptor aislado, como un río cercano o un espacio natural protegido.	Estos peligros condicionan o modulan la probabilidad de ocurrencia de algunos sucesos iniciadores y escenarios accidentales. Se incluyen como factores condicionantes de la probabilidad.	
		CONDICIONES DEL PROCESO	- Control operacional de los distintos procesos productivos. - Control operacional envasado y empaquetado.	- Fallo en el control del procesos productivos podría producir un incendio/explosión. - Riesgo de incendio en operaciones de soldadura: presencia de chispas y partículas incandescentes desprendidas durante la operación de corte o soldadura que pueden de ponerse en contacto materiales combustibles con fuentes de ignición, con la consiguiente formación de un fuego.	- Incendio en proceso productivo por fallo en el control del proceso. - Incendio en proceso empaquetado por fallo en el control del proceso. - Incendio en operaciones de soldadura.	
GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO	- Mantenimiento preventivo. - Mantenimiento correctivo. - Mediciones en punto de vertido y emisiones a la atmósfera.		Estas medidas condicionan o modulan la probabilidad de ocurrencia de algunos sucesos iniciadores y escenarios accidentales. Se incluyen como factores condicionantes de la probabilidad.			
PROCESOS E INSTALACIONES AUXILIARES	PRODUCCIÓN DE CALOR	Calderas.	- Caldera de gas o gasóleo.	- Incendio de la caldera. - Explosión de la caldera.		
	PRODUCCIÓN DE FRÍO	Instalación frigorífica.	Si bien la emisión de determinados gases refrigerantes destruye la capa de ozono, no produce un daño ambiental en los receptores recogidos en la normativa.			
	PRODUCCIÓN AIRE COMPRIMIDO	Compresores.	- Incendios por cortocircuitos eléctricos, por excesiva temperatura del aire comprimido o por excesiva temperatura del aceite de refrigeración. - Explosiones por falta de resistencia del material, por exceso de presión, por autoinflamación del aceite de lubricación en la compresión o por descarga electrostática.	- Pérdida de contención de aceite lubricante desde compresor. - Incendio compresor. - Explosión compresor.		
	GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	- Transformadores. - Grupos electrógenos. - Zona de carga de baterías.	- Se pueden producir incendios en grupos electrógenos y centros de transformación, próximos a tanques de combustible: fácil propagación. - Pérdidas de aceite desde grupo electrógeno. - Pérdida de aceite dieléctrico en centros de transformación.	- Incendio en transformador. - Pérdida de contención de aceite dieléctrico desde transformador. - Incendio en grupo electrógeno. - Pérdida de contención de aceite desde grupo electrógeno. - Incendio en zona de carga de baterías.		
	PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS	- Planes de emergencia. - Zonas ATEX. - Detectores de humo. - Extintores, rociadores, hidrantes, BIEs. - Equipos de medición automática de atmósferas explosivas. - Instalación eléctrica antideflagrante. - Depósito de agua contra incendio.	- En caso de no funcionar los sistemas de detección y contra incendios de la planta, y producirse un gran incendio, se podría producir un vertido de las aguas de extinción al DPH.	- Vertido de aguas procedentes de extinción/sofocación de incendios. - El resto de medidas condicionan o modulan la probabilidad de ocurrencia de algunos sucesos iniciadores y escenarios accidentales. Se incluyen como factores condicionantes de la probabilidad.		
	TRATAMIENTO DE AGUA PARA PROCESOS E INSTALACIONES	Torres refrigeración.	Algunas instalaciones captan agua de pozos o ríos cercanos, si bien en la mayoría de las instalaciones el abastecimiento es público.			
INSTALACIONES DE PREVENCIÓN Y TRATAMIENTO DE LA CONTAMINACIÓN						
	DEPURACIÓN DE AGUAS		- Las aguas pluviales y sanitarias se vierte directamente a la red pública de saneamiento conectada a la depuradora municipal. - En general, no existen aguas de proceso, sólo de lavado, éstas son vertidas a la red pública de saneamiento.	- Vertido fuera de especificaciones desde el sistema de tratamiento/recogida de aguas.		
	EMISIONES A LA ATMÓSFERA	Focos de emisión: - Aspiración sistema tratamiento superficial. Contaminante: ácido nítrico. - Aspiración sistema de chorreado con arena de piezas de titanio. Contaminante: partículas de metales pesados conteniendo titanio. - Aspiración sistema arenado y pulido de piezas metálicas (exceptuando titanio). Contaminante: partículas de metales pesados.	- Fallo en los sistemas de depuración: emisión fuera de especificaciones.	- Emisiones fuera de especificaciones.		
	ALMACENAMIENTO Y TRATAMIENTO DE RESIDUOS	Zona de almacenamiento de residuos peligrosos: - Aceites de corte usados. - Taladrinas. - Lodos de titanio. - Soluciones ácidas. - Disolventes no halogenados.	- Envases contaminados. - Residuos que contienen hidrocarburos. - Trapos, papel, vidrio, etc. contaminados. - Pilas. - Tubos fluorescentes. - etc.	- Derrames en transporte de los bidones u otros recipientes con residuos peligrosos - Pérdida de contención/derrame de residuos peligrosos desde bidones u otros envases.		
ELEMENTOS EXTERNOS	NATURALES	- Sismicidad de la zona. - Problemas de estabilidad del terreno. - Precipitaciones (fuertes, inundaciones, nevadas). - Tormentas (rayos). - Crecida de cauces próximos.	- Nivel freático somero (necesidad de bombeo si tanques enterrados). - Bosques cercanos (incendio). - Temperaturas (congelación tuberías). - Vientos fuertes.	- Asentamiento del terreno, deslizamiento de ladera por baja estabilidad del terreno. - Aumento grietas en tanques por sismicidad alta. - En caso de tanques vacíos, pueden volcar sobre los llenos y romperlos: derrame. - Aumento de probabilidad de corrosión si nivel freático alto.	Estos peligros condicionan o modulan la probabilidad de ocurrencia de algunos sucesos iniciadores y escenarios accidentales. Se incluyen como factores condicionantes de la probabilidad.	
	INFRAESTRUCTURAS Y SUMINISTROS (vías transporte, servicios)	- Líneas de alta tensión. - Conducciones de agua.				
	SOCIOECONÓMICOS (vandalismos, sabotaje)	Vandalismo / robo.				
	INSTALACIONES VECINAS	Otras instalaciones industriales.		- Efectos en cadena.		



TABLA 9. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS Y SUCESOS INICIADORES: FABRICACIÓN DE PRODUCTOS DENTALES

DENTAL

FUENTES DE PELIGRO (UNE 150008:2008)		IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS		COMENTARIOS		SUCESOS INICIADORES PROPUESTOS		
FACTOR HUMANO	ÁMBITO ORGANIZATIVO	ESTRUCTURA	<ul style="list-style-type: none"> - Situación laboral (ERE - p. ej. desinterés / desmotivación en plantilla). - Situación laboral (subcontratas - p. ej. reducción frecuencia mantenimiento preventivo). - Procedimientos (p. ej. inexistencia o falta de implantación de PEI / PEE / Plan de autoprotección, en relación a los riesgos medioambientales). - Patrulla diurna / nocturna de vigilancia activa. 	<ul style="list-style-type: none"> - Situaciones laborales tensas pueden inducir a errores humanos más frecuentes. - Trabajo a turnos: posibilidad de falta de comunicación, lo que podría incurrir en fallos. 	Estos peligros condicionan o modulan la probabilidad de ocurrencia de algunos sucesos iniciadores y escenarios accidentales. Se incluyen como factores condicionantes de la probabilidad.			
		SISTEMAS DE GESTIÓN						
		CULTURA PREVENTIVA						
		PROCEDIMIENTOS						
		COMUNICACIÓN						
		CONDICIONES AMBIENTALES						
		CLIMA LABORAL						
	ÁMBITO INDIVIDUAL	FORMACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> - Cursos de formación. - Experiencia. - Errores por estrés. 	- Errores humanos.	Estos peligros condicionan o modulan la probabilidad de ocurrencia de algunos sucesos iniciadores y escenarios accidentales. Se incluyen como factores condicionantes de la probabilidad.			
		ENTRENAMIENTO						
		CAPACITACION						
ERROR HUMANO								
ALMACENAMIENTOS	MATERIAS PRIMAS	<ul style="list-style-type: none"> - Metil metacrilato monómero (MMA). - Polimetil metacrilato (PMMA). - Etilenglicol dimetacrilado (EGDMA). - Aceites, grasas y lubricantes. - Disolventes. - Detergentes y productos de limpieza. - Material de embalaje. 	<ul style="list-style-type: none"> - MMA: inflamable. APQ. Cantidad almacenada nunca superior a 1000 l (800 kg) - EGDMA: irritante. Cantidad máxima almacenada 200 kg aprox. - Riesgo de incendio almacenamiento de material de embalaje. - Detergentes: contienen tensioactivos que son peligrosos para el medio ambiente (R52/R53). 	<ul style="list-style-type: none"> - Pérdida de contención de MMA (inflamable). - Pérdida de contención de EGDMA (irritante). - Pérdida de contención de detergentes o productos de limpieza. - Pérdida de contención de aceites, grasas o lubricantes. - Pérdida de contención de disolventes. - Incendio en almacenamiento de materias primas combustibles (material de embalaje). - Pérdida de contención de otras materias primas. 				
	COMBUSTIBLES	<ul style="list-style-type: none"> - Gasóleo. - Gas natural. 	<ul style="list-style-type: none"> - Gasóleo y gas utilizados para calderas. - Suministro gas municipal. - Tanques de gasóleo (generalmente aéreos). - Fuga o colapso del tanque. - Corrosión en base de tanque de combustible. - Fuga de gas natural. - Riesgo incendio/explosión en tanques de combustible. - Riesgo explosión/incendio por fuga de gas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Fuga de gas natural. - Pérdida de contención de gasóleo desde tanque de almacenamiento aéreo. - Pérdida de contención de gasóleo desde tanque de almacenamiento subterráneo. 				
	PRODUCTOS	Dientes artificiales y otros productos relacionados con la prótesis dental.	- Materiales combustibles (embalaje de los productos), riesgo de incendio.	- Incendio en almacén de producto terminado.				
ACTIVIDADES E INSTALACIONES	PROCESOS E INSTALACIONES PRODUCTIVAS	EQUIPOS	<ul style="list-style-type: none"> - Evaporadores. - Secadores. - Cubas/reactores. - Equipos de moldeo. - Equipos de envasado y empaquetado. 	<ul style="list-style-type: none"> - La fabricación se lleva a cabo mediante la mezcla de polimetil metacrilato polvo (PMMA) con su monómero líquido (MMA) y su curado en un molde al que se le aplica calor y presión. - Incendio en reactores o cubas de mezcla. - Incendio en equipos de moldeo. - Pérdida de contención de aceite de los equipos. - Riesgo de incendio en los distintos equipos (cortocircuitos, etc.). - Equipos en zonas techadas y pavimentadas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Pérdida de contención de aceite hidráulico de los equipos. - Pérdida de contención de producto desde reactor/cuba de mezcla. - Incendio en reactor/cuba de mezclado. - Incendio en equipos de moldeo. - Incendio en otros equipos. 			
		TRASIEGO Y MANEJO DE SUSTANCIAS	<ul style="list-style-type: none"> - Metil metacrilato monómero (MMA). - Etilenglicol dimetacrilado (EGDMA). - Aceites, grasas y lubricantes. - Disolventes. - Procesos de carga/descarga de Metil metacrilato monómero (MMA). - Procesos de carga/descarga de Etilenglicol dimetacrilado (EGDMA). - Procesos de carga/descarga de otras materias primas y auxiliares. - Procesos de carga/descarga de gasóleo. - Tuberías aéreas y enterradas de combustible. 	<ul style="list-style-type: none"> - Riesgo de incendio en los procesos de carga/descarga de materias primas inflamables (MMA). - Trasego de gasóleo/gas por tubería aérea/enterrada. - Riesgo de incendio en los procesos de carga/descarga de materias primas y auxiliares inflamables. 	<ul style="list-style-type: none"> - Pérdida de contención durante los procesos de MMA. - Pérdida de contención durante los procesos de EGDMA. - Pérdida de contención durante los procesos de carga/descarga de otras materias primas y auxiliares. - Pérdida de contención durante los procesos de carga/descarga de gasóleos. - Pérdida de contención de gasóleo en tubería aérea. - Pérdida de contención de gasóleo en tubería enterrada. 			
		DISPOSICIÓN	Distribución sensible de las instalaciones de la fábrica.					
		MEDIDAS DE SEGURIDAD Y SALVAGUARDA	<ul style="list-style-type: none"> - Cubetos en tanques de almacenamiento. - Arquetas ciegas. - Rack de tuberías aéreo. - Rack de tuberías subterráneo (p. ej. encamado en hormigón tratado, galerías subterráneas visitables). - Impermeabilización vs. suelo desnudo. - Detectores de humo. - Extintores, rociadores, hidrantes, BIEs. - Generadores de emergencia. - Sistema de contención de derrames en zonas de carga y descarga de materias primas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Fallo en sistemas de seguridad contra incendio. - Ausencia de medidas de seguridad y salvaguarda. - etc. 	Estas medidas condicionan o modulan la probabilidad de ocurrencia de algunos Sucesos Iniciaadores y escenarios accidentales. Se incluyen como factores condicionantes de la probabilidad.			
		CONDICIONES DEL ENTORNO	Zonas industriales.	Zonas industriales, pavimentadas y con red de saneamiento. Instalaciones alejadas del entorno natural aunque en ocasiones pueda haber algún receptor aislado, como un río cercano o un espacio natural protegido.	Estos peligros condicionan o modulan la probabilidad de ocurrencia de algunos sucesos iniciadores y escenarios accidentales. Se incluyen como factores condicionantes de la probabilidad.			
		CONDICIONES DEL PROCESO	<ul style="list-style-type: none"> - Control operacional de los distintos procesos productivos. - Control operacional envasado y empaquetado. 	- Fallo en el control del procesos productivos podría producir un incendio/explosión.	<ul style="list-style-type: none"> - Explosión/incendio en proceso productivo por fallo en el control del proceso. - Incendio en proceso empaquetado por fallo en el control del proceso. 			
		GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO	<ul style="list-style-type: none"> - Mantenimiento preventivo. - Mantenimiento correctivo. - Mediciones en punto de vertido y emisiones a la atmósfera. 		Estas medidas condicionan o modulan la probabilidad de ocurrencia de algunos sucesos iniciadores y escenarios accidentales. Se incluyen como factores condicionantes de la probabilidad.			
	PROCESOS E INSTALACIONES AUXILIARES	PRODUCCIÓN DE CALOR	Calderas.	- Caldera de gasóleo o gas para la producción de vapor en el proceso de esterilización.	<ul style="list-style-type: none"> - Incendio de la caldera. - Explosión de la caldera. 			
		PRODUCCIÓN DE FRÍO	Sistemas de refrigeración y aire acondicionado.	- Si bien la emisión de HCFs destruye la capa de ozono, no produce un daño ambiental en los receptores recogidos en la normativa.				
		PRODUCCIÓN AIRE COMPRIMIDO	- Compresores.	<ul style="list-style-type: none"> - Incendios por cortocircuitos eléctricos, por excesiva temperatura del aire comprimido o por excesiva temperatura del aceite de refrigeración. - Explosiones por falta de resistencia del material, por exceso de presión, por autoinflamación del aceite de lubricación en la compresión o por descarga electrostática. 	<ul style="list-style-type: none"> - Pérdida de contención de aceite lubricante desde compresor. - Incendio compresor. - Explosión compresor. 			
GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA		<ul style="list-style-type: none"> - Transformadores. - Grupos electrógenos. - Zona de carga de baterías. 	<ul style="list-style-type: none"> - Se pueden producir incendios en grupos electrógenos y centros de transformación, próximos a tanques de combustible: fácil propagación. - Pérdidas de aceite desde grupo electrógeno. - Pérdida de aceite dieléctrico en centros de transformación. 	<ul style="list-style-type: none"> - Incendio en transformador. - Pérdida de contención de aceite dieléctrico desde transformador. - Incendio en grupo electrógeno. - Pérdida de contención de aceite desde grupo electrógeno. - Incendio en zona de carga de baterías. 				
PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS		<ul style="list-style-type: none"> - Planes de emergencia. - Zonas ATEX. - Detectores de humo. - Extintores, rociadores, hidrantes, BIEs. - Depósito de agua contra incendio. 	- En caso de no funcionar los sistemas de detección y contra incendios de la planta, y producirse un gran incendio, se podría producir un vertido de las aguas de extinción al DPH.	- Vertido de aguas procedentes de extinción/sofocación de incendios. El resto de medidas condicionan o modulan la probabilidad de ocurrencia de algunos sucesos iniciadores y escenarios accidentales. Se incluyen como factores condicionantes de la probabilidad.				
TRATAMIENTO DE AGUA PARA PROCESOS E INSTALACIONES		Torres refrigeración.	Algunas instalaciones captan agua de pozos o ríos cercanos, si bien en la mayoría de las instalaciones el abastecimiento es público.					
INSTALACIONES DE PREVENCIÓN Y TRATAMIENTO DE LA CONTAMINACIÓN								
DEPURACIÓN DE AGUAS			<ul style="list-style-type: none"> - Las aguas pluviales y sanitarias se vierte directamente a la red pública de saneamiento conectada a la depuradora municipal. - En general, no existen aguas de proceso, sólo de lavado, éstas son vertidas a la red pública de saneamiento. 	- Vertido fuera de especificaciones desde el sistema de tratamiento/recogida de aguas.				
EMISIONES A LA ATMÓSFERA		Foco de emisión calderas: CO, NOx, SO2, partículas.		- Emisiones fuera de especificaciones de gases de combustión caldera.				
ALMACENAMIENTO Y TRATAMIENTO DE RESIDUOS		Zona de almacenamiento de residuos peligrosos: <ul style="list-style-type: none"> - Aceites usados de equipos. - Envases contaminados. - Trapos, papel, vidrio, etc. contaminados. - Pilas. - Tubos fluorescentes. - etc. 	- Derrames en transporte de los bidones u otros recipientes con residuos peligrosos.	- Pérdida de contención/derrame de residuos peligrosos desde bidones u otros envases.				
ELEMENTOS EXTERNOS	NATURALES	<ul style="list-style-type: none"> - Sismicidad de la zona. - Problemas de estabilidad del terreno. - Precipitaciones (fuertes, inundaciones, nevadas). - Tormentas (rayos). - Crecida de cauces próximos. - Nivel freático somero (necesidad de bombeo si tanques enterrados). - Bosques cercanos (incendio). - Temperaturas (congelación tuberías). - Vientos fuertes. 	<ul style="list-style-type: none"> - Asentamiento del terreo, deslizamiento de ladera por baja estabilidad del terreno. - Aumento grietas en tanques por sismicidad alta. - En caso de tanques vacíos, pueden volcar sobre los llenos y romperlos: derrame. - Aumento de probabilidad de corrosión si nivel freático alto. 	Estos peligros condicionan o modulan la probabilidad de ocurrencia de algunos sucesos iniciadores y escenarios accidentales. Se incluyen como factores condicionantes de la probabilidad.				
	INFRAESTRUCTURAS Y SUMINISTROS (vías transporte, servicios)	Líneas de alta tensión. Conducciones de agua.						
	SOCIOECONÓMICOS (vandalismos, sabotaje)	Vandalismo / robo.						
	INSTALACIONES VECINAS	Otras instalaciones industriales.	- Efectos en cadena.					



TABLA 10. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS Y SUCESOS INICIADORES: MONTAJE DE EQUIPOS DE ELECTROMEDICINA Y OTROS EQUIPOS

TECNOLOGÍA Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN CLÍNICA

FUENTES DE PELIGRO (UNE 150008:2008)		IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS		COMENTARIOS	SUCESOS INICIADORES PROPUESTOS		
FACTOR HUMANO	ÁMBITO ORGANIZATIVO	ESTRUCTURA					
		SISTEMAS DE GESTIÓN					
		CULTURA PREVENTIVA	- Situación laboral (ERE - p. ej. desinterés / desmotivación en plantilla).		- Situaciones laborales tensas pueden inducir a errores humanos más frecuentes.	Estos peligros condicionan o modulan la probabilidad de ocurrencia de algunos sucesos iniciadores y escenarios accidentales. Se incluyen como factores condicionantes de la probabilidad.	
		PROCEDIMIENTOS	- Situación laboral (subcontratas - p. ej. reducción frecuencia mantenimiento preventivo).		- Trabajo a turnos: posibilidad de falta de comunicación, lo que podría incurrir en fallos.		
		COMUNICACIÓN	- Procedimientos (p. ej. inexistencia o falta de implantación de PEI / PEE / Plan de autoprotección, en relación a los riesgos medioambientales).				
		CONDICIONES AMBIENTALES	- Plan de autoprotección, en relación a los riesgos medioambientales).				
CLIMA LABORAL	- Patrulla diurna / nocturna de vigilancia activa.						
ÁMBITO INDIVIDUAL	FORMACIÓN						
ENTRENAMIENTO	- Cursos de formación.		- Errores humanos.	Estos peligros condicionan o modulan la probabilidad de ocurrencia de algunos sucesos iniciadores y escenarios accidentales. Se incluyen como factores condicionantes de la probabilidad.			
CAPACITACIÓN	- Experiencia.						
	ERROR HUMANO						
ALMACENAMIENTOS	MATERIAS PRIMAS	- Alcohol isopropílico. - Disolventes. - Aceite dieléctrico. - Mezcla de resina de poliuretano líquida (tipo A y tipo B). - Líquido de revelado. - Barniz. - Catalizador. - Aerosoles de pintura. - Helio. - Nitrógeno líquido. - Placas: estaño, plomo. - Lubrificantes, grasas y aceites para mantenimiento. - Productos de limpieza. - Aceite hidráulico. - Material de embalaje. - Siliconas y pegamentos.	- Mezcla de resina de poliuretano líquida. Tipo A: nociva, irritante, posibles efectos cancerígenos (R40). Tipo B: nociva, riesgo de lesiones oculares graves (R41), provoca quemaduras (R34). - Alcohol isopropílico: fácilmente inflamable, irritante. - Disolvente para limpieza: fácilmente inflamable, nocivo, irritante. - Disolvente usado en montaje: fácilmente inflamable, irritante. - Barniz: inflamable, nocivo para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático (R52/53). - Catalizador: inflamable. - Aerosoles de pintura: extremadamente inflamable, nocivo, irritante. - Helio y nitrógeno: no inflamables, no tóxicos. - Los inflamables se guardan en armarios de seguridad cerrados con llave, en el interior de las instalaciones. Aerosoles, alcohol y disolvente en armarios independientes, máxima cantidad almacenada 50 litros. Catalizador, barniz y disolvente en otro armario, cantidad máxima 75 litros. - Almacenamiento aceite dieléctrico: bidón en carro con cubeto de contención. - Mezcla de resina de poliuretano líquida: bidón con cubeto. - Líquido de revelado:		- Pérdida de contención de materias primas inflamables. - Pérdida de contención de materias primas peligrosas para el medio ambiente (barniz). - Pérdida de contención de mezcla de resina de poliuretano líquida. - Pérdida de contención de aceite dieléctrico. - Pérdida de contención de líquido de revelado.		
	COMBUSTIBLES	- Gasóleo. - Gas natural.	- Gasóleo y gas utilizados para calderas. - Suministro gas municipal. - Tanques de gasóleo (generalmente aéreos). - Fuga o colapso del tanque. - Corrosión en base de tanque de combustible. - Fuga de gas natural. - Riesgo incendio/explosión en tanques de combustible. - Riesgo explosión/incendio por fuga de gas.		- Fuga de gas natural. - Pérdida de contención de gasóleo desde tanque de almacenamiento aéreo. - Pérdida de contención de gasóleo desde tanque de almacenamiento subterráneo.		
	PRODUCTOS	Equipos y módulos electromecánicos, mecánicos y electrónicos para aplicaciones profesionales, industriales, veterinarias y médicas: - Generadores de rayos-X. - Consolas. - Salas. - Equipos móviles de rayos-X.	- Generadores de ozono. - Arrancadores. - Convertidores. - TAC, PET y PET/TAC.	- Los equipos pueden contener transformadores por lo que, en caso de rotura se podría producir la liberación del aceite dieléctrico. - Por lo que respecta a los equipos con emisión de radiaciones indicar que se trata en todos los casos de equipos catalogados en la Categoría III de las instalaciones radioeléctricas autorizadas, que son las de menor riesgo y emisiones; en cualquier caso las emisiones se producen sólo en el momento del disparo en la prueba de los equipos tras su montaje; estas pruebas se llevan a cabo en cabinas protegidas para que no se produzca la salida de la radiación.		- Incendio en almacén de producto terminado. - Pérdida de contención de aceite dieléctrico.	
ACTIVIDADES E INSTALACIONES	PROCESOS E INSTALACIONES PRODUCTIVAS	EQUIPOS	- Equipos de ensamblado. - Polipastos. - Pistolas neumáticas, taladros. - Equipos de envasado y empaquetado.	- Pérdida de contención de aceite de los equipos. - Riesgo de incendio en los distintos equipos (cortocircuitos, etc.). - Equipos en zonas techadas y pavimentadas.		- Pérdida de contención de aceite hidráulico de los equipos. - Incendio equipos eléctricos.	
		TRASIEGO Y MANEJO DE SUSTANCIAS	- Procesos de carga/descarga de gasóleo. - Procesos de carga/descarga de aceite hidráulico. - Procesos de carga/descarga de aceite dieléctrico. - Procesos de carga/descarga de líquido de revelado. - Procesos de carga/descarga de materias primas y auxiliares. - Tuberías aéreas y enterradas de combustible.	- Riesgos ambientales asociados a: (1) liberación repentina de producto al suelo por rotura total (p. ej. perforación, tensión física extrema) y (2) Fuga subterránea continua desde perforación (pe, corrosión, pérdida estanqueidad cod) en tuberías. - Trasego de gasóleo por tubería aérea/enterrada. - Riesgo de incendio en los procesos de carga/descarga de materias primas y auxiliares inflamables (alcohol isopropílico, disolvente, etc.). - Riesgo de derrame en el trasego del aceite hidráulico para los equipos. - Riesgo de derrame en el trasego del aceite dieléctrico en la fabricación de cubas (transformadores) y reparación de equipos. - Riesgo de derrame de líquido de revelado en el llenado/vaciado de tanques.		- Pérdida de contención durante los procesos de carga/descarga de gasóleo. - Pérdida de contención durante los procesos de carga/descarga de aceite hidráulico. - Pérdida de contención durante los procesos de carga/descarga de aceite dieléctrico. - Pérdida de contención durante los procesos de carga/descarga de materias primas inflamables. - Pérdida de contención durante los procesos de carga/descarga de materias primas peligrosas para el medio ambiente. - Pérdida de contención durante los procesos de carga/descarga de otras materias primas y auxiliares. - Pérdida de contención durante los procesos de carga/descarga de líquido de revelado. - Pérdida de contención de gasóleo en tubería aérea. - Pérdida de contención de gasóleo en tubería enterrada.	
		DISPOSICIÓN	Distribución sensible de las instalaciones de la fábrica.				
		MEDIDAS DE SEGURIDAD Y SALVAGUARDA	- Cubetos en tanques y otros almacenamientos. - Tanques de doble pared. - Arquetas ciegas. - Rack de tuberías aéreo. - Rack de tuberías subterráneo (p. ej. encamado en hormigón tratado, galerías subterráneas visitables).	- Suelo pavimentado. - Detectores de humo. - Extintores, rociadores, hidrantes, BIEs. - Pulsadores de alarma. - Sectorización de incendios. - Generadores de emergencia.	- Fallo en sistemas de seguridad contra incendio. - Ausencia de medidas de seguridad y salvaguarda - etc.		Estas medidas condicionan o modulan la probabilidad de ocurrencia de algunos sucesos iniciadores y escenarios accidentales. Se incluyen como factores condicionantes de la probabilidad.
		CONDICIONES DEL ENTORNO	- Zonas industriales.		Zonas industriales, pavimentadas y con red de saneamiento. Instalaciones alejadas del entorno natural aunque en ocasiones pueda haber algún receptor aislado, como un río cercano o un espacio natural protegido.		Estos peligros condicionan o modulan la probabilidad de ocurrencia de algunos sucesos iniciadores y escenarios accidentales. Se incluyen como factores condicionantes de la probabilidad.
		CONDICIONES DEL PROCESO	- Control operacional ensamblado. - Control operacional envasado y empaquetado. - Control operacional fabricación de cubas. - Control operacional fabricación de placas. - Control operacional operaciones de soldadura.		- En la fabricación de cubas se llevan a cabo pequeñas soldaduras. Riesgo de incendio: presencia de chispas y partículas incandescentes desprendidas durante la operación de corte o soldadura que pueden ponerse en contacto con materiales combustibles con fuentes de ignición, con la consiguiente formación de un fuego.		- Incendio durante proceso de soldadura.
		GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO	- Mantenimiento preventivo. - Mantenimiento correctivo. - Mediciones en focos de emisiones a la atmósfera.				Estas medidas condicionan o modulan la probabilidad de ocurrencia de algunos sucesos iniciadores y escenarios accidentales. Se incluyen como factores condicionantes de la probabilidad.
ELEMENTOS EXTERNOS	PROCESOS E INSTALACIONES AUXILIARES	PRODUCCIÓN DE CALOR	Calderas.	- Calderas de gasóleo para la calefacción. - Caldera de gas para la calefacción.		- Incendio de la caldera. - Explosión de la caldera. - Emisión de gases de combustión caldera fuera de especificaciones.	
		PRODUCCIÓN DE FRÍO	Equipos de aire acondicionado.				
		PRODUCCIÓN AIRE COMPRIMIDO	Compresores.		- Incendios por cortocircuitos eléctricos, por excesiva temperatura del aire comprimido o por excesiva temperatura del aceite de refrigeración. - Explosiones por falta de resistencia del material, por exceso de presión, por autoinflamación del aceite de lubricación en la compresión o por descarga electrostática. - Instalación de aire comprimido para la red de alimentación de sistemas neumáticos.		- Pérdida de contención de aceite lubricante desde compresor. - Incendio compresor. - Explosión compresor.
		GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	- Transformadores. - Grupos electrógenos. - Zona de carga de baterías.		- Se pueden producir incendios en grupos electrógenos y centros de transformación. - Pérdidas de aceite desde grupo electrógeno. - Pérdida de aceite dieléctrico en centros de transformación. - Muchos transformadores son de gel. - Instalaciones de diversas potencias para áreas de producción.		- Incendio en transformador. - Pérdida de contención de aceite dieléctrico desde transformador. - Incendio engrupo electrógeno. - Pérdida de contención de aceite desde grupo electrógeno. - Incendio en zona de carga de baterías.
		PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS	- Planes de emergencia. - Detectores de humo. - Extintores, rociadores, hidrantes, BIEs. - Pulsadores de alarma. - Sectorización de incendios. - Bombas y depósitos de presión de red de incendios, motobombas. - Depósito de agua contra incendio.		- En caso de no funcionar los sistemas de detección y contra incendios de la planta, y producirse un gran incendio, se podría producir un vertido de las aguas de extinción al DPH.		- Vertido de aguas procedentes de extinción/sofocación de incendios. - El resto de medidas condicionan o modulan la probabilidad de ocurrencia de algunos sucesos iniciadores y escenarios accidentales. Se incluyen como factores condicionantes de la probabilidad.
		TRATAMIENTO DE AGUA PARA PROCESOS E INSTALACIONES	Torres refrigeración.		Algunas instalaciones captan agua de pozos o ríos cercanos, si bien en la mayoría de las instalaciones el abastecimiento es público.		
		INSTALACIONES DE PREVENCIÓN Y TRATAMIENTO DE LA CONTAMINACIÓN					
		DEPURACIÓN DE AGUAS			- Las aguas pluviales y sanitarias se vierten directamente a la red pública de saneamiento. - No hay aguas de proceso.		- Vertido fuera de especificaciones desde el sistema de tratamiento/ recogida de aguas.
		EMISIONES A LA ATMÓSFERA	- Foco de emisión caldera: CO, NOx, SO2, partículas. - Foco de emisión fabricación placas.		- Fabricación de placas: emisión de estaño y plomo del horno de soldadura.		- Emisiones fuera de especificaciones de gases de combustión caldera. - Emisiones fuera de especificación foco fabricación de placas.
		ALMACENAMIENTO Y TRATAMIENTO DE RESIDUOS	Zona de almacenamiento de residuos peligrosos: - Aerosoles usados. - Baterías NiCd. - Baterías plomo. - Aceites usados. - Envases metálico y plásticos. - RAEE. - Líquido fijador. - Líquido revelador. - Película. - Acumuladores. - Pale y trapos contaminados.		- Derrames en transporte de los bidones u otros recipientes con residuos peligrosos (aceites usados, disolventes usados, etc.). - Película: residuos que contienen plata procedente del tratamiento in situ de residuos fotográficos.		- Pérdida de contención/derrame de residuos peligrosos desde bidones u otros envases.
NATURALES	- Sismicidad de la zona. - Problemas de estabilidad del terreno. - Precipitaciones (fuertes, inundaciones, nevadas). - Tormentas (rayos). - Crecida de cauces próximos. - Nivel freático somero (necesidad de bombeo si tanques enterrados). - Bosques cercanos (incendio). - Temperaturas (congelación tuberías). - Vientos fuertes.		- Asentamiento del terreno, deslizamiento de ladera por baja estabilidad del terreno. - Aumento grietas en tanques por sismicidad alta. - En caso de tanques vacíos, pueden volcar sobre los llenos y romperlos: derrame. - Aumento de probabilidad de corrosión si nivel freático alto.		Estos peligros condicionan o modulan la probabilidad de ocurrencia de algunos sucesos iniciadores y escenarios accidentales. Se incluyen como factores condicionantes de la probabilidad.		
INFRAESTRUCTURAS Y SUMINISTROS (vías transporte, servicios)	- Líneas de alta tensión. - Conducciones de agua.						
SOCIOECONÓMICOS (vandalismo, sabotaje)	Vandalismo/robo.						
INSTALACIONES VECINAS	Otras instalaciones industriales.		- Efectos en cadena.				



TABLA 17. RESUMEN DE MODELOS DE TRANSPORTE, TRANSFERENCIA ENTRE MEDIOS Y EXPOSICIÓN: DAÑO QUÍMICO

VÍA DE MIGRACIÓN O DE EXPOSICIÓN	REFERENCIA. PROCEDENCIA	DESCRIPCIÓN	CDI
Transporte en ZNS	USEPA, 1994. Programa HSSM (<i>Hydrocarbon Spill Screening Model</i>)	- Simula el flujo de FLNAL y disueltos desde la superficie hasta el nivel freático; tiene en cuenta una dispersión radial del FLNAL sobre el nivel de agua. - Es un modelo unidimensional en la ZNS, radial en la franja capilar y, bidimensional en la ZS, teniendo en cuenta en esta última, fenómenos de advección y dispersión. - Incluye distintos módulos de cálculo para cada medio: KOPT (<i>Kinematic Oily Pollutant Transport</i>), OILENS y TSGPLUME (<i>Transient Source Gaussian Plume</i>).	Hidrocarburos en FLNA y disolventes clorados.
	USEPA 1997. Programa VLEACH (<i>Vadose Zone Leaching Model</i>)	- Realiza evaluaciones preliminares de los efectos en el agua subterránea derivados de la lixiviación de compuestos orgánicos a través de la ZNS. - Los ficheros de resultados proporcionan el balance de masas a través de la ZNS y el impacto potencial a la ZS. La concentración se calcula para cada una de las celdas en las que se divide el modelo (definidas por el usuario) para distintos intervalos de tiempo.	Compuestos orgánicos.
	Golder Associates Ltd para la Agencia Medioambiental de Reino Unido Programa CONSIM	- Simula la migración de la fase disuelta a través de ZNS y ZS. La herramienta contiene tres niveles de evaluación. El nivel 1 modela el lixiviado de contaminantes, el nivel 2 simula la migración vertical de la fase disuelta a través de la ZNS, y el nivel 3 simula la migración horizontal de la fase disuelta a través de la ZS. El modelo utiliza el análisis de Monte Carlo. - Puede usarse para estimar una profundidad de penetración de la contaminación en la ZNS, parámetro de interés para el cálculo del volumen de suelo potencialmente afectado. Permite al usuario visualizar la pluma de contaminantes, parámetro también de interés para el cálculo de volumen de ZS potencialmente afectada.	Metales, disolventes clorados, SVOCs, pesticidas/PCBs, hidrocarburos, radionucleidos
Transporte en ZS	AFCEE (<i>Air Force Center for Environmental Excellence, Houston -Texas</i>). USEPA, 1997 Programa BIOSCREEN	- Es una herramienta programada en Microsoft Excel®, de fácil manejo. Simula procesos de atenuación natural de suelos con presencia de hidrocarburos. Está basado en la solución analítica de Domenico para la migración de fase disuelta en el agua subterránea y asume propiedades del acuífero y de las condiciones de flujo uniformes para la región modelada. Puede considerar un único contaminante por simulación. - Se obtienen resultados como: extensión de la pluma, tiempo de permanencia (sin degradación, con degradación de primer orden y reacción instantánea), y tiempos de tránsito.	Hidrocarburos.
	Colaboración entre U.S. EPA (<i>Subsurface Protection and Remediation Division, National Risk Management Research Laboratory, Robert S. Kerr Environmental Research Center, Ada, Oklahoma</i>) (RSKER) y AFCEE. 2002. Programa BIOCHLOR	- Simula procesos de remediación por atenuación natural de los disolventes clorados. - El <i>software</i> , programado en un entorno Microsoft Excel® y basado en la ecuación de Domenico, es de fácil manejo y tiene la capacidad para simular advección de una sola dimensión, la dispersión en tres dimensiones, la adsorción lineal, y biotransformación en condiciones anaeróbicas.	Disolventes clorados.
	USEPA, 1997. Programa BIOPLUME	- Modelo bidimensional que simula la atenuación natural de contaminantes orgánicos debido a fenómenos de transporte advectivo, dispersivo, a la adsorción en la fase sólida y a la biodegradación que se dan en aguas subterráneas. También simula el transporte de los aceptores de electrones (tanto para procesos de degradación aerobia como anaerobia). Considera tres cinéticas de degradación. Los resultados del modelo incluyen mapas de isoconcentración.	Compuestos orgánicos.
	Connor, J.A., et al. 2007. Programa RBCA (<i>Risk-Based Corrective Action</i>)	- Programa destinado a la Evaluación de Riesgos Ambientales producidos por emplazamientos contaminados. La aplicación considera diferentes escenarios y vías de exposición de la población humana a distintos contaminantes considerando el suelo superficial como medio fuente, permitiendo la caracterización del emplazamiento como contaminado o no siguiendo criterios de riesgos. Por otro lado, incorpora modelos de transporte en agua subterránea que pueden ser utilizados para calcular concentraciones en agua subterránea y descarga desde ésta a agua superficial.	Metales, disolventes clorados, SVOCs, pesticidas/PCBs, hidrocarburos.
	Lynn R. Spence, Spence Environmental Engineering, Pleasanton, California. Terry Waldon, BP Oil International, Sunbury, UK. Distribuido por <i>GroundwaterSoftware</i> . Programa RISC (<i>Risk-Integrated Software for Clean-Ups</i>)	- Programa destinado a la Evaluación de Riesgos Ambientales para la salud humana y de los ecosistemas producidos por contaminantes en el suelo. La aplicación evalúa los impactos, tanto carcinogénicos como sistémicos, para 14 escenarios diferentes, permitiendo el análisis determinista y probabilístico (distribuciones de Monte Carlo) del riesgo para la evaluación de la contaminación de un suelo.	Metales, disolventes clorados, SVOCs, pesticidas/PCBs, hidrocarburos.
Agua superficial	USEPA. Programa QUAL2K (<i>River and Stream Water Quality Model</i>)	- Aplicación de uso libre para la simulación de la calidad de las aguas superficiales continentales. - QUAL2K es unidimensional: asume mezclas de solutos vertical y lateralmente homogéneas. - Permite la simulación de múltiples fuentes puntuales y difusas en cualquier punto del sistema. Para cada elemento del modelo se considera un balance de flujo estacionario. La profundidad y la velocidad se calculan usando, entre otras aproximaciones, la ecuación de <i>Manning</i> .	DBO, oxígeno disuelto, sólidos en suspensión (metales), Ph, patógenos, nutrientes.
	DHI (<i>Danish Hydraulic Institute</i>). Programa MIKE 11	- Modelo en una dimensión aplicable a ríos y canales, que incluye numerosos aspectos de ingeniería fluvial, tales como análisis de inundaciones, cálculo de caudales ecológicos, evaluación de la calidad del agua, transporte de sedimentos e intrusiones salinas.	Metales, disolventes clorados, SVOCs, Pesticidas/PCBs, hidrocarburos, radionucleidos.
	DHI. Programa MIKE 21	- Modelo hidrodinámico en dos dimensiones utilizado para simular procesos físicos, químicos o biológicos en sistemas marinos, costeros de estuario o lacustres. Se aplica en aguas poco profundas, en las que los vientos y las corrientes marinas horizontales son los principales vectores de la dispersión, que se puede asumir en dos dimensiones, y por tanto la columna de agua puede suponerse supone homogénea en su gradiente térmico y densidad.	Metales, disolventes clorados, SVOCs, Pesticidas/PCBs, hidrocarburos, radionucleidos.
Agua superficial	DHI. Programa MIKE 3	- Modelo hidrodinámico en tres dimensiones utilizado para simular los flujos y los procesos sedimentarios o de modificación de la calidad del agua asociados en sistemas marinos, costeros, de estuario o lacustres. Se aplica en sistemas donde la componente vertical de los flujos juega un papel relevante, ya sea por las corrientes propias del sistema o las características térmicas o de densidad del vertido.	Metales, disolventes clorados, SVOCs, Pesticidas/PCBs, hidrocarburos, radionucleidos.
	Di Toro et al., 1983; Connolly y Winfield, 1984; Ambrose, R.B. et al., 1988. USEPA Programa WASP/WASP7 (<i>Water Quality Analysis Simulation Program</i>)	- Puede combinarse con otras aplicaciones desarrolladas también por la USEPA (disponibles en su página) y de libre acceso, en función de la complejidad del sistema o las necesidades del proyecto (EFDC, MINTQA2 y otros). - No considera FLNA como agente causante del daño.	Entre otros: metales, compuestos orgánicos disueltos, sólidos en suspensión.
	MixZon Inc. Programa CORMIX (<i>Cornell Mixing Zone Expert System</i>)	- Se trata de un sistema que simula el funcionamiento de descargas a partir de focos puntuales y continuos sobre zonas reguladoras de mezcla. El sistema está enfocado a la predicción del comportamiento de la mezcla y la geometría de la pluma. Se utiliza principalmente para simular los efectos a corta distancia de vertidos de aguas residuales.	Metales, disolventes clorados, SVOCs, Pesticidas/PCBs, hidrocarburos, radionucleidos.
	<i>Ecosystems Research Division, NERL, ORD</i> ; USEPA 2003. Programa VISUAL PLUMES	- Modelo diseñado para la simulación de plumas de contaminante producidas por vertidos de aguas residuales a distintas profundidades, a ríos, estuarios y zonas costeras.	Metales, disolventes clorados, SVOCs, Pesticidas/PCBs, hidrocarburos.
Transporte en aire	USEPA (<i>United States Environmental Protection Agency</i>). 1995. Programa SCREEN 3	- SCREEN3 es un modelo de dispersión atmosférica sencillo recomendado por la USEPA para el análisis inicial de emisiones de proyectos en su fase de diseño.	Gases neutros y partículas.
	USEPA y NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) Programa ALOHA (<i>Areal Locations of Hazardous Atmospheres</i>).	- Modelo de dispersión sencillo, diseñado inicialmente para responder ante emergencias mediante la estimación de zonas de riesgo asociadas a la emisión de compuestos peligrosos. Calcula la dispersión de una nube de gas basándose en las características físicas y niveles de referencia del compuesto, en las condiciones atmosféricas y en las circunstancias en las que se produce la emisión.	Gases neutros y gases densos.
	DNV (<i>Det Norske Veritas</i>). Programa PHAST	- PHAST es una herramienta desarrollada para el análisis de peligros. Calcula la descarga inicial, la dispersión del contaminante y los posteriores efectos por toxicidad o inflamabilidad.	Gases neutros y densos, soluciones acuosas, mezclas de compuestos.



TABLA 20. PLANES DE EMERGENCIA POR INCENDIOS FORESTALES

CC AA	PLAN DE EMERGENCIA	PUBLICACIÓN DEL DOCUMENTO/REFERENCIA	APLICACIÓN ARA
Andalucía	INFOCA (Plan de Emergencia por Incendios Forestales de Andalucía)	BOJA 192, 2010 http://www.juntadeandalucia.es/boja/boletines/2010/192/d/1.html	MAPA DE COMBUSTIBLES: No incluido en el Plan. ZONAS DE RIESGO: Incluidas en el Anexo, por municipios y provincias, delimitadas en función de los índices de riesgo y de los valores a proteger. ÉPOCAS DE PELIGRO: En función de las condiciones meteorológicas y la estadística de incendios. Se consideran tres épocas de peligro.
Aragón	PROCINFO (Plan Especial de Protección Civil de Emergencias por Incendios Forestales)	BOA 103, 1995 http://www.boa.aragon.es/cgi-bin/BRSCGI?CMD=VEROBJ&MLKQB=100681612256	MAPA DE COMBUSTIBLES: No incluido en el Plan. ZONAS DE RIESGO: Incluidas mediante un mapa cartográfico de incendios forestales (mapa de índice de riesgo estadístico) y una serie de mapas de vulnerabilidad (mapa de vulnerabilidad de incendios forestales de: espacios de interés ecológico y paisajístico, lugares de interés histórico cultural, otros). ÉPOCAS DE PELIGRO alto, medio, bajo. Mediante análisis estadístico de los partes de incendio desde 1985 a 1993.
Asturias	INFOPA (Plan de Protección Civil de Emergencia por Incendios Forestales del Principado de Asturias)	112 Asturias, 2009 http://tematico.asturias.es/112asturias/	ZONAS DE RIESGO: zonificación del territorio en función del índice riesgo y de las previsibles consecuencias de los incendios forestales. ÉPOCAS DE PELIGRO: En función de las condiciones meteorológicas reinantes en el territorio del Principado de Asturias y de la estadística de incendios, se consideran a lo largo del año tres épocas de peligro de incendios forestales.
Baleares	III PLAN GENERAL DE DEFENSA CONTRA INCENDIOS FORESTALES	RINAMED (les risques naturels de l'Arc Méditerranéen Occidental) http://www.rinamed.net/docs/prof/incendios_balear.htm	MAPA DE COMBUSTIBLES: No incluido en el Plan. ZONAS DE RIESGO: Incluidas por municipios en función de cuatro niveles de prioridad.
Canarias	INFOCA (Plan Canario de Protección Civil y Atención de Emergencias por Incendios Forestales)	BOC 116, 2002 http://www.gobiernodecanarias.org/boc/2002/106/003.html	MAPA DE COMBUSTIBLES: Incluido en el Anexo III. Se ha zonificado el territorio según los distintos modelos de combustible en que se clasifica la vegetación. ZONAS DE RIESGO: Incluidas en el Anexo II, división por comarcas funcionales. Éstas son unidades de gestión del territorio formadas por uno o más municipios (o parte de éstos) que guardan una homogeneidad tanto geográfica como ambiental. ÉPOCAS DE PELIGRO: tres épocas en función de características meteorológicas.
Cantabria	INFOCANT (Plan Especial de Protección Civil de la Comunidad Autónoma de Cantabria sobre Incendios Forestales)	BOC 64, 2007 http://bocold.cantabria.es/boc/datos/MES%202007-03/OR%202007-03-30%20064/PDF/4459-4492.pdf	ÍNDICES DE RIESGO: en función del riesgo estadístico y el riesgo de propagación (función de fisiografía y combustibilidad). MAPA DE COMBUSTIBILIDAD y MAPA DE RIESGO DE PROPAGACIÓN: integra la información suministrada por el Tercer Inventario Forestal Nacional para la región, con el Mapa Forestal de España (MFE), escala 1:50.000, que permite conocer la estructura de la vegetación arbustiva. ZONAS DE RIESGO: Incluidas en el documento, por municipios. Riesgo estadístico de incendios para cada comarca forestal. ÉPOCAS DE PELIGRO: En función de las condiciones meteorológicas y de la estadística de incendios, se consideran a lo largo del año tres épocas de peligro de incendios forestales. MAPA DE RIESGO DE INCENDIO regional y comarcal: superficie (Ha) de riesgo de incendio por comarcas forestales.
Castilla - La Mancha	PLATECAM (Plan Territorial de Emergencias de Castilla - la Mancha)	DOCM 263, 2005 http://www.bel.es/legislacion/reciente/pdf/Plan%20Emerg_CM_30_dic_05.pdf http://pagina.jccm.es/justicia/pcivil/platecam.html	MAPA DE COMBUSTIBLES: No incluido en el Plan. ZONAS DE RIESGO: Incluidas en el Anexo, por municipios y provincias. Los anexos donde se encuentra la cartografía no son fácilmente accesibles desde la red.
Castilla y León	INFOCAL (Plan de Protección Civil ante Emergencias por Incendios Forestales)	BOCYL 212, 1999 http://www.jcyl.es/web/jcyl/MedioAmbiente/es/Plantilla100/1131977710119/_/_/_	MAPA DE COMBUSTIBLES: Se describe la metodología pero no se incluyen en el plan. ZONAS DE RIESGO: No incluidas, pero mencionadas. Ordenadas por municipios, en función de cinco niveles de prioridad.
Cataluña	INFOCAT (Plan de Emergencias de Incendios Forestales en Cataluña)	GENCAT, 2008 (texto en catalán): http://www20.gencat.cat/docs/interior/Home/Arees%20dactuacio/Proteccio%20Civil/Plans%20de%20proteccio%20civil/Incendis%20forestals/documentos/infocat.pdf	MAPA DE COMBUSTIBLES: Incluido el de modelos de combustible, modelos de inflamabilidad y carga de combustible. Se pueden consultar a través de: http://www.creaf.uab.es/mmci/descarrega.htm ZONAS DE RIESGO: Incluidas mediante un mapa diario de riesgo que puede ser consultado <i>on-line</i> a través de: http://mediambient.gencat.cat/esp/el_medi/incendis/mapa_risc.jsp MAPA BÁSIC DE PERILL D'INCENDI FORESTAL: que es el resultado de la agrupación de peligro de ignición y peligro de propagación (combinación mediante SIG de datos históricos con mapas de vegetación, orografía y datos climáticos). ÉPOCAS DE PELIGRO
Comunidad de Madrid	INFOMA (Plan de Protección Civil de Emergencia por Incendios Forestales en la Comunidad de Madrid)	BOCM 138, 2000 http://www.madrid.org/cs/Satellite?c=CM_InfPractica_FA&cid=1109168021973&idTema=1109265650926&language=es&pagename=ComunidadMadrid%2FEstructura&pid=1109181527641&segmento=1&sm=1	MAPA DE COMBUSTIBLES: No incluido en el Plan. ZONAS DE RIESGO: Incluidas en el Capítulo 2 mediante un mapa de riesgo en función de la necesidad de defensa y en el Anexo, Capítulo 5 por municipios. ÉPOCAS DE PELIGRO en función de variables climatológicas.
Comunidad Navarra	INFONA (Plan Especial de Protección Civil de Emergencia por Incendios Forestales de la Comunidad Foral de Navarra)	BON, 118, 1999 http://www.navarra.es/home_es/Actualidad/BON/Boletines/1999/118/Anuncio-0/	MAPA DE COMBUSTIBLES: No incluido en el Plan. ZONAS DE RIESGO: No incluidas en el Plan. ÉPOCAS DE PELIGRO
Comunidad Valenciana	PEIF (Plan Especial Frente al Riesgo por Incendios Forestales en la Comunidad Valenciana)	DOGV 3400, 1998. http://www.docv.gva.es/datos/1998/12/24/pdf/1998_X10041.pdf Actualización 2007: http://sites.google.com/site/brigadasemergenciav/plan-especial-frente-al-riesgo-de-incendios-forestales-en-la-comunidad-valenciana	MAPA DE COMBUSTIBLES: Incluido mediante un mapa de vegetación. ZONAS DE RIESGO: Establecidas en mapa de riesgo potencial y mapa de peligrosidad, así como ordenadas mediante listado por municipios y provincias. ÉPOCAS DE PELIGRO
Extremadura	PLAN INFOEX (Plan de Lucha contra Incendios Forestales de la Comunidad Autónoma de Extremadura)	DOE 48, 2010 http://doe.juntaex.es/pdfs/doe/2010/4800/10040058.pdf	MAPA DE COMBUSTIBLES: No incluido. ZONAS DE RIESGO: Establecidas en función de las épocas de peligro, y listadas en el ANEXO I por municipios. ÉPOCAS DE PELIGRO
Galicia	PLADIGA (Plan de prevención y defensa contra los incendios forestales de Galicia)	Xunta de Galicia 2010 http://mediorural.xunta.es/areas/forestal/incendios_forestais/pladiga_2010/	MAPA DE COMBUSTIBLES: Ordenados por especies forestales. ZONAS DE RIESGO: En forma de mapas de riesgo. ÉPOCAS DE PELIGRO
La Rioja	INFOCAR (Plan Especial de Protección Civil de Emergencia por Incendios Forestales en la Comunidad Autónoma de La Rioja)	BOR 123, 2005. http://www.larioja.org/npRioja/default/defaultpage.jsp?idtab=504785&homepage=539.htm	MAPA DE COMBUSTIBLES: No incluido. ZONAS DE RIESGO: Anexo I del plan: Análisis del riesgo, vulnerabilidad y gravedad de los Incendios forestales en la Comunidad Autónoma de La Rioja; Anexo II: municipios considerados de riesgo de incendio forestal. ÉPOCAS DE PELIGRO
País Vasco	Plan de Emergencia para Incendios Forestales de la Comunidad Autónoma del País Vasco.	BOPV 55/1998. http://www.euskadi.net/cgi-bin_k54/bopv_20?c&f=19980323&s=1998055	MAPA DE COMBUSTIBLES ZONAS DE RIESGO ÉPOCAS DE PELIGRO
Región de Murcia	INFOMUR (Plan de Protección Civil de Emergencia para Incendios Forestales en la Región de Murcia)	112 Región de Murcia, 2010. Homologado por la Comisión Permanente de la Comisión Nacional de Protección Civil el 4 de Mayo de 1995 http://www.112rm.com/dgpc/planes/descargas/infomur_2010.pdf	MAPA DE COMBUSTIBLES: No incluido en el Plan. ZONAS DE RIESGO: ordenadas en riesgo alto, medio y bajo o nulo. ÉPOCAS DE PELIGRO



TABLA 30. EJEMPLO PARA LA PROPUESTA DE ANÁLISIS CUALITATIVO DE INCERTIDUMBRE

FASE DEL ARA	PARÁMETRO ANALIZADO	HIPÓTESIS/VALOR ASIGNADO	JUSTIFICACIÓN ²⁴	INCERTIDUMBRE SOBRE EL RESULTADO GRADO DE CONFIANZA
HIPÓTESIS DE PARTIDA:				
Características de los CDI.	Solubilidad en agua del combustible.	Se ha considerado un valor de 0,0005 g/100 ml a 20°C.	La ficha de seguridad facilitada por el suministrador carecía del dato. Se ha recurrido a dato de ficha para el producto del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. http://www.insht.es/portal/site/insht/	Baja. No son previsible variaciones significativas en el resultado dado que los valores asignados son muy similares en las fuentes consultadas (referencia a las fuentes y rango de valores). La confianza en el valor asignado es alta.
	Otros parámetros que con influencia en el resultado final podrían ser, por ejemplo: coeficiente de distribución carbono-agua y vida media.			
Características de instalaciones / equipos.	Mecanismos de contención en la zona de descarga [Ej. Existencia de suelo pavimentado, cubetos de contención, otros].	Se ha considerado que no existen mecanismos de contención.	El deficiente estado del pavimento y el drenaje del área puede favorecer infiltración directa al suelo. Por tanto se asume, con criterio conservador, que no existen tales mecanismos.	Alta. El resultado puede ser una sobreestimación del riesgo ya que parte del producto, pese a las condiciones observadas, puede quedar retenido reduciéndose así el volumen de afección estimado. La confianza en el valor asignado es media.
Condiciones del evento.	Cantidad de producto.	2.000 litros.	Es una rotura total de manguera de combustible líquido de sustitución, con caudal de 60.000 l/hora, y vigilada la carga por dos operarios con posibilidad de accionar sistemas de corte automático. El tiempo de corte se ha fijado en dos minutos, asociándolo al menor tiempo para sistemas de corte automático facilitado en "Guidelines for quantitative risk assessment "Purple Book", de la TNO, informe CPR 18E, Committee for the Prevention of Disasters, 1999.	Media. Se ha considerado este criterio como más conservador, se puede estar sobrevalorando el riesgo ya que son previsible tiempos de corte automáticos menores. Son distintas las fuentes que proporcionan valores para este tipo de parámetros (rango de variación), por lo que la variación del resultado podría ser significativa según la referencia consultada. En cualquier caso el resultado del riesgo sería menor dado el uso del criterio conservador. La confianza en el valor asignado es alta.
	Otros parámetros con influencia en el resultado final podrían ser: concentración y duración del evento, tipo de producto.			
Definición de rutas de migración.	Selección de receptores representativos.	Se ha considerado como único receptor posible el suelo.	No existe presencia de aguas subterráneas en la planta conforme a la línea base ambiental y no hay posibilidad de escorrentía o drenaje a cauce superficial en la zona de descarga.	Baja-alta, en función del alcance de la LBA. No son previsible variaciones de entidad en el resultado del riesgo si se ha llevado a cabo una correcta identificación del medio receptor. El operador debe considerar la opción de que si no se lleva a cabo una identificación in-situ, receptores sensibles podrían quedar fuera del resultado. La confianza en el valor asignado puede ser alta o baja en función de esta consideración.
Toxicidad.	Ausencia de datos de toxicidad para algunos compuestos.	Se ha asumido que el valor de referencia toxicológico del CDI xx para xxx es el mismo que para xxx.	No existen valores de toxicidad para todas las especies receptoras de interés presentes en el entorno del emplazamiento. Por tanto, ha sido necesario extrapolar estos valores entre especies similares, algunas de ellas no se han identificado como receptores potenciales.	Media-alta. Esta aproximación puede suponer una importante sobreestimación o subestimación del riesgo dependiendo de la sensibilidad de la especie para la que se realiza esta aproximación. El error puede ser significativo para algunos casos con lo que el grado de confianza en el valor asignado es medio.
	Nivel genérico de referencia.	Se ha considerado un valor de 50 mg/kg de suelo de peso seco.	Se ha seleccionado con base en el RD 9/2005 de suelos contaminados, ya que es el valor de corte en hidrocarburos totales del petróleo que implica realizar un estudio más detallado para descartar el riesgo.	Media. El riesgo puede estar sobrevalorado. La confianza en el valor asignado es media.
PROBABILIDAD				
<p>Probabilidad de Rotura de la Manguera. 4×10^{-6} por hora de operación. Se ha considerado en el cálculo el número de operaciones máximas realizadas en un año y una duración de 0,5 horas por descarga. Valor asignado con base en el documento: <i>Guidelines for quantitative risk assessment "Purple Book"</i>, de la TNO, informe CPR 18E, Committee for the Prevention of Disasters, 1999. Media. El considerar el número de horas de operación máximos al año puede modificar el riesgo aunque no de manera significativa, ya que no existen grandes diferencias en cuanto este parámetro de un año a otro. Por otro lado, la variación del resultado podría ser significativa según la referencia consultada para la asignación del valor de probabilidad. En cualquier caso el resultado del riesgo sería menor dado el uso del criterio conservador. La confianza en el valor asignado es alta.</p>				
MODELOS DE SIMULACIÓN				
Transporte en Zona No Saturada (ZNS).	Conductividad hidráulica (no saturada).	Según emplazamiento.	Se toma un valor de acuerdo a diversos autores [Ej. Sanders, L., 1988] en función de las descripciones litológicas incluidas en los informes de investigación previos.	Media. Este parámetro tiene una gran influencia sobre el resultado de los modelos de simulación. Si no se dispone de un valor específico para el emplazamiento debe ser asignado un valor bibliográfico. Valores más altos de conductividad hidráulica reducen los tiempos de tránsito y aumentan la velocidad de propagación de sustancias contaminantes, por tanto aumentan el riesgo. El grado de confianza en el valor asignado es medio-bajo.
	Porosidad total.	Según emplazamiento.	Se toma un valor de acuerdo a diversos autores [Ej. Sanders, L., 1988] en función de las descripciones litológicas incluidas en los informes de investigación previos.	Media. Este parámetro tiene una gran influencia sobre el resultado de los modelos de simulación. Si no se dispone de un valor específico para el emplazamiento debe ser asignado un valor bibliográfico. Para un limo, los valores pueden variar entre 0,35 y 0,65. El grado de confianza en el valor asignado es medio-bajo.
	Espesor de la ZNS.	Según emplazamiento.	Valor específico del subsuelo de la instalación. Estimado a partir de mediciones en puntos de control existentes.	Baja. El valor asignado corresponde a la realidad del emplazamiento por lo que no se prevén variaciones. El grado de confianza en el valor asignado es alto.
	Otros parámetros que podrían influir son, por ejemplo: fracción de carbono orgánico total, coeficiente de distribución suelo-agua, densidad del suelo, contenido volumétrico en agua y contenido volumétrico de aire.			
Transporte en Zona Saturada (ZS).	Gradiente hidráulico.	Según emplazamiento.	Valor específico del subsuelo de la instalación. Estimado a partir de mediciones en puntos de control existentes.	Baja. El valor asignado corresponde a la realidad del emplazamiento por lo que no se prevén variaciones. El grado de confianza es alto.
	Espesor saturado.	Según emplazamiento.	Valor específico del subsuelo de la instalación. Estimado a partir de mediciones en puntos de control existentes.	Baja. El valor asignado corresponde a la realidad del emplazamiento por lo que no se prevén variaciones. El grado de confianza en el valor asignado es alto.
	Otros parámetros que podrían influir son, por ejemplo: coeficiente de almacenamiento, dispersividad longitudinal, transversal y vertical, conductividad hidráulica, porosidad total, fluctuación estacional y densidad del suelo.			
MONETIZACIÓN				
	Selección de la técnica de reparación.	Selección de la técnica propuesta por la herramienta MORA.	MORA escoge, para cada técnica, el mayor coste disponible dentro de sus bases de datos.	Media. El valor de los daños ambientales previsto por la aplicación, iguala o supera el valor real de los daños que ocurren, lo que puede llevar a una sobrestimación del riesgo. Por otro lado, la aplicación MORA no permite la consulta de sus bases de datos, por lo que no se puede trazar el origen de los costes unitarios proporcionados y/o seleccionar valores alternativos dentro de una misma técnica de reparación. MORA permite seleccionar otras técnicas y costes unitarios (proporcionados por el usuario) de manera justificada, por lo que llegado el caso, el operador podría realizar ajustes sobre el resultado final utilizando criterios propios. El grado de confianza en el valor asignado es medio.
	Otro parámetro con influencia en el resultado final podría ser, por ejemplo, el Presupuesto de Consultoría.			