



MINISTERIO
DE AGRICULTURA Y PESCA,
ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE

SECRETARÍA DE ESTADO
DE MEDIO AMBIENTE

DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD
Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

Guía para la elaboración de Estudios Simplificados para la Gestión del Riesgo Medioambiental (ESGRA)

COMISIÓN TÉCNICA DE PREVENCIÓN Y REPARACIÓN DE DAÑOS
MEDIOAMBIENTALES

Índice

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
I.1.	ANTECEDENTES	4
I.2.	OBJETO.....	6
I.3.	ESTRUCTURA DE LA GUÍA.....	9
II.	ESTUDIO SIMPLIFICADO PARA LA GESTIÓN DEL RIESGO MEDIOAMBIENTAL (ESGRA).....	13
II.1.	UNA CLASIFICACIÓN OPERATIVA DE LAS MEDIDAS PARA LA REDUCCIÓN DEL RIESGO MEDIOAMBIENTAL	13
II.1.1.	<i>Acciones de mejora tecnológica</i>	<i>17</i>
II.1.2.	<i>Acciones de mejora de la gestión</i>	<i>18</i>
II.2.	EVALUACIÓN SIMPLIFICADA DE LA PROBABILIDAD DE OCURRENCIA DE FALLOS EN EQUIPOS O DE FUENTES DE PELIGRO EN EL MARCO DE LOS ESGRA	19
II.2.1.	<i>Definición del nivel de probabilidad de ocurrencia</i>	<i>20</i>
II.2.2.	<i>Nivel de probabilidad de ocurrencia de distintos eventos en diferentes equipos o fuentes de peligro (F_p).....</i>	<i>21</i>
II.2.3.	<i>Evaluación simplificada de la gestión del riesgo (F_G) de distintos eventos en diferentes equipos o fuentes de peligro.....</i>	<i>58</i>
II.2.4.	<i>Nivel de probabilidad ajustado por gestión del riesgo (F_{PG}) de distintos eventos en diferentes equipos o fuentes de peligro.....</i>	<i>62</i>
II.3.	EVALUACIÓN SIMPLIFICADA DE LA PROBABILIDAD DE ACTUACIÓN DE LAS MEDIDAS PREVENTIVAS, DE EVITACIÓN DE NUEVOS DAÑOS Y/O FACTORES CONDICIONANTES EN EL MARCO DE LOS ESGRA.....	66
II.3.1.	<i>Niveles de probabilidad de las medidas de prevención y evitación de nuevos daños y/o de factores condicionantes</i>	<i>67</i>
II.3.2.	<i>Evaluación simplificada de la gestión del riesgo de las medidas de prevención, de evitación de nuevos daños y/o de factores condicionantes.....</i>	<i>78</i>
II.3.3.	<i>Nivel de probabilidad ajustado por gestión del riesgo (F_{PG}) de las medidas de prevención, de evitación de nuevos daños y/o de factores condicionantes</i>	<i>78</i>
II.4.	INTEGRACIÓN DEL NIVEL DE PROBABILIDAD AJUSTADO POR GESTIÓN DEL RIESGO DE LOS EQUIPOS O FUENTES DE PELIGRO Y DE LAS MEDIDAS DE PREVENCIÓN, DE EVITACIÓN DE NUEVOS DAÑOS Y/O DE FACTORES CONDICIONANTES.....	80
II.5.	EVALUACIÓN SIMPLIFICADA DE CONSECUENCIAS MEDIOAMBIENTALES EN EL MARCO DE LOS ESGRA.....	82
II.5.1.	<i>Tipo de consecuencias.....</i>	<i>82</i>
II.5.2.	<i>Agente químico</i>	<i>83</i>
II.5.3.	<i>Agente físico.....</i>	<i>88</i>
II.5.4.	<i>Incendio.....</i>	<i>89</i>
II.5.5.	<i>Agente biológico.....</i>	<i>93</i>
II.5.6.	<i>Índice combinado de evaluación del nivel de consecuencias en el marco de los ESGRA ..</i>	<i>96</i>
II.6.	EVALUACIÓN SIMPLIFICADA DEL RIESGO MEDIOAMBIENTAL EN EL MARCO DE LOS ESGRA.....	98
II.7.	PROTOCOLO DE ELABORACIÓN DE ESTUDIOS SIMPLIFICADOS PARA LA GESTIÓN DEL RIESGO MEDIOAMBIENTAL.....	100
II.8.	REDUCCIÓN DEL COSTE DE LAS MEDIDAS DE REPARACIÓN DE LOS POSIBLES DAÑOS MEDIOAMBIENTALES	107
II.8.1.	<i>Evaluación del hipotético daño ocasionado en caso de no adoptar medidas adicionales de gestión del riesgo, de prevención y de evitación.....</i>	<i>109</i>

II.8.2.	Adopción de medidas adicionales de gestión del riesgo, de prevención y de evitación .	116
II.8.3.	Evaluación del hipotético daño ocasionado en caso de adoptar medidas adicionales de gestión del riesgo, de prevención y de evitación	117
II.8.4.	Conclusiones a la evaluación del hipotético daño ocasionado adoptando medidas adicionales de gestión del riesgo, de prevención y de evitación.....	120
III.	EJEMPLO PRÁCTICO DE ESGRA: GENERADOR DIÉSEL DE EMERGENCIA Y EQUIPOS AUXILIARES (DEPÓSITO DE GASÓLEO, TUBERÍAS Y BOMBA)	121
III.1.	DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN E IDENTIFICACIÓN DE FUENTES DE PELIGRO, DE LAS MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y EVITACIÓN Y DE LOS FACTORES CONDICIONANTES.....	122
III.2.	EVALUACIÓN DEL NIVEL DE PROBABILIDAD AJUSTADO POR GESTIÓN DEL RIESGO (F_{PG}) DE LOS EQUIPOS O FUENTES DE PELIGRO	124
III.2.1.	Planteamiento de sucesos susceptibles de generar un daño medioambiental	125
III.2.2.	Evaluación del factor de probabilidad (F_P) de los equipos o fuentes de peligro	128
III.2.3.	Evaluación del factor de gestión del riesgo (F_G) de los equipos o fuentes de peligro.....	128
III.2.4.	Evaluación del factor probabilidad ajustado por gestión del riesgo (F_{PG}) de los equipos o fuentes de peligro	129
III.3.	EVALUACIÓN DEL NIVEL DE PROBABILIDAD AJUSTADO POR GESTIÓN DEL RIESGO (F_{PG}) DE LAS MEDIDAS DE PREVENCIÓN, DE EVITACIÓN DE NUEVOS DAÑOS O DE LOS FACTORES CONDICIONANTES	130
III.3.1.	Evaluación del factor de probabilidad (F_P) de las medidas de prevención, de evitación de nuevos daños o de los factores condicionantes.....	130
III.3.2.	Evaluación del factor de gestión del riesgo (F_G) de las medidas de prevención, de evitación de nuevos daños y de los factores condicionantes.....	131
III.3.3.	Evaluación del factor probabilidad ajustado por gestión del riesgo (F_{PG}) de las medidas de prevención, de evitación de nuevos daños o factores condicionantes.....	132
III.4.	INTEGRACIÓN DEL NIVEL DE PROBABILIDAD AJUSTADO POR GESTIÓN DEL RIESGO DE LOS EQUIPOS O FUENTES DE PELIGRO Y DE LAS MEDIDAS DE PREVENCIÓN, DE EVITACIÓN DE NUEVOS DAÑOS Y DE LOS FACTORES CONDICIONANTES...	134
III.4.1.	Nivel combinado de probabilidad ajustado por gestión del riesgo para cada suceso susceptible de generar un daño medioambiental.....	134
III.5.	EVALUACIÓN SIMPLIFICADA DE LAS CONSECUENCIAS MEDIOAMBIENTALES	136
III.5.1.	Consecuencias medioambientales por agente químico	136
III.5.2.	Consecuencias medioambientales por incendio.....	137
III.5.3.	Consecuencias medioambientales globales: nivel global de consecuencias medioambientales (C_G)	140
III.6.	EVALUACIÓN SIMPLIFICADA DEL RIESGO	142
III.7.	POSIBLES MEDIDAS DE GESTIÓN DEL RIESGO PARA REDUCIR EL RIESGO MEDIOAMBIENTAL DE LA INSTALACIÓN .	144
III.7.1.	Acciones de mejora tecnológica	145
III.7.2.	Acciones de mejora de la gestión	163
IV.	BIBLIOGRAFÍA	183

ANEXO I: Niveles de probabilidad de equipos y fuentes de peligro.

ANEXO II: Escalas de evaluación de los indicadores de gestión del riesgo.

ANEXO III: Caso práctico: generador de emergencia y equipos auxiliares.

ANEXO IV: Informes de la aplicación informática MORA.

ANEXO V: Fichas de consulta para la elaboración de los ESGRA.

Índice de cuadros, figuras y tablas

Cuadros

Cuadro 1. Esquema de responsabilidad de los operadores frente a las distintas medidas establecidas en la Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental.....	1
Cuadro 2. Comparativa entre los Análisis de Riesgos Medioambientales (ARM) y los ESGRA.....	8
Cuadro 3. Propuesta de indicadores de gestión del riesgo atribuibles a los distintos equipos o fuentes de peligro	59
Cuadro 4. Ejemplo de valoración semicuantitativa de la gestión del riesgo de una fuente de peligro: impacto de vehículo	61
Cuadro 5. Indicadores de gestión del riesgo atribuibles a las diferentes medidas de prevención, de evitación de nuevos daños o factores condicionantes	79
Cuadro 6. Ejemplo de integración del nivel de probabilidad ajustado por gestión del riesgo del equipo o fuente de peligro y de las medidas de prevención, de evitación de nuevos daños y/o factores condicionantes	81
Cuadro 7. Criterios para la estimación del índice de peligrosidad del agente químico (P_v).....	84
Cuadro 8. Criterios para la estimación del índice de recursos dañados por agente químico (R_v)	85
Cuadro 9. Criterios para la estimación del nivel unitario de consecuencias medioambientales por agente físico (C_f)	88
Cuadro 10. Criterios para la estimación del índice de peligrosidad de los combustibles (c).....	90
Cuadro 11. Criterios para la estimación del índice de peligrosidad de la fisiografía (f)	90
Cuadro 12. Criterios para la estimación del índice de adversidad del clima (a)	91
Cuadro 13. Criterios para la estimación del índice de adversidad del clima (a) para las islas Canarias ...	92
Cuadro 14. Criterios para la estimación del nivel de consecuencias por incendio (I) a partir de índice de consecuencias por incendio (i)	93
Cuadro 15. Clasificación del índice de peligrosidad por agente biológico (P_B).....	94
Cuadro 16. Criterios para la estimación del índice de recursos dañados por agente biológico (R_B).....	94
Cuadro 17. Índice de tablas y figuras para el cálculo del factor de probabilidad (F_p) de los distintos equipos o fuentes de peligro.....	101
Cuadro 18. Índice de tablas para el cálculo del factor de probabilidad (F_p) de las distintas medidas de prevención y evitación de nuevos daños y/o factores condicionantes	102
Cuadro 19. Procedimiento de evaluación de las consecuencias en función del tipo de agente causante del daño	104-105
Cuadro 20. Medidas adoptadas para la reducción del riesgo en la instalación.	116
Cuadro 21. Coste de las medidas adoptadas para la reducción del riesgo en la instalación	117
Cuadro 22. Efectos económicos de las medidas adoptadas para la reducción del riesgo en la instalación	120
Cuadro 23. Caso práctico: planteamiento de sucesos susceptibles de generar un daño medioambiental	125-127
Cuadro 24. Caso práctico: Factores de probabilidad (F_p) de los equipos o fuentes de peligro	128
Cuadro 25. Caso práctico: Factores de gestión del riesgo (F_G) de los equipos o fuentes de peligro	128
Cuadro 26. Caso práctico: nivel de probabilidad ajustado por gestión del riesgo (F_{pG}) de los equipos o fuentes de peligro	129

Cuadro 27. Caso práctico: Factores de probabilidad (F_p) de las medidas preventivas, de evitación de nuevos daños y factores condicionantes	131
Cuadro 28. Caso práctico: Factores de gestión del riesgo (F_G) de las medidas preventivas, de evitación de nuevos daños y factores condicionantes	132
Cuadro 29. Caso práctico: nivel de probabilidad ajustado por gestión del riesgo (F_{PG}) de las medidas de prevención, de evitación de nuevos daños o factores condicionantes	133
Cuadro 30. Caso práctico: nivel combinado de probabilidad ajustado por gestión del riesgo de los distintos sucesos	135
Cuadro 31. Caso práctico: estimación del nivel de consecuencias por agente químico (V).....	139
Cuadro 32. Caso práctico: parámetros para la evaluación de las consecuencias ambientales de un incendio	140
Cuadro 33. Caso práctico: estimación del nivel global de consecuencias (C_G)	141
Cuadro 34. Caso práctico: nivel de riesgo de los sucesos y de la instalación	143
Cuadro 35. Caso práctico: cálculo del nivel combinado de probabilidad ajustado por gestión de los sucesos alterados al sustituir los sistemas manuales de detección y extinción de incendios por sistemas automáticos	146-149
Cuadro 36. Caso práctico: evaluación de la modificación del nivel de riesgo (N_R) de los distintos sucesos al sustituir los sistemas manuales de detección y extinción de incendios por sistemas automáticos ...	151
Cuadro 37. Caso práctico: cálculo del nivel combinado de probabilidad ajustado por gestión del riesgo del suceso de rotura de tubería al sustituir la tubería aérea por una tubería subterránea	153
Cuadro 38. Caso práctico: evaluación de la modificación del nivel de riesgo (N_R) de los distintos sucesos al sustituir la tubería aérea por una tubería subterránea.....	154
Cuadro 39. Caso práctico: cálculo del nivel combinado de probabilidad ajustado por gestión del riesgo del suceso de rotura de depósito al sustituir el mismo por uno de 1.000 litros	156-157
Cuadro 40. Caso práctico: estimación del nivel global de consecuencias (C_G) al reducir la capacidad del depósito de gasóleo a 1.000 litros	158
Cuadro 41. Caso práctico: evaluación de la modificación del nivel de riesgo (N_R) de los distintos sucesos al reducir la capacidad del depósito de gasóleo a 1.000 litros	159
Cuadro 42. Caso práctico: evaluación de la modificación del nivel de riesgo (N_R) de los distintos sucesos al sustituir los equipos por una instalación solar fotovoltaica.....	161
Cuadro 43. Caso práctico: evaluación de la modificación del nivel de riesgo (N_R) de los distintos sucesos al sustituir los equipos por una instalación solar fotovoltaica y los sistemas manuales de detección y extinción de incendios por sistemas automáticos	162
Cuadro 44. Caso práctico: cálculo del nivel combinado de probabilidad ajustado por gestión de los sucesos alterados por instalar carteles, etiquetas y señalización de peligros de la explotación	164-165
Cuadro 45. Caso práctico: evaluación de la modificación del nivel de riesgo (N_R) de los distintos sucesos al instalar carteles, etiquetas y señalización de peligros de la explotación	166
Cuadro 46. Caso práctico: cálculo del nivel combinado de probabilidad ajustado por gestión de los sucesos alterados por instalar carteles, etiquetas y señalización de peligros de la explotación y realizar simulacros de emergencia	168-173
Cuadro 47. Caso práctico: cálculo del nivel combinado de probabilidad ajustado por gestión de los sucesos alterados por proteger de la intemperie los equipos (construcción de una edificación) ..	175-180
Cuadro 48. Caso práctico: evaluación de la modificación del nivel de riesgo (N_R) de los distintos sucesos al instalar carteles, etiquetas y señalización de peligros de la explotación	181

Figuras

Figura 1. Esquema de generación de beneficios para las empresas mediante la gestión del riesgo medioambiental y la prevención y evitación de daños medioambientales. Fuente: Elaboración propia....	3
Figura 2. Flujograma de aplicación de los ESGRA.....	10
Figura 3. Esquema de relación entre modo de operación de una instalación, daños medioambientales y medidas de responsabilidad medioambiental	14
Figura 4. Esquema de los árboles de sucesos o consecuenciales. Fuente: Elaboración propia.	15
Figura 5. Flujograma de aplicación de los ESGRA: Evaluación del nivel de probabilidad de ocurrencia de fallos en equipos o fuentes de peligro ($F_P-F_G-F_{PG}$)	19
Figura 6. Ejemplo de identificación de equipos o fuentes de peligro.	22
Figura 7. Definición del tipo de tanque atmosférico aéreo de almacenaje	28
Figura 8. Niveles de probabilidad para rotura de tuberías aéreas.....	47
Figura 9. Diagrama para la evaluación del factor de probabilidad ajustado por gestión del riesgo (F_{PG}). 63	
Figura 10. Ejemplo de cálculo del valor del factor de F_{PG} antes y después de aplicar medidas de gestión del riesgo.....	65
Figura 11. Flujograma de aplicación de los ESGRA: Evaluación del nivel de probabilidad de actuación de las medidas de prevención, de evitación de nuevos daños y/o de los factores condicionantes ($F_P-F_G-F_{PG}$)	66
Figura 12. Flujograma de aplicación de los ESGRA: Evaluación del nivel de probabilidad (F_{PG}) combinado de los equipos/fuentes de peligro y de las medidas de prevención/evitación y factores condicionantes.	80
Figura 13. Flujograma de aplicación de los ESGRA: Evaluación simplificada de las consecuencias medioambientales.....	82
Figura 14. Diagrama para la evaluación del nivel unitario de consecuencias medioambientales por agente químico (C_v).....	86
Figura 15. Subregiones bioclimáticas para la definición del índice de adversidad del clima (a).....	92
Figura 16. Diagrama para la evaluación del nivel de consecuencias por agente biológico (B)	95
Figura 17. Flujograma de aplicación de los ESGRA: Evaluación simplificada del riesgo.....	98
Figura 18. Flujograma de aplicación de los ESGRA: Posibles medidas de gestión del riesgo para reducir el riesgo medioambiental de la instalación.....	107
Figura 19. Localización del daño	109
Figura 20. Coste de la reparación primaria del recurso suelo antes de la aplicación de las medidas. ...	111
Figura 21. Coste de la reparación compensatoria del recurso suelo antes de la aplicación de las medidas	112
Figura 22. Coste total de la reparación del recurso suelo antes de la aplicación de las medidas.....	112
Figura 23. Coste de la reparación primaria del recurso agua superficial antes de la aplicación de las medidas.	113
Figura 24. Coste de la reparación compensatoria del recurso agua superficial antes de la aplicación de las medidas.....	113
Figura 25. Coste total de la reparación del recurso agua superficial antes de la aplicación de las medidas	114

Figura 26. Coste de la reparación primaria del recurso agua subterránea antes de la aplicación de las medidas.....	114
Figura 27. Coste de la reparación compensatoria del recurso agua subterránea antes de la aplicación de las medidas.....	115
Figura 28. Coste total de la reparación del recurso agua subterránea antes de la aplicación de las medidas	115
Figura 29. Coste total de la reparación del daño antes de la aplicación de las medidas.	116
Figura 30. Coste de la reparación primaria del recurso agua superficial después de la aplicación de las medidas	118
Figura 31. Coste de la reparación compensatoria del recurso agua superficial después de la aplicación de las medidas.....	119
Figura 32. Coste total de la reparación del daño después de la aplicación de las medidas.....	119
Figura 33. Flujograma de aplicación de los ESGRA.....	121
Figura 34. Flujograma de aplicación de los ESGRA: Descripción de la instalación: Fuentes de peligro, medidas de prevención y evitación y factores condicionantes.....	122
Figura 35. Esquema de la instalación del caso práctico: generador diésel de emergencia y equipos auxiliares (depósito de gasóleo, tuberías y bomba).....	122
Figura 36. Flujograma de aplicación de los ESGRA: Evaluación del nivel de probabilidad ajustado por gestión del riesgo (F_{PG}) de los equipos o fuentes de peligro	124
Figura 37. Flujograma de aplicación de los ESGRA: Evaluación del nivel de probabilidad ajustado por gestión del riesgo (F_{PG}) de las medidas de prevención, de evitación de nuevos daños o de los factores condicionantes	130
Figura 38. Flujograma de aplicación de los ESGRA: Evaluación del nivel de probabilidad (F_{PG}) combinado	134
Figura 39. Flujograma de aplicación de los ESGRA: Evaluación simplificada de las consecuencias medioambientales.....	136
Figura 40. Flujograma de aplicación de los ESGRA: Evaluación simplificada del riesgo.....	142
Figura 41. Flujograma de aplicación de los ESGRA: Posibles medidas de gestión del riesgo para reducir el riesgo medioambiental de la instalación.....	144

Tablas

Tabla 1. Criterios para la evaluación del nivel de probabilidad: factor de probabilidad (F_P)	20
Tabla 2. Niveles de probabilidad para fugas completas en 10 minutos o roturas de tanques a presión .	25
Tabla 3. Niveles de probabilidad para rotura de recipientes móviles a presión (de hasta 1.000 litros de capacidad).....	26
Tabla 4. Niveles de probabilidad para fugas completas en 10 minutos o roturas de tanques atmosféricos	29-31
Tabla 5. Niveles de probabilidad para incendios en tanques atmosféricos	32-39
Tabla 6. Niveles de probabilidad para rotura de intercambiadores de calor	41-42
Tabla 7. Niveles de probabilidad para distintos incidentes relacionados con bombas y compresores.....	44-45
Tabla 8. Niveles de probabilidad para roturas en tuberías subterráneas.....	49

Tabla 9. Niveles de probabilidad para rotura de brazo o manguera durante la carga y descarga de camiones cisterna, vagones cisterna y barcos.....	50-51
Tabla 10. Niveles de probabilidad para unidades de embalaje	53
Tabla 11. Niveles de probabilidad de fallo para intervención humana durante operación normal.....	54
Tabla 12. Niveles de probabilidad de otras situaciones o elementos	56-57
Tabla 13. Criterios para la evaluación de la gestión del riesgo (F_G)	58
Tabla 14. Tabla resumen de valores de F_p , F_G y F_{pG} para la fuente de peligro <i>Impacto de vehículo</i> en una instalación hipotética	64
Tabla 15. Criterios para la evaluación del nivel de probabilidad (factor de probabilidad, F_p) de equipos o medidas que actúan como factores condicionantes	67
Tabla 16. Niveles de probabilidad para distintos sistemas de detección y extinción de incendios	68
Tabla 17. Niveles de probabilidad para intervención humana en situaciones de emergencia	700
Tabla 18. Niveles de probabilidad para distintas medidas de prevención y evitación de daños	722
Tabla 19. Niveles de probabilidad para ignición o explosión después de un derrame o fuga.....	75-77
Tabla 20. Tiempos de respuesta de las medidas de prevención y de evitación de nuevos daños.....	87
Tabla 21. Nivel de riesgo (N_R) de los sucesos y de la instalación	99

I. INTRODUCCIÓN

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 estableció un régimen de responsabilidad medioambiental común en toda la Unión Europea.

Conforme indica el artículo primero de la Directiva, su objeto principal es prevenir los daños medioambientales que potencialmente pudieran ocurrir y, en caso de que no se logre esta prevención, lograr la efectiva reparación de los daños causados atendiendo al principio de «quien contamina paga».

La transposición al ordenamiento jurídico nacional de esta Directiva se realizó a través de la Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental (en adelante, LRM), cuyo artículo primero establece como objeto de la misma la regulación de la responsabilidad de los operadores de prevenir, evitar y reparar los daños medioambientales. En concreto, en su artículo tercero, indica que los operadores contenidos en el Anexo III deberán adoptar las medidas reparadoras de daños aunque no medie dolo, culpa o negligencia —su responsabilidad es objetiva—, mientras que los operadores no incluidos en dicho anexo deberán costear la reparación sólo si se demuestra que ha existido dolo, culpa o negligencia. Ambos tipos de operadores —incluidos y no incluidos en el Anexo III de la LRM— deben acometer en todo caso las medidas de prevención y evitación que proceda aplicar ante una amenaza inminente de daño (ver Cuadro 1).

TIPO DE MEDIDAS	OPERADORES	
	Anexo III	Otros
Preventivas	Obligados	Obligados
Evitación	Obligados	Obligados
Reparadoras	Obligados	Obligados si existe dolo, culpa o negligencia

Cuadro 1. Esquema de responsabilidad de los operadores frente a las distintas medidas establecidas en la Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental. Fuente: Elaboración propia a partir de la LRM.

Por otro lado, debe destacarse que la responsabilidad establecida en esta normativa es de carácter ilimitado, por lo que la reparación del daño debe ejecutarse independientemente de su coste económico (artículo 9 LRM).

Atendiendo a lo anteriormente expuesto, los operadores tienen dos obligaciones básicas: por un lado tomar todas las medidas necesarias para prevenir y evitar los posibles daños medioambientales, y por otro lado, repararlos si éstos finalmente se producen.

En relación con la reparación, la normativa obliga a constituir una garantía financiera por responsabilidad medioambiental a las actividades empresariales indicadas en el apartado a)

del artículo 37.2 del Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental, aprobado por el Real Decreto 2090/2008, de 22 de diciembre y modificado por el Real Decreto 183/2015, de 13 de marzo; dicha garantía financiera, que deberá conformarse en forma de seguro, aval o reserva técnica, deberá cubrir los costes que deban afrontarse para reparar el daño causado. La determinación de la cuantía de la garantía financiera partirá del Análisis de Riesgos Medioambientales de la actividad (artículo 33 y siguientes del Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007).

De esta forma, los operadores obligados a la constitución de una garantía financiera obligatoria y, con ello, a la realización de un análisis de riesgos medioambientales de su actividad, en el proceso de elaboración de los respectivos análisis, disponen o generan la información adecuada para mejorar la gestión del riesgo medioambiental y la identificación y diseño de medidas preventivas, de evitación de nuevos daños e, incluso, aunque en menor medida, reparadoras.

El *Estudio Simplificado para la Gestión del Riesgo Medioambiental* (en adelante, ESGRA) pretende aportar a aquellos operadores no obligados en la actualidad a la realización de análisis de riesgos medioambientales, una información válida para reducir las consecuencias o las probabilidades de ocurrencia de daños medioambientales, sin necesidad de elaborar un análisis de riesgos medioambientales completo con el alcance exigido por la normativa de responsabilidad medioambiental.

De esta forma, el ESGRA está orientado a aquellos operadores que quedan temporalmente exentos de realizar un análisis de riesgos medioambientales; esto es, aquellos que no tienen la obligación de constituir una garantía financiera; en definitiva, aquellos no incluidos dentro del apartado a) del artículo 37.2 del Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental.

La presente Guía se centra en el ámbito de la gestión del riesgo, prevención y evitación con el objeto de servir a los mencionados operadores temporalmente exentos de realizar un análisis de riesgos medioambientales como una asistencia en este sentido. Este enfoque pretende fomentar la implicación y la actuación de los operadores —también de aquellos que actualmente no deben disponer de garantía financiera obligatoria— antes de que sucedan los daños medioambientales, adoptando la máxima de que el daño más sencillo de reparar y el menos costoso es aquél que no llega a producirse. En concreto, en esta Guía se desarrolla una metodología para la elaboración de los ESGRA a partir de los cuales los operadores no incluidos en el apartado a) del artículo 37.2 del Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, de 23 de octubre, puedan tomar las decisiones de gestión del riesgo que consideren más adecuadas con el fin de disminuir, en la medida de lo posible, la probabilidad de ocurrencia y el valor de los daños asociados a sus hipotéticos escenarios accidentales.

Este enfoque preventivo beneficia tanto a los propios operadores económicos como a las Administraciones Públicas y al conjunto de la sociedad.

Por un lado, los operadores económicos actualmente exentos de la obligación de constituir una garantía financiera pueden evaluar cómo la adopción de medidas de gestión del riesgo, preventivas y de evitación de nuevos daños, disminuye tanto la probabilidad de causar un accidente medioambiental como el coste a sufragar para repararlo en caso de que éste finalmente se produzca. Este hecho implica una mejora de la imagen corporativa, favorece la

relación de la empresa con el entorno —social y medioambiental— y aumenta su viabilidad económica —al conocer y considerar los costes que debería sufragar en caso de ocasionar un daño medioambiental—. Estos aspectos pueden ser puestos en valor por la empresa a la hora de contratar un seguro por responsabilidad medioambiental, siendo igualmente destacable la posibilidad de exponerlos y comunicarlos a través de medios divulgativos como las memorias ambientales y las memorias de sostenibilidad.

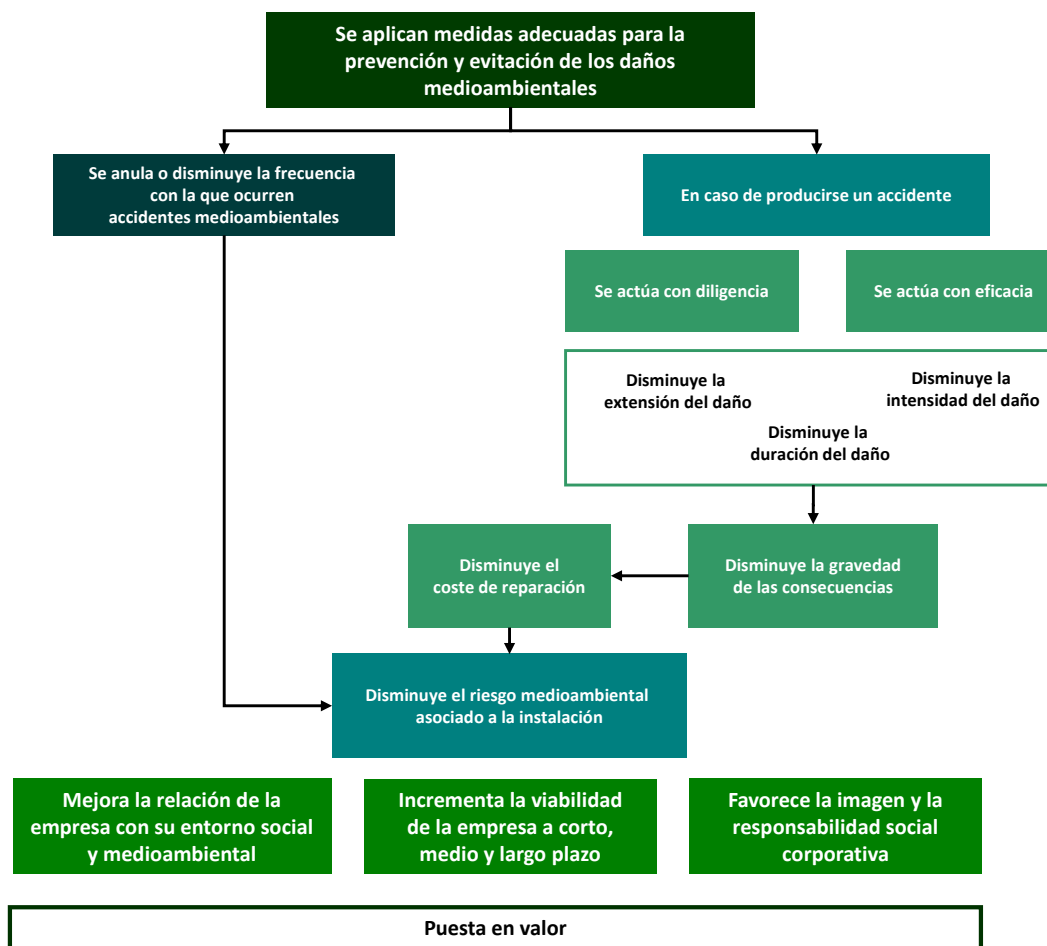


Figura 1. Esquema de generación de beneficios para las empresas mediante la gestión del riesgo medioambiental y la prevención y evitación de daños medioambientales. Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, desde el punto de vista de la Administración y de la sociedad en su conjunto, la adopción de medidas de gestión del riesgo, de prevención y de evitación de nuevos daños, conduce a que los accidentes que provocan daños medioambientales ocurran con menor frecuencia y a que, en caso de ocurrir, éstos tengan una menor gravedad —en términos de extensión, intensidad y escala temporal—. De esta forma, se reduciría el impacto negativo de los posibles accidentes que provocan daños medioambientales, disminuyendo tanto los daños ocasionados como los recursos económicos que deban destinarse a su reparación.

1.1. Antecedentes

Hasta la fecha la legislación de responsabilidad medioambiental ha tenido un notable desarrollo práctico y normativo.

Además de la trasposición de la Directiva 2004/35/CE a la legislación nacional mediante la Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental, la Ley 11/2014, de 3 de julio, de modificación de la Ley 26/2007, de Responsabilidad Medioambiental la modifica para, entre otros objetivos, reforzar sus aspectos preventivos. Así, se incorpora a su redacción un nuevo artículo 17 bis, fomento de las medidas de prevención y evitación de daños medioambientales, que establece que “las autoridades competentes adoptarán medidas para impulsar la realización voluntaria de análisis de riesgos medioambientales entre los operadores de cualquier actividad susceptible de ocasionar daños medioambientales, con la finalidad de lograr una adecuada gestión del riesgo medioambiental de la actividad”. Otros objetivos de la modificación de la ley han sido incorporar las aguas marinas a los recursos naturales considerados y simplificar y agilizar el procedimiento de constitución de la garantía financiera obligatoria por responsabilidad medioambiental prevista en el artículo 24 de la LRM.

Por otra parte, el desarrollo reglamentario de la LRM se llevó a cabo mediante el Real Decreto 2090 /2008, de 22 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de desarrollo parcial de la LRM —en adelante, el Reglamento—.

El objeto principal del Reglamento consiste en desarrollar el método para evaluar los daños medioambientales y determinar su coste de reparación, estableciendo una metodología clara y precisa. Asimismo, destacan las especificaciones realizadas en su artículo 33 para el cálculo de la garantía financiera por responsabilidad medioambiental que partirá del Análisis de Riesgos Medioambientales.

Los análisis de riesgos medioambientales elaborados por parte de los diferentes sectores y operadores económicos identifican, entre otros aspectos, las fuentes de peligro existentes en el sector o en la instalación, los sucesos iniciadores a los que podrían dar lugar, y los factores que pueden influir en el desarrollo de los accidentes. Uno de los principales productos de salida de estos análisis es la obtención de un listado de posibles escenarios accidentales que pueden darse en el sector o en la instalación, cada uno de los cuales lleva asociado una determinada probabilidad de ocurrencia y una estimación de las consecuencias medioambientales que se ocasionarían bajo las hipótesis establecidas.

El Reglamento, a través de su artículo 34, establece como metodología para la elaboración de los análisis de riesgos medioambientales la establecida en la norma UNE 150008, u otras equivalentes.

Por otra parte, mediante el artículo 3 del Reglamento se crea la Comisión técnica de prevención y reparación de daños medioambientales como órgano de cooperación técnica y colaboración entre la Administración General del Estado y las comunidades autónomas para el intercambio de información y el asesoramiento en materia de prevención y de reparación de los daños medioambientales.

En el seno de la Comisión técnica se han realizado una serie de trabajos de referencia para el conjunto de actores implicados en el marco de la responsabilidad medioambiental. Estos

trabajos, disponibles en la página web del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente¹, han supuesto una importante contribución a la aplicación efectiva de la normativa de responsabilidad medioambiental, tanto desde la óptica de la prevención y evitación de los daños medioambientales como desde la óptica de su reparación en caso de que éstos ocurran finalmente.

Una de las mayores potencialidades de los trabajos desarrollados por la Comisión técnica en el ámbito de la prevención se encuentra en el fomento de la elaboración de análisis de riesgos medioambientales tanto sectoriales como individuales, aspecto especialmente relevante para aquellas actividades que han de constituir una garantía financiera obligatoria.

Finalmente, este Reglamento ha sido objeto de modificación a través del Real Decreto 183/2015, de 13 de marzo, por el que se modifica el Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental, aprobado por el Real Decreto 2090/2008, de 22 de diciembre. Esta modificación introdujo, entre otros, tres cambios destacables respecto a la redacción original:

- Por un lado se reduce el número de actividades que deberán constituir una garantía financiera obligatoria por responsabilidad medioambiental, quedando obligadas a constituir la garantía financiera, por considerarse que pueden ocasionar una mayor incidencia ambiental en caso de accidente, conforme al nuevo apartado a) del artículo 37, los siguientes:
 - o Las actividades e instalaciones sujetas al ámbito de aplicación del Real Decreto 1254/1999, de 16 de julio, por el que se aprueban medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas, recientemente derogado por el Real Decreto 840/2015, de 21 de septiembre, por el que se aprueban medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas
 - o Las actividades e instalaciones sujetas al ámbito de aplicación de la Ley 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación.
 - o Los operadores que cuenten con instalaciones de residuos mineros clasificadas como de categoría A de acuerdo a lo establecido en el Real Decreto 975/2009, de 12 de junio, sobre gestión de los residuos de las industrias extractivas y de protección y rehabilitación del espacio afectado por actividades mineras.
- Por otro lado, se ha modificado la redacción del artículo 33 del Reglamento para introducir un nuevo método que simplifica notablemente al operador el proceso de determinación de la cuantía de la garantía financiera. Este nuevo método tiene como principal novedad la introducción de un Índice de Daño Medioambiental (IDM), que debe estimar el operador para cada escenario accidental identificado, siguiendo los pasos que se establecen en el nuevo anexo III del Reglamento. Con este nuevo procedimiento, para establecer la cuantía de la garantía financiera, solamente será necesario cuantificar y monetizar el daño medioambiental generado para un único escenario de referencia seleccionado, en lugar de para todos los

¹ <http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/responsabilidad-mediambiental/default.aspx>

escenarios identificados, como se preveía en la anterior redacción, lo que supone una notable simplificación y ahorro en recursos.

- Asimismo, simplifica el procedimiento de constitución de la garantía financiera. En concreto, se sustituye la verificación de los análisis de riesgos medioambientales por la presentación de una declaración responsable por parte del operador ante la autoridad competente, con la información mínima que recoge el Anexo IV del Reglamento.

Esta simplificación administrativa se introduce sin perjuicio de que las autoridades competentes puedan establecer los sistemas de control que consideren necesarios con el fin de comprobar que los análisis de riesgos realizados se ajustan a las obligaciones de los operadores, pudiendo asimismo instar a éstos a que procedan a la revisión de los cálculos realizados.

Como puede apreciarse, el desarrollo normativo de la responsabilidad medioambiental en España ha hecho especial énfasis en la definición de herramientas como los análisis de riesgos medioambientales, o el IDM y procedimientos relacionados con el proceso de constitución de la garantía financiera obligatoria. Los efectos de esta metodología no se limitan al establecimiento de dicha garantía y, con ello, a asegurar la capacidad de los operadores de hacer frente a la reparación de potenciales daños medioambientales, sino que también proporciona a los sectores que tienen esta obligación la toma en consideración de medidas de gestión del riesgo, de prevención y de evitación de nuevos daños que mejoren el comportamiento de estas empresas frente al riesgo medioambiental.

Sin embargo, y con el fin de extender el objetivo de impulsar la vertiente preventiva del marco legislativo nacional sobre responsabilidad medioambiental a todas las actividades industriales, el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente quiere poner a disposición de los operadores y/o sectores actualmente exentos de realizar un análisis de riesgos medioambientales para el establecimiento de la garantía financiera obligatoria, una herramienta que les permita mejorar su situación en términos de la gestión de sus riesgos medioambientales. Esta herramienta se ha denominado *Estudios Simplificados para la Gestión del Riesgo Medioambiental*.

1.2. Objeto

La presente Guía tiene por objeto asistir a los operadores de cara a la realización de *los ESGRA*, que puedan utilizarse como base para la gestión preventiva del riesgo medioambiental de su instalación.

Los *ESGRA* se configuran como una herramienta para proporcionar a los operadores que quedan temporalmente exentos de realizar un análisis de riesgos medioambientales, a partir de la entrada en vigor del Real Decreto 183/2015, de 13 de marzo, información sobre cómo gestionar y reducir sus riesgos.

Cualquier operador, incluso los actualmente exentos de constituir garantía financiera obligatoria, puede elaborar un análisis de riesgos medioambientales, ya que éstos no solamente son una herramienta para la estimación de la garantía financiera obligatoria, sino que de ellos también se obtiene información sobre medidas de gestión del riesgo, de

prevención y de evitación de nuevos daños; sin embargo, la realización de un análisis de riesgos medioambientales exige unos conocimientos y recursos que pueden no estar disponibles para el conjunto de los operadores.

Los ESGRA se constituyen como una herramienta para informar a aquellos operadores actualmente exentos de constituir una garantía financiera obligatoria sobre medidas de gestión del riesgo, preventivas y de evitación de nuevos daños, para mejorar su situación respecto a los riesgos medioambientales, sin la necesidad de realizar un análisis de riesgos medioambientales con toda su profundidad. En este sentido, cabe recordar que la normativa de responsabilidad medioambiental exige a todos los operadores tomar las medidas preventivas y de evitación de nuevos daños medioambientales posibles, independientemente de que hayan de constituir garantía financiera obligatoria o no.

La simplificación que exige el diseño de una herramienta más sencilla que los análisis de riesgos medioambientales para proporcionar información a un operador sobre la gestión del riesgo medioambiental, implica que los ESGRA en ningún caso son equivalentes a los análisis de riesgos previstos en los artículos 33 y 34 del Reglamento. Es decir, el nivel de detalle no es el adecuado para cumplir con algunos de los requerimientos establecidos en la normativa de responsabilidad medioambiental. Las diferencias entre ambos tipos de instrumentos se han resumido en el Cuadro 2.

COMPARATIVA ENTRE LOS ANÁLISIS DE RIESGOS MEDIOAMBIENTALES (ARM) Y LOS ESTUDIOS SIMPLIFICADOS PARA LA GESTIÓN DEL RIESGO MEDIOAMBIENTAL (ESGRA)	
Análisis de riesgos medioambientales (ARM)	Estudios Simplificados para la Gestión del Riesgo Medioambiental (ESGRA)
Son altamente específicos. Se dirigen a una actividad, sector o instalación concreta	Es una metodología de propósito general dirigida a una amplia variedad de operadores
Se encuentran adaptados a la actividad concreta a la que se dirigen	La metodología elaborada tiene escasa adaptación a actividades concretas
Deben ajustarse a lo especificado en el Reglamento (norma UNE 150008 u otras equivalentes)	No hay una norma específica.
Su elaboración es obligatoria para todos los operadores que deban constituir una garantía financiera obligatoria	Son de elaboración voluntaria para todos los operadores económicos exentos temporalmente de constituir garantía financiera obligatoria
Existen dos ámbitos de elaboración: sectorial (dirigidos a actividades o sectores) e individual (dirigidos a una instalación concreta)	Un único ámbito de elaboración: metodología concebida para ser aplicada a operadores individuales
Deben incluir la totalidad de los apartados requeridos en la legislación y en los documentos de referencia aprobados por la Comisión técnica	No incluyen algunos de los apartados requeridos en los análisis de riesgos medioambientales como la cuantificación del daño, la evaluación de su significatividad y la valoración económica
Son herramientas que cuentan con un elevado grado de detalle y de precisión	Al ser una herramienta generalista, el nivel de detalle y de precisión es significativamente menor
Propósito: i) Análisis de riesgos sectoriales: servir como referencia a los miembros del sector para realizar sus análisis individuales ii) Análisis de riesgos individual: gestión del riesgo medioambiental de la instalación, estimación de la cuantía de la garantía financiera obligatoria por responsabilidad medioambiental para, en su caso, su constitución	Propósito: Ofrecer a los operadores económicos una herramienta práctica que les facilite realizar una primera aproximación a la evaluación de sus riesgos medioambientales, centrada en la adopción de medidas de gestión del riesgo, de prevención y de evitación de nuevos daños medioambientales

Cuadro 2. Comparativa entre los Análisis de Riesgos Medioambientales (ARM) y los ESGRA. Fuente: Elaboración propia

La diferencia de alcance y profundidad técnica de los análisis de riesgos medioambientales que se elaboren en aplicación de la normativa de responsabilidad medioambiental, frente a los ESGRA considerados en el presente documento, no resta utilidad a estos últimos. De esta forma, los ESGRA pueden representar una herramienta valiosa de cara a la gestión del riesgo medioambiental de una amplia variedad de operadores económicos que puedan causar daños potenciales a los recursos naturales.

En concreto, la metodología propuesta en la presente Guía para la elaboración de los ESGRA pretende que cada operador —esté o no incluido en el Anexo III de la LRM, pero que quede exento de realizar los análisis de riesgos medioambientales— pueda, en primera instancia, determinar cuáles son *a priori* los escenarios accidentales más probables en su instalación, cuáles son los que causarían mayor daño, y obtener como producto de la probabilidad por el valor del daño, aquéllos que representan un mayor riesgo. Y en segundo lugar, identificar qué medidas puede implantar para reducir sus riesgos medioambientales. No obstante, debe insistirse en que el nivel de detalle ofrecido por los ESGRA es limitado, ya que su metodología de elaboración es genérica y con menor grado de detalle que un análisis de riesgos medioambientales. En este sentido, los operadores que deseen o requieran disponer de una información con mayor nivel de detalle sobre el riesgo asociado a sus actividades, deberán realizar un análisis de riesgos medioambientales individual conforme establece la normativa de responsabilidad medioambiental —apoyándose en la norma UNE 150008 u otra equivalente—.

En todo caso debe indicarse que la metodología diseñada para la elaboración de los ESGRA no es de aplicación obligatoria por parte de los operadores. Esto es, la metodología propuesta en la presente Guía pretende servir meramente como una asistencia para que los operadores realicen una estimación preliminar de sus riesgos medioambientales, no debiendo entenderse en ningún caso como una metodología obligatoria y rígida. Dicho de otra forma, los operadores que así lo deseen podrán aplicar otras metodologías o adaptar como deseen la metodología propuesta en esta Guía para realizar su estudio simplificado de riesgos medioambientales.

Por último, incidir en que el objetivo principal de la presente Guía consiste en facilitar a los operadores —especialmente aquellos exentos actualmente de constituir una garantía financiera obligatoria— una primera estimación del riesgo medioambiental asociado a sus actividades, con el fin de que integren en sus procesos de toma de decisiones las componentes derivadas de la normativa de responsabilidad medioambiental. En concreto, la Guía presta especial atención a la adopción tanto de medidas de gestión del riesgo como de medidas preventivas y de evitación de nuevos daños, de forma que se minimice por un lado la probabilidad de ocurrencia de los daños medioambientales y por otro, en caso de que estos ocurran, disminuya el valor del daño ocasionado.

1.3. Estructura de la Guía

La guía para la elaboración de los ESGRA se ha estructurado en tres bloques diferenciados.

El primero de ellos (Introducción) pone al usuario de la guía en antecedentes en lo relativo a los trabajos desarrollados en el ámbito de la normativa de Responsabilidad Medioambiental, establece el objeto de la guía y, finalmente, muestra la estructura de la presente guía con el fin de facilitar la comprensión de la misma por parte del lector.

El segundo de ellos es el que desarrolla la metodología para la realización de los ESGRA. En este segundo bloque se han distinguido siete apartados fundamentales: en primer lugar se clasifican los tipos de medidas para la reducción del riesgo, punto de base de cara a definir el alcance del documento e iniciar el estudio, y a continuación, la metodología desarrollada, que se divide en seis apartados que siguen el flujograma que se muestra en la Figura 2.

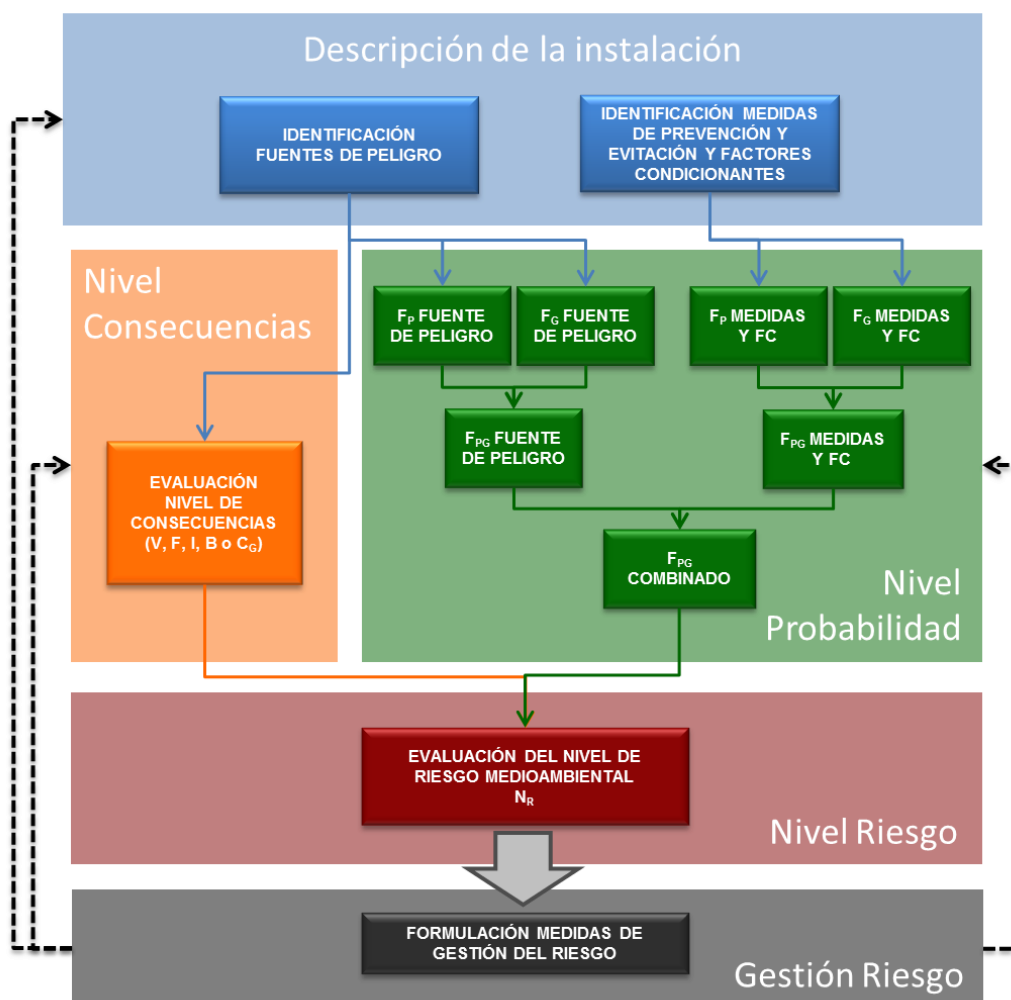


Figura 2. Flujograma de aplicación de los ESGRA. Fuente: Elaboración propia.

1. Clasificación de las medidas para reducir el riesgo medioambiental (Apartado II.1).

Este apartado se establece como un paso previo, y necesario, al desarrollo de la metodología, dado que es imprescindible definir el concepto y las diferentes categorías de medidas de mejora del riesgo medioambiental. Así, en la presente guía se han distinguido dos tipos:

- *Acciones de mejora tecnológica*, que hacen referencia a los cambios o modificaciones de procesos o equipos que pueden conllevar una reducción o incluso eliminación del riesgo medioambiental.

- *Acciones de mejora de la gestión*, que hacen referencia al resto de medidas que, si bien tienen un efecto positivo en la reducción del riesgo, no implican un cambio tecnológico.
2. Evaluación simplificada de la probabilidad de fallo de equipos o fuentes de peligro (Apartado II.2).

Previamente a la evaluación de la probabilidad, el analista deberá identificar todos los equipos o fuentes de peligro que puedan llevar asociado un riesgo medioambiental. A continuación, estará en disposición de determinar lo que se ha denominado “nivel de probabilidad ajustado por gestión del riesgo (F_{PG})”, cuya estimación se basa en dos parámetros:

- *Probabilidad de fallo (F_P)*. La guía ofrece valores semicuantitativos de probabilidad de fallo (escala de 1 a 5) para los distintos equipos o fuentes de peligro (tanques, bombas, compresores, etc.)
- *Análisis simplificado de la gestión del riesgo (F_G)*. La guía facilita un listado de indicadores de gestión del riesgo atribuibles a cada uno de los diferentes equipos o fuentes de peligro, los cuales pueden influir en su probabilidad de fallo. Estos indicadores se expresan también en una escala semicuantitativa que toma valores entre 1 y 5.

Finalmente, la guía propone un gráfico que permite integrar la probabilidad de fallo de los distintos equipos y fuentes de peligro transformada a una escala semicuantitativa con la gestión del riesgo que se hace de los mismos, obteniéndose así un valor, igualmente semicuantitativo, de la probabilidad ajustada por gestión del riesgo (F_{PG}).

3. Evaluación simplificada de la probabilidad de medidas de prevención y evitación de nuevos daños y/o de factores condicionantes (Apartado II.3).

Al igual que ocurría en el caso de la probabilidad de fallo de equipos y fuentes de peligro, la guía ofrece un gráfico que permite obtener el nivel de probabilidad ajustado por gestión del riesgo (F_{PG}) para las medidas de prevención y evitación de nuevos daños y/o de factores condicionantes, basándose asimismo en:

- *Probabilidad de fallo (F_P)*. La guía proporciona valores semicuantitativos (escala de 1 a 5) de probabilidad de fallo para las distintas medidas de prevención, evitación de nuevos daños y/o factores condicionantes (ignición o explosión después de derrame, sistemas de detección y extinción, etc.).
- *Análisis simplificado de la gestión del riesgo (F_G)*. La guía propone a los usuarios un listado de indicadores de gestión del riesgo atribuibles a cada una de las medidas de prevención, evitación de nuevos daños y/o factores condicionantes, que pueden influir en su probabilidad de fallo. Estos indicadores se expresan en la misma escala semicuantitativa diseñada para los equipos y fuentes de peligro.

4. Integración del nivel de probabilidad ajustado por gestión del riesgo de equipos y fuentes de peligro y medidas de prevención, evitación y/o factores condicionantes (Apartado II.4).

En este apartado la guía presenta un procedimiento para obtener una valoración conjunta del análisis realizado tanto para equipos y fuentes de peligro como para medidas de prevención, evitación y/o factores condicionantes. Dicha valoración conjunta recibe el nombre de “nivel combinado de probabilidad ajustado por gestión del riesgo”.

El cálculo que propone la guía es muy sencillo; consiste en dividir entre 10 los distintos valores de probabilidad ajustados por gestión del riesgo (F_{PG}) obtenidos para cada equipo o fuente de peligro y sus correspondientes medidas de prevención o evitación o factores condicionantes para, posteriormente, calcular el producto de los mismos.

5. Evaluación simplificada de las consecuencias (Apartado II.5).

Este epígrafe desarrolla una metodología semicuantitativa para la evaluación simplificada de las consecuencias, como pilar básico (junto con la probabilidad) para la estimación del riesgo medioambiental.

La guía distingue distintos procedimientos en función del tipo de agente causante del daño (químico, físico, biológico e incendio) que permiten estimar el nivel de consecuencias medioambientales para cada uno de ellos.

Finalmente, propone una ecuación que muestra la relación entre los niveles de consecuencias de los distintos agentes con el objeto de conocer, mediante un único indicador, el nivel global de consecuencias asociado a cada suceso iniciador. Esto permitirá comparar, para cada instalación, las consecuencias globales generadas por los distintos sucesos iniciadores.

6. Evaluación simplificada del riesgo medioambiental (Apartado II.6).

En el marco de los ESGRA el nivel de riesgo medioambiental (N_R) para cada suceso iniciador se evalúa mediante el producto de su nivel combinado de probabilidad ajustado por gestión del riesgo y su nivel global de consecuencias.

7. Protocolo de elaboración de los ESGRA (Apartado II.7).

El último apartado de este segundo bloque facilita al usuario de los ESGRA una guía práctica de uso del presente documento con el objeto de hacerle más sencilla su utilización.

Así, el protocolo establece la secuencia de pasos que deberá seguir el usuario de la guía para la aplicación de la metodología propuesta en la misma, indicando para cada uno de ellos las tablas, cuadros y/o figuras a los que debe acudir en función de sus características.

Por último, el tercer bloque ofrece un caso práctico basado en una instalación ficticia pero realista. Dicho ejemplo práctico aplica la metodología explicada previamente (la cuál es objeto de un desarrollo pormenorizado en el capítulo II de la guía), propone medidas de gestión del riesgo para disminuir el riesgo medioambiental asociado a la instalación, y muestra el efecto de las mismas sobre el riesgo medioambiental de la instalación.

II. ESTUDIO SIMPLIFICADO PARA LA GESTIÓN DEL RIESGO MEDIOAMBIENTAL (ESGRA)

II.1. Una clasificación operativa de las medidas para la reducción del riesgo medioambiental

La Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental contempla las siguientes medidas a implementar para evitar, contener o reparar los daños medioambientales:

- **Medida preventiva o medida de prevención:** Aquélla adoptada como respuesta a un suceso, a un acto o a una omisión que haya supuesto una amenaza inminente de daño medioambiental, con objeto de impedir su producción o reducir al máximo el daño.
- **Medida de evitación de nuevos daños:** Aquélla que, ya producido un daño medioambiental, tenga por finalidad limitar o impedir mayores daños medioambientales, controlando, conteniendo o eliminando los factores que han originado el daño, o haciendo frente a ellos de cualquier otra manera.
- **Medida reparadora o medida de reparación:** Toda acción o conjunto de acciones, incluidas las de carácter provisional, que tenga por objeto reparar, restaurar o reemplazar los recursos naturales y servicios de recursos naturales dañados, o facilitar una alternativa equivalente a ellos según lo previsto en el Anexo II de la ley.

La norma UNE 150008 define gestión del riesgo como las “*actividades coordinadas para dirigir y controlar una organización, con respecto al riesgo*”. Aunque, atendiendo a esta definición, podría interpretarse que la gestión del riesgo comprende todas las fases de operación de una instalación o actividad —desde el diseño y la operación normal de la instalación hasta las medidas de reparación, en tanto en cuanto la idoneidad de la reparación planteada puede significar la reducción de las consecuencias de un suceso que ha generado un daño medioambiental—, se ha adoptado, por razones de operatividad, el enfoque de identificar a la gestión del riesgo como aquellas acciones a realizar durante la operación normal de la instalación o actividad con fines de reducción del riesgo. De esta forma, las medidas a considerar antes de la generación de un daño medioambiental son las propias de gestión del riesgo —durante la operación normal o, incluso, en la fase de diseño— y las medidas preventivas —cuando aparece una amenaza inminente de daño—; la frontera entre ambas medidas es la aparición de un suceso, acto u omisión que suponga una amenaza inminente de daño medioambiental (es decir, la instalación ha dejado de tener un funcionamiento normal). Posteriormente, en caso de haberse generado un daño medioambiental, actuarían las medidas de evitación de nuevos daños y, finalmente, las medidas reparadoras (ver Figura 3).

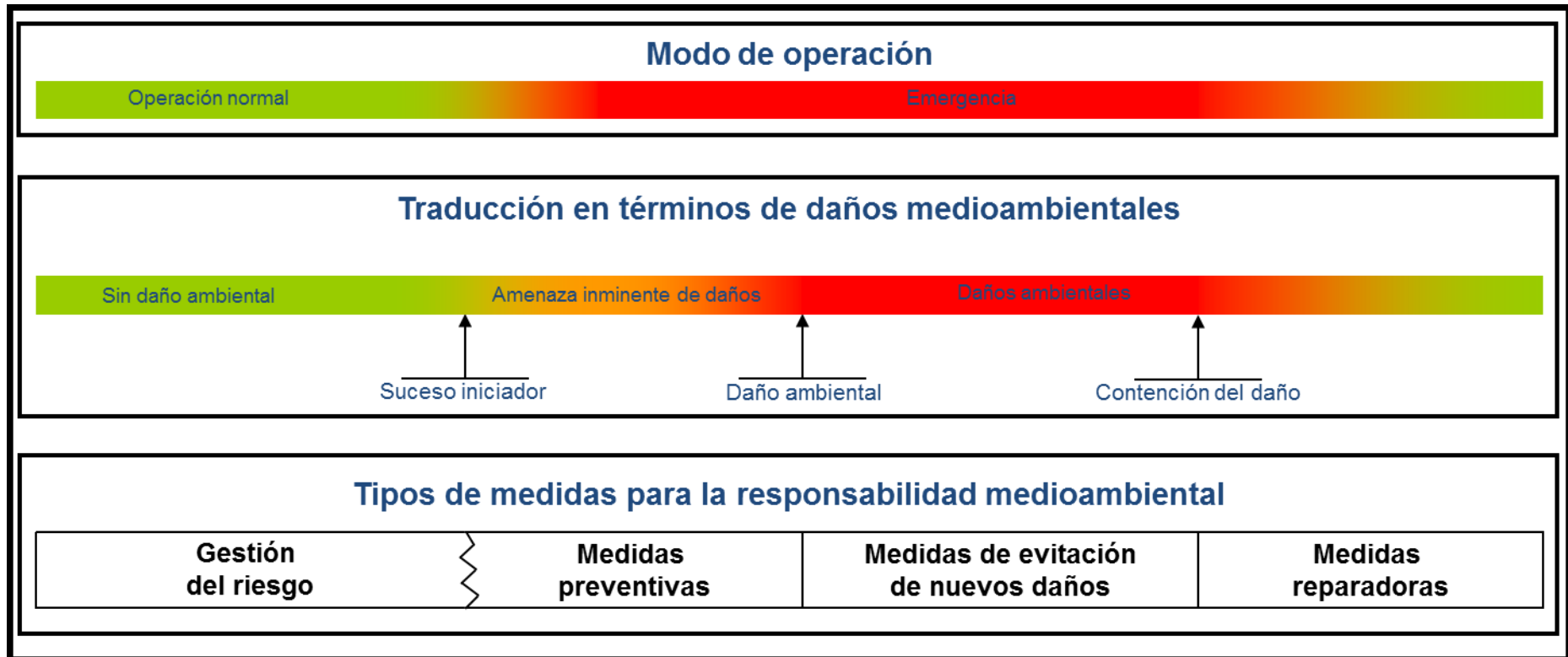


Figura 3. Esquema de relación entre modo de operación de una instalación, daños medioambientales y medidas de responsabilidad medioambiental. Fuente: Elaboración propia

Los *Estudios Simplificados para la Gestión del Riesgo Medioambiental* (ESGRA) tienen la vocación de proporcionar información a los operadores exentos de realizar un análisis de riesgos medioambientales sobre medidas de gestión del riesgo, esto es, sobre acciones que se adoptan durante la operación normal con el objetivo de reducir los riesgos ambientales de la instalación o actividad. Sin embargo, la clasificación de una medida como de gestión del riesgo frente a preventiva o, incluso, de evitación de nuevos daños puede no ser sencilla, ni siquiera excluyente (es decir, que una medida pudiera incluirse en varios de los tipos de medidas identificados)². De esta forma, resulta conveniente definir algún criterio a partir del cual puedan clasificarse, con la mayor precisión posible, las distintas medidas de reducción del riesgo medioambiental.

Un criterio para diferenciar entre medida de gestión del riesgo y medida de prevención podría ser analizar el momento en el que la medida interviene en la secuencia de eventos que tienen lugar, tanto antes como después de que ocurra un acontecimiento que pueda desencadenar la ocurrencia de un daño medioambiental o amenaza inminente de daño. Siendo los denominados árboles de sucesos o árboles consecuenciales (ver Figura 4) la metodología más empleada para conocer la evolución de un evento no deseado, la intervención (o no) de las medidas en estos árboles podría ayudar a la clasificación de las mismas.

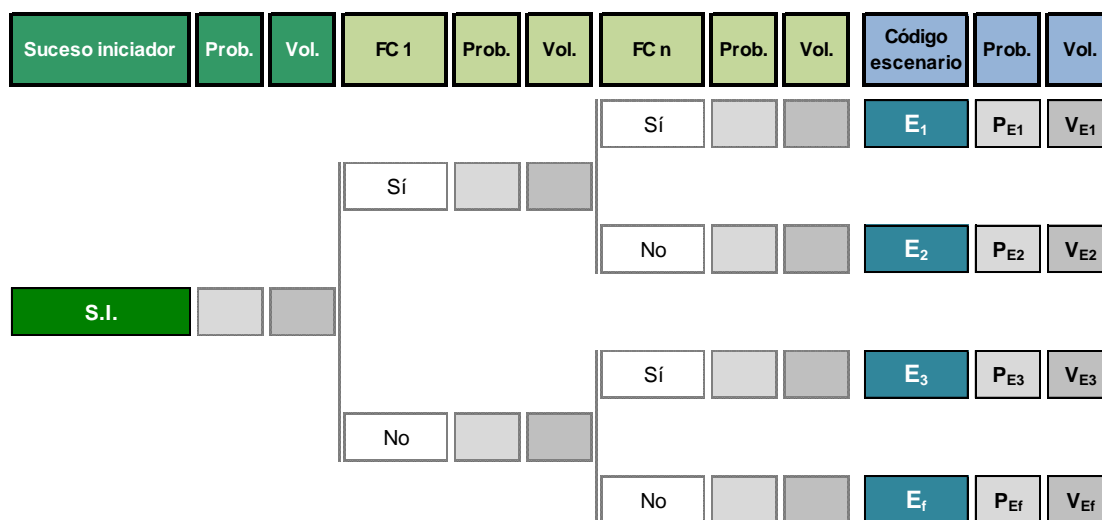


Figura 4. Esquema de los árboles de sucesos o consecuenciales. Fuente: Elaboración propia.

En términos generales, cuando una medida haya de implementarse, en términos de secuencia de eventos, antes de la aparición del suceso iniciador (es decir, sin incluirse en el árbol de sucesos), podría clasificarse como una medida de gestión del riesgo. Por el contrario, si la medida interviene después del suceso iniciador y actúa en el árbol de sucesos como factor condicionante, habría de considerarse como una medida preventiva o, si ya se ha producido un daño medioambiental, de evitación de nuevos daños.

² Esta circunstancia puede ser más evidente entre medidas preventivas y de evitación de nuevos daños o, incluso, entre éstas últimas y las medidas de reparación. Por ejemplo, el despliegue de mantas absorbentes después de un vertido podría considerarse como una medida preventiva o de evitación de nuevos daños en función de si la misma contiene o no el vertido antes de que éste llegue a un recurso natural (agua o suelo) y, con ello, se genere un daño medioambiental.

De esta forma, implementar un mantenimiento preventivo en la instalación o disponer de procesos y/o sustancias que generen menos riesgos serían medidas de gestión del riesgo; ambas medidas se implementarían antes de que ocurra el suceso iniciador, precisamente para reducir la probabilidad o las consecuencias del mismo (y, en su mejor extremo, para su total eliminación). Por su parte, la instalación de un cubeto de retención o de un sistema automático de detección y extinción de incendios podría clasificarse dentro de las denominadas medidas preventivas; dichas medidas actúan una vez se ha generado un evento indeseado (un vertido y/o incendio), es decir, cuando la instalación ha dejado de operar de forma normal³. Las medidas preventivas no modifican las características del suceso iniciador pero sí permiten (cuando actúan con éxito) “dirigir” los acontecimientos hacia un escenario de menor probabilidad y/o consecuencias.

Teniendo los ESGRA la vocación de proporcionar información sobre medidas de gestión del riesgo, estos estudios se centrarán en identificar acciones que hayan de implementarse y/o actúen antes de que aparezca el suceso iniciador. A su vez, las **medidas de gestión del riesgo** pueden clasificarse, en función de sus efectos en la modificación del riesgo (probabilidad y/o consecuencias), en dos grupos:

- **Acciones de mejora tecnológica.** Medidas que, cambiando los procesos o los equipos, modifican o incluso eliminan los riesgos.
- **Acciones de mejora de la gestión.** Medidas que mejoran el comportamiento de la instalación frente al riesgo sin que impliquen cambio tecnológico.

Por último, y aunque no constituya el objetivo principal de los ESGRA, se considera relevante incluir en estos estudios las denominadas **medidas preventivas y de evitación de nuevos daños**, que actúan después del suceso iniciador (generalmente como factores condicionantes en los árboles de sucesos) y que tienen o pueden tener efectos significativos en términos de riesgo medioambiental de la instalación. De forma adicional, estas medidas preventivas y de evitación de nuevos daños pueden verse afectadas por acciones propias de la gestión del riesgo (especialmente, mantenimiento de las mismas, por ejemplo), por lo que, añadido a sus mencionados efectos sobre el riesgo medioambiental de la instalación y a su actuación antes de generarse un daño medioambiental, merecen tenerse en consideración en el marco de los ESGRA.

Los ESGRA se han diseñado para que sean capaces de proporcionar al usuario claves para identificar actuaciones que puedan ser incluidas en algunos de estos tres tipos de acciones y medidas (acciones de mejora tecnológica, de mejora de la gestión, o medidas preventivas y de evitación de nuevos daños) —aunque especialmente en los dos primeros tipos, considerados como de gestión del riesgo— y evaluar, de una forma sencilla, sus efectos sobre los riesgos de la instalación.

³ Existen algunas medidas que pueden clasificarse como de gestión del riesgo o de prevención de daños en función de si se consideran desde el punto de vista de su instalación o de su uso. Es decir, un cubeto de retención puede considerarse una medida de gestión del riesgo, al ser instalado en condiciones de normal funcionamiento, o como medida de prevención, ya que desempeña su función —contener el vertido— una vez que se ha producido el suceso iniciador. En el marco de los ESGRAS este tipo de medidas serán consideradas como de prevención de daños medioambientales.

II.1.1. Acciones de mejora tecnológica

El progreso científico o tecnológico puede permitir sustituir sustancias (o, en general, agentes potencialmente causantes del daño, posibilitando el empleo de materias primas menos contaminantes o inocuas en términos de riesgos ambientales) o cambiar los propios procesos industriales (admitiendo el trabajo a presión atmosférica en lugar de a sobrepresión, por ejemplo, o sustituyendo un depósito aéreo por uno subterráneo o enterrando tuberías).

En un sentido amplio, cuando el análisis de riesgos se realiza en etapas muy iniciales de un proyecto, dentro de este tipo de medidas podría llegar a incluirse la selección de la localización de la instalación, escogiendo emplazamientos alejados de espacios protegidos, de corrientes de agua superficial o de aguas subterráneas potencialmente contaminables en caso de accidente o lugares con poca precipitación, por ejemplo.

Este conjunto de medidas tiene potencial para modificar tanto la probabilidad como las consecuencias del suceso iniciador e, incluso, en el extremo, para descatalogar a un suceso iniciador como susceptible de generar daño medioambiental.

La inclusión de este tipo de medidas en el ESGRA dependerá del efecto que las mismas generen, ya sea en términos de probabilidad o de consecuencias:

- Cuando la medida tenga influencia sobre la probabilidad del suceso iniciador (sustitución de equipos por otros con menor probabilidad de ocurrencia), ésta menor probabilidad de fallo se deberá plasmar en el factor de probabilidad ajustado por gestión del riesgo (F_{PG}) que, como se desarrollará en las páginas siguientes, resulta de la combinación del factor de probabilidad (F_P) con el factor de gestión del riesgo (F_G).
- Por su parte, cuando la medida tenga influencia sobre las consecuencias del suceso iniciador (sustitución de una sustancia contaminante, o de un potencial agente causante del daño, por otro, una reducción de la cantidad empleada en el proceso, etc.), éstas deberán reflejarse en el indicador compuesto de nivel de consecuencias que se describirá en capítulos siguientes.

El reto asociado a la inclusión de estas medidas en el ESGRA deriva, en primer lugar, de la existencia de alternativas a los procesos y agentes causantes del daño empleados por el operador y, posteriormente, del conocimiento y la identificación adecuada que éste pueda realizar de las mencionadas alternativas.

Como fuente de información respecto a alternativas de procesos y agentes causantes del daño, pueden jugar un papel muy importante los llamados BREF (*BAT References Documents*), elaborados por iniciativa de la Comisión Europea a través de un intercambio de información entre la industria y la administración y que recogen las Mejores Técnicas Disponibles (MTD, o BAT⁴ en sus siglas en inglés). El Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes, del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, recopila estos BREF en su página

⁴ BAT: *Best Available Techniques*.

web, así como los documentos de Mejores Técnicas Disponibles (MTD) para su consulta por los interesados y por el público general⁵.

II.1.2. Acciones de mejora de la gestión

El operador puede minimizar la probabilidad de que se produzca un evento indeseado (suceso iniciador) mediante acciones de gestión (sin cambios tecnológicos), como, por ejemplo, implementar un mantenimiento preventivo en lugar de correctivo, mejorar la formación de los operarios o sustituir los equipos antes de que cumplan su vida útil.

Este tipo de medidas no evitan que se produzca el suceso iniciador ni modifican, al menos en principio, las consecuencias del mismo, actuando, en términos de gestión del riesgo, básicamente, a través de la modificación de la probabilidad (un equipo nuevo, una vez superada la etapa inicial de fallos iniciales o infantiles⁶, tiene generalmente menos probabilidad de fallo que uno que ha alcanzado, o superado, su vida útil, por ejemplo).

Ante la potencial ausencia de mejoras tecnológicas o de dificultades en su implementación, no es difícil imaginar que este tipo de medidas será el más numeroso de entre el conjunto de medidas de gestión del riesgo. Los ESGRA informarán, de una forma simplificada, sobre estas medidas y los efectos de las mismas sobre el riesgo medioambiental de la instalación y/o del operador.

⁵ <http://www.prtr-es.es/documentos/documentos-mejores-tecnicas-disponibles>

⁶ La *Nota Técnica de Prevención (NTP) 316: Fiabilidad de componentes: la distribución exponencial* del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo define los fallos iniciales o infantiles como la primera etapa de una curva de fallos donde la existencia de dispositivos defectuosos o instalados indebidamente hace aparecer una tasa de fallos superior a lo normal, que va disminuyendo con el tiempo hasta alcanzar un valor casi constante —la tasa de fallos normales o fallos aleatorios—, que es la empleada en los análisis de riesgos y que se mantiene hasta el final de la vida útil del dispositivo.

II.2. Evaluación simplificada de la probabilidad de ocurrencia de fallos en equipos o de fuentes de peligro en el marco de los ESGRA

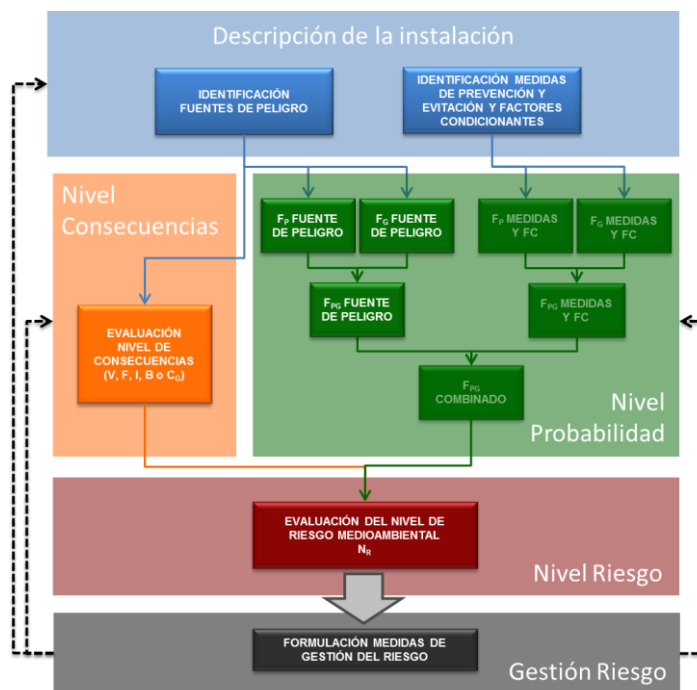


Figura 5. Flujograma de aplicación de los ESGRA: Evaluación del nivel de probabilidad de ocurrencia de fallos en equipos o fuentes de peligro (F_p - F_g - F_{pg}). Fuente: Elaboración propia.

Como se ha comentado anteriormente, en primer lugar el analista deberá identificar todos los equipos o fuentes de peligro que puedan llevar asociado un riesgo medioambiental para, a continuación evaluar la probabilidad.

En el ámbito del análisis de riesgos, se pueden identificar básicamente dos métodos para la asignación de probabilidades de ocurrencia de sucesos: el método cuantitativo y el semicuantitativo.

El *método cuantitativo de asignación de probabilidades* permite la modificación de las probabilidades de accidente por cambios en la gestión del riesgo (tipo de mantenimiento, por ejemplo), pero de forma muy restrictiva y no totalmente extendida al conjunto de equipos susceptibles de generar un accidente. El *Handbook on Failure Frequencies 2009* (Flemish Government, 2009), en sus páginas 10 y 11, propone una metodología para modificar las frecuencias de fallo cuantitativas que el mismo documento recoge. Sin embargo, dicha metodología, a tenor de la información proporcionada por esa misma fuente, no puede aplicarse, por falta de datos, a un número importante de equipos; de forma adicional, y de nuevo según la información proporcionada por esta fuente, ciertas actuaciones (como, por ejemplo, la formación de los trabajadores o la edad de los equipos) no se contempla como modificador de la probabilidad de fallo.

Por su parte, el *método semicuantitativo de asignación de probabilidades* permite de forma más sencilla, y generalmente mediante juicio experto, la inclusión de este tipo de medidas de

gestión del riesgo en el análisis y, por tanto, evaluar la influencia de las mismas en la probabilidad de ocurrencia de un suceso iniciador.

Aprovechando la simplicidad que han de tener los ESGRA frente a los Análisis de Riesgos Medioambientales y, por ello, el menor nivel de precisión que pueden tolerar, a continuación se propone una metodología que permite estimar un valor semicuantitativo de la probabilidad ajustada por la gestión del riesgo (F_{PG}), a partir de un factor de probabilidad (F_P) —construido sobre la probabilidad cuantitativa de accidente del elemento (disponible en la bibliografía, como el citado Flemish Government, 2009)— y de una evaluación posterior de la gestión del riesgo (F_G).

II.2.1. Definición del nivel de probabilidad de ocurrencia

En primer lugar, se realiza una evaluación del nivel de probabilidad de accidente transformando la probabilidad de fallo del equipo o dispositivo (depósito, tubería, manguera, etc.) a una escala semicuantitativa atendiendo a los criterios de la Tabla 1.

Existen distintas fuentes bibliográficas que informan sobre la probabilidad cuantitativa de fallo de distintos equipos (TNO, 1999; DGPCyE, 2004; HSE, 2003; Schüller, 2005; Flemish Government, 2009). Para los ESGRA, en los que se emplea el denominado nivel de probabilidad (agrupando en cada nivel distintos órdenes de magnitud de probabilidad de fallo), resulta generalmente poco determinante la fuente empleada, al existir entre las mismas pocas o ninguna diferencia en términos de órdenes de magnitud de la probabilidad de fallo.

En el marco de los ESGRA y de la metodología propuesta en la presente Guía, el operador puede recurrir a cualquiera de estas fuentes bibliográficas, a otras que hubiera disponibles o a su experiencia propia para, posteriormente, traducir dicha probabilidad de fallo al nivel de probabilidad correspondiente recurriendo a la Tabla 1.

CRITERIOS PARA LA EVALUACIÓN DEL NIVEL DE PROBABILIDAD	
Probabilidad (veces/año)	Factor de probabilidad (F_P)
$x \geq 1,00 \cdot 10^{-2}$	5
$1,00 \cdot 10^{-4} \leq x < 1,00 \cdot 10^{-2}$	4
$1,00 \cdot 10^{-6} \leq x < 1,00 \cdot 10^{-4}$	3
$1,00 \cdot 10^{-8} \leq x < 1,00 \cdot 10^{-6}$	2
$x < 1,00 \cdot 10^{-8}$	1

Tabla 1. Criterios para la evaluación del nivel de probabilidad: factor de probabilidad (F_P). Fuente: DETR (1999), en DGPCyE (2004)

II.2.2. Nivel de probabilidad de ocurrencia de distintos eventos en diferentes equipos o fuentes de peligro (F_P)

Con el fin de facilitar a los potenciales usuarios de esta Guía el empleo de la misma, en las páginas siguientes se recogen las probabilidades de fallo, sus fuentes y el correspondiente nivel de probabilidad para distintos equipos o dispositivos de presencia habitual en los sectores de actividad que se han considerado más comunes (ver Anexo I). La fuente que se ha empleado como base para la elaboración de estas tablas es el Handbook on Failure Frequencies 2009 (Flemish Government, 2009), la más reciente de las disponibles, añadiendo algunos equipos, dispositivos o acciones no cubiertas por esta fuente pero sí por otras y que se ha considerado que resultarían de interés para los potenciales usuarios de esta Guía.

La bibliografía consultada recoge distintos eventos (fugas de distintos tamaños, roturas, etc.) asociados a los diferentes equipos (tanques a presión y atmosféricos, recipientes móviles, tuberías aéreas y subterráneas, etc.).

En esta Guía se recoge la probabilidad de fallo de cada equipo traducida a nivel de probabilidad, atendiendo a los criterios de la Tabla 1. Para distintos dispositivos, la probabilidad de fallo depende de variables adicionales (número de tanques o recipientes, longitud y grosor de las tuberías, etc.). En esta Guía se muestran los niveles de probabilidad atendiendo a estas variables adicionales, dentro de unos parámetros que se han considerado como más habituales para cada uno de los dispositivos. En cualquier caso, en las tablas se muestra el procedimiento para estimar la probabilidad de fallo del equipo, por lo que el usuario de la Guía podrá estimar el nivel de probabilidad de su instalación respecto a estos dispositivos aunque los parámetros de los mismos no se encuentren entre los valores mostrados por la Guía; alternativamente, el usuario puede asignar un nivel de probabilidad superior en caso de que las características de su instalación no se ajusten a los parámetros indicados en las tablas⁷.

Para coordinar la evaluación de la probabilidad con la estimación de las consecuencias, se realizará, cuando proceda, la evaluación de la primera sumando los equipos que tengan las mismas características (tanques con el mismo volumen y sustancia en su interior, longitud de tuberías con el mismo grosor, caudal y sustancia que transportan, antigüedad de los distintos equipos, etc.).

La Figura 6 pretende ilustrar mediante un ejemplo práctico la coordinación entre probabilidad (fallo del equipo y medidas de gestión del riesgo) y consecuencias.

⁷ A modo de ejemplo: En el caso de que una instalación tuviese más de 3.124 tanques a presión, no podría calcular el factor de probabilidad conforme a la tabla correspondiente de la presente guía (en este caso, sería la Tabla 2), al no aparecer en ninguna de las categorías de la tabla. No obstante, el analista podría darle el nivel de probabilidad superior al de la categoría que llega a los 3.124 tanques, en este caso, consistiría en asignarla un factor de probabilidad de 5.

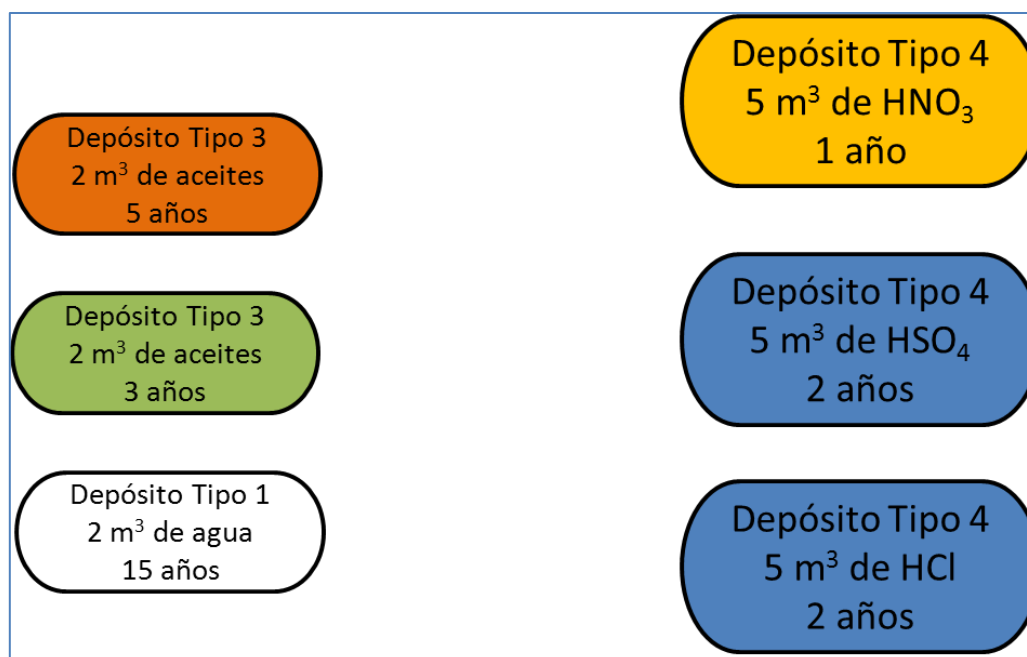


Figura 6. Ejemplo de identificación de equipos o fuentes de peligro. Fuente: Elaboración propia.

La evaluación simplificada de la probabilidad y de las consecuencias de esta supuesta instalación, que almacena ácidos (sustancias corrosivas), aceites y agua, se construiría a partir de los siguientes elementos:

- 1 depósito Tipo 3 de 2 m³ de aceites y cinco años de antigüedad.
- 1 depósito Tipo 3 de 2 m³ de aceites y tres años de antigüedad.
- 1 depósito Tipo 4 de 5 m³ de HNO₃ y un año de antigüedad.
- 2 depósitos Tipo 4 de 5 m³ de sustancias corrosivas (HSO₄ y HCl) y dos años de antigüedad. A la hora de calcular el factor de probabilidad de estos tanques, esta se calcularía tratándolos de forma conjunta, es decir, en la Tabla 2 se seleccionaría la categoría correspondiente a 2 tanques (en este caso, la primera categoría: menos de cuatro tanques).

Se han agrupado los dos depósitos de ácidos (HSO₄ y HCl) al tener iguales características (tipo de depósito, capacidad de los mismos, tipo de sustancia y antigüedad del equipo) y no se tiene en cuenta para el análisis el depósito de agua, al considerarse que su rotura no tendría repercusiones en términos de responsabilidad medioambiental.

Este ejemplo se ha construido a partir de únicamente cuatro características de los depósitos (tipo de depósito, capacidad, sustancia o tipo de sustancia y antigüedad del equipo). A la hora de aplicar la metodología que se propone en esta Guía, habrán de tenerse cuenta todas las características que intervengan en el análisis (por ejemplo, todos los indicadores de gestión del riesgo).

Por otra parte, los eventos que pueden afectar a cada equipo o dispositivo pueden ser de distinta naturaleza o grado —desde una fuga pequeña hasta la rotura completa del elemento, por ejemplo—. En esta Guía se muestran los niveles de probabilidad del suceso más grave que

puede sufrir un dispositivo (generalmente, rotura y/o vaciado completo en poco tiempo). Este criterio supone dotar al análisis de un enfoque conservador—siempre preferible en evaluaciones del riesgo— y no precisa de más información para la estimación de la cantidad de agente liberada —se supone que se libera todo el contenido del equipo—. No obstante, en el Anexo I se recogen otros eventos (fugas pequeñas, medianas y grandes), en caso de que el usuario de esta Guía necesite evaluar este tipo de sucesos; el nivel de ocurrencia de los mismos suele ser mayor (mayor probabilidad), aunque la cantidad de sustancia liberada, por el contrario, suele ser menor —de forma adicional, es necesario que, en estos casos, el analista estime la cantidad de sustancia que es liberada—.

II.2.2.1 Equipos de almacenamiento y/o de proceso de sustancias líquidas o gaseosas

En este grupo se incluyen distintos equipos cuya función es el almacén de sustancias líquidas o gaseosas o en los que se realiza algún proceso industrial (digestores, decantadores, intercambiadores de calor, etc.). En ambos casos, el fallo (ya sea fuga o rotura del dispositivo) dará como resultado la liberación, parcial o total, del contenido del mismo.

II.2.2.1.a Tanques a presión, de almacenamiento y de proceso

Como tanque a presión se entiende un recipiente móvil (para el transporte de sustancias peligrosas de categoría 2 de ADR) o fijo (diseñado para sobrepresiones de al menos 0,5 bares), incluyendo las conexiones de instrumentación y tuberías hasta la primera brida, siempre que la distancia hasta la misma sea inferior a 10 metros.

La Tabla 2 muestra los niveles de probabilidad para fugas completas en 10 minutos y rotura de tanques a presión —esto es, para eventos relacionados con éstos en los que se libera la totalidad del contenido de los mismos—. En el Anexo I se recogen los niveles de probabilidad de sucesos distintos (fuga pequeña, mediana y grande) relacionados con tanques a presión.

El usuario de la Guía deberá tener en cuenta los siguientes parámetros para conocer el nivel de probabilidad de su instalación respecto a la rotura de tanques a presión:

- Número de tanques a presión presentes en la instalación con características similares, atendiendo a los siguientes parámetros:
 - o Tipo de tanque: de almacenamiento o de proceso.
 - o Volumen de los tanques o volumen habitual de sustancia contenida en los tanques.
 - o Sustancia contenida en los tanques. Pueden agruparse distintas sustancias con similares características en términos de riesgo medioambiental. Tal y como ocurría en el ejemplo de la Figura 6, en el que los dos tanques de sustancias corrosivas se tratarían de forma conjunta al seleccionar la categoría correspondiente de la Tabla 2.
 - o Disposición de los tanques (aérea o subterránea).

II.2.2.1.b Recipientes móviles a presión

Como recipiente móvil a presión se entiende todo contenedor móvil de hasta 1.000 litros de capacidad diseñado para sobrepresiones de al menos 0,5 bares. Si su capacidad es inferior a 150 litros, se tratará como una bombona/garrafa; cuando su capacidad se encuentra comprendida entre 150 y 1.000 litros, será considerado como recipiente a presión.

La Tabla 3 muestra los niveles de probabilidad para rotura de recipientes móviles a presión —esto es, para eventos relacionados con éstos en los que se libera la totalidad del contenido de los mismos—. En el Anexo I se recogen los niveles de probabilidad de sucesos distintos (fuga pequeña, mediana y grande) relacionados con recipientes móviles a presión.

El usuario de la Guía deberá tener en cuenta los siguientes parámetros para conocer el nivel de probabilidad de su instalación respecto a la rotura de recipientes móviles a presión:

- Número de recipientes móviles a presión presentes en la instalación con características similares, atendiendo a los siguientes parámetros:
 - o Tipo de recipiente móvil a presión: bombona/garrafa o recipiente a presión, en función de su capacidad.
 - o Volumen de los recipientes o volumen habitual de sustancia contenida en los mismos.
 - o Sustancia contenida en los recipientes. Pueden agruparse distintas sustancias con similares características en términos de riesgo medioambiental.

NIVELES DE PROBABILIDAD PARA FUGAS COMPLETAS EN 10 MINUTOS O ROTURAS DE TANQUES A PRESIÓN					
Elemento de riesgo	Evento	Probabilidad	Unidades	Fuente	Factor de probabilidad (F _p)
Tanques a presión aéreos, no de proceso (menos de 4 tanques en la instalación)	Fuga completa en 10 minutos o rotura	3,2E-07	veces/tanque.año	Flemish Government (2009)	2
Tanques a presión aéreos, no de proceso (entre 4 y 312 tanques en la instalación)	Fuga completa en 10 minutos o rotura	3,2E-07	veces/tanque.año	Flemish Government (2009)	3
Tanques a presión subterráneos, no de proceso (menos de 10 tanques en la instalación)	Fuga completa en 10 minutos o rotura	1,0E-07	veces/tanque.año	Flemish Government (2009)	2
Tanques a presión subterráneos, no de proceso (entre 10 y 999 tanques en la instalación)	Fuga completa en 10 minutos o rotura	1,0E-07	veces/tanque.año	Flemish Government (2009)	3
Tanques de proceso a presión (hasta 31 tanques en la instalación)	Fuga completa en 10 minutos o rotura	3,2E-06	veces/tanque.año	Flemish Government (2009)	3
Tanques de proceso a presión (entre 32 y 3.124 tanques en la instalación)	Fuga completa en 10 minutos o rotura	3,2E-06	veces/tanque.año	Flemish Government (2009)	4

Nota: Entre los tanques a presión aéreos se incluyen los camiones y los vagones cisterna

Tabla 2. Niveles de probabilidad para fugas completas en 10 minutos o roturas de tanques a presión. Fuente: Elaboración propia a partir de Flemish Government (2009)

NIVELES DE PROBABILIDAD PARA ROTURA DE RECIPIENTES MÓVILES A PRESIÓN					
Elemento de riesgo	Evento	Probabilidad	Unidades	Fuente	Factor de probabilidad (F _p)
Bombona/garrafa (menos de 91 recipientes en la instalación)	Rotura	1,1E-06	veces/recipiente.año	Flemish Government (2009)	3
Bombona/garrafa (entre 91 y 9.090 recipientes en la instalación)	Rotura	1,1E-06	veces/recipiente.año	Flemish Government (2009)	4
Recipiente a presión (menos de 91 recipientes en la instalación)	Rotura	1,1E-06	veces/recipiente.año	Flemish Government (2009)	3
Recipiente a presión (entre 91 y 9.090 recipientes en la instalación)	Rotura	1,1E-06	veces/recipiente.año	Flemish Government (2009)	4

Tabla 3. Niveles de probabilidad para rotura de recipientes móviles a presión (de hasta 1.000 litros de capacidad). Fuente: Elaboración propia a partir de Flemish Government (2009)

II.2.2.1.c Tanques atmosféricos

Como tanque atmosférico se entiende un recipiente móvil (para el transporte de sustancias peligrosas que no sean de categoría 2 de ADR) o fijo (diseñado para sobrepresiones de 0,5 bares como máximo), incluyendo las conexiones de instrumentación y tuberías hasta la primera brida, siempre que la distancia hasta la misma sea inferior a 10 metros.

La Tabla 4 muestra los niveles de probabilidad para fugas completas en 10 minutos y rotura de tanques atmosféricos —esto es, para eventos relacionados con éstos en los que se libera la totalidad del contenido de los mismos—. En el Anexo I se recogen los niveles de probabilidad de sucesos distintos (fuga pequeña, mediana y grande) relacionados con tanques atmosféricos.

El usuario de la Guía deberá tener en cuenta los siguientes parámetros para conocer el nivel de probabilidad de su instalación respecto a la rotura de tanques atmosféricos:

- Número de tanques atmosféricos presentes en la instalación con características similares, atendiendo a los siguientes parámetros:
 - o Tipo de tanque:
 - De almacenamiento. Tipos 1, 2, 3 y 4 (ver Figura 7).
 - De proceso.
 - o En el caso de los tanques atmosféricos de almacenamiento, su disposición: aérea o subterránea.
 - o Volumen de los tanques o volumen habitual de sustancia contenida en los tanques.
 - o Sustancia contenida en los tanques. Pueden agruparse distintas sustancias con similares características en términos de riesgo medioambiental.

Por otra parte, en la Tabla 5 se recogen los niveles de probabilidad para incendios en tanques atmosféricos, que dependen del tipo de sustancia que contienen y, en concreto, de su punto de inflamabilidad.

En este caso, el usuario de la Guía ha de tener en cuenta los siguientes parámetros para conocer el nivel de probabilidad respecto a incendios de tanques atmosféricos:

- Número de tanques atmosféricos presentes en la instalación con características similares, atendiendo a los siguientes parámetros:
 - o Tipo de tanque (techo flotante, techo fijo sin manta de nitrógeno y techo fijo con manta de nitrógeno)
 - o Tipo de sustancia contenida, caracterizada según su punto de inflamabilidad:

- Líquido P1: líquido extremadamente inflamable (punto de inflamabilidad inferior a 21°C).
 - Líquido P2: líquido inflamable (punto de inflamabilidad entre 21 y 54°C).
 - Líquido P3: líquido poco inflamable (punto de inflamabilidad entre 55 y 99°C).
 - Líquido P4: líquido poco inflamable (punto de inflamabilidad entre 100 y 250°C).
- Volumen de los tanques o volumen habitual de sustancia contenida en los mismos.
 - Sustancia contenida en los tanques. Pueden agruparse distintas sustancias con similares características en términos de riesgo medioambiental.

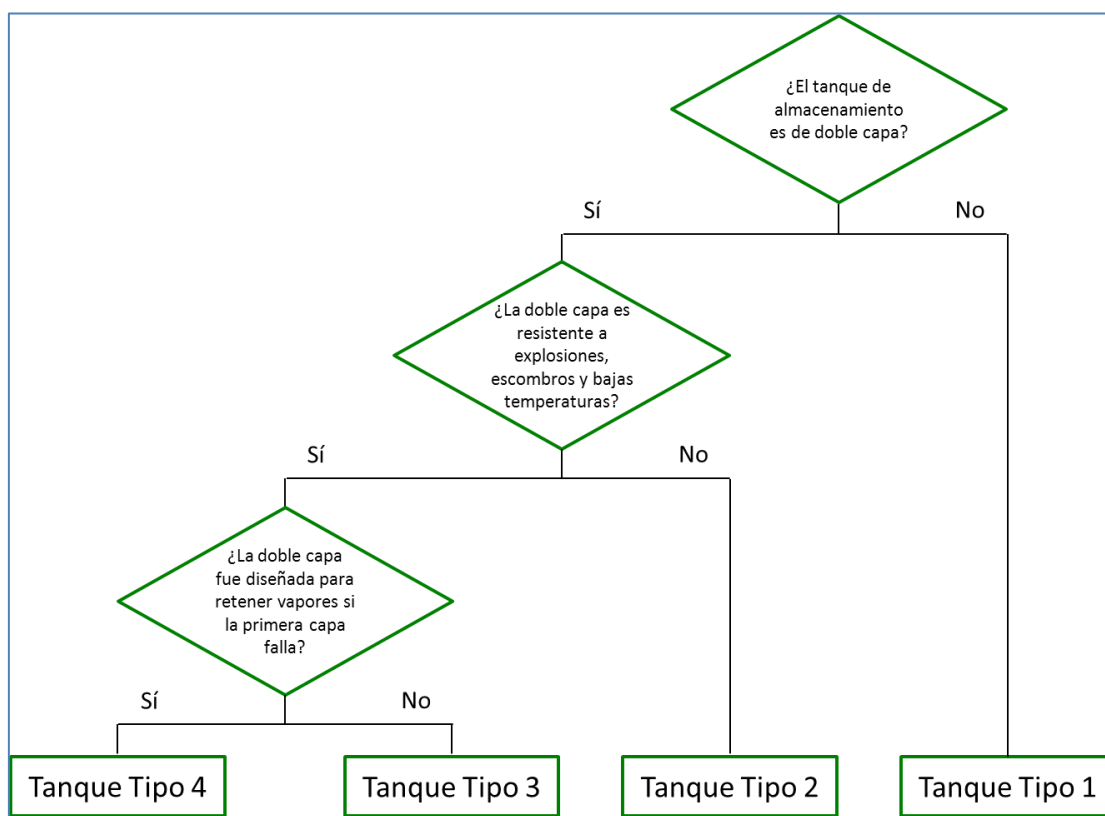


Figura 7. Definición del tipo de tanque atmosférico aéreo de almacenaje. Fuente: Elaboración propia a partir de Flemish Government (2009)

NIVELES DE PROBABILIDAD PARA FUGAS COMPLETAS EN 10 MINUTOS O ROTURAS DE TANQUES ATMOSFÉRICOS					
Elemento de riesgo	Evento	Probabilidad	Unidades	Fuente	Factor de probabilidad (F _P)
Tanques atmosféricos aéreos de almacenaje de una capa (Tipo 1) (menos de 20 tanques en la instalación)	Fuga completa en 10 minutos o rotura	5,0E-06	veces/tanque.año	Flemish Government (2009)	3
Tanques atmosféricos aéreos de almacenaje de una capa (Tipo 1) (entre 20 y 1.999 tanques en la instalación)	Fuga completa en 10 minutos o rotura	5,0E-06	veces/tanque.año	Flemish Government (2009)	4
Tanques atmosféricos aéreos de almacenaje de doble capa, no resistente a explosiones, escombros y bajas temperaturas (Tipo 2) (un solo tanque en la instalación)	Fuga completa en 10 minutos o rotura	5,0E-07	veces/tanque.año	Flemish Government (2009)	2
Tanques atmosféricos aéreos de almacenaje de doble capa, no resistente a explosiones, escombros y bajas temperaturas (Tipo 2) (entre 2 y 199 tanques en la instalación)	Fuga completa en 10 minutos o rotura	5,0E-07	veces/tanque.año	Flemish Government (2009)	3

NIVELES DE PROBABILIDAD PARA FUGAS COMPLETAS EN 10 MINUTOS O ROTURAS DE TANQUES ATMOSFÉRICOS (CONTINUACIÓN)					
Elemento de riesgo	Evento	Probabilidad	Unidades	Fuente	Factor de probabilidad (F _P)
Tanques atmosféricos aéreos de almacenaje de doble capa, resistente a explosiones, escombros y bajas temperaturas pero no diseñada para la retención de vapores (Tipo 3) (hasta 83 tanques en la instalación)	Fuga completa en 10 minutos o rotura	1,2E-08	veces/tanque.año	Flemish Government (2009)	2
Tanques atmosféricos aéreos de almacenaje de doble capa, resistente a explosiones, escombros y bajas temperaturas pero no diseñada para la retención de vapores (Tipo 3) (entre 84 y 8.333 tanques en la instalación)	Fuga completa en 10 minutos o rotura	1,2E-08	veces/tanque.año	Flemish Government (2009)	3
Tanques atmosféricos aéreos de almacenaje de doble capa, resistente a explosiones, escombros y bajas temperaturas y diseñada para la retención de vapores (Tipo 4) (menos de 100 tanques en la instalación)	Fuga completa en 10 minutos o rotura	1,0E-08	veces/tanque.año	Flemish Government (2009)	2

NIVELES DE PROBABILIDAD PARA FUGAS COMPLETAS EN 10 MINUTOS O ROTURAS DE TANQUES ATMOSFÉRICOS (CONTINUACIÓN)					
Elemento de riesgo	Evento	Probabilidad	Unidades	Fuente	Factor de probabilidad (F _P)
Tanques atmosféricos aéreos de almacenaje de doble capa, resistente a explosiones, escombros y bajas temperaturas y diseñada para la retención de vapores (Tipo 4) (entre 100 y 9.999 tanques en la instalación)	Fuga completa en 10 minutos o rotura	1,0E-08	veces/tanque.año	Flemish Government (2009)	3
Tanques atmosféricos subterráneos de almacenaje (menos de 100 tanques en la instalación)	Fuga completa en 10 minutos o rotura	1,0E-08	veces/tanque. año	Flemish Government (2009)	2
Tanques atmosféricos subterráneos (entre 100 y 9.999 tanques en la instalación)	Fuga completa en 10 minutos o rotura	1,0E-08	veces/tanque.año	Flemish Government (2009)	3
Tanques atmosféricos de proceso (un solo tanque en la instalación)	Fuga completa en 10 minutos o rotura	5,0E-05	veces/tanque.año	Flemish Government (2009)	3
Tanques atmosféricos de proceso (entre 2 y 181 tanques en la instalación)	Fuga completa en 10 minutos o rotura	5,0E-05	veces/tanque.año	Flemish Government (2009)	4

Tabla 4. Niveles de probabilidad para fugas completas en 10 minutos o roturas de tanques atmosféricos. Fuente: Elaboración propia a partir de Flemish Government (2009)

NIVELES DE PROBABILIDAD PARA INCENDIOS EN TANQUES ATMOSFÉRICOS					
Elemento de riesgo	Evento	Probabilidad	Unidades	Fuente	Factor de probabilidad (F _P)
Tanques atmosféricos con techo flotante externo que contienen líquidos altamente inflamables (P1) (punto de inflamabilidad menor a 21°C) (menos de 40 tanques en la instalación)	Incendio	2,5E-04	veces/tanque.año	Flemish Government (2009)	4
Tanques atmosféricos con techo flotante externo que contienen líquidos altamente inflamables (P1) (punto de inflamabilidad menor a 21°C) (40 tanques o más en la instalación)	Incendio	2,5E-04	veces/tanque.año	Flemish Government (2009)	5
Tanques atmosféricos con techo flotante externo que contienen líquidos inflamables (P2) (punto de inflamabilidad entre 21°C y 54°C) (un solo tanque en la instalación)	Incendio	7,6E-05	veces/tanque.año	Flemish Government (2009)	3

NIVELES DE PROBABILIDAD PARA INCENDIOS EN TANQUES ATMOSFÉRICOS (CONTINUACIÓN)					
Elemento de riesgo	Evento	Probabilidad	Unidades	Fuente	Factor de probabilidad (F _P)
Tanques atmosféricos con techo flotante externo que contienen líquidos inflamables (P2) (punto de inflamabilidad entre 21°C y 54°C) (entre 2 y 131 tanques en la instalación)	Incendio	7,6E-05	veces/tanque.año	Flemish Government (2009)	4
Tanques atmosféricos con techo flotante externo que contienen líquidos inflamables (P2) (punto de inflamabilidad entre 21°C y 54°C) (más de 131 tanques en la instalación)	Incendio	7,6E-05	veces/tanque.año	Flemish Government (2009)	5
Tanques atmosféricos con techo flotante externo que contienen líquidos poco inflamables (P3 y P4) (punto de inflamabilidad superior a 55°C) (menos de 5 tanques en la instalación)	Incendio	2,3E-05	veces/tanque.año	Flemish Government (2009)	3

NIVELES DE PROBABILIDAD PARA INCENDIOS EN TANQUES ATMOSFÉRICOS (CONTINUACIÓN)					
Elemento de riesgo	Evento	Probabilidad	Unidades	Fuente	Factor de probabilidad (F _P)
Tanques atmosféricos con techo flotante externo que contienen líquidos poco inflamables (P3 y P4) (punto de inflamabilidad superior a 55°C) (entre 5 y 434 tanques en la instalación)	Incendio	2,3E-05	veces/tanque.año	Flemish Government (2009)	4
Tanques atmosféricos con techo flotante externo que contienen líquidos poco inflamables (P3 y P4) (punto de inflamabilidad superior a 55°C) (más de 434 tanques en la instalación)	Incendio	2,3E-05	veces/tanque.año	Flemish Government (2009)	5
Tanques atmosféricos con techo fijo y sin capa de nitrógeno que contienen líquidos altamente inflamables (P1) (punto de inflamabilidad menor a 21°C) (menos de 15 tanques en la instalación)	Incendio	6,9E-04	veces/tanque.año	Flemish Government (2009)	4

NIVELES DE PROBABILIDAD PARA INCENDIOS EN TANQUES ATMOSFÉRICOS (CONTINUACIÓN)					
Elemento de riesgo	Evento	Probabilidad	Unidades	Fuente	Factor de probabilidad (F _P)
Tanques atmosféricos con techo fijo y sin capa de nitrógeno que contienen líquidos altamente inflamables (P1) (punto de inflamabilidad menor a 21°C) (15 tanques o más en la instalación)	Incendio	6,9E-04	veces/tanque.año	Flemish Government (2009)	5
Tanques atmosféricos con techo fijo y sin capa de nitrógeno que contienen líquidos inflamables (P2) (punto de inflamabilidad entre 21°C y 54°C) (menos de 48 tanques en la instalación)	Incendio	2,1E-04	veces/tanque.año	Flemish Government (2009)	4
Tanques atmosféricos con techo fijo y sin capa de nitrógeno que contienen líquidos inflamables (P2) (punto de inflamabilidad entre 21°C y 54°C) (48 tanques o más en la instalación)	Incendio	2,1E-04	veces/tanque.año	Flemish Government (2009)	5

NIVELES DE PROBABILIDAD PARA INCENDIOS EN TANQUES ATMOSFÉRICOS (CONTINUACIÓN)					
Elemento de riesgo	Evento	Probabilidad	Unidades	Fuente	Factor de probabilidad (F _P)
Tanques atmosféricos con techo fijo y sin capa de nitrógeno que contienen líquidos poco inflamables (P3 y P4) (punto de inflamabilidad superior a 55°C) (un solo tanque en la instalación)	Incendio	6,2E-05	veces/tanque.año	Flemish Government (2009)	3
Tanques atmosféricos con techo fijo y sin capa de nitrógeno que contienen líquidos poco inflamables (P3 y P4) (punto de inflamabilidad superior a 55°C) (entre 2 y 161 tanques en la instalación)	Incendio	6,2E-05	veces/tanque.año	Flemish Government (2009)	4
Tanques atmosféricos con techo fijo y sin capa de nitrógeno que contienen líquidos poco inflamables (P3 y P4) (punto de inflamabilidad superior a 55°C) (162 o más tanques en la instalación)	Incendio	6,2E-05	veces/tanque.año	Flemish Government (2009)	5

NIVELES DE PROBABILIDAD PARA INCENDIOS EN TANQUES ATMOSFÉRICOS (CONTINUACIÓN)					
Elemento de riesgo	Evento	Probabilidad	Unidades	Fuente	Factor de probabilidad (F _P)
Tanques atmosféricos con techo fijo y con capa de nitrógeno que contienen líquidos altamente inflamables (P1) (punto de inflamabilidad menor a 21°C) (menos de 40 tanques en la instalación)	Incendio	2,5E-04	veces/tanque.año	Flemish Government (2009)	4
Tanques atmosféricos con techo fijo y con capa de nitrógeno que contienen líquidos altamente inflamables (P1) (punto de inflamabilidad menor a 21°C) (40 tanques o más en la instalación)	Incendio	2,5E-04	veces/tanque.año	Flemish Government (2009)	5
Tanques atmosféricos con techo fijo y con capa de nitrógeno que contienen líquidos inflamables (P2) (punto de inflamabilidad entre 21°C y 54°C) (un solo tanque en la instalación)	Incendio	7,6E-05	veces/tanque.año	Flemish Government (2009)	3

NIVELES DE PROBABILIDAD PARA INCENDIOS EN TANQUES ATMOSFÉRICOS (CONTINUACIÓN)					
Elemento de riesgo	Evento	Probabilidad	Unidades	Fuente	Factor de probabilidad (F _P)
Tanques atmosféricos con techo fijo y con capa de nitrógeno que contienen líquidos inflamables (P2) (punto de inflamabilidad entre 21°C y 54°C) (entre 2 y 131 tanques en la instalación)	Incendio	7,6E-05	veces/tanque.año	Flemish Government (2009)	4
Tanques atmosféricos con techo fijo y con capa de nitrógeno que contienen líquidos inflamables (P2) (punto de inflamabilidad entre 21°C y 54°C) (132 tanques o más en la instalación)	Incendio	7,6E-05	veces/tanque.año	Flemish Government (2009)	5
Tanques atmosféricos con techo fijo y con capa de nitrógeno que contienen líquidos poco inflamables (P3 y P4) (punto de inflamabilidad superior a 55°C) (menos de 5 tanques en la instalación)	Incendio	2,3E-05	veces/tanque.año	Flemish Government (2009)	3

NIVELES DE PROBABILIDAD PARA INCENDIOS EN TANQUES ATMOSFÉRICOS (CONTINUACIÓN)					
Elemento de riesgo	Evento	Probabilidad	Unidades	Fuente	Factor de probabilidad (F _P)
Tanques atmosféricos con techo fijo y con capa de nitrógeno que contienen líquidos poco inflamables (P3 y P4) (punto de inflamabilidad superior a 55°C) (entre 5 y 434 tanques en la instalación)	Incendio	2,3E-05	veces/tanque.año	Flemish Government (2009)	4
Tanques atmosféricos con techo fijo y con capa de nitrógeno que contienen líquidos poco inflamables (P3 y P4) (punto de inflamabilidad superior a 55°C) (435 tanques o más en la instalación)	Incendio	2,3E-05	veces/tanque.año	Flemish Government (2009)	5

Tabla 5. Niveles de probabilidad para incendios en tanques atmosféricos. Fuente: Elaboración propia a partir de Flemish Government (2009)

II.2.2.1.d Intercambiadores de calor

El daño al medio ambiente derivado de una fuga o rotura de un intercambiador de calor deriva del vertido del fluido caloportador y su potencial efecto contaminante.

La Tabla 6 muestra los niveles de probabilidad para roturas de intercambiadores de calor —esto es, para eventos relacionados con éstos en los que se libera la totalidad del contenido de los mismos—. En el Anexo I se recogen los niveles de probabilidad de eventos distintos (fuga pequeña, mediana y grande) relacionados con estos equipos.

El usuario de la Guía deberá tener en cuenta los siguientes parámetros para conocer el nivel de probabilidad respecto sucesos relacionados con los intercambiadores de calor:

- Número de intercambiadores de calor presentes en la instalación con características similares, atendiendo a los siguientes parámetros:
 - o Tipo de intercambiador de calor:
 - De tubo.
 - Trabajo a presión inferior a 5 bares.
 - Trabajo a presión entre 5 y 8 bares.
 - Trabajo a presión superior a 8 bares.
 - De placas.
 - o Volumen de sustancia contenida en los intercambiadores de calor.
 - o Sustancia contenida en los intercambiadores de calor. Pueden agruparse distintas sustancias con similares características en términos de riesgo medioambiental.

NIVELES DE PROBABILIDAD PARA ROTURA DE INTERCAMBIADORES DE CALOR					
Elemento de riesgo	Evento	Probabilidad	Unidades	Fuente	Factor de probabilidad (F _P)
Intercambiadores de calor de tubo (menos de 8 intercambiadores en la instalación)	Rotura	1,3E-05	veces/intercambiador.año	Flemish Government (2009)	3
Intercambiadores de calor de tubo (entre 8 y 769 intercambiadores en la instalación)	Rotura	1,3E-05	veces/intercambiador.año	Flemish Government (2009)	4
Intercambiadores de calor de tubo (770 intercambiadores o más en la instalación)	Rotura	1,3E-05	veces/intercambiador.año	Flemish Government (2009)	5
Intercambiadores de calor de placas con presión de trabajo inferior a 5 bares (menos de 19 intercambiadores en la instalación)	Rotura	5,5E-06	veces/intercambiador.año	Flemish Government (2009)	3
Intercambiadores de calor de placas con presión de trabajo inferior a 5 bares (entre 19 y 1.818 intercambiadores en la instalación)	Rotura	5,5E-06	veces/intercambiador.año	Flemish Government (2009)	4

NIVELES DE PROBABILIDAD PARA ROTURA DE INTERCAMBIADORES DE CALOR (CONTINUACIÓN)					
Elemento de riesgo	Evento	Probabilidad	Unidades	Fuente	Factor de probabilidad (F _P)
Intercambiadores de calor de placas con presión de trabajo de entre 5 y 8 (menos de 13 intercambiadores en la instalación)	Rotura	8,3E-06	veces/intercambiador.año	Flemish Government (2009)	3
Intercambiadores de calor de placas con presión de trabajo de entre 5 y 8 (entre 13 y 1.204 intercambiadores en la instalación)	Rotura	8,3E-06	veces/intercambiador.año	Flemish Government (2009)	4
Intercambiadores de calor de placas con presión de trabajo superior a 8 bares (menos de 5 intercambiadores en la instalación)	Rotura	2,0E-05	veces/intercambiador.año	Flemish Government (2009)	3
Intercambiadores de calor de placas con presión de trabajo superior a 8 bares (entre 5 y 499 intercambiadores en la instalación)	Rotura	2,0E-05	veces/intercambiador.año	Flemish Government (2009)	4

Tabla 6. Niveles de probabilidad para rotura de intercambiadores de calor. Fuente: Elaboración propia a partir de Flemish Government (2009)

II.2.2.2 Equipos de transporte de sustancias líquidas o gaseosas

Los camiones y vagones cisterna y determinado tipo de barcos, que se emplean para el transporte de sustancias líquidas o gaseosas, son tratados como tanques a presión aéreos en las probabilidades expuestas por Flemish Government (2009) (ver Tabla 2).

Los equipos incluidos en este grupo se refieren a dispositivos que se encargan de transportar sustancias líquidas o gaseosas generalmente dentro de la instalación (bombas, tuberías, mangueras, etc.), ya sea a equipos propios de la misma o externos (manguera para la carga y descarga de camiones cisterna, por ejemplo).

II.2.2.2.a Bombas y compresores

Para el movimiento de líquidos y gases dentro de una instalación es común el uso de bombas y compresores, que impulsan a las sustancias líquidas o gaseosas empleadas en la instalación y permiten su transporte, a través de tuberías, entre distintos recipientes.

La Tabla 7 recoge los niveles de probabilidad asociados a distintos sucesos relacionados con las bombas y compresores, en función del tipo de dispositivo y del número de equipos de los que dispone la instalación. El usuario de la Guía deberá tener en cuenta los siguientes parámetros para evaluar este nivel de probabilidad:

- Número de bombas y compresores presentes en la instalación con características similares, atendiendo a los siguientes parámetros:
 - o Tipo de dispositivo:
 - Bomba centrífuga con juntas.
 - Bomba centrífuga sin juntas.
 - Otras bombas y compresores.
 - o Caudal movido por los dispositivos (para roturas) o caudal de la fuga.
 - o Tiempo de detección de la fuga o rotura.
 - o Sustancia movida por los dispositivos. Pueden agruparse distintas sustancias con similares características en términos de riesgo medioambiental.

La relevancia de un mal funcionamiento de estos equipos en términos de responsabilidad medioambiental dependerá de si del mismo se genera una liberación de un agente contaminante; si la rotura de la bomba o del compresor se limita a que dicho equipo no impulsa la sustancia líquida o gaseosa, pero no existe liberación de la misma, no tendrá relevancia en términos de responsabilidad medioambiental.

NIVELES DE PROBABILIDAD PARA DISTINTOS INCIDENTES RELACIONADOS CON BOMBAS Y COMPRESORES					
Elemento de riesgo	Evento	Probabilidad	Unidades	Fuente	Factor de probabilidad (F _P)
Bombas centrífugas con juntas (menos de 3 bombas en la instalación)	Fuga	4,4E-03	veces/bomba.año	Flemish Government (2009)	4
Bombas centrífugas con juntas (3 bombas o más en la instalación)	Fuga	4,4E-03	veces/bomba.año	Flemish Government (2009)	5
Bombas centrífugas sin juntas (menos de 100 bombas en la instalación)	Fuga	1,0E-04	veces/bomba.año	Flemish Government (2009)	4
Bombas centrífugas sin juntas (100 bombas o más en la instalación)	Fuga	1,0E-04	veces/bomba.año	Flemish Government (2009)	5
Compresores y otras bombas (menos de 3 bombas o compresores en la instalación)	Fuga	4,4E-03	veces/bomba.año	Flemish Government (2009)	4
Compresores y otras bombas (3 bombas o compresores o más en la instalación)	Fuga	4,4E-03	veces/bomba.año	Flemish Government (2009)	5

NIVELES DE PROBABILIDAD PARA DISTINTOS INCIDENTES RELACIONADOS CON BOMBAS Y COMPRESORES (CONTINUACIÓN)					
Elemento de riesgo	Evento	Probabilidad	Unidades	Fuente	Factor de probabilidad (F _P)
Compresores y otras bombas (menos de 100 bombas o compresores en la instalación)	Rotura	1,0E-04	veces/bomba.año	Flemish Government (2009)	4
Compresores y otras bombas (100 bombas o compresores o más en la instalación)	Rotura	1,0E-04	veces/bomba.año	Flemish Government (2009)	5

Tabla 7. Niveles de probabilidad para distintos incidentes relacionados con bombas y compresores. Fuente: Elaboración propia a partir de Flemish Government (2009)

II.2.2.2.b Tuberías aéreas

Las tuberías conectan dos recipientes, permitiendo el transporte de sustancias líquidas y gaseosas entre los mismos. Estos dispositivos pueden ser aéreos o subterráneos; en este primer apartado se analizarán las tuberías aéreas, es decir, aquellas que no se encuentran enterradas.

Según la bibliografía, la probabilidad de rotura de una tubería aérea dependerá del grosor de la misma (y, en concreto, de su diámetro interior) y de su longitud:

$$P = 2,2E-08 * L/D, \text{ donde:}$$

P = probabilidad de rotura de una tubería aérea.

L = longitud de la tubería.

D = diámetro interior de la tubería.

Con el fin de facilitar al usuario de esta Guía la evaluación del nivel de probabilidad de rotura de las tuberías aéreas, se ha procedido a tabular la misma en función de los dos parámetros anteriormente expuestos. La Figura 8 muestra esta tabulación para el caso de rotura de tubería aérea; en el Anexo I se recogen figuras similares para otros escenarios de fallos (fuga pequeña, mediana y grande) de tuberías aéreas.

En caso de que la instalación se encuentre en una zona de frontera entre distintos niveles de probabilidad (por ejemplo, que disponga de 30 metros de tubería de 675 mm de diámetro interno), el usuario podrá escoger entre adoptar el nivel de probabilidad más elevado (proporcionando al análisis un criterio conservador) o estimar la probabilidad mediante la ecuación anteriormente expuesta y traducirla posteriormente a nivel de probabilidad atendiendo a los criterios recogidos en la Tabla 1.

Para evaluar el nivel de probabilidad de fallo de una tubería aérea, el usuario de la Guía deberá tener en cuenta los siguientes parámetros:

- Longitud de las tuberías aéreas presentes en la instalación con características similares, atendiendo a los siguientes parámetros:
 - o Diámetro interior de la tubería (expresada en mm).
 - o Caudal transportado por la tubería.
 - o Tiempo de detección de la rotura.
 - o Sustancia que discurre por la tubería. Pueden agruparse distintas sustancias con similares características en términos de riesgo medioambiental.

Diámetro interior de la tubería (mm)

	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1.000	2.000	3.000	4.000	5.000	10.000	
Longitud de la tubería (m)	10	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	20	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	30	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	40	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	50	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2
	60	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2
	70	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2
	80	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2
	90	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2
	100	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2
	200	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2
	300	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2
	400	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2
	500	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	600	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	700	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	800	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	900	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	1.000	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	2.000	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
3.000	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
4.000	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	
5.000	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	
10.000	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	
20.000	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	

Figura 8. Niveles de probabilidad para rotura de tuberías aéreas. Fuente: Elaboración propia a partir de Flemish Government (2009)

II.2.2.2.c Tuberías subterráneas

En el caso de las tuberías subterráneas, la probabilidad de fallo (ya sea de fuga o de rotura) es función únicamente de su longitud.

La Tabla 8 muestra los niveles de probabilidad de rotura de una tubería subterránea en función de la longitud de la misma. En el Anexo I se recogen los niveles de probabilidad para otros escenarios de fallos (fuga pequeña, mediana y grande) de tuberías subterráneas.

El usuario de la Guía deberá tener en cuenta los siguientes parámetros para evaluar el nivel de probabilidad de fallo de una tubería subterránea:

- Longitud de las tuberías subterráneas presentes en la instalación con características similares, atendiendo a los siguientes parámetros:

- Caudal transportado por la tubería.
- Tiempo de detección de la rotura.
- Sustancia que discurre por la tubería. Pueden agruparse distintas sustancias con similares características en términos de riesgo medioambiental.

II.2.2.2.d Brazos o mangueras durante la carga o descarga de camiones y vagones cisterna y barcos

Para concluir con los equipos relacionados con el transporte de sustancias líquidas o gaseosas, se muestra a continuación la evaluación del nivel de probabilidad de una actividad muy común en muy distintos sectores: la carga y descarga, mediante brazos o mangueras, de sustancias líquidas o gaseosas desde camiones y vagones cisterna y barcos hasta un depósito de la instalación.

La Tabla 9 recoge estos niveles de probabilidad para un suceso definido como una rotura del dispositivo. La literatura ofrece probabilidades distintas según el tipo de dispositivo (brazo o manguera), así como una probabilidad de fallo diferenciada para el trasvase de Gas Licuado de Petróleo (GLP) mediante manguera. Estas probabilidades dependen del número de horas que dichas operaciones de carga y descarga desde camiones y vagones cisterna y barcos se realizan al cabo del año.

La evaluación del nivel de probabilidad de fallo de un brazo o manguera durante la operación de carga o descarga de una sustancia líquida o gaseosa por parte del usuario de esta Guía ha de tener en cuenta los siguientes parámetros:

- Número de horas al año que se dedican a la operación de carga y descarga con características similares atendiendo a los siguientes parámetros:
 - Caudal transportado por el brazo o manguera.
 - Tiempo de detección de la rotura.
 - Sustancia que discurre por el brazo o manguera. Pueden agruparse distintas sustancias con similares características en términos de riesgo medioambiental.

NIVELES DE PROBABILIDAD PARA ROTURAS EN TUBERÍAS SUBTERRÁNEAS					
Elemento de riesgo	Evento	Probabilidad	Unidades	Fuente	Factor de probabilidad (F _P)
Menos de 35,72 metros de longitud de tuberías subterráneas	Rotura	2,8E-08 * m	veces/metro tubería.año	Flemish Government (2009)	2
Entre 35,72 y 3.571 metros de longitud de tuberías subterráneas	Rotura	2,8E-08 * m	veces/metro tubería.año	Flemish Government (2009)	3
Entre 3.572 metros y 357 km de longitud de tuberías subterráneas	Rotura	2,8E-08 * m	veces/metro tubería.año	Flemish Government (2009)	4

Tabla 8. Niveles de probabilidad para roturas en tuberías subterráneas. Fuente: Elaboración propia a partir de Flemish Government (2009)

NIVELES DE PROBABILIDAD PARA ROTURA DE BRAZO O MANGUERA DURANTE LA CARGA Y DESCARGA DE CAMIONES CISTERNA, VAGONES CISTERNA Y BARCOS					
Elemento de riesgo	Evento	Probabilidad	Unidades	Fuente	Factor de probabilidad (F _P)
Carga y descarga mediante brazos durante menos de 34 horas al año	Rotura	3,0E-08 * h	veces/hora	Flemish Government (2009)	2
Carga y descarga mediante brazos entre 34 y 3.333 horas al año	Rotura	3,0E-08 * h	veces/hora	Flemish Government (2009)	3
Carga y descarga mediante brazos durante más de 3.333 horas al año	Rotura	3,0E-08 * h	veces/hora	Flemish Government (2009)	4
Carga y descarga mediante manguera durante menos de 25 horas al año	Rotura	4,0E-06 * h	veces/hora	Flemish Government (2009)	3
Carga y descarga mediante manguera entre 25 y 2.499 horas al año	Rotura	4,0E-06 * h	veces/hora	Flemish Government (2009)	4
Carga y descarga mediante manguera durante 2.500 horas o más al año	Rotura	4,0E-06 * h	veces/hora	Flemish Government (2009)	5

NIVELES DE PROBABILIDAD PARA ROTURA DE BRAZO O MANGUERA DURANTE LA CARGA Y DESCARGA DE CAMIONES CISTERNA, VAGONES CISTERNA Y BARCOS (CONTINUACIÓN)					
Elemento de riesgo	Evento	Probabilidad	Unidades	Fuente	Factor de probabilidad (F _P)
Carga y descarga de GLP mediante manguera durante menos de 2 horas al año	Rotura	5,4E-07 * h	veces/hora	Flemish Government (2009)	2
Carga y descarga de GLP mediante manguera entre 2 y 185 horas al año	Rotura	5,4E-07 * h	veces/hora	Flemish Government (2009)	3
Carga y descarga de GLP mediante manguera durante más de 185 horas al año	Rotura	5,4E-07 * h	veces/hora	Flemish Government (2009)	4

Tabla 9. Niveles de probabilidad para rotura de brazo o manguera durante la carga y descarga de camiones cisterna, vagones cisterna y barcos. Fuente: Elaboración propia a partir de Flemish Government (2009)

II.2.2.3 Almacenamiento

En el apartado relativo a equipos de almacenamiento y/o de proceso de sustancias líquidas o gaseosas se han recogido algunos sucesos asociados al almacenamiento, desde el momento en el que dicho almacenamiento puede realizarse en tanques (generalmente atmosféricos) o en recipientes móviles a presión, por ejemplo.

En el presente apartado se incluyen algunos sucesos adicionales relativos a la actividad de almacenamiento, que complementan a las anteriores. En concreto, se muestra la probabilidad de ocurrencia, y el correspondiente nivel de probabilidad, de eventos vinculados con la actividad del almacén (rotura de embalajes durante las operaciones que se realizan en un almacén).

La Tabla 10 recoge la probabilidad de fallo asociada a actividades relacionadas con la operación de un almacén, que se manifiestan en la rotura de las unidades de embalaje. Únicamente en el caso de que dicha rotura pudiera tener repercusiones ambientales en los términos definidos por la normativa de responsabilidad medioambiental habría de tenerse en cuenta este tipo de sucesos en el marco de los ESGRA.

II.2.2.4 Intervención humana durante operación normal

A pesar de la creciente automatización de los procesos industriales, la intervención humana sigue jugando un papel en los mismos que varía en función de dicha automatización pero que, en circunstancias anormales —como la aparición de un suceso con potencial de generar un daño medioambiental— suele o puede tener un papel relevante.

La bibliografía publica algunas tasas de fallo para casos de intervención humana, recogidas en la Tabla 11. Estas tasas de fallo, con sus correspondientes niveles de probabilidad atendiendo a la Tabla 1, permiten incluir en el análisis la intervención humana y sus posibles fallos, en este caso en situaciones de operación normal (es decir, cuando la intervención humana no se realice en situaciones de emergencia y actúe, por tanto, como medida preventiva, de evitación de nuevos daños o como factor condicionante) —por ejemplo, una mala operación a la hora de acoplar la manguera a la boca de un depósito antes de la fase de carga o descarga—.

NIVELES DE PROBABILIDAD PARA UNIDADES DE EMBALAJE					
Elemento de riesgo	Evento	Probabilidad	Unidades	Fuente	Factor de probabilidad (F _P)
Almacenamiento y gestión (menos de 4 unidades almacenadas al año)	Rotura de una unidad de embalaje	2,5E-05	veces/unidad.año	Flemish Government (2009)	3
Almacenamiento y gestión (entre 4 y 399 unidades almacenadas al año)	Rotura de una unidad de embalaje	2,5E-05	veces/unidad.año	Flemish Government (2009)	4
Almacenamiento y gestión (400 unidades almacenadas o más al año)	Rotura de una unidad de embalaje	2,5E-05	veces/unidad.año	Flemish Government (2009)	5
Gestión (menos de 40 unidades manejadas al año)	Rotura de todas las unidades de embalaje de un palé	2,5E-06	veces/unidad.año	Flemish Government (2009)	3
Gestión (entre 40 y 3.999 unidades manejadas al año)	Rotura de todas las unidades de embalaje de un palé	2,5E-06	veces/unidad.año	Flemish Government (2009)	4
Gestión (4.000 unidades manejadas o más al año)	Rotura de todas las unidades de embalaje de un palé	2,5E-06	veces/unidad.año	Flemish Government (2009)	5

Tabla 10. Niveles de probabilidad para unidades de embalaje. Fuente: Elaboración propia a partir de Flemish Government (2009)

NIVELES DE PROBABILIDAD DE FALLO PARA INTERVENCIÓN HUMANA DURANTE OPERACIÓN NORMAL					
Elemento de riesgo	Evento	Probabilidad	Unidades	Fuente	Factor de probabilidad (F _P)
Omisión o ejecución incorrecta de un paso en una rutina de inicio	Fallo	1,0E-03	veces/demanda	Schüller (2005)	3
Cambiar o restaurar un sistema al estado original en un único intento sin supervisión ni procedimiento	Fallo	2,6E-01	veces/demanda	Schüller (2005)	5
Tarea simple realizada rápidamente y con escasa atención	Fallo	9,0E-02	veces/demanda	Schüller (2005)	4
Cambiar o restaurar un sistema al estado original siguiendo un procedimiento y con algunas comprobaciones	Fallo	3,0E-03	veces/demanda	Schüller (2005)	3
Otras tareas no incluidas con anterioridad	Fallo	3,0E-02	veces/demanda	Schüller (2005)	4

Tabla 11. Niveles de probabilidad de fallo para intervención humana durante operación normal. Fuente: Elaboración propia a partir de Schüller (2005)

II.2.2.5 Otros equipos y eventos

Por último, en este apartado se incluyen sucesos que tienen un carácter genérico o cuya inclusión en algunas de las categorías de equipos o eventos anteriormente tenidos en cuenta resulta complicada (cortocircuito, fallo de la instrumentación, etc.).

La Tabla 12 recoge la probabilidad y el nivel de probabilidad de este conjunto variado de equipos o eventos no contemplados en páginas anteriores y que amplían la cobertura ofrecida por la presente Guía respecto a los sucesos más comunes en el mayor número posible de actividades económicas susceptibles de generar un daño medioambiental.

Como se ha comentado anteriormente, el usuario puede considerar tasas de fallo distintas (o de distintos elementos) para evaluar de forma simplificada su riesgo en el marco de los ESGRA, traduciendo la probabilidad de fallo a nivel de probabilidad empleando para ello la Tabla 1.

NIVELES DE PROBABILIDAD PARA OTRAS SITUACIONES O ELEMENTOS					
Elemento de riesgo	Evento	Probabilidad	Unidades	Fuente	Factor de probabilidad (F _P)
Impacto de vehículos	Colisión de un vehículo pesado sobre el soporte	1,0E-08	veces/año	DGPCyE (2004)	2
Interruptores (instrumentación) (funcionando menos de 17 horas al año)	No funciona el interruptor	5,9E-08 * h	veces/año	Schüller (2005)	2
Interruptores (instrumentación) (funcionando entre 17 y 1.694 horas al año)	No funciona el interruptor	5,9E-08 * h	veces/año	Schüller (2005)	3
Interruptores (instrumentación) (funcionando 1.695 o más horas al año)	No funciona el interruptor	5,9E-08 * h	veces/año	Schüller (2005)	4
Interruptores (instrumentación) (funcionando menos de 2 horas al año)	El interruptor funciona incorrectamente	7,2E-07 * h	veces/año	Schüller (2005)	2
Interruptores (instrumentación) (funcionando entre 2 y 138 horas al año)	El interruptor funciona incorrectamente	7,2E-07 * h	veces/año	Schüller (2005)	3

NIVELES DE PROBABILIDAD PARA OTRAS SITUACIONES O ELEMENTOS (CONTINUACIÓN)					
Elemento de riesgo	Evento	Probabilidad	Unidades	Fuente	Factor de probabilidad (F _P)
Interruptores (instrumentación) (funcionando 139 horas o más al año)	El interruptor funciona incorrectamente	7,2E-07 * h	veces/año	Schüller (2005)	4
Instalación eléctrica (funcionando menos de 4 horas al año)	Fallo del fusible - Cortocircuito	2,8E-09 * h	veces/año	Schüller (2005)	1
Instalación eléctrica (funcionando entre 4 horas 357 horas al año)	Fallo del fusible - Cortocircuito	2,8E-09 * h	veces/año	Schüller (2005)	2
Instalación eléctrica (funcionando más de 357 horas al año)	Fallo del fusible - Cortocircuito	2,8E-09 * h	veces/año	Schüller (2005)	3

Tabla 12. Niveles de probabilidad de otras situaciones o elementos. Fuente: Elaboración propia a partir de DGPCyE (2004) y Schüller (2005)

II.2.3. Evaluación simplificada de la gestión del riesgo (F_G) de distintos eventos en diferentes equipos o fuentes de peligro

La siguiente fase consiste en evaluar la gestión del riesgo que se realiza del equipo o fuente de peligro, de nuevo mediante una escala semicuantitativa. Para ello, se procede de forma similar a cómo se realiza una evaluación de la probabilidad según el método semicuantitativo de asignación de probabilidades:

1. Se identifican las **causas** que pueden generar el **suceso iniciador**. Esta asociación se realizará, al menos, de forma implícita en el análisis. Por ejemplo, un derrame de una sustancia contaminante desde un depósito puede tener su origen en la ausencia de revisiones y controles de los equipos, en el desgaste/corrosión de los mismos, en un error humano o, simplemente, en un fallo del equipo.
2. Cada una de las causas tiene asociados unos **indicadores de probabilidad**, que, en su conjunto, definen las condiciones de operación y mantenimiento del equipo. La valoración de cada uno de estos indicadores de probabilidad atendiendo a la escala semicuantitativa de la Tabla 13, y el cálculo posterior de la media de todos estos indicadores de probabilidad, proporcionará al analista una evaluación de la gestión del riesgo del equipo respecto a la causa de fallo examinada.

Por ejemplo, el desgaste/corrosión de un depósito puede deberse a (1) la antigüedad del equipo y a (2) la frecuencia con la que se opera con el depósito. Suponiendo que el depósito se encuentre cerca del tiempo de vida útil pero sin llegar a superarlo (nivel adecuado, 3) y que dicho elemento opera un elevado número de veces al año (nivel ausente, 5), la gestión del riesgo de este elemento respecto a su desgaste/corrosión es de 4 $[(3+5)/2]$.

CRITERIOS PARA LA EVALUACIÓN DE LA GESTIÓN DEL RIESGO	
Gestión del riesgo	Factor de gestión del riesgo (F_G)
Óptimo	1
Adecuado	3
Inadecuado	4
Ausente	5

Tabla 13. Criterios para la evaluación de la gestión del riesgo (F_G). Fuente: Elaboración propia

El usuario de la Guía puede valorar de forma cualitativa el estado del equipo o fuente de peligro respecto al indicador según la citada escala y atendiendo a su experiencia, recurrir a las escalas que, para cada indicador, se recogen en el Anexo II o, incluso, definir unas escalas propias.

II.2.3.1 La gestión del riesgo de los distintos equipos o fuentes de peligro

Las medidas de gestión del riesgo, definidas en la presente Guía como aquellas que se ejecutan o implementan durante la operación normal de la actividad, pueden aparecer como características del equipo o de la fuente de peligro (antigüedad, experiencia y formación de los empleados, etc.) o como acciones independientes pero que influyen en la probabilidad de fallo del equipo o de la fuente de peligro (carteles, etiquetas y señalización, iluminación, etc.).

El Cuadro 3 recoge un catálogo de indicadores de gestión del riesgo, indicándose en el mismo con una "X" aquellos equipos o fuentes de peligro donde aplica cada uno de ellos. Este cuadro sintetiza la identificación de causas, asignando a cada equipo o fuente de peligro sus correspondientes indicadores de probabilidad (o indicadores de gestión del riesgo).

Indicadores de gestión del riesgo atribuibles a los diferentes equipos o fuentes de peligro													
	Equipos o fuentes de peligro												
	Tanques a presión	Recipientes móviles a presión	Tanques atmosféricos	Intercambiadores de calor	Bombas y compresores	Tuberías aéreas	Tuberías subterráneas	Brazos y mangueras	Operación de almacén	Intervención humana	Impacto de vehículo	Instrumentación	Instalación eléctrica
Antigüedad del equipo	x	x	x	x	x	x	x	x				x	x
Automatización de los procesos	x		x	x	x	x	x	x	x	x		x	x
Carteles, etiquetas y señalización										x	x		
Control del nivel de los depósitos	x	x	x	x									
Protección o cubierta del equipo frente a la intemperie	x	x	x	x	x	x		x			x	x	x
Existencia de un plan actualizado de prevención de accidentes medioambientales	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Experiencia de los empleados									x	x	x		
Formación de los empleados									x	x	x		
Frecuencia de las revisiones	x	x	x	x	x	x		x				x	x
Iluminación									x	x	x		
Control de las condiciones de almacenamiento	x	x	x						x				
Planes de inspección y tipo de mantenimiento	x	x	x	x	x	x	x	x				x	x
Procedimiento y control de admisión de sustancias	x		x					x	x	x			
Procedimiento de operación con supervisión y registro	x	x	x					x	x	x			
Protección del equipo frente a impactos	x	x	x	x	x	x		x				x	
Estanqueidad del equipo	x	x	x	x	x	x	x	x				x	x
Protección de los equipos subterráneos	x		x		x		x						x
Protección y tratamiento del equipo frente a la corrosión	x	x	x	x	x	x	x	x				x	x
Superficie pavimentada y estado del pavimento	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x		
Procedimiento de puesta en funcionamiento de nuevos equipos	x		x	x	x	x	x	x				x	x
Mejoras sobre la normativa existente	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Dimensionamiento adecuado	x		x	x	x	x	x	x		x	x	x	x
Frecuencia de utilización de los equipos	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x		

Cuadro 3. Propuesta de indicadores de gestión del riesgo atribuibles a los distintos equipos o fuentes de peligro. Fuente: Elaboración propia

La correspondencia entre indicadores de gestión del riesgo y equipos o fuentes de peligro que se realiza en el Cuadro 3 ha de considerarse como una propuesta; el analista puede, en base a su experiencia o a las condiciones de su instalación o equipos, eliminar algún indicador por considerar que no tiene incidencia en la probabilidad de fallo de determinado equipo o fuente de peligro o, por el contrario, incluir algún indicador adicional no incluido en el Cuadro 3 —por ejemplo, los tanques a presión, los tanques atmosféricos, las bombas y compresores y la instalación eléctrica tienen asociado en el Cuadro 3 la protección de los equipos subterráneos; este indicador habrá de tenerse en cuenta únicamente cuando estos equipos se encuentren bajo tierra—.

Cada uno de estos indicadores ha de valorarse para cada equipo o fuente de peligro al que se apliquen, según los criterios recogidos en la Tabla 13 (óptimo, adecuado, inadecuado o ausente).

El Cuadro 4 muestra un ejemplo de valoración de la gestión del riesgo de una fuente de peligro: impacto de vehículo. El ejemplo hace referencia a una instalación logística ficticia, donde existe un movimiento continuo de vehículos para la gestión de las mercancías que entran y salen en la planta y que se transportan dentro de la misma. Un impacto de un vehículo, ya sea con otro o con los depósitos o embalajes que transportan, podría generar una situación de vertido o de vertido e incendio susceptible de generar un daño medioambiental.

En el propio Cuadro 4 se recoge una descripción de la situación de la instalación respecto a cada indicador. La valoración del factor de gestión del riesgo (F_G) se ha realizado en este caso de forma cualitativa, sin tener en cuenta las escalas propuestas en el Anexo II.

Esta instalación ficticia tiene una gestión del riesgo respecto a la fuente de peligro de impacto de vehículo de 3,10, que resulta del cálculo del promedio (media aritmética) del factor de gestión del riesgo (F_G) del conjunto de indicadores.

La situación de la planta permite mejorar la gestión del riesgo que se realiza en la misma respecto a esta fuente de peligro de la siguiente forma:

- Elaborar un plan de prevención de riesgos medioambientales. $F_G = 1$.
- Mejorar al máximo la formación de los empleados. $F_G = 1$.
- Mejorar la iluminación de determinadas zonas para asegurar una correcta visibilidad en circunstancias de visibilidad reducida (niebla, lluvia, etc.). $F_G = 3$.
- Pavimentar toda la superficie de la instalación, impidiendo que un vertido pueda llegar al suelo. $F_G = 1$.

EJEMPLO DE VALORACIÓN SEMICUANTITATIVA DE LA GESTIÓN DEL RIESGO DE UNA FUENTE DE PELIGRO: IMPACTO DE VEHÍCULO			
Indicador de gestión del riesgo	Descripción	Factor de gestión del riesgo (F_G)	Factor de gestión del riesgo (F_G)
		Antes	Después
Carteles, etiquetas y señalización	Correcta señalización de viales en la planta para el desplazamiento de los vehículos	3	3
Protección o cubierta del equipo frente a la intemperie	Los viales por donde discurren los vehículos están a la intemperie. No se contempla su cubierta debido a su extensión	3	3
Existencia de un plan actualizado de prevención de accidentes medioambientales	La planta no dispone de un plan de prevención de accidentes medioambientales	5	1
Experiencia de los empleados	Los empleados de la planta tienen mucha experiencia en el manejo de los vehículos que utilizan	1	1
Formación de los empleados	La formación de los empleados es adecuada	3	1
Iluminación	La planta opera durante las horas de luz del día. No dispone de iluminación adicional, al no considerarse necesaria	4	3
Superficie pavimentada y estado del pavimento	Los viales se encuentran pavimentados y en perfecto estado. Ciertas zonas alrededor de los viales no están pavimentadas	3	1
Mejoras sobre la normativa existente	Se cumple la normativa existente, sin mejoras sobre la misma	3	3
Dimensionamiento adecuado	La planta dispone de mucho espacio para el desplazamiento de los vehículos. No existen problemas de saturación o congestión	1	1
Frecuencia de utilización de los equipos	En la planta, la circulación de vehículos es continua durante las horas de trabajo	5	5
Gestión del riesgo del equipo o de la fuente de peligro		3,10	2,20

Cuadro 4. Ejemplo de valoración semicuantitativa de la gestión del riesgo de una fuente de peligro: impacto de vehículo. Fuente: Elaboración propia

En el caso de que se realicen estas mejoras, el factor de gestión del riesgo de la fuente de peligro descrita como impacto de un vehículo se reduciría hasta alcanzar un valor de 2,20, mejorándose de esta forma el riesgo de la instalación respecto a esta fuente de peligro.

II.2.4. Nivel de probabilidad ajustado por gestión del riesgo (F_{PG}) de distintos eventos en diferentes equipos o fuentes de peligro

Finalmente, el nivel de probabilidad asociado específicamente a cada fuente de peligro (factor de probabilidad, F_P) y la gestión del riesgo (factor de gestión del riesgo, F_G), se representan en un diagrama como el de la Figura 9, obteniéndose de esta forma un valor del factor de probabilidad ajustado por gestión del riesgo (F_{PG}).

Este factor de probabilidad ajustado por gestión del riesgo (F_{PG}) será el parámetro utilizado, desde la vertiente de la probabilidad, para la evaluación del riesgo de que determinado elemento (equipo, dispositivo, actuación, etc.) tenga un funcionamiento anómalo y, por tanto, genere —según la terminología empleada en la Ley de Responsabilidad Medioambiental— una situación de amenaza inminente de daño.

De forma adicional, esta metodología permite conocer cómo cambiaría F_{PG} si el operador, por ejemplo, cambia el tipo de equipo (modificación de F_P) y/o, alternativamente o de forma adicional, realiza cambios en la gestión del riesgo (modificación de F_G).

Como se desarrollará en páginas posteriores, esta metodología resulta válida para la evaluación de la probabilidad tanto de los sucesos iniciadores como de los equipos que han de considerarse como medidas de prevención y/o de evitación de nuevos daños, que actúan como factores condicionantes en los árboles de sucesos.

La aplicabilidad de esta metodología pasa por la selección exhaustiva —aunque simplificada— de indicadores de probabilidad aplicables a cada elemento y de la confirmación de que el diagrama de la Figura 9 expresa una sensibilidad adecuada respecto a las medidas de gestión que el operador implemente.

Siendo la presente Guía un instrumento voluntario para que determinados operadores puedan mejorar la gestión del riesgo de su actividad, el analista podrá modificar la sensibilidad del diagrama recogido en la Figura 9 en función de su experiencia sobre la instalación o actividad.

Dicho diagrama permite identificar qué fuentes de peligro, equipos, medidas y/o factores condicionantes, para cada suceso iniciador, presentan un F_{PG} mayor, que será sobre los que deberá actuar de forma prioritaria para así disminuir el riesgo de la instalación.

A título indicativo, se podría recomendar actuar sobre aquellas que presenten un F_{PG} igual o superior a 7 de forma prioritaria, sin perjuicio de que puedan seleccionarse para una actuación prioritaria otros con F_{PG} más bajo.

Asimismo, recalcar que deben tenerse en cuenta todas fuentes de peligro, equipos, medidas y/o factores condicionantes, para cada suceso iniciador, y en su caso, actuarse sobre ellas para una mejor gestión medioambiental de cualquier instalación.

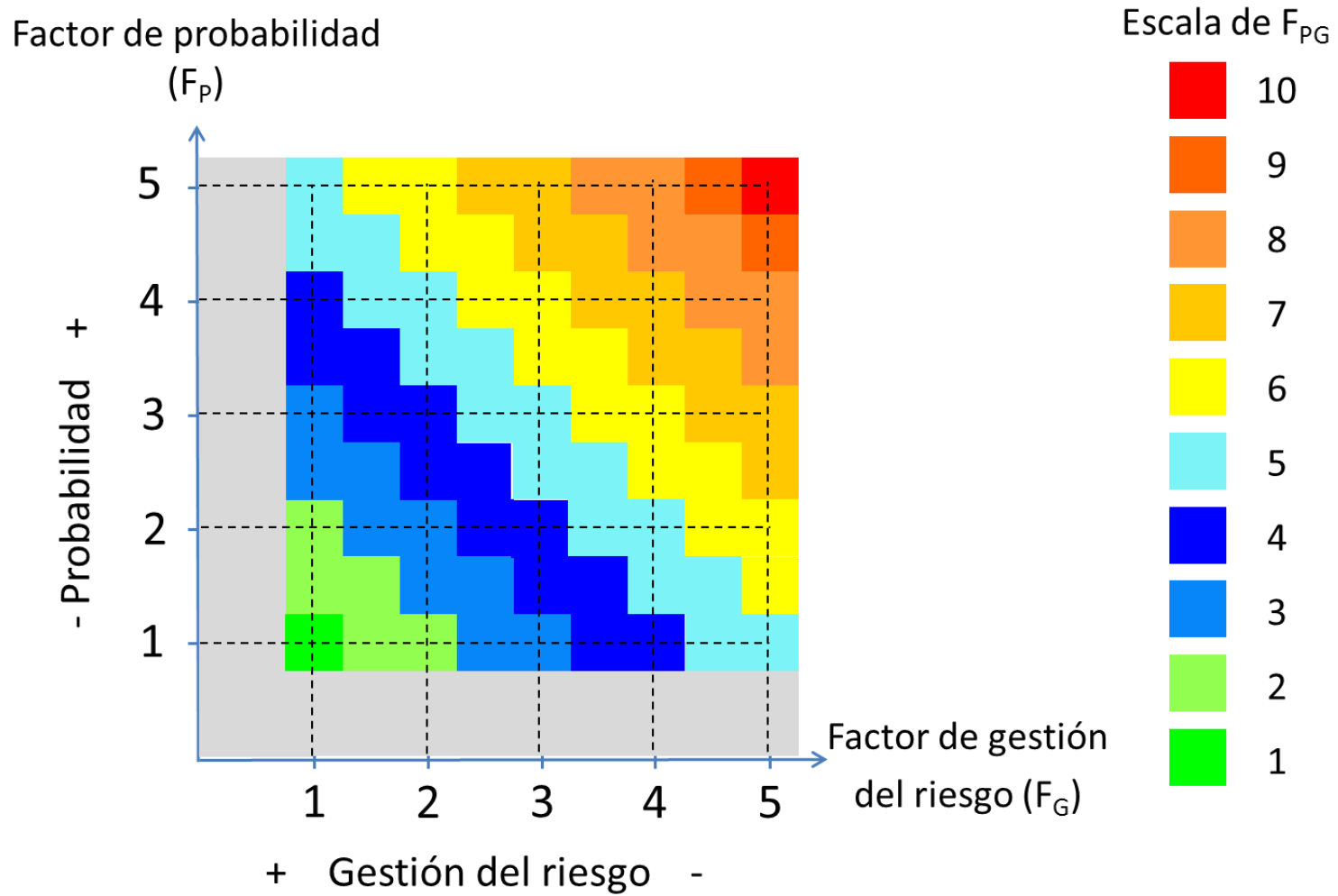


Figura 9. Diagrama para la evaluación del factor de probabilidad ajustado por gestión del riesgo (F_{PG}). Fuente: Elaboración propia

Ejemplo ilustrativo del procedimiento para hallar el nivel de probabilidad ajustado por gestión del riesgo (F_{PG}) para una fuente de peligro concreta: Impacto de vehículo.

Para ilustrar el presente ejemplo se han tomado como base los datos de los factores de probabilidad y gestión del riesgo (F_P y F_G) ofrecidos en páginas previas para la fuente de peligro *Impacto de vehículo* en una hipotética instalación.

En la Tabla 14 se exponen, junto a los valores finales de F_{PG} , los valores de F_P y F_G de partida, así como las tablas y cuadros de los que provienen. Es interesante resaltar que, como se puede observar, F_G presenta dos valores (F_G y F_G'), procedentes del ejemplo incluido en el punto II.2.3.1, que muestra la influencia de las medidas de gestión del riesgo sobre dicho factor, presentando un valor previo (F_G) y otro posterior a su aplicación (F_G'). De esta forma, en este ejemplo también se muestra cómo pueden afectar estas medidas sobre el factor F_{PG} .

Una vez se tienen definidos los factores F_P y F_G para una fuente de peligro/equipo, el siguiente paso es acudir a la Figura 9 y realizar el cruce para hallar el factor de probabilidad combinado F_{PG} . En la Figura 10 se muestran los cruces de F_{PG} para la fuente de peligro *impacto de vehículo* antes y después de aplicar las medidas de gestión del riesgo expuestas en el Cuadro 4.

Se comprueba que, el factor de probabilidad ajustado por gestión del riesgo, disminuye de 4 a 3 sobre 10 tras aplicar las medidas de gestión del riesgo. Esto muestra la relación directa entre la aplicación de estas medidas y la disminución de la probabilidad de ocurrencia de los eventos accidentales para las fuentes de peligro.

EJEMPLO DE FACTOR DE PROBABILIDAD AJUSTADO POR GESTIÓN DEL RIESGO (F_{PG}) PARA LA FUENTE DE PELIGRO: IMPACTO DE VEHÍCULO			
Factor	Descripción	Tabla de referencia en la guía	Valor
F_P	Factor de probabilidad de ocurrencia de la fuente de peligro <i>Impacto de vehículo</i>	Tabla 12	2
F_G	Factor de gestión del riesgo para la fuente de peligro <i>Impacto de vehículo</i> . Antes de aplicar medidas de gestión del riesgo	Cuadro 4	3,10
F_G'	Factor de gestión del riesgo para la fuente de peligro <i>Impacto de vehículo</i> . Después de aplicar medidas de gestión del riesgo	Cuadro 4	2,20
F_{PG}	Factor de probabilidad ajustado por gestión del riesgo antes de aplicar las medidas de gestión	Figura 9	4
F_{PG}'	Factor de probabilidad ajustado por gestión del riesgo tras aplicar las medidas de gestión	Figura 9	3

Tabla 14. Tabla resumen de valores de F_P , F_G y F_{PG} para la fuente de peligro *Impacto de vehículo* en una instalación hipotética. Fuente: Elaboración propia

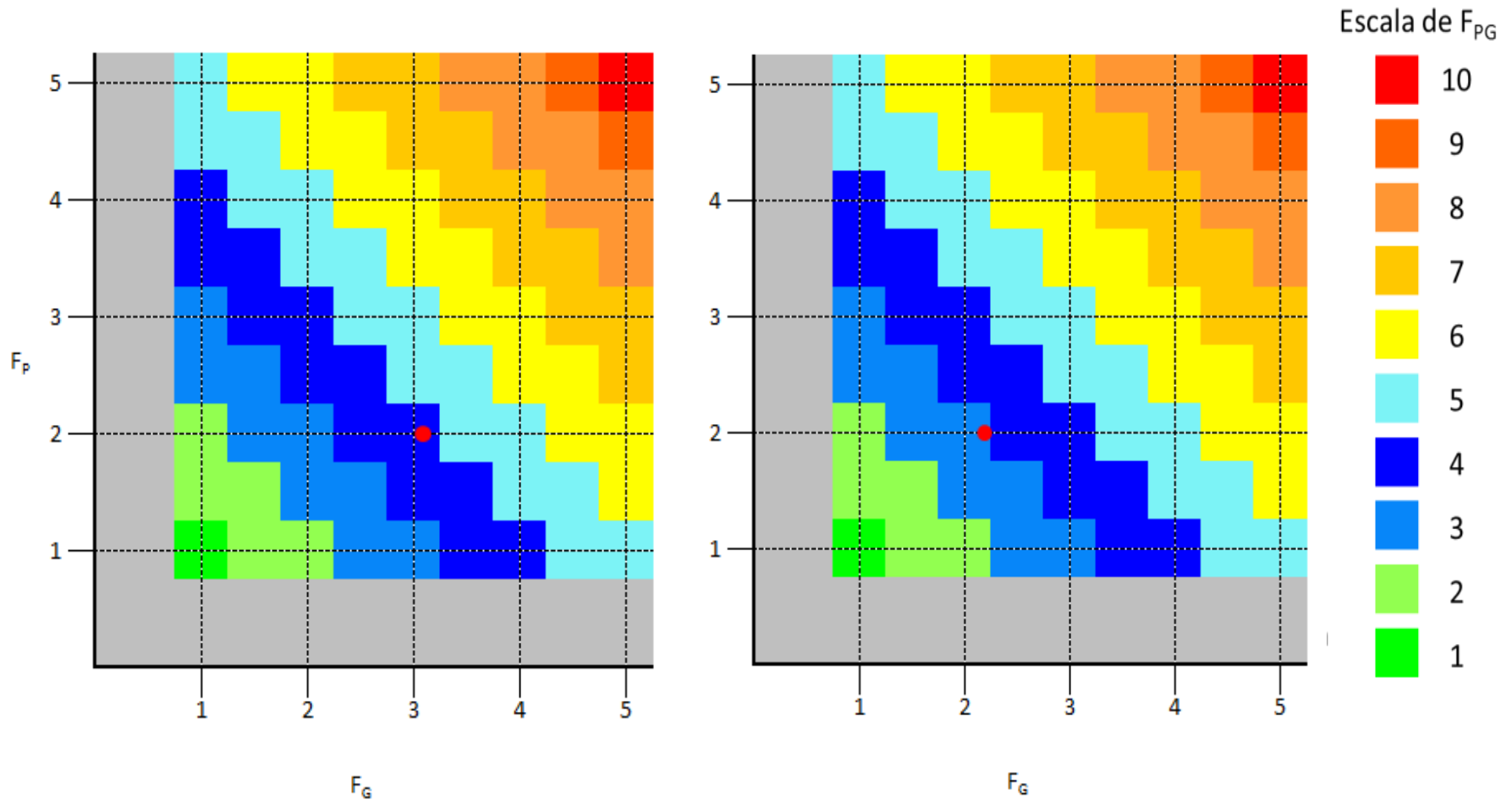


Figura 10. Ejemplo de cálculo del valor del factor de F_{PG} antes ($F_p 2-F_g 3,10$) y después ($F_p 2-F_g' 2,20$) de aplicar medidas de gestión del riesgo. Fuente: Elaboración propia

II.3. Evaluación simplificada de la probabilidad de actuación de las medidas preventivas, de evitación de nuevos daños y/o factores condicionantes en el marco de los ESGRA

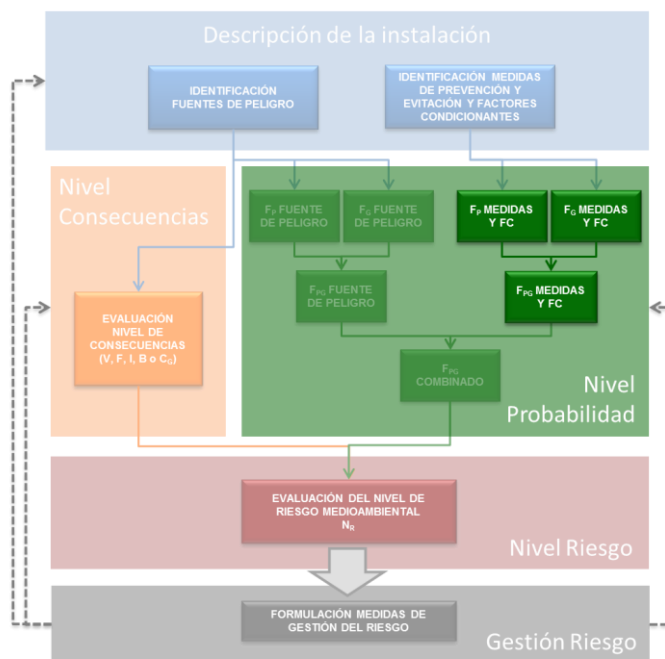


Figura 11. Flujograma de aplicación de los ESGRA: Evaluación del nivel de probabilidad de actuación de las medidas de prevención, de evitación de nuevos daños y/o de los factores condicionantes (F_P - F_G - F_{PG}). Fuente: Elaboración propia.

Este tipo de medidas, generalmente **medidas de prevención pero que, en ocasiones, pueden actuar como medidas de evitación de nuevos daños** (y que, en cualquier caso, actúan como factores condicionantes en los árboles de fallos), no intervienen en la aparición o no del suceso iniciador pero sí modifican la evolución del mismo cambiando tanto la probabilidad como las consecuencias del suceso iniciador y, con ello, dando lugar a los denominados escenarios accidentales.

La instalación de sistemas pasivos de contención, de sistemas de detección y extinción de incendios o de gestión de aguas pluviales, por citar tres ejemplos, no impide que surja el suceso iniciador pero sí pueden reducir o evitar la generación de daños medioambientales. Otro caso es la posibilidad de que se genere un suceso distinto (por ejemplo, la generación de un incendio tras el vertido de una sustancia inflamable).

Como se ha comentado anteriormente, estas medidas tienen en ocasiones difícil clasificación en la terminología de medidas planteada por la legislación de responsabilidad medioambiental: mientras que un sistema de detección y extinción de incendios podría catalogarse con pocas dudas como una medida de prevención, la disposición por parte de un operario de mantas absorbentes podría incluirse como una medida de prevención o de evitación de nuevos daños, según su disposición impida la generación de daño o permita la no extensión del daño medioambiental.

Estas medidas preventivas, que actúan como factores condicionantes en los árboles de sucesos, tienen una probabilidad propia de éxito/fracaso que puede modificarse, a su vez, por sus propias medidas de gestión del riesgo (correcto mantenimiento de los sistemas de contención, formación y entrenamiento del personal en situaciones de emergencia, etc.). De esta forma, es posible obtener un factor de probabilidad ajustado por gestión del riesgo empleando la misma metodología expuesta en el epígrafe anterior.

II.3.1. Niveles de probabilidad de las medidas de prevención y evitación de nuevos daños y/o de factores condicionantes

En las páginas siguientes se recoge la probabilidad de fallo de distintas medidas de prevención o de evitación de nuevos daños (intervención humana, sistemas de detección y extinción de incendios y otros), posteriormente traducida a nivel de probabilidad siguiendo en este caso la escala semicuantitativa de la Tabla 15.

CRITERIOS PARA LA EVALUACIÓN DEL NIVEL DE PROBABILIDAD DE EQUIPOS O MEDIDAS QUE ACTÚAN COMO FACTORES CONDICIONANTES	
Probabilidad (veces/año o veces/evento)	Factor de probabilidad (F _P)
$x \geq 1,00 \cdot 10^{-1}$	5
$1,00 \cdot 10^{-2} \leq x < 1,00 \cdot 10^{-1}$	4
$1,00 \cdot 10^{-3} \leq x < 1,00 \cdot 10^{-2}$	3
$1,00 \cdot 10^{-4} \leq x < 1,00 \cdot 10^{-3}$	2
$x < 1,00 \cdot 10^{-4}$	1

Tabla 15. Criterios para la evaluación del nivel de probabilidad (factor de probabilidad, F_P) de equipos o medidas que actúan como factores condicionantes. Fuente: Elaboración propia

II.3.1.1 Sistema de detección y extinción de incendios

Una vez que se produce un incendio, las fases que siguen son la detección del mismo y, una vez detectado, su extinción.

La Tabla 16 recopila la probabilidad de fallo y el nivel de probabilidad de fallo de distintos sistemas de detección y extinción de incendios.

NIVELES DE PROBABILIDAD PARA DISTINTOS SISTEMAS DE DETECCIÓN Y EXTINCIÓN DE INCENDIOS					
Elemento de riesgo	Evento	Probabilidad	Unidades	Fuente	Factor de probabilidad (F _P)
Sistema de detección manual	No se detecta el incendio	9,0E-01	veces/demanda	HSE (2003)	5
Sistema automático de detección	No se detecta el incendio	2,0E-01	veces/demanda	HSE (2003)	5
Sistema mixto de detección (manual y automático)	No se detecta el incendio	1,8E-01	veces/demanda	HSE (2003)	5
Sistema de extinción manual	No se extingue el incendio	9,0E-01	veces/demanda	HSE (2003)	5
Sistema automático de extinción	No se extingue el incendio	6,0E-02	veces/demanda	HSE (2003)	4

Tabla 16. Niveles de probabilidad para distintos sistemas de detección y extinción de incendios. Fuente: Elaboración propia a partir de HSE (2003)

II.3.1.2 Intervención humana en situaciones de emergencia

A pesar de la creciente automatización de los procesos industriales, la intervención humana sigue jugando un papel en los mismos que varía en función de dicha automatización pero que, en circunstancias anormales —como la aparición de un suceso con potencial de generar un daño medioambiental— suele o puede tener un papel relevante.

La bibliografía publica algunas tasas de fallo para casos de intervención humana, recogidas en la Tabla 17. Estas tasas de fallo, con sus correspondientes niveles de probabilidad atendiendo a la Tabla 15, permiten incluir en el análisis la intervención humana y sus posibles fallos, en concreto que el operario no actúe en caso de emergencia durante la operación de carga y descarga o, de forma más amplia, que realice distintas actividades descritas de forma genérica atendiendo al entorno en el que se realizan y a su complejidad, periodicidad o condiciones en las que se efectúan (existencia de procedimiento, etc.).

NIVELES DE PROBABILIDAD PARA INTERVENCIÓN HUMANA EN SITUACIONES DE EMERGENCIA					
Elemento de riesgo	Evento	Probabilidad	Unidades	Fuente	Factor de probabilidad (F _P)
Operario en emergencia durante la carga o descarga	No hay intervención	1,0E-01	fallos/demanda	Flemish Government (2009)	5
Fallo en la respuesta a una alarma auditiva en una sala tranquila mediante la presión de un botón	Fallo	1,0E-03	veces/demanda	Schüller (2005)	3
Fallo en la respuesta a una alarma auditiva en una sala tranquila mediante la realización de una acción más compleja, como salir al exterior y seleccionar la válvula correcta	Fallo	1,0E-02	veces/demanda	Schüller (2005)	4
Fallo en la respuesta a una alarma auditiva en una sala de control ocupada en un intervalo de 10 minutos	Fallo	1,0E-01	veces/demanda	Schüller (2005)	5
Fallo para realizar acciones rápidas y complejas con el fin de evitar un incidente serio, como una explosión	Fallo	5,0E-01	veces/demanda	Schüller (2005)	5
Otras tareas no incluidas con anterioridad	Fallo	3,0E-02	veces/demanda	Schüller (2005)	4

Tabla 17. Niveles de probabilidad para intervención humana en situaciones de emergencia. Fuente: Elaboración propia a partir de Schüller (2005) y Flemish Government (2009)

II.3.1.3 Otras medidas de prevención y evitación de nuevos daños

Para concluir con la descripción de los niveles de probabilidad de distintas medidas de prevención y/o de evitación de nuevos daños, sin perjuicio de que el usuario de esta Guía quiera o necesite usar otra medida no contemplada o una probabilidad distinta de alguna de las expuestas —en cualquiera de cuyos casos deberá traducir la probabilidad de fallo al correspondiente nivel de probabilidad, empleando para ello la Tabla 15—, la Tabla 18 incluye un conjunto de sistemas que han de considerarse como medidas de prevención y evitación de nuevos daños, que van desde la disposición de sistemas de bloqueo con distinto grado de redundancia hasta los sistemas pasivos de contención (por ejemplo, cubetos de retención).

NIVELES DE PROBABILIDAD PARA DISTINTAS MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y EVITACIÓN DE NUEVOS DAÑOS						
Elemento de riesgo	Evento	Probabilidad	Unidades	Fuente		Factor de probabilidad (F _P)
Sistema automático de bloqueo simple	Fallo	1,0E-01	fallos/demanda	Flemish (2009)	Government	5
Sistema automático de bloqueo redundante	Fallo	1,0E-02	fallos/demanda	Flemish (2009)	Government	4
Sistema automático de bloqueo redundante diverso	Fallo	1,0E-03	fallos/demanda	Flemish (2009)	Government	3
Sistema semiautomático de bloqueo	Fallo	1,0E-01	fallos/demanda	Flemish (2009)	Government	5
Válvulas de exceso de flujo	Fallo	6,0E-02	fallos/demanda	Flemish (2009)	Government	4
Válvulas de no retorno	Fallo	1,2E-01	fallos/demanda	Flemish (2009)	Government	5
Otros sistemas de represión	Fallo	1,0E-01	fallos/demanda	Flemish (2009)	Government	5
Sistemas pasivos de contención	Fallo	0,0E+00	fallos/demanda	Flemish (2009)	Government	1

Tabla 18. Niveles de probabilidad para distintas medidas de prevención y evitación de nuevos daños. Fuente: Elaboración propia a partir de Flemish Government (2009)

II.3.1.4 Ignición o explosión después de derrame

Una proporción importante de los sucesos considerados en esta Guía —especialmente los incluidos dentro del almacenamiento y proceso y en el transporte de sustancias líquidas o gaseosas— tienen como consecuencia final el vertido de una sustancia. Además del propio vertido, y para aquellas sustancias inflamables o combustibles, una consecuencia adicional al vertido puede ser la generación de un incendio o, incluso, de una explosión. Es por ello que se ha optado por incluir esta variable como factor condicionante en la parte del árbol de fallos de los sucesos iniciadores de derrame. De esta manera, quedan contemplados en un mismo árbol los escenarios de derrame con incendio, que a la postre, en su evolución, podrán ser los de mayores consecuencias en términos de daño medioambiental.

La Tabla 19 recoge la probabilidad y el nivel de probabilidad asociados a una ignición o una explosión que se produzca después de un derrame o fuga y su complementario (es decir, que tras el vertido o la fuga no exista ignición o explosión y el evento se mantenga como vertido). El usuario de la Guía habrá de tener en cuenta para la utilización de esta tabla la participación en el suceso de sustancias inflamables.

Este factor condicionante no lleva asociada una gestión del riesgo, por lo que su F_{PG} se estimará únicamente a partir del F_P , escogiendo el valor de F_{PG} más elevado para el correspondiente F_P según la Figura 9; es decir, 10 para un F_P de 5, o 6 para un F_P de 2.

NIVELES DE PROBABILIDAD PARA IGNICIÓN O EXPLOSIÓN DESPUÉS DE UN DERRAME O FUGA						
Elemento de riesgo	Evento	Probabilidad	Unidades	Fuente		Factor de probabilidad (F _P)
Líquidos con punto de inflamabilidad superior o igual a 55°C (Líquidos P3 y P4)	Ignición inmediata	6,0E-03	veces/derrame	Flemish (2009)	Government	3
	No ignición	9,9E-01	veces/derrame	Flemish (2009)	Government	5
Líquidos con punto de inflamabilidad inferior a 55°C (Líquidos P1 y P2)	Ignición inmediata	6,5E-02 2,0E-02	veces/derrame	Flemish (2009)	Government	4
	No ignición	9,1E-01 9,8E-01	veces/derrame	Flemish (2009)	Government	5
Líquidos con punto de inflamabilidad inferior a 21°C (Líquidos P1)	Ignición retardada	7,0E-02	veces/derrame	Flemish (2009)	Government	4
	No ignición	9,3E-01	veces/derrame	Flemish (2009)	Government	5
Líquidos con punto de inflamabilidad inferior a 21°C (Líquidos P1)	Explosión	2,0E-01	veces/derrame	Flemish (2009)	Government	5
	No explosión	8,0E-01	veces/derrame	Flemish (2009)	Government	5

NIVELES DE PROBABILIDAD PARA IGNICIÓN O EXPLOSIÓN DESPUÉS DE UN DERRAME O FUGA (CONTINUACIÓN)					
Elemento de riesgo	Evento	Probabilidad	Unidades	Fuente	Factor de probabilidad (F _P)
Gases combustibles de baja reactividad	Ignición inmediata o retardada tras fuga continua de menos de 100 kg/s o fuga instantánea de menos de 10.000 kg	2,0E-02 4,0E-02	veces/derrame	Flemish Government (2009)	4
	No ignición	9,8E-01 9,6E-01	veces/derrame	Flemish Government (2009)	5
Gases combustibles de baja reactividad	Explosión	2,0E-01 3,0E-01 4,0E-01	veces/derrame	Flemish Government (2009)	5
	No explosión	8,0E-01 7,0E-01 6,0E-01	veces/derrame	Flemish Government (2009)	5
Gases combustibles de baja reactividad	Ignición inmediata tras fuga continua de más de 100 kg/s o fuga instantánea de más de 10.000 kg	9E-02	veces/derrame	Flemish Government (2009)	4
	No ignición	9,1E-01	veces/derrame	Flemish Government (2009)	5

NIVELES DE PROBABILIDAD PARA IGNICIÓN O EXPLOSIÓN DESPUÉS DE UN DERRAME O FUGA (CONTINUACIÓN)					
Elemento de riesgo	Evento	Probabilidad	Unidades	Fuente	Factor de probabilidad (F _P)
Gases combustibles de baja reactividad	Ignición retardada o explosión tras fuga continua de más de 100 kg/s o fuga instantánea de más de 10.000 kg	1,0E-01 4,0E-01	veces/derrame	Flemish Government (2009)	5
	No ignición ni explosión	9,0E-01 6,0E-01	veces/derrame	Flemish Government (2009)	5
Gases combustibles de reactividad media o elevada	Ignición retardada tras fuga continua de menos de 10kg/s o fuga instantánea de menos de 1.000 kg	6,0E-02	veces/derrame	Flemish Government (2009)	4
	No ignición	9,4E-02	veces/derrame	Flemish Government (2009)	5
Gases combustibles de reactividad media o elevada	Ignición inmediata o explosión tras fuga continua de menos de 10kg/s o fuga instantánea de menos de 1.000 kg	2,0E-01	veces/derrame	Flemish Government (2009)	5
	No ignición ni explosión	8,0E-01	veces/derrame	Flemish Government (2009)	5

NIVELES DE PROBABILIDAD PARA IGNICIÓN O EXPLOSIÓN DESPUÉS DE UN DERRAME O FUGA (CONTINUACIÓN)					
Elemento de riesgo	Evento	Probabilidad	Unidades	Fuente	Factor de probabilidad (F _P)
Gases combustibles de reactividad media o elevada	Ignición inmediata, retardada o explosión tras fuga continua de más de 10kg/s o fuga instantánea de más de 1.000 kg	2,0E-01 7,0E-01	veces/derrame	Flemish Government (2009)	5
	No ignición ni explosión	8,0E-01 3,0E-01	veces/derrame	Flemish Government (2009)	5

Nota: En el caso de fuga de gases combustibles, se asumirá por defecto que son gases de media o elevada reactividad; gases combustibles de baja reactividad son el metano, el cloruro de metilo y el cloruro de etilo

Tabla 19. Niveles de probabilidad para ignición o explosión después de un derrame o fuga. Fuente: Elaboración propia a partir de Flemish Government (2009)

II.3.2. Evaluación simplificada de la gestión del riesgo de las medidas de prevención, de evitación de nuevos daños y/o de factores condicionantes

Como se ha comentado anteriormente, el funcionamiento (éxito o fracaso) de estos equipos o medidas de prevención y/o de evitación de nuevos daños puede verse afectado por las respectivas medidas de gestión, como el tipo de mantenimiento, la antigüedad de los equipos o el nivel de formación y entrenamiento del personal. De forma paralela a lo expuesto en el caso de los dispositivos, eventos y actuaciones (depósitos, tuberías, etc.), se estimará un factor de gestión del riesgo (F_G) calculando la media de los indicadores de probabilidad asociados a cada causa, según la escala recogida en la Tabla 13.

II.3.2.1 La gestión del riesgo de distintas medidas de prevención, de evitación de nuevos daños y/o de factores condicionantes

De forma paralela a lo expuesto en el caso de los equipos o fuentes de peligro, el Cuadro 5 recoge los indicadores de gestión del riesgo de las diferentes medidas de prevención, de evitación de nuevos daños y/o de factores condicionantes que se han identificado en páginas previas.

De nuevo, el usuario de la Guía puede adoptar esta identificación entre medidas de prevención/factores condicionantes e indicadores de gestión del riesgo de las mismas, incorporar nuevos indicadores o eliminar algunos de los que se proponen en el Cuadro 5.

La valoración de cada indicador de gestión del riesgo, según la escala recogida en la Tabla 13 (óptimo, adecuado, inadecuado o ausente), podrá realizarse, una vez más, de forma cualitativa atendiendo a la experiencia del analista, mediante las escalas sugeridas en el Anexo II o mediante la definición de unas escalas distintas por parte del usuario.

El factor de gestión del riesgo (F_G) se estimará para cada medida de prevención, de evitación de nuevos daños y/o de factores condicionantes mediante el cálculo de la media aritmética de los indicadores de probabilidad que aplican. El Cuadro 4 ofrece un ejemplo para el caso de equipos o fuentes de peligro; el procedimiento de cálculo es el mismo para el caso de las medidas de prevención, de evitación de nuevos daños y/o de factores condicionantes.

II.3.3. Nivel de probabilidad ajustado por gestión del riesgo (F_{PG}) de las medidas de prevención, de evitación de nuevos daños y/o de factores condicionantes

Finalmente, el nivel de probabilidad ajustado por gestión del riesgo (F_{PG}) de las medidas de prevención, de evitación de nuevos daños y/o de factores condicionantes se obtendrá de la misma forma que dicho nivel de probabilidad ajustado por gestión del riesgo de los equipos o fuentes de peligro: introduciendo el factor de probabilidad (F_P) y el factor de gestión del riesgo (F_G) de las medidas de prevención, de evitación de nuevos daños y/o factores condicionantes de nuevo en el esquema de la Figura 10.

Indicadores de gestión del riesgo atribuibles a las diferentes medidas de prevención, de evitación de nuevos daños o factores condicionantes										
	Medidas de prevención, de evitación de nuevos daños o factores condicionantes									
	Sistema de detección y extinción de incendios	Intervención humana en situaciones de emergencia	Sistema automático de bloqueo simple	Sistema automático de bloqueo redundante	Sistema automático de bloqueo diverso	Sistema semiautomático de bloqueo	Válvulas de exceso de flujo	Válvulas de no retorno	Otros sistemas de represión	Sistemas pasivos de contención
Indicadores de gestión del riesgo	Antigüedad del equipo	X		X	X	X	X	X	X	X
	Automatización de los procesos	X	X	X	X	X	X	X	X	
	Carteles, etiquetas y señalización		X							
	Protección o cubierta del equipo frente a la intemperie		X	X	X	X	X	X	X	X
	Experiencia de los empleados	X	X				X			
	Formación de los empleados	X	X				X			
	Frecuencia de las revisiones	X		X	X	X	X	X	X	X
	Iluminación		X				X			
	Planes de inspección y tipo de mantenimiento	X		X	X	X	X	X	X	X
	Procedimiento de operación con supervisión y registro		X							
	Protección del equipo frente a impactos	X		X	X	X	X	X	X	X
	Estanqueidad del equipo			X	X	X	X	X	X	X
	Protección de los equipos subterráneos			X	X	X	X	X	X	X
	Protección y tratamiento del equipo frente a la corrosión	X		X	X	X	X	X	X	X
	Procedimiento de puesta en funcionamiento de nuevos equipos	X		X	X	X	X	X	X	X
	Presencia de personal	X	X				X			
	Existencia de un plan actualizado de emergencias	X	X				X			
	Realización de simulacros de emergencia	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Mejoras sobre la normativa existente	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Superficie pavimentada y estado del pavimento	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Dimensionamiento adecuado	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Frecuencia de utilización de los equipos		X	X	X	X	X	X	X	X	

Cuadro 5. Indicadores de gestión del riesgo atribuibles a las diferentes medidas de prevención, de evitación de nuevos daños o factores condicionantes. Fuente: Elaboración propia

II.4. Integración del nivel de probabilidad ajustado por gestión del riesgo de los equipos o fuentes de peligro y de las medidas de prevención, de evitación de nuevos daños y/o de factores condicionantes

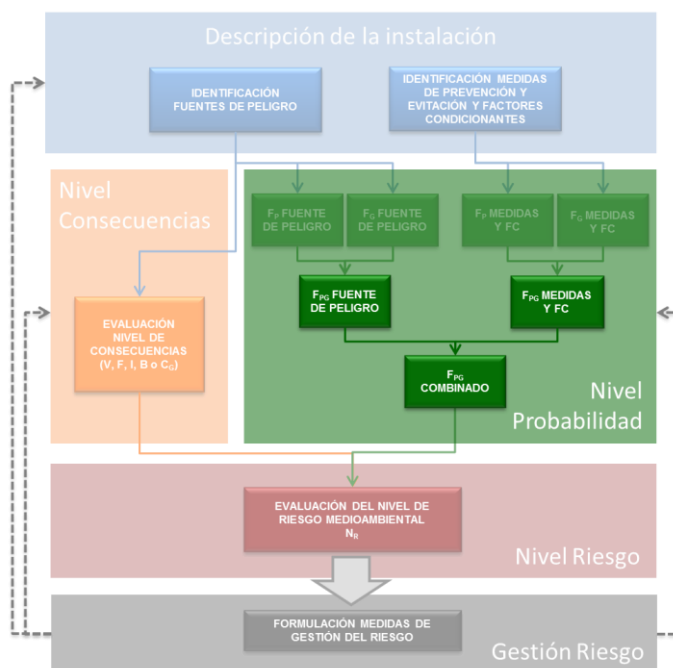


Figura 12. Flujograma de aplicación de los ESGRA: Evaluación del nivel de probabilidad (F_{PG}) combinado de los equipos/fuentes de peligro y de las medidas de prevención/evitación y factores condicionantes. Fuente: Elaboración propia.

En este punto del análisis se dispone de una valoración de cada equipo o fuente de peligro y de cada medida o factor condicionante en función de su probabilidad de éxito y de las medidas de gestión que se aplican a cada uno de ellos. Posteriormente, es necesario obtener una valoración relativa del conjunto de los mismos para, a continuación, modelizar los efectos en términos de gestión del riesgo derivados de la inclusión de nuevas medidas (nuevos factores condicionantes) o la modificación de equipos o fuentes de peligro o de las medidas de prevención, de evitación de nuevos daños o de factores condicionantes —ya sea cambiando el equipo o la medida o mejorando su gestión del riesgo—.

El procedimiento de cálculo consistirá en dividir entre 10 los niveles de probabilidad ajustados por gestión del riesgo (F_{PG}) obtenidos para el equipo o la fuente de peligro y las medidas preventivas, de evitación de nuevos daños o los factores condicionantes que el operador disponga y, posteriormente, calcular el producto de los mismos.

El Cuadro 6 recoge un ejemplo teórico de integración de los niveles de probabilidad ajustados por gestión del riesgo asociados a un evento concreto: la rotura de un tanque atmosférico de Tipo 1, cuyo vertido (de sustancia contaminante no inflamable) posteriormente es contenido por un cubeto, o por un operario (mantas absorbentes, por ejemplo) o por un sistema de gestión de aguas pluviales y de derrame (alcantarillado en la instalación que desemboca en una

depuradora propia). En el propio Cuadro 6 se recogen los distintos factores (F_P , F_G y F_{PG}) supuestamente estimados para cada equipo o medida.

EJEMPLO DE INTEGRACIÓN DEL NIVEL DE PROBABILIDAD AJUSTADO POR GESTIÓN DEL RIESGO DEL EQUIPO O FUENTE DE PELIGRO Y DE LAS MEDIDAS DE PREVENCIÓN, DE EVITACIÓN DE NUEVOS DAÑOS Y/O FACTORES CONDICIONANTES				
Equipo o fuente de peligro, medida de prevención o factor condicionante	F_P	F_G	F_{PG}	$F_{PG}/10$
Rotura de un tanque atmosférico de almacenaje de una capa (Tipo 1)	3	4	6	0,60
Sistema pasivo de contención (cubeto de contención)	1	3	3	0,30
Operario en actuación (contención manual del vertido)	3	3	5	0,50
Sistema pasivo de contención (gestión de aguas y derrames)	1	2	2	0,20
Nivel combinado de probabilidad ajustado por gestión del riesgo				0,0180

Cuadro 6. Ejemplo de integración del nivel de probabilidad ajustado por gestión del riesgo del equipo o fuente de peligro y de las medidas de prevención, de evitación de nuevos daños y/o factores condicionantes. Fuente: Elaboración propia

El valor obtenido (nivel combinado de probabilidad ajustado por gestión del riesgo) ha de interpretarse como una medida de la probabilidad de que la fuente de peligro genere un daño medioambiental: en este sentido, cuanto más elevado sea, mayor nivel de probabilidad de que el suceso acabe generando un daño medioambiental.

La modificación de los equipos o de las medidas de prevención o factores condicionantes —ya sea en términos de un equipo o medida distinta o un cambio en la gestión del riesgo de los existentes— o la inclusión de una medida de prevención o de un factor condicionante adicional, cambiará el valor del nivel combinado de probabilidad ajustado por gestión del riesgo y, con ello, se podrá estimar si dichos cambios han supuesto una mejora de la gestión del riesgo (en este punto, mediante modificaciones en el nivel de probabilidad, sin evaluar aún las consecuencias del suceso).

II.5. Evaluación simplificada de consecuencias medioambientales en el marco de los ESGRA

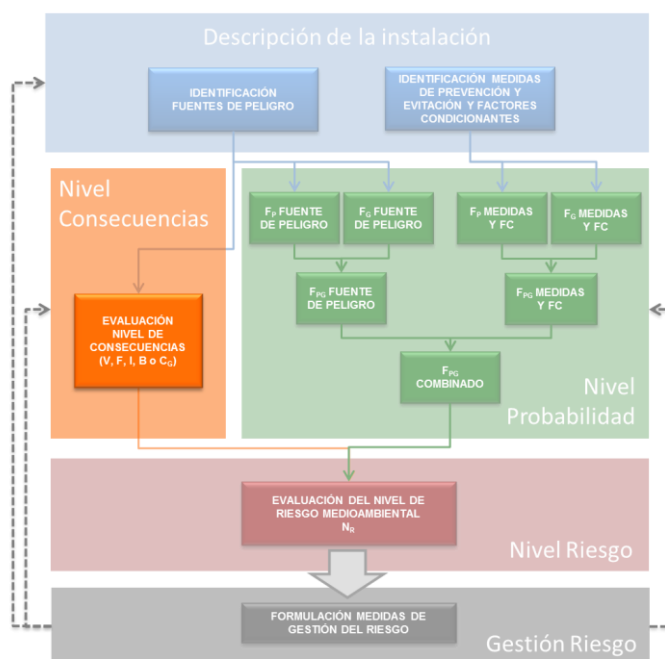


Figura 13. Flujograma de aplicación de los ESGRA: Evaluación simplificada de las consecuencias medioambientales. Fuente: Elaboración propia.

Los *Estudios Simplificados para la Gestión del Riesgo Medioambiental* tienen como objetivo informar a los operadores, mediante un procedimiento sencillo, de los cambios sobre el riesgo de la instalación generados por modificaciones en el modo de operación (procesos, sustancias, mantenimiento, etc.). De esta forma, y como parte del riesgo, los ESGRA han de informar sobre las consecuencias, en términos de daños medioambientales, de los sucesos indeseados que pudieran derivarse de la operación de la instalación.

De forma similar a lo expuesto en páginas previas para la estimación de probabilidades, a continuación se muestra una metodología de carácter semicuantitativo para la evaluación simplificada de las consecuencias ambientales a emplear en el marco de los ESGRA, en los cuales se permite menor precisión que en los análisis de riesgos medioambientales.

II.5.1. Tipo de consecuencias

El Real Decreto 183/2015, de 13 de marzo, por el que se modifica el Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental, aprobado por el Real Decreto 2090/2008, de 22 de diciembre crea el denominado Índice de Daño Medioambiental (IDM), que estima el daño asociado a cada escenario accidental basándose en unos estimadores de la cantidad de recurso dañado y de los costes de reparación de los recursos naturales cubiertos por la Ley de Responsabilidad Medioambiental; el IDM ofrece un resultado semicuantitativo, lo que permite ordenar por orden de magnitud los escenarios accidentales en función de los potenciales daños medioambientales que generan.

El Índice de Daño Medioambiental previsto en la nueva redacción del Reglamento, con la modificación introducida mediante el Real Decreto 183/2015, de 13 de marzo, supone una simplificación del procedimiento para el establecimiento de la garantía financiera obligatoria respecto al fijado en la redacción original del Reglamento aprobado mediante el Real Decreto 2090/2008, de 22 de diciembre, que exigía la cuantificación y monetización de todos los escenarios accidentales considerados como relevantes; el IDM se utiliza para seleccionar el escenario accidental de referencia (el de mayor IDM de entre los que agrupen el 95% del riesgo total), único cuya cuantificación y monetización se exige para la definición de la garantía financiera obligatoria.

Aun cuando el IDM supone una simplificación de la estimación de las consecuencias medioambientales de un suceso que puede desencadenar un daño medioambiental, el marco establecido en los ESGRA recomienda una síntesis del mismo con el fin de resultar útil en la definición de una escala semicuantitativa que ordene por magnitud las consecuencias con una exigencia mínima de información al usuario de esta Guía.

El IDM define cuatro tipos de agentes causantes del daño:

- Agente químico.
- Agente físico.
- Incendio.
- Agente biológico.

En las páginas siguientes se propone una metodología para la evaluación simplificada del nivel de consecuencias siguiendo este esquema de tipo de agente causante del daño, para concluir con un sencillo procedimiento, construido a partir de determinados coeficientes utilizados en el IDM, que permite estimar, en caso de que fuera necesario, un nivel conjunto de consecuencias, permitiendo la comparación de los niveles de consecuencias de varios tipos de agentes causantes del daño distintos.

En cualquier caso, el usuario de esta Guía también puede recurrir al Índice de Daño Medioambiental, y evaluar las consecuencias de un posible suceso en su instalación susceptible de generar un daño medioambiental; el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente tiene a disposición de los interesados una aplicación informática⁸ que permite estimar el IDM de forma sencilla, aunque su cálculo exige de más información que la metodología que se propone en las páginas siguientes, y que es válida exclusivamente en el marco de la aplicación de los ESGRA.

II.5.2. Agente químico

Los daños ocasionados por agentes químicos son probablemente los daños al medio ambiente más comunes. El vertido de sustancias contaminantes (ya sea directa o indirectamente, por ejemplo debido a un incendio y la disolución o arrastre de una sustancia por las aguas de extinción) y su afección a los recursos naturales es una causa de daños medioambientales que

⁸ <http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/responsabilidad-mediambiental/modelo-de-oferta-de-responsabilidad-ambiental/>

es común a gran parte de las actividades económicas incluidas en el ámbito de aplicación de la Ley 26/2007.

La evaluación simplificada, en el marco de un ESGRA, de las consecuencias medioambientales derivadas de una exposición de los recursos naturales a un agente químico puede emprenderse mediante el cálculo del siguiente indicador del nivel de consecuencias por agente químico, inspirado en el Anexo F de la norma UNE 150008.

$V = Q * C_V$, donde:

V = nivel de consecuencias por agente químico.

Q = cantidad de agente causante del daño liberada (m^3).

C_V = nivel unitario de consecuencias medioambientales por agente químico. Esta variable, a su vez, se estimará a partir de:

P_V = índice de peligrosidad del agente químico.

R_V = índice de recursos dañados por agente químico.

La lógica de este indicador del nivel de consecuencias por agente químico, se basa en que las mismas dependerán de la cantidad de sustancia liberada, de la peligrosidad de la misma y de los recursos que puedan verse afectados por el vertido.

El índice de peligrosidad del agente químico (P_V) consiste en una matriz donde se asocian las características de la sustancia liberada con un valor semicuantitativo, tal y como se recoge en el Cuadro 7.

CRITERIOS PARA LA ESTIMACIÓN DEL ÍNDICE DE PELIGROSIDAD DEL AGENTE QUÍMICO (P_V)		
Peligrosidad	Características de la sustancia	Índice de peligrosidad (P_V)
Muy Alta	Compuestos Orgánicos No Volátiles (CONV)	3
	Fueles	
Alta	Compuestos Orgánicos Semivolátiles (COSV)	2
	Compuestos Orgánicos Volátiles (COV)	
Moderada	Inorgánicos	1
	Explosivos	

CONV: compuestos orgánicos no volátiles (punto de ebullición superior a 325°C)

COSV: compuestos orgánicos semivolátiles (punto de ebullición entre 100°C y 325°C)

COV: compuestos orgánicos volátiles (punto de ebullición inferior a 100°C)

Cuadro 7. Criterios para la estimación del índice de peligrosidad del agente químico (P_V). Fuente: Elaboración propia

Estos criterios se han construido a partir del promedio del producto de los coeficientes Ecu (estimador del coste unitario del proyecto de reparación para la combinación agente-recurso) y

Ec (relación entre unidades de recurso afectadas y las unidades de agente involucradas en el daño) del Índice de Daño Medioambiental (IDM) previsto en la nueva redacción del reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, de 23 de octubre.

La interpretación de este índice no ha de construirse sobre la lógica de la proporcionalidad entre las distintas peligrosidades identificadas, sino en términos meramente ordinales: es decir, la liberación de un fuel no es tres veces más peligrosa que la liberación de una sustancia inorgánica, sino que simplemente el primero genera mayor nivel de consecuencias medioambientales que la segunda.

Por su parte, el índice de recursos dañados por agente químico (R_V), pondera las repercusiones de una liberación de un agente químico al medio ambiente en función del coste necesario para devolver los recursos naturales afectados a la situación inicial. De nuevo, el valor del índice de recursos dañados por agente químico (R_V) no ha de entenderse proporcional; por ejemplo, el daño a las aguas subterráneas no supone el doble de daño medioambiental que el daño a varios recursos. El Cuadro 8 recoge la escala semicuantitativa propuesta para el índice de recursos dañados por agente químico (R_V).

CRITERIOS PARA LA ESTIMACIÓN DEL ÍNDICE DE RECURSOS DAÑADOS POR AGENTE QUÍMICO (R_V)		
Grado de afección a los receptores	Tipo de receptores	Índice de recursos dañados (R_V)
Muy alto	Daños a las aguas subterráneas y/o superficiales	4
Alto	Daños a espacios naturales protegidos y/o especies silvestres protegidas	3
Medio	Daños a varios recursos (especies silvestres, hábitats, aguas marinas, ribera del mar y de las rías, lecho de aguas continentales y del mar y suelo)	2
Bajo	Daños a un solo recurso (especies silvestres, hábitats, aguas marinas, ribera del mar y de las rías, lecho de aguas continentales y del mar o suelo)	1

Cuadro 8. Criterios para la estimación del índice de recursos dañados por agente químico (R_V). Fuente: Elaboración propia a partir del Real Decreto 183/2015, de 13 de marzo, por el que se modifica el Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental, aprobado por el Real Decreto 2090/2008, de 22 de diciembre

La selección de uno de los cuatro niveles de afección a los receptores recogidos en el Cuadro 8 ha de realizarla el analista en función, básicamente, de la localización de la instalación o, de forma más precisa, del daño medioambiental, pero también de la cantidad liberada y de las características de la sustancia. De esta forma, el vertido de un producto químico en una zona donde las aguas subterráneas se encuentra cerca de la superficie determinará un grado de afección muy alto (4), mientras que un vertido al suelo, sin afección a espacios naturales protegidos ni a especies o hábitats, podría generar una afección baja (1).

Finalmente, el índice de peligrosidad del agente químico (P_V) y el índice de recursos dañados por agente químico (R_V), se representan en el diagrama de la Figura 14, obteniéndose de esta forma el valor del nivel unitario de consecuencias medioambientales por agente químico (C_V).

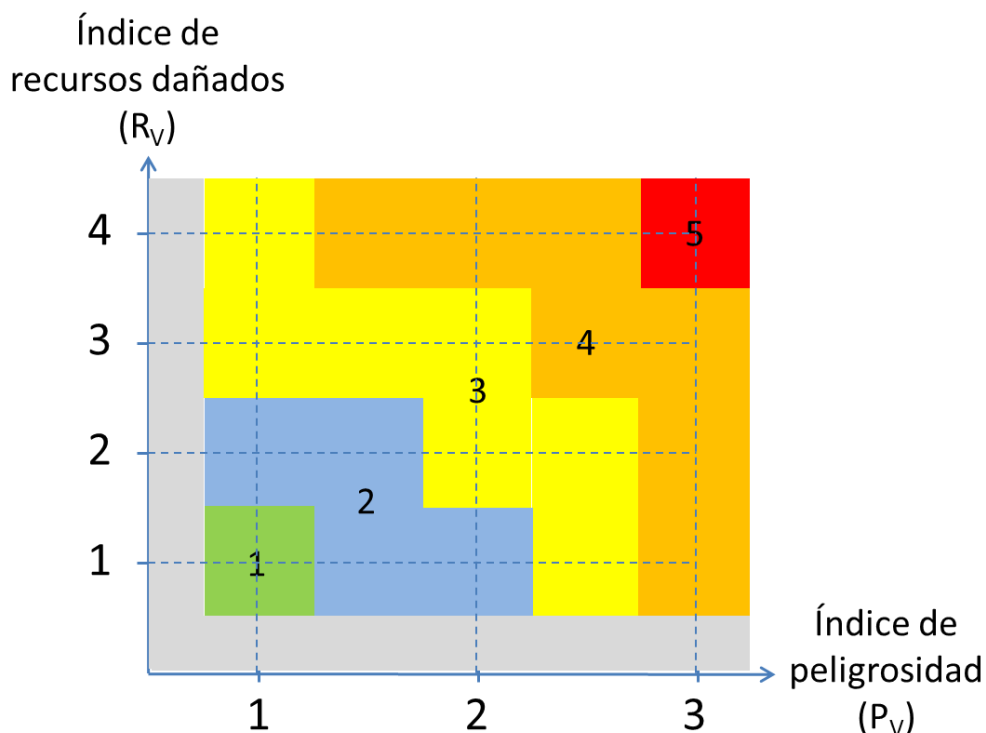


Figura 14. Diagrama para la evaluación del nivel unitario de consecuencias medioambientales por agente químico (C_v). Fuente: Elaboración propia

Tanto el índice de peligrosidad del agente químico (P_v) como el índice de recursos dañados (R_v) propuestos en páginas anteriores, han de considerarse como una propuesta para la evaluación simplificada, en el marco de un *Estudio Simplificado para la Gestión del Riesgo Medioambiental*, de las consecuencias de un suceso susceptible de generar un daño medioambiental. Ambos índices son susceptibles de ser modificados por el usuario en función de su experiencia y conocimientos, especialmente la relación establecida entre ambos en la Figura 14 y que da como resultado el nivel unitario de consecuencias medioambientales por agente químico (C_v).

El cálculo del volumen de sustancia involucrada en el suceso (Q) susceptible de generar un daño medioambiental dependerá del equipo desde el cual se origina el vertido y del tipo de evento (fuga o rotura, básicamente).

En el caso de los equipos de almacenamiento y/o de proceso de sustancias líquidas o gaseosas (epígrafe II.2.2.1 de la Guía y Tablas AI.1 a AI.4 del Anexo I), se sugiere emplear el evento de rotura, que supone el vertido del volumen total contenido por el equipo. En caso de que el analista considere una fuga, éste deberá estimar el volumen vertido.

En el caso de los equipos de transporte de sustancias líquidas⁹ (epígrafe II.2.2.2 de la Guía y Tablas AI.5 a AI.7 y Figuras AI.1 a AI.4 del Anexo I), independientemente de que se considere fuga o rotura, es necesario tener en cuenta para la estimación del volumen vertido un tiempo de respuesta entre la aparición del evento y su detección y/o interrupción del flujo. La Tabla 20

⁹ En el caso de las sustancias gaseosas, el cálculo del volumen que se fuga tendrá generalmente utilidad limitada, debido a que la contaminación atmosférica no es contemplada como daño medioambiental por la Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental.

muestra unos tiempos de respuesta para distintas medidas de prevención y de evitación de nuevos daños.

TIEMPOS DE RESPUESTA DE LAS MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y DE EVITACIÓN DE NUEVOS DAÑOS	
Medida o equipo	Tiempo de respuesta (segundos)
Sistema de bloqueo automático	120
Sistema de bloqueo semiautomático	600
Válvula de exceso de flujo	5
Válvula de no retorno	5
Operador durante carga/descarga	600
Operador durante carga/descarga (condiciones óptimas)	120

Tabla 20. Tiempos de respuesta de las medidas de prevención y de evitación de nuevos daños. Fuente: Flemish Government (2009)

En el caso del operador, el tiempo de 120 segundos (condiciones óptimas) se podrá utilizar cuando confluyan las siguientes condiciones (Flemish Government, 2009):

- El operador tiene vista directa de la instalación.
- La presencia del operador está garantizada por el uso de un sistema de hombre muerto.
- La activación por parte del operador de la parada de emergencia (situada de acuerdo a los estándares aplicables) se encuentra descrita en un procedimiento.
- El operador se encuentra adecuadamente entrenado y familiarizado con los procedimientos.

Cuando estas condiciones no confluyan, el tiempo de respuesta del operador ante una fuga se extenderá hasta los 10 minutos (600 segundos).

Este tiempo de respuesta —que, por otra parte, el analista podrá variar en función de su experiencia y conocimiento— se multiplicará por el caudal del equipo de transporte de sustancias líquidas para estimar el volumen de vertido. En caso de rotura, el caudal se corresponderá con el caudal de diseño del equipo; si el analista opta por considerar otro evento (fuga), habrá de estimarse un caudal de fuga en función del tamaño de la misma (fuga grande, mediana o pequeña).

II.5.3. Agente físico

Por agente físico causante del daño se entiende la extracción o la destrucción de recursos (agua, hábitats y especies), el vertido de inertes y la temperatura (vertido de sustancia a temperatura significativamente superior a la del medio receptor).

El indicador del nivel de consecuencias por agente físico (F) se estimará, en el marco simplificado de los ESGRA, de la siguiente manera:

$F = Q * C_F$, donde:

F = nivel de consecuencias por agente físico.

Q = cantidad de agente causante del daño liberada o cantidad de recurso extraída o destruida (toneladas, m³, hectáreas o número de individuos).

C_F = nivel unitario de consecuencias medioambientales por agente físico.

El valor del nivel unitario de consecuencias medioambientales por agente físico (C_F) se obtiene mediante la aplicación de una escala semicuantitativa, que establece un grado de consecuencias en función del tipo de impacto físico. El Cuadro 9 recoge esta escala semicuantitativa, en la que, como se ha comentado en casos anteriores, la interpretación no puede basarse en la proporcionalidad del valor del índice sino en el orden del mismo (no puede afirmarse que el vertido o extracción de inertes genera el doble de consecuencias que la extracción de agua superficial o subterránea).

De nuevo, la escala semicuantitativa que se recoge en el Cuadro 9 es susceptible de modificación por parte del usuario de la Guía en función de su experiencia y conocimientos.

CRITERIOS PARA LA ESTIMACIÓN DEL NIVEL UNITARIO DE CONSECUENCIAS AMBIENTALES POR AGENTE FÍSICO (C _F)		
Impacto	Tipo de agente físico	Nivel unitario de consecuencias medioambientales (C _F)
Muy alto	Destrucción de hábitats protegidos y/o extracción/muerte de especies silvestres amenazadas	5
Alto	Destrucción de hábitats y extracción/muerte de especies silvestres	4
Medio	Temperatura	3
Bajo	Vertido de inertes o extracción al suelo	2
Muy bajo	Extracción de agua superficial o subterránea	1

Cuadro 9. Criterios para la estimación del nivel unitario de consecuencias medioambientales por agente físico (C_F). Fuente: Elaboración propia a partir del Real Decreto 183/2015, de 13 de marzo, por el que se modifica el Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental, aprobado por el Real Decreto 2090/2008, de 22 de diciembre

II.5.4. Incendio

Una de las posibles consecuencias medioambientales que pueden derivarse de la operación anormal de una instalación es la generación de un incendio. Debido a que la Ley de Responsabilidad Medioambiental no contempla los daños a la atmósfera, el daño medioambiental asociado a un incendio en el marco de la responsabilidad medioambiental puede derivarse, básicamente, de tres circunstancias no excluyentes entre sí:

- La atmósfera funciona como medio de transporte de sustancias o partículas generadas por la combustión, que son depositadas posteriormente en los distintos recursos (agua, suelo, hábitats, especies, etc.). En términos de responsabilidad medioambiental, estos daños se estimarán como daños a los respectivos recursos (asimilable a daño por agente químico).
- La respuesta al incendio ocasionado en la instalación consigue impedir la extensión de las llamas fuera de los límites de la misma. Sin embargo, los medios de extinción empleados, por sí mismos o por disolución o arrastre de sustancias presentes en la instalación, ocasionan un vertido que genera daños a los recursos naturales. En este caso, la evaluación del daño medioambiental se enfocará, de nuevo, desde la perspectiva de un vertido (daño por agente químico).
- El incendio, por ausencia o incapacidad de los medios de extinción, se extiende fuera de la instalación, afectando a recursos naturales adyacentes a la misma. En este caso, el daño medioambiental se tratará como incendio, con afección a las especies vegetales y/o animales.

El presente epígrafe realiza una evaluación simplificada de las consecuencias de un incendio en este último caso en el que el incendio se extiende fuera de la instalación y afecta a recursos naturales adyacentes a la misma. En cualquiera de los otros supuestos indicados anteriormente, se recurrirá a la evaluación simplificada de consecuencias medioambientales por agente químico.

El modelo propuesto para la estimación de las consecuencias causadas por los incendios en el ámbito de los ESGRA se basa en el índice de peligrosidad del medio diseñado por Copete *et al.* (2007). Este índice considera e integra cuatro factores: la peligrosidad de los combustibles, la peligrosidad de la fisiografía, la adversidad del clima y la posible afección a un espacio protegido:

$i = c * f * a * p$, donde:

i = índice de consecuencias por incendio.

c = índice de peligrosidad de los combustibles.

f = índice de peligrosidad de la fisiografía.

a = índice de adversidad del clima.

p = índice de afección a un espacio natural protegido. Adquiere un valor igual a 2,5 si se prevé una afección a un espacio natural protegido y un valor igual a 1 en caso contrario.

El índice de peligrosidad de los combustibles (c) se ha planteado a partir de la clasificación de combustibles realizada en Rothermel (1983, en Copete *et al.*, 2007). En concreto, el Cuadro 10 recoge la escala semicuantitativa propuesta para la obtención del índice de peligrosidad de los combustibles (c).

CRITERIOS PARA LA ESTIMACIÓN DEL ÍNDICE DE PELIGROSIDAD DE LOS COMBUSTIBLES (C)		
Peligrosidad del combustible	Tipo de vegetación	Índice de peligrosidad de los combustibles (c)
Extrema	Arbolado	10
Alta-Grave	Matorral	9
Moderada-Alta	Pastos	7

Cuadro 10. Criterios para la estimación del índice de peligrosidad de los combustibles (c). Fuente: Elaboración propia a partir de Rothermel (1983, en Copete *et al.*, 2007)

Copete *et al.* (*op. cit.*) relacionan los distintos tipos de vegetación con una inflamabilidad y combustibilidad determinadas, que varían en función del tipo y cantidad de biomasa y de su distribución espacial o estratificación. De esta forma, estos autores, empleando los modelos de combustible de Rothermel (1983, en Copete *et al.*, 2007), establecen una relación entre tipo de vegetación y peligrosidad de los combustibles, que posteriormente ha sido adaptada a los propósitos de esta Guía.

El índice de peligrosidad de la fisiografía (f) se establece a partir de una escala semicuantitativa definida en función de la pendiente del terreno potencialmente afectado por un incendio. El Cuadro 11 recoge dicha escala semicuantitativa.

CRITERIOS PARA LA ESTIMACIÓN DEL ÍNDICE DE PELIGROSIDAD DE LA FISIOGRAFÍA (F)		
Peligrosidad de la pendiente	Rango de pendiente (%)	Índice de peligrosidad de la fisiografía (f)
Muy alta	Mayor o igual al 35% de pendiente ($x \geq 35\%$)	10
Alta	Entre el 34,9% y el 15% de pendiente ($15 \leq x < 35\%$)	8
Moderada	Entre el 14,9% y el 5% de pendiente ($5 \leq x < 15\%$)	5
Baja	Menos del 5% de pendiente ($x < 5\%$)	3

Cuadro 11. Criterios para la estimación del índice de peligrosidad de la fisiografía (f). Fuente: Copete *et al.* (2007)

Por su parte, el índice de adversidad del clima (a) se estimará a partir de la escala semicuantitativa del Cuadro 12.

CRITERIOS PARA LA ESTIMACIÓN DEL ÍNDICE DE ADVERSIDAD DEL CLIMA (A)		
Tipo fitoclimático	Vegetación potencial indicativa	Índice de adversidad del clima (a)
Árido	Espinales de azufaifo, cornicales	10
Mediterráneo	Lentiscares, coscojares, acebuchales, encinares (<i>Quercus ilex</i> subs. <i>rotundifolia</i>) y encinares alsinares (<i>Quercus ilex</i> subs. <i>ilex</i>)	9
Nemoral	Quejigares, melojares o rebollares, encinares alsinares, robledales pubescentes y pedunculados, hayedos	8
Oroborealoides	Pinares de silvestre, pinares moros, robledales pubescentes, hayedos, pastos alpinos y alpinoideos	7

Cuadro 12. Criterios para la estimación del índice de adversidad del clima (a). Fuente: Elaboración propia a partir de Allué (1990, en Copete *et al.*, 2007)

Nota: http://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/servicios/banco-datos-naturaleza/informacion-disponible/mapa_subregiones_fitoclim.aspx

En este caso, Copete *et al.* (2007) definen la adversidad del clima a partir de la vegetación potencial del lugar donde se produce el incendio —no necesariamente coincidente con la vegetación existente, y menos en ambientes tan transformados por la acción humana como los existentes en España—. El analista puede identificar la vegetación potencial del lugar en el que se produciría el incendio observando ambientes próximos que aparezcan poco intervenidos por la acción humana. En cualquier caso, para facilitar la identificación del tipo fitoclimático y, con ello, del índice de adversidad del clima (a) al analista o usuario de esta Guía, la Figura 15 muestra en un mapa dichos tipos fitoclimáticos para la España peninsular, Islas Baleares, Ceuta y Melilla; debido a que la clasificación de Allué únicamente aplica para la Península Ibérica y las Islas Baleares, el Cuadro 13 establece una escala semicuantitativa del índice de adversidad del clima (a) para el archipiélago canario.

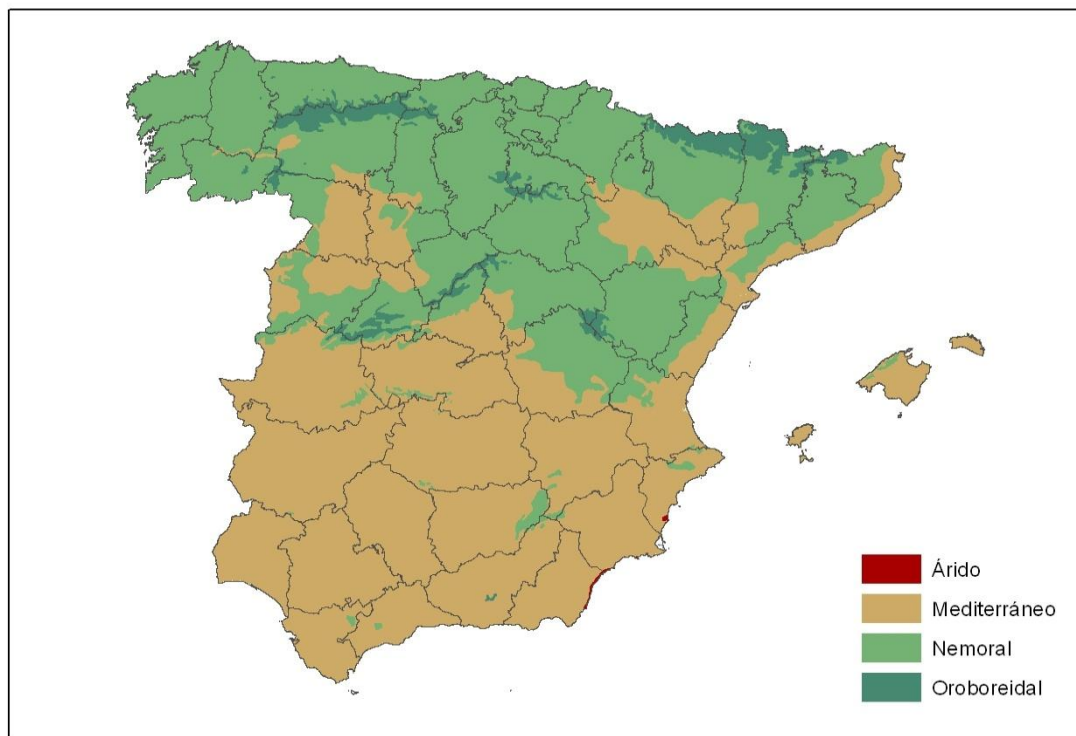


Figura 15. Subregiones bioclimáticas para la definición del índice de adversidad del clima (a). Fuente: Elaboración propia a partir de Allué (1990)

CRITERIOS PARA LA ESTIMACIÓN DEL ÍNDICE DE ADVERSIDAD DEL CLIMA (A) PARA LAS ISLAS CANARIAS		
Descripción	Zonas de referencia	Índice de adversidad del clima (a)
Árido	Lanzarote, Fuerteventura, zona costera y sur de la isla de Gran Canaria, zona costera y sur de la isla de Tenerife, zona costera de la Gomera y zona costera de El Hierro	10
No árido	Resto de zonas	8

Cuadro 13. Criterios para la estimación del índice de adversidad del clima (a) para las islas Canarias. Fuente: Elaboración propia

Una vez descritos los criterios y escalas semicuantitativas que intervienen en el cálculo del índice de consecuencias por incendio (i), que se estima mediante el producto de los índices comentados en páginas previas (índices c, f, a y, en su caso, p), el nivel de consecuencias por incendio (I) se evalúa aplicando la escala semicuantitativa que se recoge en el Cuadro 14.

CRITERIOS PARA LA ESTIMACIÓN DEL NIVEL DE CONSECUENCIAS POR INCENDIO (I) A PARTIR DEL ÍNDICE DE CONSECUENCIAS POR INCENDIO (I)		
Rango de valores del índice de consecuencias por incendio (i)	Peligrosidad del incendio	Nivel de consecuencias del incendio (I)
Más de 540	Grave – extrema	5
Entre 433 y 540	Alta	4
Entre 337 y 432	Moderada	3
Entre 250 y 336	Baja	2
Menos de 250	Muy baja	1

Cuadro 14. Criterios para la estimación del nivel de consecuencias por incendio (I) a partir de índice de consecuencias por incendio (i). Fuente: Copete *et al.* (2007)

II.5.5. Agente biológico

Las consecuencias derivadas de la liberación de agentes biológicos (organismos modificados genéticamente u OMG, especies exóticas, virus y bacterias y hongos e insectos) se encuentran entre los daños medioambientales de más difícil evaluación ante la escasez de información al respecto.

La evaluación de las consecuencias derivadas de la liberación de un agente biológico en el marco de los ESGRA se realizará mediante la asignación de un índice de peligrosidad (P_B) —relacionado con la actividad, contagiosa o de capacidad de modificación del ecosistema natural— y de un índice de recursos dañados (R_B) —en función del tipo de organismo vivo afectado por el agente biológico—.

El Cuadro 15 recoge la escala semicuantitativa mediante la cual se asignará el denominado índice de peligrosidad por agente biológico (P_B); el Cuadro 16, por su parte, muestra la escala empleada para la valoración del índice de recursos dañados (R_B).

El índice de recursos dañados por agente biológico (R_B) se ha estimado definiendo de forma cualitativa unos niveles de daño según el tipo de especie a partir de los coeficientes Ecu del Índice de Daño Medioambiental (IDM) definido en el nuevo anexo III del Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, de 23 de octubre, modificado por el Real Decreto 183/2015, de 13 de marzo: los mamíferos amenazados tienen el coeficiente Ecu más elevado (47.463), mientras que el de los peces no amenazados es el más bajo (5).

CLASIFICACIÓN DEL ÍNDICE DE PELIGROSIDAD DEL AGENTE BIOLÓGICO (P_B)		
Peligrosidad	Descripción	Índice de peligrosidad (P_B)
Alta	Probabilidad muy alta de que cause enfermedad grave o desplace a otros organismos y probabilidad elevada de propagación al resto de colectivos. En el caso de OMG, hace referencia a un grado de confinamiento moderado o alto (OMG de tipo 3 o 4, respectivamente)	3
Media	Posibilidad de que cause enfermedades o desplace a otros organismos a nivel individual pero con baja probabilidad de propagación al resto de colectivos. En el caso de OMG hace referencia a un grado de confinamiento medio (OMG de tipo 2)	2
Baja	Probabilidad muy baja de que cause enfermedades o desplace a otros organismos. En el caso de OMG hace referencia a un grado de confinamiento bajo (OMG de tipo 1)	1

Cuadro 15. Clasificación del índice de peligrosidad por agente biológico (P_B). Fuente: Memoria del análisis de impacto normativo del Real Decreto 183/2015, de 13 de marzo, por el que se modifica el Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental, aprobado por el Real Decreto 2090/2008, de 22 de diciembre

CRITERIOS PARA LA ESTIMACIÓN DEL ÍNDICE DE RECURSOS DAÑADOS POR AGENTE BIOLÓGICO (R_B)		
Afección a los receptores	Tipo de receptor	Índice de recursos dañados (R_B)
Muy alta	Mamíferos amenazados	5
Alta	Especies vegetales protegidas y aves amenazadas	4
Media	Anfibios y reptiles amenazados, mamíferos no amenazados y aves no amenazadas	3
Baja	Peces amenazados	2
Muy baja	Anfibios y reptiles no amenazados y peces no amenazados	1

Cuadro 16. Criterios para la estimación del índice de recursos dañados por agente biológico (R_B). Fuente: Elaboración propia a partir del Real Decreto 183/2015, de 13 de marzo, por el que se modifica el Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental, aprobado por el Real Decreto 2090/2008, de 22 de diciembre

En caso de que el agente biológico tuviera potencial de afectar a distintos receptores (por ejemplo, al conjunto de mamíferos, estén amenazados o no), se escogerá el valor del índice de recursos dañados por agente biológico (R_B) más alto (en este ejemplo, el 5); si la afección fuera generalizada en los peces, el valor de R_B sería 2.

Finalmente, ambos índices (P_B y R_B) son posteriormente representados en el diagrama de la Figura 16, que determinará el nivel de consecuencias medioambientales por agente biológico (B) en función de dónde se ubique el punto definido por P_B y R_B .



Figura 16. Diagrama para la evaluación del nivel de consecuencias por agente biológico (B). Fuente: Elaboración propia

II.5.6. Índice combinado de evaluación del nivel de consecuencias en el marco de los ESGRA

En el caso de que en una misma instalación se pudieran generar daños medioambientales ocasionados por varios de los cuatro agentes identificados (químico, físico, incendio y biológico), y el usuario de esta Guía quiera comparar los mismos en términos de riesgo medioambiental, resulta necesario obtener un índice que permita conocer el nivel total de consecuencias derivado de un suceso susceptible de generar daño medioambiental por la liberación de distintos agentes, o la comparación entre las consecuencias generadas por distintos sucesos en los que participan diferentes agentes causantes del daño.

Este ejercicio de generar un indicador único de nivel de consecuencias que informe del conjunto de potenciales agentes causantes del daño exige realizar, de una u otra forma, un ejercicio comparativo entre los efectos generados por los distintos agentes causantes del daño. En otras palabras, es necesario que el índice permita comparar si el nivel de consecuencias de un vertido de 30 m³ de una determinada sustancia es mayor o menor que un incendio, por ejemplo.

Este ejercicio resulta ineludible si el objetivo es obtener un nivel conjunto de consecuencias (debido a que se precise comparar consecuencias medioambientales ocasionadas por distintos agentes), pero no es necesario si la instalación o actividad a evaluar genera potenciales daños medioambientales ocasionados por un único agente (por ejemplo, una instalación donde únicamente puedan generarse vertidos químicos).

El Índice de Daño Medioambiental (IDM) desarrollado en el Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, de 23 de octubre, modificado por el Real Decreto 183/2015, de 13 de marzo, resuelve este reto estableciendo una serie de coeficientes que se modifican en función de las características del escenario (combinación agente-recurso, cantidad y tipo de sustancia, ubicación de la instalación, etc.). Como se ha comentado en páginas anteriores, el IDM se encuentra a disposición de cualquier usuario, por lo que el usuario de esta Guía puede recurrir al mismo para la evaluación de sus consecuencias; sin embargo, los requerimientos de información que exige el IDM pueden considerarse excesivos en el marco de los ESGRA. Siendo los ESGRA un procedimiento menos exigente en recursos (y cuya finalidad es “únicamente” informar al operador sobre determinadas medidas de gestión del riesgo) que la necesaria realización de un análisis de riesgos medioambientales para la estimación de la garantía financiera obligatoria, en las páginas siguientes se expone una metodología que simplifica aún más que el IDM la vertiente de la estimación de las consecuencias de un escenario accidental. Esta simplificación, que se fundamenta en la demanda de menos información, arroja resultados menos precisos que otras metodologías utilizadas para la estimación de las consecuencias (por ejemplo, el IDM), pero sus resultados mantienen un elevado nivel de coherencia con estas metodologías alternativas más exigentes.

La siguiente ecuación muestra la relación que se propone entre los niveles de consecuencias de los distintos agentes causantes del daño. Esta relación se ha obtenido a partir de un sencillo análisis del producto de los coeficientes Ecu y Ec del IDM (comparación de los valores relativos de este producto respecto al valor máximo del mismo).

$$C_G = \frac{V}{30} + \frac{F}{51} + \frac{I}{4} + B, \text{ donde:}$$

C_G = nivel global de consecuencias medioambientales.

V = nivel de consecuencias medioambientales por agente químico.

F = nivel de consecuencias medioambientales por agente físico.

I = nivel de consecuencias medioambientales por incendio.

B = nivel de consecuencias medioambientales por agente biológico.

El procedimiento para la estimación de estos coeficientes para la comparación de los distintos tipos de daño medioambiental, que se construye sobre los coeficientes E_{cu} y E_c del IDM, es el siguiente:

1. En primer lugar, se procede a una generalización del producto de los coeficientes E_{cu} y E_c del IDM. Cuando existe un único coeficiente E_{cu} y E_c , se multiplican ambos; cuando existen varios de uno u otro coeficiente (por ejemplo, extracción de vegetales, que tiene tres coeficientes E_{cu}) se procede a estimar la media del correspondiente coeficiente (en el caso del E_{cu} de extracción de vegetales, la media entre 1.864, 289 y 4.689) y se procede a la multiplicación con el otro coeficiente (en el caso indicado, por 1).

En este punto, tenemos un valor del producto de E_{cu} - E_c para cada combinación agente-recurso (en el caso de extracción de vegetales, 2.281; en el caso de COV en suelo, 201).

2. Calcular el valor relativo de cada producto E_{cu} - E_c respecto al valor máximo de entre todas las combinaciones agente-recurso. El valor máximo es 89.871 (daño biológico sobre especies animales). El valor relativo se obtiene dividiendo cada producto E_{cu} - E_c por este valor máximo.

En el caso de los ejemplos: extracción de vegetales, 0,02538 (2.281/89.871); COV en suelo, 0,00224 (201/89871).

3. Calcular el promedio de los valores relativos de los productos E_{cu} - E_c para cada grupo de daño medioambiental (químico, físico, incendio y biológico).

Estos promedios de los valores relativos de los productos E_{cu} - E_c resultan los siguientes:

- Químico: 0,03
- Físico: 0,02
- Incendio: 0,22
- Biológico: 0,81

4. Calcular el valor relativo de los valores anteriores respecto al máximo (es decir, respecto al daño biológico), dividiendo el correspondiente al grupo de daño medioambiental (químico, por ejemplo) entre el máximo (biológico).

Estos valores relativos (redondeados a la unidad) resultan los siguientes:

- Químico: 30
- Físico: 51
- Incendio: 4
- Biológico: 1

La interpretación de esta ecuación puede resumirse con un ejemplo: a igualdad de consecuencias medioambientales por unidad de agente liberado (esto es, con un mismo valor de B y V), la liberación de un agente biológico genera un impacto similar al vertido de 30 m³ de una sustancia. Esta ecuación también informa de que, en términos unitarios, el agente biológico es el que generará más daño medioambiental, mientras que los agentes físicos son los que generarán menos daño.

Como se ha comentado en páginas previas, el uso de esta ecuación se circunscribirá a instalaciones o sucesos susceptibles de generar un daño medioambiental en los que participen diferentes agentes.

II.6. Evaluación simplificada del riesgo medioambiental en el marco de los ESGRA

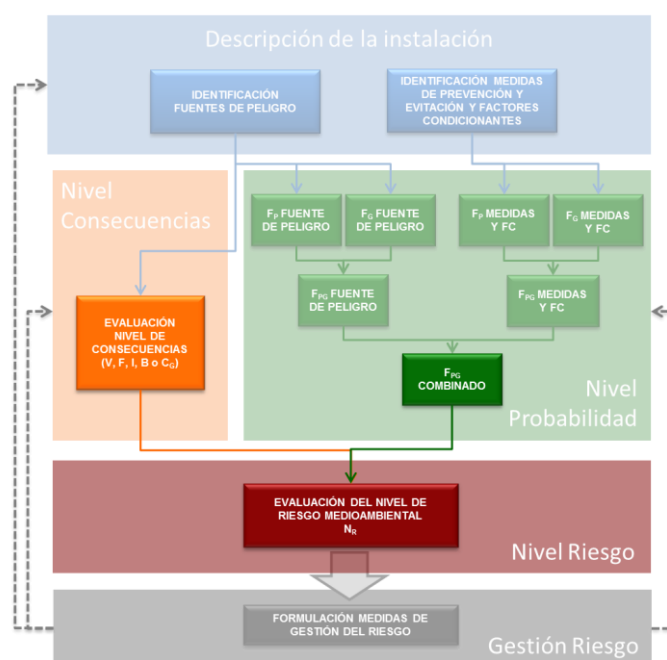


Figura 17. Flujograma de aplicación de los ESGRA: Evaluación simplificada del riesgo. Fuente: Elaboración propia.

Tal y como se recoge en la norma UNE 150008, el riesgo medioambiental se define como “una función que relaciona la probabilidad de ocurrencia de un determinado escenario de accidente y las consecuencias negativas del mismo sobre el entorno”. Esta función suele tomar la forma de producto; en definitiva, el riesgo medioambiental es el producto de la probabilidad de ocurrencia de un escenario por las consecuencias medioambientales derivadas del mismo.

En el marco de los ESGRA, el nivel de riesgo medioambiental se estimará mediante el producto del nivel combinado de probabilidad ajustado por gestión del riesgo (ver epígrafe II.4 de esta Guía) del suceso susceptible de generar un daño medioambiental, y de sus consecuencias (ver epígrafe II.5).

Cuando en una instalación sólo son susceptibles de generarse daños medioambientales relacionados con un único agente (por ejemplo, una instalación en la que solamente puedan generarse vertidos de productos químicos), podrá utilizarse como indicador de las consecuencias de los distintos sucesos directamente el nivel de consecuencias de dicho agente (en el caso del ejemplo, V).

Sin embargo, si en la instalación analizada pueden generarse sucesos susceptibles de generar un daño medioambiental a través de distintos agentes (por ejemplo, una instalación en la que pudieran generarse daños medioambientales por vertido e incendio), el indicador de consecuencias deberá transformar los niveles de consecuencias de cada agente a un índice común, empleando la ecuación recogida en el epígrafe II.5.6 (en el ejemplo, dividiendo V entre 30 e I entre 4).

El resultado del cálculo del riesgo de cada suceso susceptible de generar un daño medioambiental, se presentará en una estructura como la Tabla 21, que permitirá, además de conocer el nivel de riesgo total de la instalación (la suma de los niveles de riesgo de cada suceso), ordenar los sucesos por riesgo e identificar aquéllos que más nivel de riesgo aportan al nivel de riesgo total de la instalación, susceptibles de focalizar las medidas de gestión.

NIVEL DE RIESGO (N_R) DE LOS SUCESOS Y DE LA INSTALACIÓN			
Suceso	Nivel combinado de probabilidad ajustado por gestión del riesgo (F_{PG} combinado)	Nivel de consecuencias (V, F, I, B ó C_G)	Nivel de riesgo (N_R)
S1	0,7028	45	31,63
S2	0,3035	50	15,18
S3	0,8430	10	8,43
S4	0,0825	75	6,19
Nivel de riesgo de la instalación			61,42

Nota: los números recogidos en esta tabla tienen como único objetivo ilustrar el procedimiento de cálculo del nivel de riesgo (N_R) y del nivel de riesgo de la instalación

Tabla 21. Nivel de riesgo (N_R) de los sucesos y de la instalación. Fuente: Elaboración propia

II.7. Protocolo de elaboración de Estudios Simplificados para la Gestión del Riesgo Medioambiental

El presente epígrafe tiene por objeto simplificar al usuario de esta guía la realización de los ESGRA, facilitándole la búsqueda de los datos necesarios para aplicar la metodología a su caso particular.

Por ello a continuación se muestran de forma esquemática los distintos pasos que debe seguir el usuario para la elaboración de su ESGRA indicando para cada uno de ellos, si fuese necesario, el índice de tablas, cuadros y/o figuras a los que debe acudir para finalizar esa etapa del ESGRA:

1. Descripción de la instalación e identificación de las fuentes de peligro, de las medidas de prevención y evitación y de los factores condicionantes.

En esta etapa se procederá a describir el/los proceso/s desarrollado/s en la instalación, lo cual permitirá evidenciar las fuentes de peligro y equipos asociados a los diferentes procesos.

2. Evaluación del nivel de probabilidad ajustado por gestión del riesgo (F_{PG}) de los equipos o fuentes de peligro.

Esta fase abarca las siguientes subfases:

- a. *Planteamiento de sucesos iniciadores.* Se identificarán los distintos sucesos iniciadores que pueden tener lugar en la instalación objeto de estudio y se asociarán con los equipos o fuentes de peligro que corresponda, de entre los definidos en la fase previa.
- b. *Evaluación del factor de probabilidad (F_p) de equipos o fuentes de peligro.* Se estimará la probabilidad asociada a cada equipo o fuente de peligro de cada suceso iniciador. Para ello, el **Cuadro 17 (página 101)** muestra el índice de tablas y figuras de la presente guía a las que habrá que recurrir en función de los equipos y fuentes de peligro de los que se trate.

El Anexo I recoge otros eventos (fugas, etc.) que pueden generarse en los equipos o fuentes de peligro.

- c. *Evaluación del factor de gestión del riesgo (F_G) de los equipos o fuentes de peligro.* En primer lugar, se seleccionarán los indicadores de gestión del riesgo atribuibles a los distintos equipos o fuentes de peligro. Para ello, el **Cuadro 3 (página 59)** muestra una propuesta de indicadores, la cual puede ser modificada por el usuario si lo estima conveniente.

Una vez escogidos los indicadores, el analista deberá evaluarlos conforme a una escala semicuantitativa del tipo de la mostrada en la **Tabla 13 (página 58)**.

El Anexo II muestra unas escalas de evolución de otros indicadores de gestión del riesgo orientativas que pueden ayudar al usuario a valorar la situación de sus equipos.

ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS PARA EL CÁLCULO DEL FACTOR DE PROBABILIDAD (F_P) DE LOS DISTINTOS EQUIPOS O FUENTES DE PELIGRO		
Equipo/Fuente de peligro	Tabla/figura	Página de la guía
Tanques a presión: fugas completas en 10 minutos o rotura	Tabla 2	25
Recipientes móviles a presión: rotura	Tabla 3	26
Tanques atmosféricos: fugas completas en 10 minutos o rotura	Tabla 4	29-31
Tanques atmosféricos: incendios	Tabla 5	32-39
Intercambiadores de calor	Tabla 6	41-42
Bombas y compresores	Tabla 7	44-45
Tuberías aéreas: rotura	Figura 8	47
Tuberías subterráneas: rotura	Tabla 8	49
Carga/descarga de camiones cisterna, vagones cisterna y barcos: rotura de brazo o manguera	Tabla 9	50-51
Unidades de embalaje	Tabla 10	53
Intervención humana durante operación normal	Tabla 11	54
Otras situaciones o elementos	Tabla 12	56-57

Cuadro 17. Índice de tablas y figuras para el cálculo del factor de probabilidad (F_P) de los distintos equipos o fuentes de peligro. Fuente: Elaboración propia

- d. *Evaluación del factor de probabilidad ajustado por gestión del riesgo (F_{PG}) de los equipos o fuentes de peligro.* Por último, y partiendo de los valores de F_P y F_G previamente calculados, el analista puede estimar el factor de probabilidad ajustado por gestión del riesgo de los equipos o fuentes de peligro introduciendo dichos valores en el gráfico de la **Figura 9 (página 63)**.

3. **Evaluación del nivel de probabilidad ajustado por gestión del riesgo (F_{PG}) de las medidas de prevención, de evitación de nuevos daños y/o de los factores condicionantes.**

Esta etapa abarca, a su vez, las siguientes:

- a. *Identificación de medidas de prevención y evitación de nuevos daños y/o factores condicionantes.* En primer lugar deberán identificarse las medidas de prevención y evitación y/o los factores condicionantes asociados a cada uno de los sucesos iniciadores definidos previamente.
- b. *Evaluación del factor de probabilidad (F_P) de las medidas de prevención y evitación de nuevos daños y/o factores condicionantes.* Se estimará la probabilidad asociada

a cada medida y factor condicionante identificados. Para ello, la tabla siguiente muestra el índice de tablas de la presente guía a las que habrá que recurrir en función de las medidas y factores condicionantes de los que se trate:

ÍNDICE DE TABLAS PARA EL CÁLCULO DEL FACTOR DE PROBABILIDAD (F_P) DE LAS DISTINTAS MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y EVITACIÓN Y/O FACTORES CONDICIONANTES		
Medida o factor condicionante	Tabla	Página de la guía
Sistemas de detección y extinción de incendios	Tabla 16	68
Intervención humana en situaciones de emergencia	Tabla 17	70
Otras medidas de prevención y evitación de nuevos daños	Tabla 18	72
Ignición o explosión tras derrame o fuga	Tabla 19	75-77

Cuadro 18. Índice de tablas para el cálculo del factor de probabilidad (F_P) de las distintas medidas de prevención y evitación de nuevos daños y/o factores condicionantes. Fuente: Elaboración propia

- c. *Evaluación del factor de gestión del riesgo (F_G) de las medidas de prevención y evitación de nuevos daños y/o factores condicionantes.* Al igual que en el caso de equipos y fuentes de peligro, deberán seleccionarse los indicadores de gestión del riesgo atribuibles a las distintas medidas y factores condicionantes. Para ello, el **Cuadro 5 (página 79)** muestra una propuesta de indicadores, la cual puede ser igualmente modificada por el usuario de la guía si lo considera necesario.

Una vez escogidos los indicadores, el analista deberá evaluarlos conforme a una escala semicuantitativa del tipo de la mostrada en la **Tabla 13 (página 58)** mencionada en la fase relativa al análisis de F_G para equipos y fuentes de peligro.

Al igual que ocurría en el caso de los equipos, el Anexo II proporciona unas escalas de evolución de otros indicadores de gestión del riesgo orientativas que pueden ayudar al usuario a valorar la situación de sus medidas y factores condicionantes.

- d. *Evaluación del factor de probabilidad ajustado por gestión del riesgo (F_{PG}) de las medidas de prevención y evitación de nuevos daños y/o factores condicionantes.* Por último, y partiendo de los valores de F_P y F_G calculados para las distintas medidas y factores condicionantes, el analista estimará el factor de probabilidad ajustado por gestión del riesgo de las medidas y factores condicionantes introduciendo dichos valores en el gráfico de la **Figura 9 (página 63)** previamente indicada para equipos y fuentes de peligro.

4. Integración del nivel de probabilidad ajustado por gestión del riesgo de los equipos o fuentes de peligro y de las medidas de prevención, de evitación de nuevos daños y de los factores condicionantes.

El cálculo que propone la guía es sencillo; consiste en dividir entre 10 los distintos valores de probabilidad ajustados por gestión del riesgo (F_{PG}) obtenidos para cada equipo o fuente de peligro y sus correspondientes medidas de prevención o evitación o factores condicionantes para, posteriormente, calcular el producto de los mismos.

El **Cuadro 6 (página 81)** muestra un ejemplo de la forma en la que deberá realizarse este cálculo.

5. Evaluación simplificada de las consecuencias medioambientales.

La guía establece una metodología semicuantitativa para la evaluación simplificada de las consecuencias, distinguiendo distintos procedimientos en función del tipo de agente causante del daño (químico, físico, biológico e incendio), obteniendo así lo que se denomina “Nivel de Consecuencias” para cada agente.

La tabla siguiente muestra:

- la ecuación para evaluar las consecuencias asociadas a cada uno de los distintos tipos de agente.
- los principales parámetros de cada una de ellas.
- las tablas, cuadros o figuras de la guía a las que el analista deberá acudir para obtener los datos necesarios para aplicar la ecuación en cada uno de los casos.

PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN DE LAS CONSECUENCIAS EN FUNCIÓN DEL TIPO DE AGENTE CAUSANTE DEL DAÑO				
Agente	Ecuación de cálculo	Parámetros	Procedimiento de cálculo	Tablas/cuadros/figuras
Químico	$Q * C_v$	Q = cantidad de agente liberado (m^3)	<ul style="list-style-type: none"> - Rotura: todo el volumen - Fuga: calculada a partir del tiempo de respuesta 	<p>---</p> <p>Tabla 20 (pág. 88)</p>
		C_v = nivel unitario de consecuencias por agente químico	<p>Calculado mediante P_v y R_v:</p> <ul style="list-style-type: none"> - P_v = índice de peligrosidad del agente químico - R_v = Índice de recursos dañados por agente químico 	<p>Figura 14 (pág. 87)</p> <p>Cuadro 7 (pág. 85)</p> <p>Cuadro 8 (pág. 86)</p>
Físico	$Q * C_F$	Q = cantidad de agente liberado o de recurso extraído o destruido (m^3 , ha, nº individuos)	<ul style="list-style-type: none"> - Volumen de agente liberado: se realizará el cálculo igual que en químicos, diferenciando la forma de cálculo en función de si se trata de rotura o fuga. (Ver químicos). - Cantidad de recurso extraído o destruido: se contabilizarán las unidades de recurso extraídas o destruidas. La unidad de medida será: toneladas, m^3, hectáreas o individuos en función de que se trate de suelo, agua, hábitat o especies, respectivamente 	<p>---</p>
		C_F = nivel unitario de consecuencias por agente físico	Se calcula en base a los criterios para la estimación del nivel unitario de consecuencias por agente físico	Cuadro 9 (pág. 90)

PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN DE LAS CONSECUENCIAS EN FUNCIÓN DEL TIPO DE AGENTE CAUSANTE DEL DAÑO (CONTINUACIÓN)				
Agente	Ecuación de cálculo	Parámetros	Procedimiento de cálculo	Tablas/cuadros/figuras
Incendio	$c * f * a * p^{10}$	c = índice de peligrosidad de los combustibles	Se calcula en base a los criterios para la estimación del índice de peligrosidad de los combustibles	Cuadro 10 (pág. 92)
		f = índice de peligrosidad de la fisiografía	Se calcula en base a los criterios para la estimación del índice de peligrosidad de la fisiografía	Cuadro 11 (pág. 92)
		a = índice de adversidad del clima	Se calcula en base a los criterios para la estimación del índice de adversidad del clima. Estos criterios se fundamentan en los tipos fitoclimáticos, los cuales se han tratado de forma diferenciada, por un lado, para la Península, Baleares, Ceuta y Melilla, y por otro, para Canarias.	Cuadro 12 (pág. 93) y Cuadro 13 (pág. 94)
		p = índice de afección a espacio natural protegido	Adquiere el valor 2,5 si se prevé una afección a un espacio natural protegido y un valor igual a 1 en caso contrario	---
Biológico ¹¹	---	P _B = índice de peligrosidad por agente biológico	Se calcula a partir de la clasificación del índice de peligrosidad por agente biológico propuesta en la presente guía.	Cuadro 15 (pág. 96)
		R _B = índice de recursos dañados por agente biológico	Se calcula a partir de la clasificación del índice de recursos dañados por agente biológico propuesta en la presente guía.	Cuadro 16 (pág. 96)

Cuadro 19. Procedimiento de evaluación de las consecuencias en función del tipo de agente causante del daño. Fuente: Elaboración propia

¹⁰ El producto de los cuatro factores que aparecen en la fórmula propuesta para incendios da como resultado el Índice de Consecuencias por Incendio (i), a partir del cual se puede establecer el Nivel de Consecuencias por Incendio (I). Una vez calculado el índice de consecuencias por incendio (i), el analista tendrá que acudir al **Cuadro 14 (página 93)** para asociarle un Nivel de Consecuencias por Incendio (I) en función del rango de valores de i.

¹¹ El Nivel de Consecuencias por Agente Biológico (B) se obtiene, igual que ocurría con C_v en el caso de los químicos, de integrar los valores obtenidos de P_B y R_B. En este caso dicha integración se realiza mediante el diagrama propuesto en la **Figura 14 (página 86)**.

Adicionalmente, la guía proporciona en su página 97 una ecuación que permite relacionar el nivel de consecuencias asociado a los distintos tipos de agentes para aquellos sucesos iniciadores en los que pueda darse la circunstancia de participen diferentes agentes en la generación del daño medioambiental.

6. Evaluación simplificada del riesgo.

El nivel de riesgo medioambiental (N_R) para cada suceso iniciador se evalúa mediante el producto de su nivel combinado de probabilidad ajustado por gestión del riesgo y su nivel global de consecuencias.

La **Tabla 21 (página 99)** muestra un ejemplo de la forma en la que deberá realizarse este cálculo conforme a la metodología propuesta para la realización de los ESGRA.

7. Posibles medidas de gestión del riesgo para reducir el riesgo medioambiental de la instalación.

El objeto de los ESGRA es que aquellos operadores que, no estando obligados a realizar un análisis de riesgos medioambiental, quieran evaluar su instalación en términos de riesgos medioambientales, puedan identificar las distintas acciones de mejora que permiten la disminución de su riesgo medioambiental. Por ello, es recomendable que como última fase de aplicación de los ESGRA, el analista realice diversas pruebas para evaluar si determinadas medidas afectan de forma significativa en la disminución del riesgo, siempre teniendo en cuenta las limitaciones de los ESGRA que, debido al grado de simplificación de su metodología, en ocasiones pueden no permitir capturar las variaciones producidas por determinadas mejoras. Estas podrán consistir tanto en la sustitución de equipos (acciones de mejora tecnológica) como en acciones de mejora de la conservación o el mantenimiento de los equipos, de la experiencia y formación de los empleados, etc. (acciones de mejora de la gestión).

II.8. Reducción del coste de las medidas de reparación de los posibles daños medioambientales

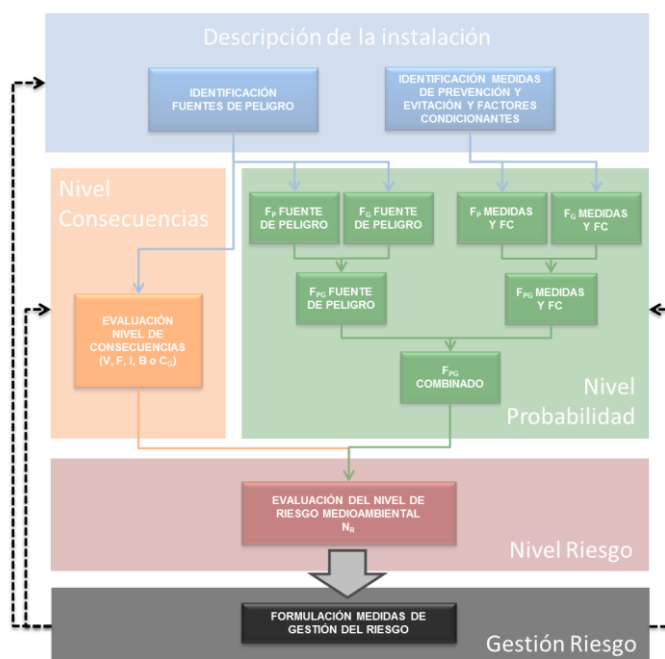


Figura 18. Flujograma de aplicación de los ESGRA: Posibles medidas de gestión del riesgo para reducir el riesgo medioambiental de la instalación. Fuente: Elaboración propia.

Una de las principales ventajas de adoptar medidas adicionales de gestión del riesgo, y de prevención y evitación de daños, consiste en la reducción que puede experimentar tanto la probabilidad de ocurrencia como las consecuencias medioambientales de los posibles accidentes. En este sentido, resulta especialmente interesante considerar la reducción de las consecuencias de los accidentes ya que implica un menor impacto sobre el medio ambiente y, por ende, sobre la situación económica del operador responsable de afrontar la reparación.

La metodología de los ESGRA, dada sus características —simplicidad, empleo de escalas cualitativas, etc.—, no permite realizar una valoración económica de los hipotéticos daños que pueden causarse. De hecho, en la actualidad existen otras herramientas de mayor detalle que permiten realizar este tipo de evaluaciones como es el caso del Modelo de Oferta de Responsabilidad Ambiental (MORA), puesto a disposición pública a través de la página web del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente¹². Este modelo requiere una serie de parámetros de entrada que, como se ha indicado, se encuentran fuera del alcance de los ESGRA, por lo que la valoración de daños mediante MORA partiendo de los datos suministrados en los ESGRA no resulta posible.

De esta forma, si bien la realización de los ESGRA puede ofrecer al operador una estimación de la reducción cualitativa de sus riesgos debido a la adopción de ciertas medidas, estos estudios en ningún caso determinan el coste de adoptar dichas medidas o el beneficio económico que supondrían (vía reducción del riesgo). Por lo tanto, si un operador, a la luz de

¹² <http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/responsabilidad-mediambiental/modelo-de-oferta-de-responsabilidad-ambiental/>

los resultados obtenidos en su ESGRA, decide implantar una serie de medidas de reducción del riesgo, las mismas pueden llevar aparejadas un beneficio económico que no quedará reflejado en este estudio simplificado. Sin embargo, sí se considera interesante hacer visible este posible beneficio económico —derivado de una mejor gestión del riesgo— mediante la realización de un supuesto práctico. El objetivo es, por lo tanto, ilustrar el efecto beneficioso que tendría la adopción de medidas de gestión del riesgo, de prevención y de evitación de daños medioambientales.

El supuesto práctico se centra en una instalación que, inicialmente, no dispone de una serie de medidas y que, posteriormente, las adoptará con objeto de disminuir el coste de la reparación a la que debería hacer frente en caso de causar un daño medioambiental. La estimación de los costes de reparación se realiza utilizando la herramienta de valoración de daños MORA.

Los datos incluidos en este supuesto pretenden tener una base realista, y se han seleccionado con fines ilustrativos. Para ello:

- Los datos sobre la instalación —capacidad de almacenamiento y sustancias almacenadas— se han basado en las herramientas de análisis de riesgos sectoriales disponibles en la página web del MAGRAMA¹³.
- La cuantificación de los recursos naturales afectados se ha basado en los modelos de difusión de contaminantes empleados en las herramientas de análisis de riesgos sectoriales disponibles en la página web del MAGRAMA.
- Las condiciones del entorno —permeabilidad del terreno, accesibilidad, caudal de ríos, etc.— son las correspondientes al punto en el que se ha supuesto que se localiza la instalación ficticia.
- El presupuesto para la implementación de las medidas de prevención y evitación se ha construido acudiendo a las siguientes fuentes: empresas especializadas en comercialización de equipos de contención, información de las Comunidades Autónomas, tarifas públicas etc. Se ha tomado, en caso de disponerse de un rango de valores, el mayor valor dentro de rango con el fin de situar la valoración del lado de la prudencia.

La empresa en la que se centra el caso práctico realiza su actividad productiva en el interior de una nave industrial. Dentro de esta nave se considera que las medidas existentes son suficientes como para asumir que los riesgos medioambientales vinculados a la misma son relativamente bajos, por lo que se obviarán en el presente supuesto frente a los riesgos existentes en el exterior de la instalación¹⁴. En concreto, se considera que, en el exterior, la instalación dispone de un depósito de combustible —gasóleo, utilizado en procesos auxiliares— con una capacidad de 5 m³, el cual, según estiman a priori los técnicos de la empresa, lleva asociado un elevado riesgo medioambiental debido a que su cubeto de retención se encuentra en mal estado, la zona circundante se encuentra sin pavimentar, no existen medidas de contención manuales y, adicionalmente, el conjunto de la planta no cuenta con un análisis de riesgos medioambiental preexistente elaborado conforme con la normativa de responsabilidad medioambiental que le haya servido como soporte para realizar una adecuada gestión de su riesgo.

¹³ <http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/responsabilidad-mediambiental/analisis-de-riesgos-sectoriales/herramientas.aspx>

¹⁴ Con objeto de simplificar el supuesto práctico se han obviado ciertos escenarios. No obstante, debe destacarse que en un caso real los operadores deben evaluar todos los riesgos medioambientales que puedan resultar relevantes.

II.8.1. Evaluación del hipotético daño ocasionado en caso de no adoptar medidas adicionales de gestión del riesgo, de prevención y de evitación

Los técnicos de la instalación, mediante un procedimiento de cuantificación de daños¹⁵ determinan que, si no se toman medidas adicionales de gestión, de prevención y de evitación, en caso de accidente se producirían las siguientes afecciones:

- El volumen del hipotético vertido sería igual a la capacidad total del depósito, siendo en este caso de 5 m³.
- Se ha estimado que el volumen derramado afectaría, en primer lugar, al suelo, ya que éste se encuentra sin pavimentar. Posteriormente, parte del derrame se infiltraría hasta alcanzar la masa de agua subterránea que se localiza en la zona donde se encuentra la instalación y, otra parte, llegaría por escorrentía hasta un río situado en las proximidades de la instalación. Por lo tanto, los recursos naturales potencialmente afectados serían el suelo, el agua subterránea y el agua superficial.
- Acudiendo a modelos de dispersión de contaminantes¹⁶, los técnicos de la instalación determinan que la extensión del daño potencial ascendería a 843,75 t de suelo, 204,48 m³ de agua subterránea y 10.085 m³ de agua superficial.

Con los datos anteriores, los técnicos accederían a la aplicación informática MORA con objeto de obtener el coste de la reparación que debería sufragar la empresa en caso de que no adoptase medidas adicionales de gestión del riesgo, prevención y evitación. En concreto, a continuación se resumen los datos introducidos en MORA:

- Localización. X: xxxxxx,x e Y: yyyyyy.yy (coordenadas UTM, ETRS89-30N). Este punto se encuentra en un espacio natural protegido.

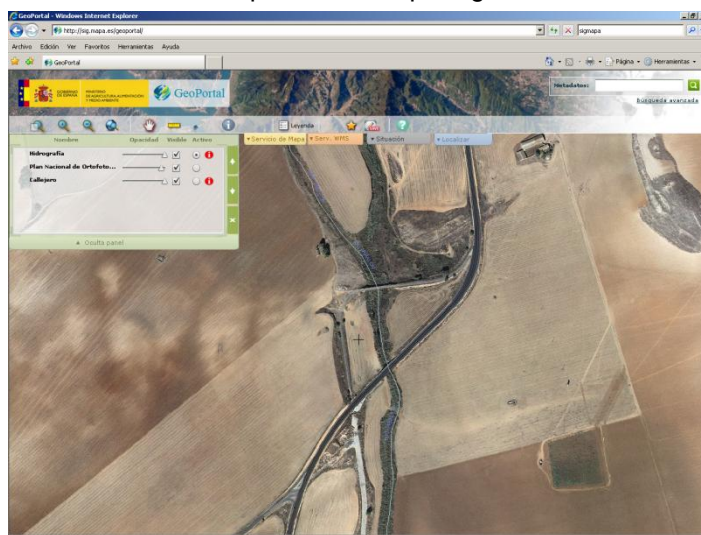


Figura 19. Localización del daño. Fuente: Aplicación informática MORA.

¹⁵ El procedimiento de cuantificación de daños medioambientales se encuentra descrito en el Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, de 23 de octubre. Este procedimiento incluye la determinación de la extensión, la intensidad y la escala temporal del daño. No obstante, con objeto de simplificar el supuesto práctico, en el mismo únicamente se estiman los parámetros relativos a la extensión del daño.

¹⁶ Los modelos de dispersión empleados han sido los especificados en ECB (2003) para el agua superficial y en GRIMAZ *et al.* (2007) y GRIMAZ *et al.* (2008) para el suelo y el agua subterránea.

- El terreno se considera accesible para la realización de una hipotética reparación de daños al suelo, al agua subterránea y al agua superficial ya que la planta cuenta con su propia vía de acceso (la distancia a la vía de comunicación más cercana es cero). La pendiente es prácticamente nula, la permeabilidad del suelo muy alta.
- El agente causante de daño, como se ha indicado anteriormente, es el gasóleo que se corresponde con la categoría “Compuestos orgánicos semivolátiles no halogenados biodegradables” dentro del catálogo de agentes causantes de daño considerados en MORA¹⁷.
- Los recursos naturales afectados serán, según se ha calculado, el suelo, el agua subterránea y el agua superficial en una cantidad igual a 843,75 t, 204,48 m³ y 10.085 m³, respectivamente.

A continuación se detalla la evaluación de los daños que podrían ocasionarse a cada recurso natural en caso de que la instalación objeto de estudio no aplicara medidas adicionales de gestión del riesgo, de prevención y de evitación.

Daños al suelo

En la aplicación informática MORA se comienza introduciendo las características del hipotético daño causado al suelo. En este caso, dado que se trata de un daño a un recurso en principio recuperable mediante técnicas disponibles en la actualidad, se clasifica el daño como reversible. Esto es, se asume que la reparación que debería realizarse resultaría en una recuperación completa del estado básico en el que se encontraba el suelo. La técnica de reparación recomendada por MORA es *landfarming*. Manteniendo esta técnica y los restantes valores dados por defecto en MORA se obtiene un valor de la reparación primaria igual a 75.923,09 €.

¹⁷ Conforme con la Guía de usuario de la aplicación informática MORA, disponible en la web del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, se trata de aquellos hidrocarburos que se presentan en estado gaseoso a temperatura ambiente o que son muy volátiles a dicha temperatura. No presentan en sus cadenas elementos halógenos —flúor, cloro, bromo o yodo—. Su punto de ebullición se encuentra entre 100 y 325 °C.

COSV no halogenados biodegradables en Suelo: Desglose de la reparación primaria

Desglose		
Concepto	%	Importe (€)
PEC Aplicación Técnica		43.967,81
%Seguridad por contingencia	20,00	8.793,56
% IVA	21,00	11.079,89
Total Aplicación Técnica		63.841,26
PEC Consultoría		6.452,82
%Seguridad por contingencia	20,00	1.290,56
%IVA	21,00	1.626,11
Total Consultoría		9.369,49
PEC Revisión y Control		1.868,00
%Seguridad por contingencia	20,00	373,60
%IVA	21,00	470,74
Total Revisión y Control		2.712,34
Total Reparación		75.923,09

Figura 20. Coste de la reparación primaria del recurso suelo antes de la aplicación de las medidas.

Fuente: Aplicación informática MORA.

Por otra parte, MORA prevé que la reparación compensatoria¹⁸ se realice recuperando recursos del mismo tipo y calidad que los originalmente afectados por el daño, aplicando la misma técnica de reparación que la aplicada en la medida primaria. En este caso, por lo tanto, se trataría de recuperar un suelo también afectado por un vertido de compuestos orgánicos semivolátiles en un lugar diferente pero vinculado geográficamente al originalmente dañado. Manteniendo los datos dados por defecto en la aplicación informática MORA se obtiene un valor de la reparación compensatoria igual a 9,4 t de suelo. Esto es, a consecuencia del daño causado, el operador debería recuperar el suelo dañado (873,25 t) y, además, descontaminar 9,4 t de suelo dañado en otro lugar vinculado geográficamente al primero¹⁹.

La valoración económica de la reparación compensatoria se realiza de forma similar a la primaria, cifrándose en 12.792,31 €. De esta forma, el valor total del daño causado al suelo que debería afrontar el operador ascendería a unos 89.000 €.

¹⁸ Las medidas de reparación compensatoria, conforme con la normativa de responsabilidad medioambiental, son, en esencia, aquéllas encaminadas a compensar por el tiempo que transcurre desde que se ocasiona el daño hasta que surte efecto la reparación.

¹⁹ Hay que tener en cuenta que si bien el anexo II de la Ley 26/2007, de 23 de octubre, prevé la aplicación de medidas compensatorias y complementarias solamente a la reparación de daños a las aguas, a las especies silvestres y los hábitat y la ribera del mar y de las rías, el artículo 23.5 del Reglamento de desarrollo parcial de la ley, establece que estas medidas de reparación complementarias y compensatorias podrán ser extensibles al suelo.

COSV no halogenados biodegradables en Suelo: Desglose de la reparación compensatoria

Desglose		
Concepto	%	Importe (€)
PEC Aplicación Técnica		489,31
%Seguridad por contingencia	20,00	97,86
% IVA	21,00	123,31
Total Aplicación Técnica		710,48
PEC Consultoría		6.452,82
%Seguridad por contingencia	20,00	1.290,56
%IVA	21,00	1.626,11
Total Consultoría		9.369,49
PEC Revisión y Control		1.868,00
%Seguridad por contingencia	20,00	373,60
%IVA	21,00	470,74
Total Revisión y Control		2.712,34
Total Reparación		12.792,31

Figura 21. Coste de la reparación compensatoria del recurso suelo antes de la aplicación de las medidas. Fuente: Aplicación informática MORA.

COSV no halogenados biodegradables en Suelo: Desglose total daño

Desglose		
Concepto	%	Importe (€)
Total Reparación Primaria		75.923,09
Total Reparación Compensatoria		12.792,31
Total Reparación del daño		88.715,40

Figura 22. Coste total de la reparación del recurso suelo antes de la aplicación de las medidas. Fuente: Aplicación informática MORA.

Una vez determinado el valor económico del daño causado al suelo la evaluación continúa con el resto de recursos afectados.

Daños a las aguas superficiales

En el caso del agua superficial, los técnicos de la instalación deberán introducir en la aplicación informática una cantidad dañada de 10.085 m³. La medida de reparación a aplicar será la separación del agente causante del daño. Manteniendo sin alterar la totalidad de los parámetros dados por defecto en MORA, se obtiene un valor de la reparación primaria del agua superficial igual a 162.566,68 €.

COSV no halogenados biodegradables en Agua superficial continental: Desglose de la reparación primaria

Desglose		
Concepto	%	Importe (€)
PEC Aplicación Técnica		101.433,70
%Seguridad por contingencia	20,00	20.286,74
% IVA	21,00	25.561,29
Total Aplicación Técnica		147.281,73
PEC Consultoría		6.452,82
%Seguridad por contingencia	20,00	1.290,56
%IVA	21,00	1.626,11
Total Consultoría		9.369,49
PEC Revisión y Control		4.074,00
%Seguridad por contingencia	20,00	814,80
%IVA	21,00	1.026,65
Total Revisión y Control		5.915,45
Total Reparación		162.566,68

Figura 23. Coste de la reparación primaria del recurso agua superficial antes de la aplicación de las medidas. Fuente: Aplicación informática MORA.

El operador responsable del daño, además de la reparación primaria del agua superficial, también debe afrontar el coste correspondiente a su reparación compensatoria que, en este caso, conforme con la aplicación MORA, ascendería a 225 m³ de agua. Esto es, debería costearse la reparación del volumen de agua dañado originalmente y 225 m³ adicionales.

El coste de la reparación compensatoria ascendería a 70.655,38 €, por lo que la reparación total del agua superficial ascendería a unos 230.000 €.

COSV no halogenados biodegradables en Agua superficial continental: Desglose de la reparación compensatoria

Desglose		
Concepto	%	Importe (€)
PEC Aplicación Técnica		38.133,91
%Seguridad por contingencia	20,00	7.626,78
% IVA	21,00	9.609,75
Total Aplicación Técnica		55.370,44
PEC Consultoría		6.452,82
%Seguridad por contingencia	20,00	1.290,56
%IVA	21,00	1.626,11
Total Consultoría		9.369,49
PEC Revisión y Control		4.074,00
%Seguridad por contingencia	20,00	814,80
%IVA	21,00	1.026,65
Total Revisión y Control		5.915,45
Total Reparación		70.655,38

Figura 24. Coste de la reparación compensatoria del recurso agua superficial antes de la aplicación de las medidas. Fuente: Aplicación informática MORA.

COSV no halogenados biodegradables en Agua superficial continental: Desglose total daño

Desglose		
Concepto	%	Importe (€)
Total Reparación Primaria		162.566,68
Total Reparación Compensatoria		70.655,38
Total Reparación del daño		233.222,06

Figura 25. Coste total de la reparación del recurso agua superficial antes de la aplicación de las medidas.
Fuente: Aplicación informática MORA.

Daños a las aguas subterráneas

En una última fase, los técnicos de la instalación evaluarían el coste que podría tener la reparación del daño causado a las aguas subterráneas. En este caso, la cantidad dañada, conforme con los modelos de dispersión de contaminantes empleados, ascendería a 204,48 m³.

La técnica recomendada por MORA para afrontar la reparación sería el bombeo del agua contaminada y la posterior separación del agente contaminante.

Manteniendo de nuevo los datos dados por defecto en MORA se obtiene un valor del daño igual a unos 233.000 €.

COSV no halogenados biodegradables en Agua subterránea: Desglose de la reparación primaria

Desglose		
Concepto	%	Importe (€)
PEC Aplicación Técnica		38.033,48
%Seguridad por contingencia	20,00	7.606,70
% IVA	21,00	9.584,44
Total Aplicación Técnica		55.224,61
PEC Consultoría		6.452,82
%Seguridad por contingencia	20,00	1.290,56
%IVA	21,00	1.626,11
Total Consultoría		9.369,49
PEC Revisión y Control		116.381,00
%Seguridad por contingencia	20,00	23.276,20
%IVA	21,00	29.328,01
Total Revisión y Control		168.985,21
Total Reparación		233.579,32

Figura 26. Coste de la reparación primaria del recurso agua subterránea antes de la aplicación de las medidas. Fuente: Aplicación informática MORA.

La reparación compensatoria en este caso ascendería a 4,56 m³ adicionales de agua subterránea que deben proveerse a la sociedad; siendo su coste igual a 231.000 €. La suma de

la reparación primaria y de la reparación compensatoria permite obtener una estimación del coste total de la reparación de este recurso, siendo de unos 460.000 €.

COSV no halogenados biodegradables en Agua subterránea: Desglose de la reparación compensatoria

Desglose		
Concepto	%	Importe (€)
PEC Aplicación Técnica		36.718,07
%Seguridad por contingencia	20,00	7.343,61
% IVA	21,00	9.252,95
Total Aplicación Técnica		53.314,64
PEC Consultoría		6.452,82
%Seguridad por contingencia	20,00	1.290,56
%IVA	21,00	1.626,11
Total Consultoría		9.369,49
PEC Revisión y Control		116.381,00
%Seguridad por contingencia	20,00	23.276,20
%IVA	21,00	29.328,01
Total Revisión y Control		168.985,21
Total Reparación		231.669,34

Figura 27. Coste de la reparación compensatoria del recurso agua subterránea antes de la aplicación de las medidas. Fuente: Aplicación informática MORA.

COSV no halogenados biodegradables en Agua subterránea: Desglose total daño

Desglose		
Concepto	%	Importe (€)
Total Reparación Primaria		233.579,32
Total Reparación Compensatoria		231.669,34
Total Reparación del daño		465.248,66

Figura 28. Coste total de la reparación del recurso agua subterránea antes de la aplicación de las medidas. Fuente: Aplicación informática MORA.

Los datos y operaciones anteriores permiten obtener el valor total que tendría el daño ocasionado si el operador no decidiese implantar medidas adicionales para disminuir su riesgo medioambiental. En concreto, la reparación completa incluyendo el suelo, el agua subterránea y el agua superficial y tanto las medidas reparadoras primarias como compensatorias se elevaría hasta un valor próximo a los 800.000 €.

Resumen de reparaciones

Combinación agente-recurso	Reparación	Importe (euros)
COSV no halogenados biodegradables-Suelo	Reparación primaria	75.923,09
	Reparación compensatoria	12.792,31
	Total reparación daño	88.715,40
COSV no halogenados biodegradables-Agua superficial continental	Reparación primaria	162.566,68
	Reparación compensatoria	70.655,38
	Total reparación daño	233.222,06
COSV no halogenados biodegradables-Agua subterránea	Reparación primaria	233.579,32
	Reparación compensatoria	231.669,34
	Total reparación daño	465.248,66
Total reparaciones		787.186,12

Figura 29. Coste total de la reparación del daño antes de la aplicación de las medidas. Fuente: Aplicación informática MORA.

II.8.2. Adopción de medidas adicionales de gestión del riesgo, de prevención y de evitación

Ante los resultados obtenidos en la evaluación de daños, la dirección de la empresa decide actuar con el fin de disminuir, en la medida de lo posible, el impacto económico que tendría este hipotético escenario accidental. Para ello, opta por implantar en la instalación una serie de medidas de gestión del riesgo, y de prevención y evitación de daños. En concreto, adopta las medidas indicadas en el Cuadro 20.

MEDIDAS ADOPTADAS PARA LA REDUCCIÓN DEL RIESGO EN LA INSTALACIÓN	
Área de actuación	Medida adoptada
Análisis de riesgos medioambiental	Se elabora un análisis de riesgos medioambientales.
Pavimento	Se pavimenta el suelo desnudo.
Cubeto de retención	Se construye un nuevo cubeto que sustituya el deteriorado.
Medidas de contención manual	Kit con absorbentes químicos.
	Se adquieren unos obturadores para la red de pluviales.
	Se instala una válvula en la red de drenaje.
Formación de los empleados	Se imparte un curso específico de riesgos y emergencias medioambientales.

Cuadro 20. Medidas adoptadas para la reducción del riesgo en la instalación. Fuente: Elaboración propia.

El coste desglosado de adoptar cada una de estas medidas se recoge en el Cuadro 21. Estos datos, si bien no tienen una correspondencia con la realidad —no se han dimensionado atendiendo a una empresa o instalación real—, sí pretenden ser realistas. Para ello, se ha tomado como base la información de precios unitarios facilitada por Tarifas Tragsa y empresas proveedoras de sistemas y equipos de emergencia. Como resultado, el coste total de implementación de las medidas se ha estimado en unos 28.600 €.

COSTE DE LAS MEDIDAS ADOPTADAS PARA LA REDUCCIÓN DEL RIESGO DE LA INSTALACIÓN	
Medidas adoptadas	Presupuesto estimado
Análisis de riesgos medioambiental	12.000
Pavimento	9.000
Cubeto de retención	1.100
Medidas de contención manual	4.000
Formación de los empleados	2.500
Total	28.600

Cuadro 21. Coste de las medidas adoptadas para la reducción del riesgo en la instalación. Fuente: Elaboración propia.

II.8.3. Evaluación del hipotético daño ocasionado en caso de adoptar medidas adicionales de gestión del riesgo, de prevención y de evitación

Con objeto de evaluar su efecto, una vez adoptadas las medidas adicionales de gestión del riesgo y de prevención y evitación de daños expuestas en el punto anterior, la empresa decide valorar de nuevo los hipotéticos daños que podría ocasionar. La metodología seguida por los técnicos de la instalación será idéntica a la aplicada en la situación original; si bien, en este caso los técnicos introducirán en los modelos los datos teniendo en cuenta los nuevos sistemas de reducción del riesgo. En concreto, dado que el suelo se encuentra adecuadamente protegido por el pavimento —no existiendo grietas, fisuras o espacios sin pavimentar entre el depósito y la red de drenaje—, el operador estima que no se producirán daños sobre el suelo y las aguas subterráneas. Adicionalmente, al haberse establecido nuevas medidas de contención —automáticas como el cubeto de retención y manuales como los materiales absorbentes de emergencia—, el operador estima que el volumen de vertido que alcanzaría el agua superficial se vería notablemente reducido. De esta forma, el daño quedaría caracterizado por las siguientes magnitudes:

- El volumen hipotéticamente fugado ascendería, al igual que en el caso original, a 5 m³. De esta forma los técnicos mantienen el estudio del lado de la prudencia, asumiendo que en el escenario evaluado seguiría fugándose la capacidad total del tanque de gasóleo.
- Sin embargo, una vez implantadas las medidas de gestión del riesgo y de prevención y evitación de daños, la mayor parte del derrame quedaría contenida en el cubeto y en los restantes sistemas de emergencia —obturadores de la red de drenaje, medios manuales de retención, etc.—. Adicionalmente, como se ha indicado, el buen estado del pavimento permite asumir que en este caso no existiría una afección relevante al suelo o a las aguas subterráneas. Por lo tanto, el hipotético daño se limitaría a las aguas superficiales, sobre las cuales se estima que podrían derramarse, como máximo, 1 m³ de gasóleo²⁰.

²⁰ En el presente supuesto práctico se ha determinado un volumen vertido al agua superficial de 1 m³ siguiendo un criterio conservador, ya que es posible que en un caso real similar al que aquí se plantea el volumen que alcance el cauce fuera inferior debido a la existencia de múltiples medidas en un buen estado de funcionamiento —existencia de

Introduciendo el volumen vertido en los mismos modelos de dispersión de contaminantes empleados para la evaluación de la situación original, se obtiene una afección nula al suelo y al agua subterránea —ya que se había asumido que el derrame no alcanzaría estos recursos—, y una cantidad de agua superficial dañada igual a 3.781 m³. Con este dato, los técnicos de la instalación accederían de nuevo a la aplicación informática MORA con objeto de estimar el valor de los daños causados una vez mejorado su sistema de prevención.

Daños a las aguas superficiales

En MORA, de entre todos los recursos naturales precargados, únicamente se seleccionaría el agua superficial introduciendo, como se ha indicado, una cantidad dañada de 3.781 m³. La técnica recomendada por la aplicación para la reparación de este daño continúa siendo la separación del agente contaminante.

Manteniendo los datos dados por defecto en MORA se obtiene un valor aproximado de la reparación primaria de 100.000 €.

COSV no halogenados biodegradables en Agua superficial continental: Desglose de la reparación primaria

Desglose		
Concepto	%	Importe (€)
PEC Aplicación Técnica		60.962,02
%Seguridad por contingencia	20,00	12.192,40
% IVA	21,00	15.362,43
Total Aplicación Técnica		88.516,85
PEC Consultoría		6.452,82
%Seguridad por contingencia	20,00	1.290,56
%IVA	21,00	1.626,11
Total Consultoría		9.369,49
PEC Revisión y Control		4.074,00
%Seguridad por contingencia	20,00	814,80
%IVA	21,00	1.026,65
Total Revisión y Control		5.915,45
Total Reparación		103.801,80

Figura 30. Coste de la reparación primaria del recurso agua superficial después de la aplicación de las medidas. Fuente: Aplicación informática MORA.

En cuanto a la reparación compensatoria, en este caso, se cifra en 84,43 m³ de agua adicionales, que deben ser reparados por el responsable del daño. En términos monetarios, esta reparación compensatoria asciende a cerca de 70.000 €.

cubetos, obturadores de la red de drenaje, dispositivo para cerrar la red de drenaje, personal adecuadamente formado, etc.—.

COSV no halogenados biodegradables en Agua superficial continental: Desglose de la reparación compensatoria

Desglose

Concepto	%	Importe (€)
PEC Aplicación Técnica		37.230,10
%Seguridad por contingencia	20,00	7.446,02
% IVA	21,00	9.381,99
Total Aplicación Técnica		54.058,11
PEC Consultoría		6.452,82
%Seguridad por contingencia	20,00	1.290,56
%IVA	21,00	1.626,11
Total Consultoría		9.369,49
PEC Revisión y Control		4.074,00
%Seguridad por contingencia	20,00	814,80
%IVA	21,00	1.026,65
Total Revisión y Control		5.915,45
Total Reparación		69.343,05

Figura 31. Coste de la reparación compensatoria del recurso agua superficial después de la aplicación de las medidas. Fuente: Aplicación informática MORA.

En conjunto, el valor total del daño considerando tanto la reparación primaria como su correspondiente reparación compensatoria se sitúa aproximadamente en 173.000 €.

Resumen de reparaciones

Combinación agente-recurso	Reparación	Importe (euros)
COSV no halogenados biodegradables-Agua superficial continental	Reparación primaria	103.801,80
	Reparación compensatoria	69.343,05
	Total reparación daño	173.144,85
Total reparaciones		173.144,85

Figura 32. Coste total de la reparación del daño después de la aplicación de las medidas. Fuente: Aplicación informática MORA.

II.8.4. Conclusiones a la evaluación del hipotético daño ocasionado adoptando medidas adicionales de gestión del riesgo, de prevención y de evitación

Los datos obtenidos en las evaluaciones anteriores permiten obtener unas conclusiones interesantes. En concreto, el supuesto práctico que aquí se presenta muestra como una inversión relativamente pequeña en medidas de gestión del riesgo, y de prevención y evitación de daños permite disminuir sensiblemente el coste previsto de la reparación que debería afrontar el operador responsable de los daños.

El Cuadro 22 resume los efectos económicos positivos que tendría la implementación de las medidas que se han propuesto en el caso práctico, mostrando una reducción del valor de los daños estimada en unos 600.000 €.

EFECTOS ECONÓMICOS DE LAS MEDIDAS ADOPTADAS PARA LA REDUCCIÓN DEL RIESGO EN LA INSTALACIÓN	
Situación	Valor estimado de los daños (€)
Original	787.186
Mejorada	173.145
Disminución	614.041

Cuadro 22. Efectos económicos de las medidas adoptadas para la reducción del riesgo en la instalación.

Fuente: Elaboración propia.

Por lo tanto, la reducción del riesgo sería significativa y se debería, en este caso, tanto a reducir el volumen potencialmente vertido a los recursos naturales como a evitar los daños sobre las aguas subterráneas y el suelo. No obstante, debe indicarse que los beneficios de aplicar medidas de prevención y evitación dependen de cada instalación concreta.

Haciendo un sencillo ejercicio de análisis coste-beneficio puede estimarse que con una inversión en medidas de gestión del riesgo, preventivas y de evitación del orden de decenas de miles de euros es posible conseguir una reducción en la estimación de daños de cientos de miles de euros.

A modo ilustrativo, en el Anejo IV se recopilan los dos informes de salida de la aplicación informática MORA —correspondientes a la situación original y a la situación mejorada—, obtenidos con los datos recogidos en el presente supuesto práctico.

Es importante recalcar que, tal y como se ha comentado en otros apartados, los ESGRA no ofrecen datos en términos de reducción de costes de reparación de los hipotéticos daños. Esto es, no aportan los parámetros suficientes como para acudir a MORA y obtener una valoración económica directa. De hecho, el objetivo de estos estudios es dar información y herramientas para trabajar sobre la gestión del riesgo en las distintas instalaciones en términos cualitativos. Sin embargo, se ha considerado interesante desarrollar el presente supuesto práctico con el fin de ilustrar el posible beneficio económico de la adopción de las medidas de gestión del riesgo, de prevención y de evitación de daños medioambientales.

III. EJEMPLO PRÁCTICO DE ESGRA: GENERADOR DIÉSEL DE EMERGENCIA Y EQUIPOS AUXILIARES (DEPÓSITO DE GASÓLEO, TUBERÍAS Y BOMBA)

Con el fin de ilustrar la realización de *Estudios Simplificados para la Gestión del Riesgo Medioambiental*, en las páginas siguientes se recoge un ejemplo de instalación genérica, donde se aplica la metodología expuesta anteriormente y se proponen medidas de gestión del riesgo para mejorar el comportamiento de dichas instalaciones ante el riesgo medioambiental.

Como caso práctico se ha escogido un ejemplo sencillo, con el fin de ilustrar los fundamentos de la metodología de los ESGRA: un generador diésel de emergencia y los equipos auxiliares que le acompañan (depósito, tuberías y bombas), instalación que proporciona energía eléctrica a un operador cuyo suministro eléctrico, necesario durante unas horas al día para el funcionamiento de distintos equipos de la misma, es inestable desde la red de suministro. El equipo únicamente funciona cuando, en el momento en el que se requiere energía eléctrica, no existe suministro eléctrico o su potencia es insuficiente.

El siguiente esquema muestra las distintas fases a llevar a cabo en el desarrollo del ESGRA.

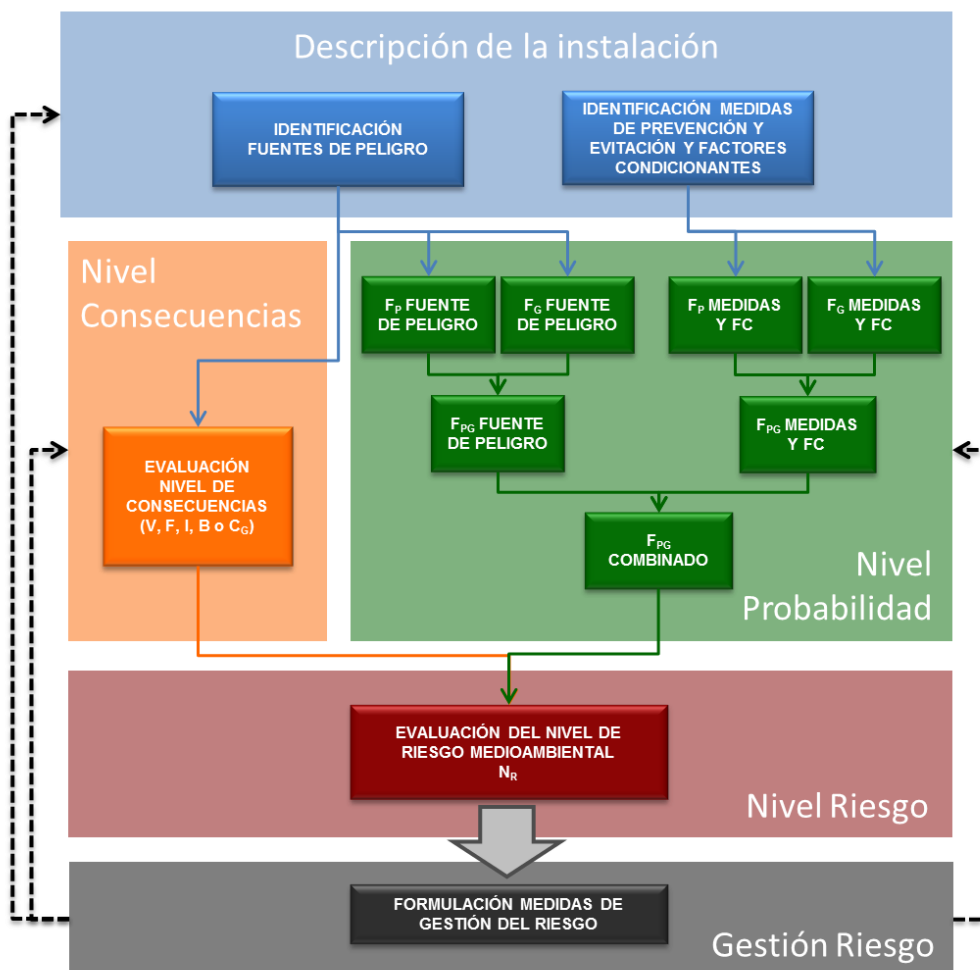


Figura 33. Flujograma de aplicación de los ESGRA. Fuente: Elaboración propia.

III.1. Descripción de la instalación e identificación de fuentes de peligro, de las medidas de prevención y evitación y de los factores condicionantes

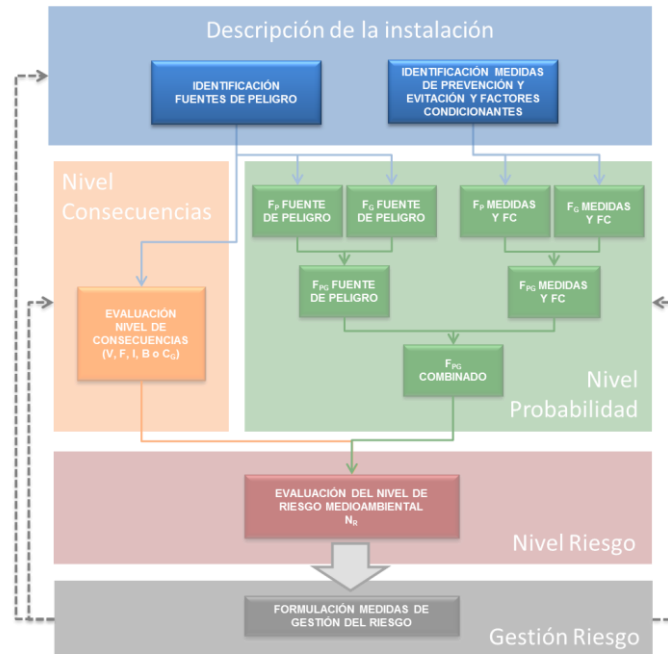


Figura 34. Flujograma de aplicación de los ESGRA: Descripción de la instalación: Fuentes de peligro, medidas de prevención y evitación y factores condicionantes. Fuente: Elaboración propia.

La Figura 35 muestra el esquema de la instalación objeto de estudio.

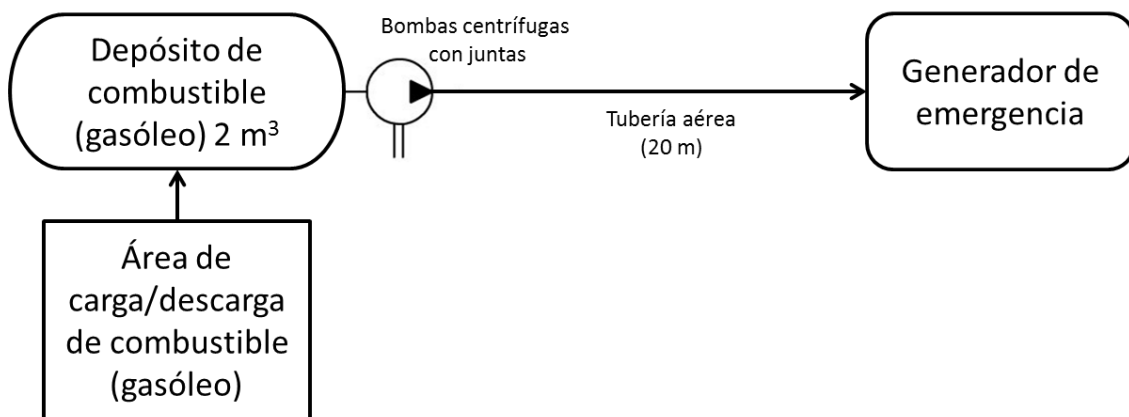


Figura 35. Esquema de la instalación del caso práctico: generador diésel de emergencia y equipos auxiliares (depósito de gasóleo, tuberías y bomba). Fuente: Elaboración propia

La instalación consta de un único depósito de 2.000 litros de gasóleo que alimenta un generador mediante dos bombas (para que se alimente el generador aunque una de las mismas no funcione) y una tubería aérea con una longitud de 20 metros, que conecta el depósito de combustible con el generador.

La instalación cumple con el Real Decreto 1523/1999, de 1 de octubre, por el que se modifica el Reglamento de instalaciones petrolíferas, aprobado por el Real Decreto 2085/1994, de 20 de octubre, y las instrucciones técnicas complementarias MI-IP03, aprobada por el Real Decreto 1427/1995, de 15 de septiembre, y MI-IP04, aprobada por el Real Decreto 2201/1995, de 28 de diciembre, considerándose la misma como una instalación fija para usos internos no productivos en las industrias (grupos electrógenos, etc.) (apartado 2.1.d, Capítulo I, Anexo I de la citada norma). Las características de los equipos son las siguientes:

- El **agente causante del daño** de esta instalación será, fundamentalmente, el **gasóleo**. Según la Ficha Internacional de Seguridad Química²¹, el gasóleo tiene el punto de inflamación a 52°C, lo que le convierte en un **líquido subclase B2** (productos de clase B cuyo punto de inflamación es igual o superior a 38°C e inferior a 55°C), según el **Real Decreto 379/2001, de 6 de abril**, por el que se aprueba el Reglamento de almacenamiento de productos químicos y sus instrucciones técnicas complementarias MIE APQ-1, MIE APQ-2, MIE APQ-3, MIE APQ-4, MIE APQ-5, MIE APQ-6 y MIE APQ-7.
- La **operación de carga** es realizada por la **empresa suministradora** del gasóleo, que dispone de sus propios equipos y personal y es responsable, por tanto, del mantenimiento y formación de los mismos. La **subcontratación** de la operación por parte del propietario de la instalación hace que dicha operación no se tenga en cuenta en el presente análisis. La operación se realiza a un **caudal** de unos **5 litros por segundo**.
- Sin embargo, el **propietario de la instalación** sí que dispone durante la **operación de carga** del gasóleo de un **operario** encargado de que las instalaciones propias estén en condiciones de recibir la carga (buen estado de la boca del depósito, comprobación del producto que se carga, etc.). Este mismo operario también participaría en caso de emergencia durante la operación, con el fin de minimizar los efectos independientemente de la responsabilidad de los mismos.
- El depósito es un **tanque atmosférico** de **Tipo 4** (doble capa, resistente a explosiones, escombros y bajas temperaturas y diseñado para la retención de vapores), aéreo y con una capacidad de 2.000 litros.
- El depósito dispone de un **cubeto de retención** para contener los posibles vertidos que pudieran generarse desde el mismo.
- La tubería no se encuentra enterrada (**tubería aérea**) y tiene un **diámetro interior de 100 mm** y una **longitud de 20 m** (distancia entre depósito y generador).
- El combustible es impulsado desde el depósito al generador mediante una **bomba centrífuga con juntas**. La instalación dispone de **dos bombas** para garantizar la alimentación del generador en caso de que una de las bombas no funcione.
- Ni tuberías ni bombas disponen de sistema de retención en caso de fuga. Ambos equipos sí que disponen de un **sistema semiautomático de bloqueo**: en caso de

²¹ <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/FISQ/Ficheros/401a500/1561.pdf>

fuga, y siempre que ésta sea detectada por un operario, este mismo acciona un pulsador que corta el flujo de combustible.

- El **generador de emergencia** proporciona energía eléctrica a la instalación únicamente cuando se requiere energía eléctrica (unas horas al día) y el suministro desde la red está interrumpido o no tiene suficiente potencia. Ante la incertidumbre del suministro eléctrico, no se puede prever el número de horas que funcionará el generador; bajo un criterio de prudencia, se estima que dicho generador funcionará más de 357 horas al cabo de un año. El consumo del generador cuando funciona a plena carga es de unos **10 litros por hora, caudal** que discurre por la **tubería** y es impulsado por las **bombas**.
- La instalación dispone de **equipos manuales** para la **extinción** de un posible **incendio**.

Por otra parte, la instalación se encuentra situada en el centro-sur de España, en una zona de matorral con pendientes moderadas. No existen espacios naturales protegidos, cursos de agua o acuíferos en sus proximidades susceptibles de verse afectados en caso de generarse un daño medioambiental.

III.2. Evaluación del nivel de probabilidad ajustado por gestión del riesgo (F_{PG}) de los equipos o fuentes de peligro

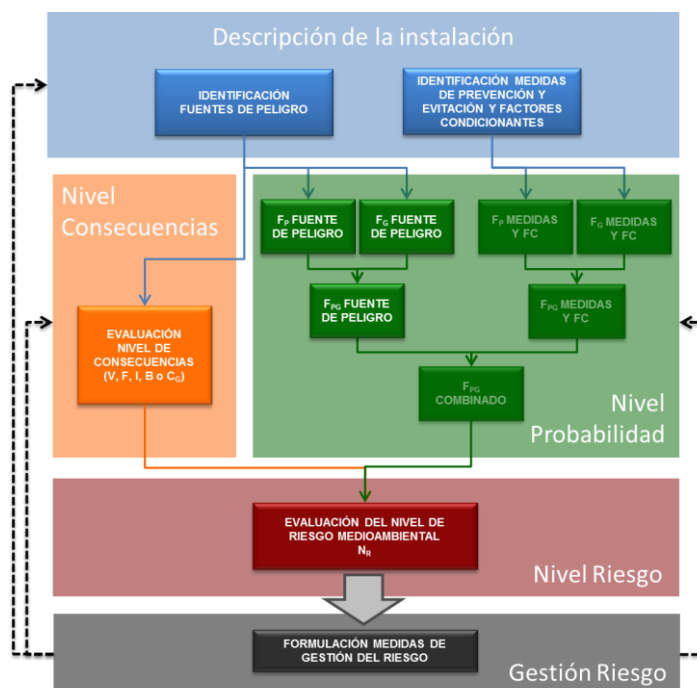


Figura 36. Flujograma de aplicación de los ESGRA: Evaluación del nivel de probabilidad ajustado por gestión del riesgo (F_{PG}) de los equipos o fuentes de peligro. Fuente: Elaboración propia.

III.2.1. Planteamiento de sucesos susceptibles de generar un daño medioambiental

Una vez descrita la instalación objeto de análisis, el usuario de la Guía ha de reflexionar sobre los posibles sucesos con potenciales repercusiones medioambientales que pueden aparecer en su instalación y su evolución, en función del propio suceso y de los equipos que dispone.

La descripción de la instalación informa tanto sobre los equipos o fuentes de peligro (sustancias y equipos como depósitos, tuberías, bombas, etc.) como sobre las medidas de prevención, de evitación de nuevos daños y factores condicionantes (presencia de sustancias inflamables, cubetos de retención, sistemas de incendios, etc.) de los que la instalación objeto de estudio dispone. De esta forma, esta etapa consiste en combinar los mismos según la secuencia de eventos lógica que se desarrollaría en caso de producirse cada suceso susceptible de generar daño medioambiental. El Cuadro 23 recoge esta combinación de fuentes de peligro y medidas de prevención, de evitación de nuevos daños y factores condicionantes que pueden generarse en la instalación del caso práctico.

CASO PRÁCTICO: PLANTEAMIENTO DE SUCESOS SUSCEPTIBLES DE GENERAR UN DAÑO MEDIOAMBIENTAL				
Código suceso	Suceso susceptible de generar un daño medioambiental		Fuentes de peligro. Suceso iniciador	Medidas de prevención / factores condicionantes
S1a	Emergencia (error humano) durante la operación de carga	Vertido	Intervención humana durante operación normal. Omisión o ejecución incorrecta de un paso en una rutina de inicio	Operario en emergencia durante la carga o descarga Sistema pasivo de contención (cubeto de retención) Ignición o explosión después de un derrame: no ignición
S1b	Emergencia (error humano) durante la operación de carga	Vertido e incendio	Intervención humana durante operación normal. Omisión o ejecución incorrecta de un paso en una rutina de inicio	Operario en emergencia durante la carga o descarga Sistema pasivo de contención (cubeto de retención) Ignición o explosión después de un derrame: ignición inmediata Sistema de detección y extinción de incendios. Detección manual Sistema de detección y extinción de incendios. Sistema de extinción manual
S2a	Rotura del depósito de combustible y vertido de su contenido	Vertido	Tanque atmosférico aéreo de Tipo 4. Un solo tanque en la instalación. Rotura	Ignición o explosión después de un derrame: no ignición Sistema pasivo de contención (cubeto de retención)

CASO PRÁCTICO: PLANTEAMIENTO DE SUCESOS SUSCEPTIBLES DE GENERAR UN DAÑO MEDIOAMBIENTAL (CONTINUACIÓN)			
Código suceso	Suceso susceptible de generar un daño medioambiental	Fuentes de peligro. Suceso iniciador	Medidas de prevención / factores condicionantes
S2b	Rotura del depósito de combustible y vertido de su contenido	Vertido e incendio	Tanque atmosférico aéreo de Tipo 4. Un solo tanque en la instalación. Rotura Sistema pasivo de contención (cubeto de retención) Ignición o explosión después de un derrame: ignición inmediata Sistema de detección y extinción de incendios. Detección manual Sistema de detección y extinción de incendios. Sistema de extinción manual
S3a	Rotura de tubería y vertido de gasóleo	Vertido	Tubería aérea de 100 mm de diámetro interior y de 20 m de longitud. Rotura Ignición o explosión después de un derrame: no ignición Sistema semiautomático de bloqueo
S3b	Rotura de tubería y vertido de gasóleo	Vertido e incendio	Tubería aérea de 100 mm de diámetro interior y de 20 m de longitud. Rotura Ignición o explosión después de un derrame :ignición inmediata Sistema de detección y extinción de incendios. Detección manual Sistema de detección y extinción de incendios. Sistema de extinción manual
S4a	Rotura de bomba y vertido de gasóleo	Vertido	Bomba centrífuga con juntas. Dos bombas en la instalación. Rotura Ignición o explosión después de un derrame: no ignición Sistema semiautomático de bloqueo
S4b	Rotura de bomba y vertido de gasóleo	Vertido e incendio	Bomba centrífuga con juntas. Dos bombas en la instalación. Rotura Ignición o explosión después de un derrame: ignición inmediata Sistema de detección y extinción de incendios. Detección manual Sistema de detección y extinción de incendios. Sistema de extinción manual

CASO PRÁCTICO: PLANTEAMIENTO DE SUCESOS SUSCEPTIBLES DE GENERAR UN DAÑO MEDIOAMBIENTAL (CONTINUACIÓN)				
Código suceso	Suceso susceptible de generar un daño medioambiental		Fuentes de peligro. Suceso iniciador	Medidas de prevención / factores condicionantes
S5	Fallo del generador	Incendio	Instalación eléctrica (funcionando más de 357 horas al año). Fallo del fusible - Cortocircuito	Sistema de detección y extinción de incendios. Detección manual Sistema de detección y extinción de incendios. Sistema de extinción manual

Cuadro 23. Caso práctico: planteamiento de sucesos susceptibles de generar un daño medioambiental.

Fuente: Elaboración propia

Por ejemplo, en caso de que ocurriera una rotura del depósito de gasóleo, la medida de prevención que participaría sería, en primer lugar, el sistema pasivo de contención (cubeto); al ser el gasóleo una sustancia inflamable, susceptible de generar un incendio, ha de incorporarse al análisis el factor condicionante de ignición o explosión, por lo que se desdobra el suceso en dos distintos: ignición y no ignición. Por último, en caso de ignición, actuarían el sistema de detección de incendios y, finalmente, el sistema de extinción.

La elaboración de este Cuadro 23 se realizará de forma paralela a la selección y valoración en términos de gestión del riesgo de los equipos o fuentes de peligro y de las medidas de prevención, de evitación de nuevos daños y factores condicionantes que caracterizan a la instalación o actividad objeto de análisis.

Además de describir cómo se comportaría la instalación en caso de ocurrir un suceso susceptible de generar un daño medioambiental, este ejercicio puede proporcionar ya ideas para la mejora de la gestión del riesgo de la instalación; por ejemplo, en el presente caso práctico, el sistema pasivo de contención (cubeto) no aplica a una rotura de tuberías o de bombas, pues dicho sistema está instalado para actuar únicamente en caso de rotura del depósito de gasóleo; una posible medida de gestión podría ser extender el sistema pasivo de contención a las tuberías y las bombas.

III.2.2. Evaluación del factor de probabilidad (F_P) de los equipos o fuentes de peligro

El Cuadro 24 muestra el factor de probabilidad (F_P) de los distintos equipos o fuentes de peligro relevantes para el presente caso práctico.

CASO PRÁCTICO: FACTORES DE PROBABILIDAD (F_P) DE LOS EQUIPOS O FUENTES DE PELIGRO	
Equipo o fuente de peligro. Suceso iniciador	Factor de probabilidad (F_P)
Intervención humana durante operación normal. Omisión o ejecución incorrecta de un paso en una rutina de inicio	3
Tubería aérea de 100 mm de diámetro interior y de 20 m de longitud. Rotura	3
Tanque atmosférico aéreo de Tipo 4. Un solo tanque en la instalación. Rotura	2
Bomba centrífuga con juntas. Dos bombas en la instalación. Rotura	4
Instalación eléctrica (funcionando más de 357 horas al año). Fallo del fusible - Cortocircuito	3

Cuadro 24. Caso práctico: Factores de probabilidad (F_P) de los equipos o fuentes de peligro. Fuente: Elaboración propia

Estos factores de probabilidad han sido recogidos de las distintas tablas que conforman el epígrafe II.2.2 de la presente Guía.

III.2.3. Evaluación del factor de gestión del riesgo (F_G) de los equipos o fuentes de peligro

Por su parte, la evaluación de la gestión del riesgo (F_G) para cada uno de estos equipos o fuentes de peligro se recoge en el Anexo III —en concreto en los Cuadros AIII.1 a AIII.5—, escogiendo los indicadores de gestión del riesgo propuestos en el Cuadro 3 de la Guía. El Cuadro 25 recopila los resultados de esta evaluación de la gestión del riesgo.

CASO PRÁCTICO: FACTORES DE GESTIÓN DEL RIESGO (F_G) DE LOS EQUIPOS O FUENTES DE PELIGRO	
Equipo o fuente de peligro	Factor de gestión del riesgo (F_G)
Intervención humana durante operación normal. Omisión o ejecución incorrecta de un paso en una rutina de inicio	3,17
Tubería aérea de 100 mm de diámetro interior y de 20 m de longitud. Rotura	3,71
Tanque atmosférico aéreo de Tipo 4. Un solo tanque en la instalación. Rotura	3,67
Bomba centrífuga con juntas. Dos bombas en la instalación. Rotura	3,71
Instalación eléctrica (funcionando más de 357 horas al año). Fallo del fusible - Cortocircuito	3,73

Cuadro 25. Caso práctico: Factores de gestión del riesgo (F_G) de los equipos o fuentes de peligro. Fuente: Elaboración propia

III.2.4. Evaluación del factor probabilidad ajustado por gestión del riesgo (F_{PG}) de los equipos o fuentes de peligro

Con la información recogida en los Cuadros 24 y 25, es posible estimar el nivel de probabilidad ajustado por gestión del riesgo (F_{PG}) de los equipos o fuentes de peligro, empleando para ello el diagrama de la Figura 10 de la Guía. El Cuadro 26 recopila estos resultados.

CASO PRÁCTICO: NIVEL DE PROBABILIDAD AJUSTADO POR GESTIÓN DEL RIESGO (F_{PG}) DE LOS EQUIPOS O FUENTES DE PELIGRO			
Equipo o fuente de peligro	F_P	F_G	F_{PG}
Intervención humana durante operación normal. Omisión o ejecución incorrecta de un paso en una rutina de inicio	3	3,17	5
Tubería aérea de 100 mm de diámetro interior y de 20 m de longitud. Rotura	3	3,71	6
Tanque atmosférico aéreo de Tipo 4. Un solo tanque en la instalación. Rotura	2	3,67	5
Bomba centrífuga con juntas. Dos bombas en la instalación. Rotura	4	3,71	7
Instalación eléctrica (funcionando más de 357 horas al año). Fallo del fusible - Cortocircuito	3	3,73	6

Cuadro 26. Caso práctico: nivel de probabilidad ajustado por gestión del riesgo (F_{PG}) de los equipos o fuentes de peligro. Fuente: Elaboración propia

III.3. Evaluación del nivel de probabilidad ajustado por gestión del riesgo (F_{PG}) de las medidas de prevención, de evitación de nuevos daños o de los factores condicionantes

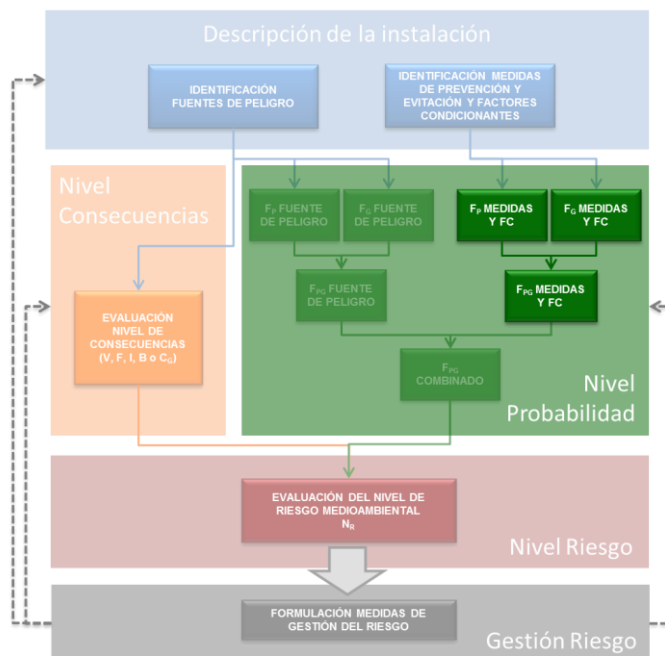


Figura 37. Flujograma de aplicación de los ESGRA: Evaluación del nivel de probabilidad ajustado por gestión del riesgo (F_{PG}) de las medidas de prevención, de evitación de nuevos daños o de los factores condicionantes. Fuente: Elaboración propia.

III.3.1. Evaluación del factor de probabilidad (F_P) de las medidas de prevención, de evitación de nuevos daños o de los factores condicionantes

De forma idéntica a lo realizado para los equipos o fuentes de peligro, el Cuadro 27 recoge los factores de probabilidad (F_P) de las medidas de prevención, de evitación de nuevos daños y de los factores condicionantes que intervienen una vez se haya generado en la instalación un suceso que potencialmente pueda generar daños medioambientales.

CASO PRÁCTICO: FACTORES DE PROBABILIDAD (F_P) DE LAS MEDIDAS PREVENTIVAS, DE EVITACIÓN DE NUEVOS DAÑOS Y FACTORES CONDICIONANTES

Medida de prevención, de evitación de nuevos daños o factor condicionante	Factor de probabilidad (F_P)
Operario en emergencia durante la carga o descarga	5
Ignición o explosión después de un derrame: ignición inmediata	4
Ignición o explosión después de un derrame: no ignición	5
Sistema semiautomático de bloqueo	5
Sistema pasivo de contención (cubeto de retención)	1
Sistema de detección y extinción de incendios. Detección manual	5
Sistema de detección y extinción de incendios. Sistema de extinción manual	5

Nota: El gasóleo, con un punto de inflamación de 52°C ha de considerarse un líquido P2 (ver Tabla 19)

Cuadro 27. Caso práctico: Factores de probabilidad (F_P) de las medidas preventivas, de evitación de nuevos daños y factores condicionantes. Fuente: Elaboración propia

En este Cuadro 27 se recogen las medidas preventivas, de evitación de nuevos daños y los factores condicionantes instalados o que actúan en caso de evento potencialmente causante de daño medioambiental en el estado actual de la instalación; posteriormente, el usuario podrá incluir o cambiar estas medidas o factores condicionantes, recurriendo a los equipos recogidos en el epígrafe II.3.1 de la presente Guía y evaluar los efectos que su implantación tendría en términos de gestión del riesgo.

III.3.2. Evaluación del factor de gestión del riesgo (F_G) de las medidas de prevención, de evitación de nuevos daños y de los factores condicionantes

En los Cuadros AIII.6 a AIII.10 del Anexo III se recoge la evaluación de las distintas medidas de prevención, de evitación de nuevos daños y de los factores condicionantes respecto a los distintos indicadores de gestión del riesgo. El Cuadro 28 recopila estos resultados, que se obtienen del cálculo del valor promedio de la valoración de cada indicador del riesgo que, según el Cuadro 5 de la presente Guía, aplica a cada medida.

La ignición inmediata o la no ignición de una sustancia inflamable (en este caso, el gasóleo) no disponen de indicadores de gestión del riesgo y, por ello, no se les asigna un factor de gestión del riesgo (F_G).

CASO PRÁCTICO: FACTORES DE GESTIÓN DEL RIESGO (F_G) DE LAS MEDIDAS PREVENTIVAS, DE EVITACIÓN DE NUEVOS DAÑOS Y FACTORES CONDICIONANTES	
Medida de prevención, de evitación de nuevos daños o factor condicionante	Factor de gestión del riesgo (F_G)
Operario en emergencia durante la carga o descarga	3,43
Ignición o explosión después de un derrame: ignición inmediata	-
Ignición o explosión después de un derrame: no ignición	-
Sistema semiautomático de bloqueo	3,58
Sistema pasivo de contención (cubeto de retención)	3,69
Sistema de detección y extinción de incendios. Detección manual	3,60
Sistema de detección y extinción de incendios. Sistema de extinción manual	3,60

Cuadro 28. Caso práctico: Factores de gestión del riesgo (F_G) de las medidas preventivas, de evitación de nuevos daños y factores condicionantes. Fuente: Elaboración propia

III.3.3. Evaluación del factor probabilidad ajustado por gestión del riesgo (F_{PG}) de las medidas de prevención, de evitación de nuevos daños o factores condicionantes

El Cuadro 29 recopila los valores recogidos por los Cuadros 27 y 28 relativos a factor de probabilidad (F_P) y factor de gestión del riesgo (F_G) de cada medida de prevención, de evitación de nuevos daños y de los factores condicionantes y el posterior nivel de probabilidad ajustado por gestión del riesgo (F_{PG}) que se obtiene de introducir los anteriores factores (F_P y F_G) en el diagrama de la Figura 10 de la presente Guía.

Como se ha comentado anteriormente, los factores condicionantes relativos a ignición (ignición inmediata y no ignición) no llevan asociados indicadores de gestión del riesgo y, por tanto, no tienen valor de F_G . El nivel de probabilidad ajustado por gestión del riesgo (F_{PG}) de los mismos se obtiene a partir del factor de probabilidad (F_P) y el valor máximo de F_{PG} para el mismo, según el diagrama de la Figura 10.

CASO PRÁCTICO: NIVEL DE PROBABILIDAD AJUSTADO POR GESTIÓN DEL RIESGO (F_{PG}) DE LAS MEDIDAS DE PREVENCIÓN, DE EVITACIÓN DE NUEVOS DAÑOS O FACTORES CONDICIONANTES

Medida de prevención, de evitación de nuevos daños o factores condicionantes	F_P	F_G	F_{PG}
Operario en emergencia durante la carga o descarga	5	3,43	8
Ignición o explosión después de un derrame: ignición inmediata	4	-	8
Ignición o explosión después de un derrame: no ignición	5	-	10
Sistema semiautomático de bloqueo	5	3,58	8
Sistema pasivo de contención (cubeto de retención)	1	3,69	4
Sistema de detección y extinción de incendios. Detección manual	5	3,60	8
Sistema de detección y extinción de incendios. Sistema de extinción manual	5	3,60	8

Cuadro 29. Caso práctico: nivel de probabilidad ajustado por gestión del riesgo (F_{PG}) de las medidas de prevención, de evitación de nuevos daños o factores condicionantes. Fuente: Elaboración propia

III.4. Integración del nivel de probabilidad ajustado por gestión del riesgo de los equipos o fuentes de peligro y de las medidas de prevención, de evitación de nuevos daños y de los factores condicionantes

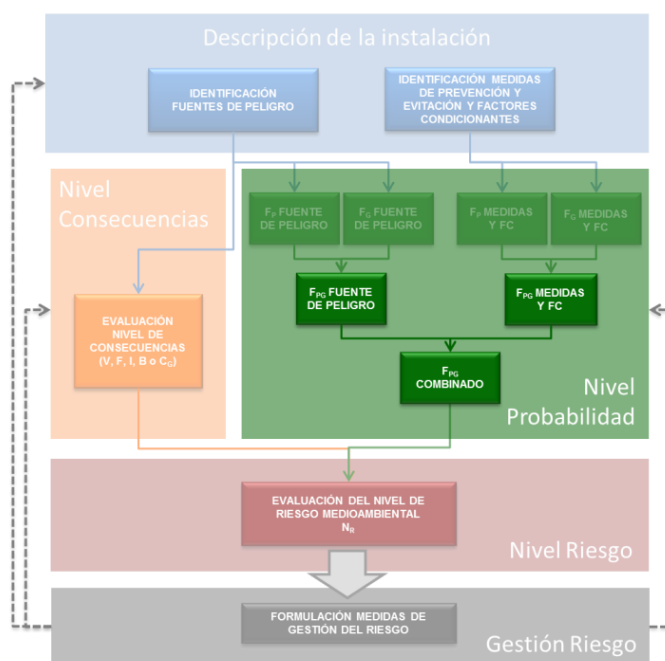


Figura 38. Flujograma de aplicación de los ESGRA: Evaluación del nivel de probabilidad (F_{PG}) combinado. Fuente: Elaboración propia.

III.4.1. Nivel combinado de probabilidad ajustado por gestión del riesgo para cada suceso susceptible de generar un daño medioambiental

A partir del Cuadro 23 y de los distintos valores de F_{PG} estimados para cada fuente de peligro y medida de prevención, de evitación de nuevos daños y factor condicionante (Cuadros 26 y 29), se procede a la valoración de cada suceso en términos de probabilidad, obteniéndose el denominado nivel combinado de probabilidad ajustado por gestión del riesgo, cuyo cálculo ha sido descrito en el epígrafe II.4 de la presente Guía.

El Cuadro 30 recopila este nivel combinado de probabilidad ajustado por gestión del riesgo de los sucesos identificados como relevantes en este caso práctico. La estimación de este indicador de probabilidad para cada suceso susceptible de generar un daño medioambiental se detalla en los Cuadros AIII.11 a AIII.19 del Anexo III.

Este Cuadro 30 ya permite obtener algunas conclusiones al analista en términos de gestión del riesgo, aunque aún sean parciales debido a que no se han evaluado aún las consecuencias de los distintos sucesos susceptibles de generar un daño medioambiental. Este nivel combinado de probabilidad ajustado por gestión del riesgo permite ordenar los distintos sucesos según su

nivel de probabilidad de ocurrencia: cuanto más alto sea el F_{PG} combinado, mayor probabilidad de que dicho suceso pueda producirse.

CASO PRÁCTICO: NIVEL COMBINADO DE PROBABILIDAD AJUSTADO POR GESTIÓN DEL RIESGO DE LOS DISTINTOS SUCESOS		
Código suceso	Suceso susceptible de generar un daño medioambiental	F_{PG} combinado
S1a	Emergencia (error humano) durante la operación de carga. Vertido	0,1600
S1b	Emergencia (error humano) durante la operación de carga. Vertido e incendio	0,0819
S2a	Rotura del depósito de combustible y vertido de su contenido. Vertido	0,2000
S2b	Rotura del depósito de combustible y vertido de su contenido. Vertido e incendio	0,1024
S3a	Rotura de tubería y vertido de gasóleo. Vertido	0,4800
S3b	Rotura de tubería y vertido de gasóleo. Vertido e incendio	0,3072
S4a	Rotura de bomba y vertido de gasóleo. Vertido	0,5600
S4b	Rotura de bomba y vertido de gasóleo. Vertido e incendio	0,3584
S5	Fallo del generador. Fallo del fusible - Cortocircuito	0,3840

Cuadro 30. Caso práctico: nivel combinado de probabilidad ajustado por gestión del riesgo de los distintos sucesos. Fuente: Elaboración propia

De esta forma, la rotura de la tubería o de las bombas que impulsan el gasóleo al generador y el correspondiente vertido (sin ignición posterior) son los sucesos que mayor probabilidad de ocurrencia tienen dentro de la instalación empleada como ejemplo.

Sin embargo, podría resultar precipitado proponer mejoras de gestión del riesgo de la instalación únicamente a partir de esta información, sin haber evaluado aún las consecuencias de los sucesos identificados; por ejemplo, puede considerarse que la rotura de una tubería o de una bomba difícilmente generaría un volumen de vertido similar a la rotura completa del depósito de gasóleo.

III.5. Evaluación simplificada de las consecuencias medioambientales

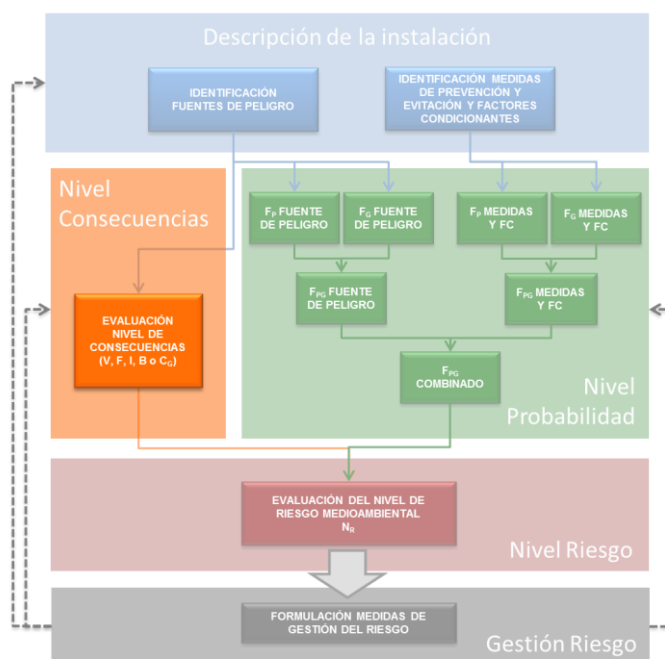


Figura 39. Flujograma de aplicación de los ESGRA: Evaluación simplificada de las consecuencias medioambientales. Fuente: Elaboración propia.

Las potenciales consecuencias medioambientales asociadas al generador y equipos auxiliares de la instalación objeto de análisis derivan de los posibles vertidos de gasóleo (durante la operación de carga y por la rotura del depósito, de la tubería o de las bombas) y el posible incendio que pudiera ocasionarse por la propia instalación eléctrica o por el vertido de una sustancia inflamable como es el gasóleo. De esta forma, los agentes causantes del daño en este caso práctico son un agente químico (gasóleo) y un incendio.

III.5.1. Consecuencias medioambientales por agente químico

Los parámetros necesarios, en el marco de los ESGRA, para estimar las consecuencias medioambientales de un vertido son las características de la sustancia (ver Cuadro 7 de la Guía), los recursos afectados (ver Cuadro 8) y el volumen de sustancia liberado.

La sustancia liberada en caso de vertido en el presente caso práctico es el gasóleo, que se califica como un Compuesto Orgánico Volátil, con un índice de peligrosidad (P_V) de 2, según el Cuadro 7 de la Guía.

Por su parte, la situación de la instalación (alejada de espacios naturales protegidos, de cursos de agua y de acuíferos potencialmente afectados por un vertido) permiten afirmar que el único recurso afectado por un vertido sería el suelo: el índice de recursos dañados por agente químico (R_V) adquiere el valor de 1 (afección baja), según el Cuadro 8 de la Guía.

En definitiva, el nivel unitario de consecuencias medioambientales por agente químico (C_v) de un vertido de gasóleo en el presente caso práctico tiene el valor de 2, resultado de trasladar el índice de peligrosidad (P_v) y el índice de recursos dañados (R_v) al diagrama de la Figura 14 de la Guía.

Por su parte, el volumen de vertido se estima a partir de los datos proporcionados por los equipos y medidas de prevención y de evitación de nuevos daños presentes en la instalación:

- El caudal al cual se realiza la operación de carga y descarga es de 5 litros por segundo. Las condiciones en las que se realiza esta operación (presencia continua del operario, servicio prestado por empresa suministradora con experiencia, etc.) permiten considerar que dicha operación se realiza en condiciones óptimas, lo que supone un tiempo de respuesta de 2 minutos (120 segundos) (ver Tabla 20). De esta forma, en caso de accidente durante la operación de carga del depósito de gasóleo, se liberarían un total de 600 litros ($0,6 \text{ m}^3$).
- El depósito de combustible tiene una capacidad de 2 m^3 ; su rotura supondría la liberación de todo el contenido.
- El caudal de alimentación necesario para la operación del generador es de 10 litros por hora. Con un sistema semiautomático de bloqueo, cuyo tiempo de respuesta es de 600 segundos (ver Tabla 20), la rotura de las bombas o de la tubería supondría la liberación de 1,67 litros ($0,00167 \text{ m}^3$).

Con estos datos, es posible evaluar el nivel de consecuencias por agente químico (V): el Cuadro 31 recoge estos resultados relativos a las consecuencias medioambientales generados por los distintos sucesos susceptibles de generar un daño medioambiental por vertido de sustancia química.

III.5.2. Consecuencias medioambientales por incendio

Por otra parte, la circunstancia de que la sustancia susceptible de ser liberada en caso de vertido sea inflamable, la propia naturaleza de la instalación (generador de energía eléctrica y equipos auxiliares) y la localización geográfica de la instalación en un entorno natural, hace necesario considerar la posibilidad de que una operación anormal de la instalación acabe generando un incendio con afecciones a los recursos naturales.

Las características del agente incendio hace que las consecuencias medioambientales del mismo dependan —una vez evaluada la posibilidad de que el incendio pueda afectar a los recursos naturales— únicamente del ámbito geográfico de la instalación, no de las causas del incendio.

De esta forma, los cinco sucesos identificados en el Cuadro 23 como susceptibles de generar un incendio (S1b, S2b, S3b, S4b y S5) generan un daño medioambiental idéntico. El Cuadro 32 recoge los parámetros a partir de los cuales se evalúa el daño medioambiental por incendio, atendiendo a las características del entorno donde se localiza la instalación:

- Zona de matorral: índice de peligrosidad de los combustibles (c) de 9.

- Pendientes moderadas: índice de peligrosidad de la fisiografía (f) de 5.
- Explotación localizada en el centro-sur de la Península Ibérica, con un tipo fitoclimático mediterráneo y, por ello, con un índice de adversidad del clima (a) de 9.

Esta metodología asume que todos los sucesos caracterizados por generar un incendio generarán un mismo incendio: independientemente de que dicho incendio se ocasione por un vertido (y por un distinto volumen de vertido) o por un cortocircuito, la falta de éxito de los sistemas de detección y extinción de incendios acabarán generando un incendio cuya magnitud dependerá del entorno donde se localice la instalación.

CASO PRÁCTICO: ESTIMACIÓN DEL NIVEL DE CONSECUENCIAS POR AGENTE QUÍMICO (V)							
Código suceso	Suceso susceptible de generar un daño medioambiental		Índice de peligrosidad (P _v)	Índice de recursos dañados (R _v)	Nivel unitario de consecuencias ambientales (C _v)	Cantidad de agente liberado (Q) (m ³)	Nivel de consecuencias por agente químico (V)
S1a	Emergencia (error humano) durante la operación de carga	Vertido	2	1	2	0,60000	1,20000
S2a	Rotura del depósito de combustible y vertido de su contenido	Vertido	2	1	2	2,00000	4,00000
S3a	Rotura de tubería y vertido de gasóleo	Vertido	2	1	2	0,00167	0,00334
S4a	Rotura de bomba y vertido de gasóleo	Vertido	2	1	2	0,00167	0,00334

Cuadro 31. Caso práctico: estimación del nivel de consecuencias por agente químico (V). Fuente: Elaboración propia

CASO PRÁCTICO: PARÁMETROS PARA LA EVALUACIÓN DE LAS CONSECUENCIAS AMBIENTALES DE UN INCENDIO	
Parámetro	Valor
Índice de peligrosidad de los combustibles (c)	9
Índice de peligrosidad de la fisiografía (f)	5
Índice de adversidad del clima (a)	9
Existencia de espacios naturales protegidos (p)	1
Índice de consecuencias por incendio (i)	405
Nivel de consecuencias por incendio (I)	3

Cuadro 32. Caso práctico: parámetros para la evaluación de las consecuencias ambientales de un incendio. Fuente: Elaboración propia

III.5.3. Consecuencias medioambientales globales: nivel global de consecuencias medioambientales (C_G)

Debido a que en el presente caso práctico se han identificado dos tipos distintos de agentes causantes del daño (químico e incendio), es necesario recurrir a la ecuación presentada en el epígrafe II.5.6 de la Guía (página 97) para obtener un valor global del nivel de consecuencias que compare las consecuencias medioambientales generadas por los distintos agentes.

El Cuadro 33 recoge la estimación del denominado nivel global de consecuencias medioambientales (C_G). Para ello, se determinan los niveles de consecuencias medioambientales por cada agente causante del daño: químico, físico, incendio y biológico — V, F, I y B— para cada suceso iniciador y se calcula el nivel de global de consecuencias medioambientales mediante la fórmula:

$$C_G = \frac{V}{30} + \frac{F}{51} + \frac{I}{4} + B$$

La consecuencia medioambiental más grave que puede derivarse de la operación del generador diésel de energía eléctrica para la instalación del presente caso práctico es un incendio (sucesos S1b, S2b, S3b, S4b y S5). Les sigue la rotura del depósito de combustible, que generaría un vertido de 2.000 litros de gasóleo, y un vertido durante la operación de carga del mismo depósito (600 litros de vertido). Por su parte, las consecuencias medioambientales asociadas a un vertido (sin incendio) de gasóleo por rotura de las bombas o de la tubería provocarían consecuencias medioambientales significativamente menores que el resto de sucesos identificados en el presente análisis como susceptibles de generar un daño medioambiental.

CASO PRÁCTICO: ESTIMACIÓN DEL NIVEL GLOBAL DE CONSECUENCIAS (C _G)								
Código suceso	Suceso susceptible de generar un daño medioambiental	Agente	Consecuencias medioambientales por agente				Consecuencias (C _G)	
			V	F	I	B		
S1a	Emergencia (error humano) durante la operación de carga	Vertido	Químico	1,20000	0	0	0	0,04000
S1b	Emergencia (error humano) durante la operación de carga	Vertido e incendio	Incendio	0	0	3	0	0,75000
S2a	Rotura del depósito de combustible y vertido de su contenido	Vertido	Químico	4,0000	0	0	0	0,13333
S2b	Rotura del depósito de combustible y vertido de su contenido	Vertido e incendio	Incendio	0	0	3	0	0,75000
S3a	Rotura de tubería y vertido de gasóleo	Vertido	Químico	0,00334	0	0	0	0,00011
S3b	Rotura de tubería y vertido de gasóleo	Vertido e incendio	Incendio	0	0	3	0	0,75000
S4a	Rotura de bomba y vertido de gasóleo	Vertido	Químico	0,00334	0	0	0	0,00011
S4b	Rotura de bomba y vertido de gasóleo	Vertido e incendio	Incendio	0	0	3	0	0,75000
S5	Fallo del generador. Fallo del fusible - Cortocircuito	Incendio	Incendio	0	0	3	0	0,75000

Cuadro 33. Caso práctico: estimación del nivel global de consecuencias (C_G). Fuente: Elaboración propia

III.6. Evaluación simplificada del riesgo

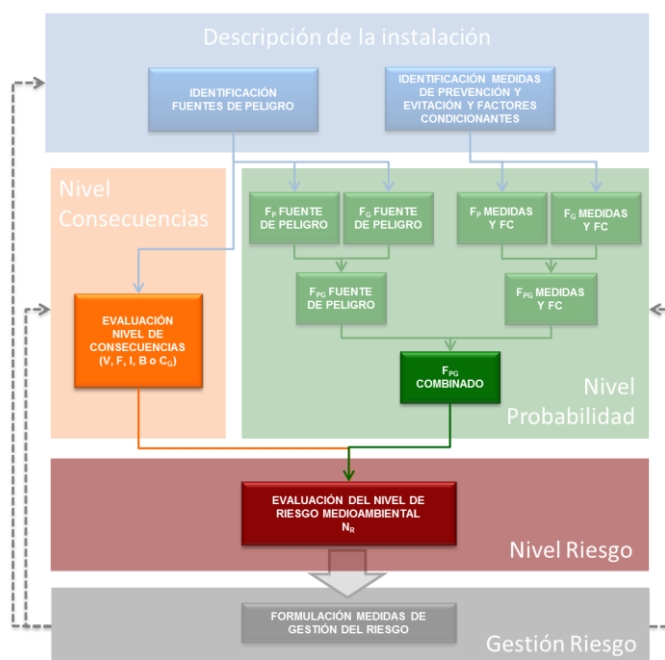


Figura 40. Flujograma de aplicación de los ESGRA: Evaluación simplificada del riesgo. Fuente: Elaboración propia.

Las decisiones respecto a las medidas de gestión del riesgo a implementar han de tener en cuenta tanto la probabilidad de los distintos sucesos (o nivel combinado de probabilidad ajustado por gestión del riesgo, en el marco de los ESGRA) como las consecuencias medioambientales de los mismos (nivel global de consecuencias). La existencia de un suceso susceptible de generar un daño medioambiental muy probable pero con pocas consecuencias (o con muchas consecuencias pero altamente improbable) puede exigir dirigir los esfuerzos de reducción del riesgo medioambiental a sucesos distintos. Por ello, la estimación del riesgo —o, en el marco de los ESGRA, del nivel de riesgo (N_R)— se constituye como un parámetro clave para identificar los sucesos que podrían concentrar los esfuerzos en términos de mejora de la gestión del riesgo de la instalación.

El Cuadro 34 recoge los niveles de riesgo de cada uno de los sucesos susceptibles de generar un daño medioambiental de la instalación objeto de análisis en el presente caso práctico. Los sucesos se han ordenado, de mayor o menor, por nivel de riesgo (N_R).

CASO PRÁCTICO: NIVEL DE RIESGO DE LOS SUCESOS Y DE LA INSTALACIÓN					
Código suceso	Suceso susceptible de generar un daño medioambiental		Nivel combinado de probabilidad ajustado por gestión del riesgo (F_{PG} combinado)	Nivel de consecuencias (C_G)	Nivel de riesgo (N_R)
S5	Fallo del generador. Fallo del fusible - Cortocircuito	Incendio	0,3840	0,75000	0,28800
S4b	Rotura de bomba y vertido de gasóleo	Vertido e incendio	0,3584	0,75000	0,26880
S3b	Rotura de tubería y vertido de gasóleo	Vertido e incendio	0,3072	0,75000	0,23040
S2b	Rotura del depósito de combustible y vertido de su contenido	Vertido e incendio	0,1024	0,75000	0,07680
S1b	Emergencia (error humano) durante la operación de carga	Vertido e incendio	0,0819	0,75000	0,06143
S2a	Rotura del depósito de combustible y vertido de su contenido	Vertido	0,2000	0,13333	0,02667
S1a	Emergencia (error humano) durante la operación de carga	Vertido	0,1600	0,04000	0,00640
S4a	Rotura de bomba y vertido de gasóleo	Vertido	0,5600	0,00011	0,00006
S3a	Rotura de tubería y vertido de gasóleo	Vertido	0,4800	0,00011	0,00005
Nivel de riesgo de la instalación					0,95861

Cuadro 34. Caso práctico: nivel de riesgo de los sucesos y de la instalación. Fuente: Elaboración propia

El Cuadro 34 refleja que los sucesos relacionados con incendios son los que mayor nivel de riesgo poseen. En tres sucesos (S5, S4b y S3b) relacionados con incendios se combina un nivel máximo de consecuencias medioambientales de entre el conjunto de sucesos evaluados con niveles máximos de probabilidad.

La rotura de la tubería aérea o de las bombas son los sucesos con mayor nivel de probabilidad, pero, sin embargo, son los sucesos que menor nivel de consecuencias generan.

Finalmente, el Cuadro 34 proporciona al analista información muy valiosa sobre las medidas de gestión del riesgo que, potencialmente, más reducción del riesgo de la instalación podrían conseguir: la reducción del nivel de probabilidad de incendios.

III.7. Posibles medidas de gestión del riesgo para reducir el riesgo medioambiental de la instalación

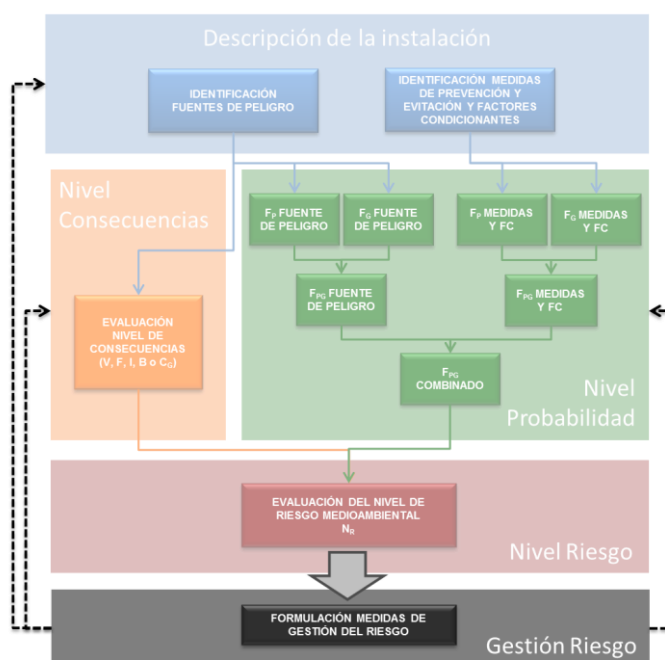


Figura 41. Flujograma de aplicación de los ESGRA: Posibles medidas de gestión del riesgo para reducir el riesgo medioambiental de la instalación. Fuente: Elaboración propia.

Una vez caracterizada la instalación en términos de riesgos medioambientales, los *Estudios Simplificados para la Gestión del Riesgo Medioambiental* permiten identificar distintas acciones de mejora del riesgo medioambiental de la instalación, mediante la sustitución de equipos (acciones de mejora tecnológica) o mediante acciones de mejora de la gestión de los mismos (mejorando la conservación o el mantenimiento de los mismos, mejorando la experiencia y formación de los empleados, etc.).

La exigencia de simplificación implícita en un instrumento como los ESGRA puede provocar que una mejora de la gestión del riesgo por parte del operador (mejora tecnológica, mejora de la gestión o inclusión de una medida de prevención o de evitación de nuevos daños), no se traduzca en una mejora del indicador empleado en los ESGRA para ello (el factor de

probabilidad ajustado por gestión del riesgo, F_{PG}). En estos casos ha de tenerse en cuenta que sí que se obtiene una mejora de la gestión del riesgo por parte del operador, pero que la sensibilidad del ESGRA impide la captura de la misma.

III.7.1. Acciones de mejora tecnológica

III.7.1.1 Mejora del sistema de detección y extinción de incendios (S1b, S2b, S3b, S4b y S5)

De la estimación del nivel de riesgo realizado en el Cuadro 31 se extrae la conclusión de que una reducción del nivel de probabilidad de los sucesos relacionados con incendios supondría una reducción significativa del nivel de riesgo de la instalación; en concreto, en este caso, se propone la sustitución de los sistemas de detección y extinción de incendios manuales por otros automáticos. El Cuadro 35 recoge los efectos que esta sustitución genera en el riesgo de la presente instalación.

CASO PRÁCTICO: CÁLCULO DEL NIVEL COMBINADO DE PROBABILIDAD AJUSTADO POR GESTIÓN DEL RIESGO DE LOS SUCESOS ALTERADOS POR SUSTITUIR LOS SISTEMAS MANUALES DE DETECCIÓN Y EXTINCIÓN DE INCENDIOS POR SISTEMAS AUTOMÁTICOS									
Código suceso	Equipo o fuente de peligro, medida de prevención o factor condicionante	Situación anterior (manual)				Situación posterior (automático)			
		F _P	F _G	F _{PG}	F _{PG} /10	F _P	F _G	F _{PG} ²²	F _{PG} /10
S1b	Intervención humana durante operación normal. Omisión o ejecución incorrecta de un paso en una rutina de inicio	3	3,17	5	0,50	3	3,17	5	0,50
	Operario en emergencia durante la carga o descarga	5	3,43	8	0,80	5	3,43	8	0,80
	Sistema pasivo de contención (cubeto de retención)	1	3,69	4	0,40	1	3,69	4	0,40
	Ignición o explosión después de un derrame: ignición inmediata	4	-	8	0,80	4	-	8	0,80
	Sistema de detección y extinción de incendios. Detección	5	3,60	8	0,80	5	3,31	8	0,80
	Sistema de detección y extinción de incendios. Extinción	5	3,60	8	0,80	4	3,31	7	0,70
	Nivel combinado de probabilidad ajustado por gestión del riesgo				0,0819				0,0717

²² Tal y como se comentaba en el apartado relativo al cálculo de F_{PG} (apartado II.2.4 de esta guía), para cada suceso iniciador valores de este parámetro iguales o superiores a 7 en un determinado equipo, fuente de peligro, medida de prevención y/o evitación o factor condicionante, indicará al usuario que habrá de actuar de forma prioritaria sobre él/ellos para disminuir el riesgo de la instalación.

CASO PRÁCTICO: CÁLCULO DEL NIVEL COMBINADO DE PROBABILIDAD AJUSTADO POR GESTIÓN DEL RIESGO DE LOS SUCESOS ALTERADOS POR SUSTITUIR LOS SISTEMAS MANUALES DE DETECCIÓN Y EXTINCIÓN DE INCENDIOS POR SISTEMAS AUTOMÁTICOS (CONTINUACIÓN)									
Código suceso	Equipo o fuente de peligro, medida de prevención o factor condicionante	Situación anterior (manual)				Situación posterior (automático)			
		F _P	F _G	F _{PG}	F _{PG} /10	F _P	F _G	F _{PG}	F _{PG} /10
S2b	Rotura de tanque atmosférico aéreo de Tipo 4. Un solo tanque en la instalación	2	3,67	5	0,50	2	3,67	5	0,50
	Sistema pasivo de contención (cubeto de retención)	1	3,69	4	0,40	1	3,69	4	0,40
	Ignición o explosión después de un derrame: ignición inmediata	4	-	8	0,80	4	-	8	0,80
	Sistema de detección y extinción de incendios. Detección	5	3,60	8	0,80	5	3,31	8	0,80
	Sistema de detección y extinción de incendios. Extinción	5	3,60	8	0,80	4	3,31	7	0,70
	Nivel combinado de probabilidad ajustado por gestión del riesgo				0,1024				

CASO PRÁCTICO: CÁLCULO DEL NIVEL COMBINADO DE PROBABILIDAD AJUSTADO POR GESTIÓN DEL RIESGO DE LOS SUCESOS ALTERADOS POR SUSTITUIR LOS SISTEMAS MANUALES DE DETECCIÓN Y EXTINCIÓN DE INCENDIOS POR SISTEMAS AUTOMÁTICOS (CONTINUACIÓN)									
Código suceso	Equipo o fuente de peligro, medida de prevención o factor condicionante	Situación anterior (manual)				Situación posterior (automático)			
		F _P	F _G	F _{PG}	F _{PG/10}	F _P	F _G	F _{PG}	F _{PG/10}
S3b	Rotura de tubería aérea de 100 mm de diámetro interior y de 20 m de longitud	3	3,71	6	0,60	3	3,71	6	0,60
	Ignición o explosión después de un derrame: ignición inmediata	4	-	8	0,80	4	-	8	0,80
	Sistema de detección y extinción de incendios. Detección	5	3,60	8	0,80	5	3,31	8	0,80
	Sistema de detección y extinción de incendios. Extinción	5	3,60	8	0,80	4	3,31	7	0,70
	Nivel combinado de probabilidad ajustado por gestión del riesgo				0,3072				

CASO PRÁCTICO: CÁLCULO DEL NIVEL COMBINADO DE PROBABILIDAD AJUSTADO POR GESTIÓN DEL RIESGO DE LOS SUCESOS ALTERADOS POR SUSTITUIR LOS SISTEMAS MANUALES DE DETECCIÓN Y EXTINCIÓN DE INCENDIOS POR SISTEMAS AUTOMÁTICOS (CONTINUACIÓN)									
Código suceso	Equipo o fuente de peligro, medida de prevención o factor condicionante	Situación anterior (manual)				Situación posterior (automático)			
		F _P	F _G	F _{PG}	F _{PG/10}	F _P	F _G	F _{PG}	F _{PG/10}
S4b	Rotura de bomba centrífuga con juntas. Dos bombas en la instalación	4	3,71	7	0,70	4	3,71	7	0,70
	Ignición o explosión después de un derrame: ignición inmediata	4	-	8	0,80	4	-	8	0,80
	Sistema de detección y extinción de incendios. Detección	5	3,60	8	0,80	5	3,31	8	0,80
	Sistema de detección y extinción de incendios. Extinción	5	3,60	8	0,80	4	3,31	7	0,70
	Nivel combinado de probabilidad ajustado por gestión del riesgo				0,3584				
S5	Instalación eléctrica (funcionando más de 357 horas al año). Fallo del fusible - Cortocircuito	3	3,73	6	0,60	3	3,73	6	0,60
	Sistema de detección y extinción de incendios. Detección	5	3,60	8	0,80	5	3,31	8	0,80
	Sistema de detección y extinción de incendios. Extinción	5	3,60	8	0,80	4	3,31	7	0,70
	Nivel combinado de probabilidad ajustado por gestión del riesgo				0,3840				

Cuadro 35. Caso práctico: cálculo del nivel combinado de probabilidad ajustado por gestión de los sucesos alterados al sustituir los sistemas manuales de detección y extinción de incendios por sistemas automáticos. Fuente: Elaboración propia

Tal y como se recoge en el Cuadro 35, la implantación de sistemas automáticos de detección y extinción de incendios supone una reducción de los niveles de probabilidad. Esta reducción se concentra en el sistema de extinción —cuyo factor de probabilidad (F_P) se reduce de 5 a 4 y, consiguientemente, el nivel de probabilidad ajustado por gestión del riesgo (F_{PG}) de 8 a 7—.

La automatización del sistema de detección de incendios no hace variar el nivel de probabilidad (F_P); de forma adicional, la reducción del factor de gestión del riesgo (F_G) (de 3,60 a 3,31) no es suficiente para hacer variar el nivel de probabilidad ajustado por gestión del riesgo (F_{PG}) de este equipo. Los Cuadros AIII.20 (detección automática) y AIII.21 (extinción automática) del Anexo III recoge la gestión del riesgo de estos elementos.

Este comportamiento del factor de probabilidad (F_P) y, con él, del nivel de probabilidad ajustado por gestión del riesgo (F_{PG}), se extiende de forma idéntica por todos los sucesos susceptibles de generar un incendio (S1b, S2b, S3b, S4b y S5).

Por otra parte, y debido a que las consecuencias medioambientales derivados de un incendio dependen exclusivamente del entorno donde se localiza la instalación, esta mejora no supone una variación del nivel de consecuencias medioambientales de los sucesos relacionados con incendios.

Los efectos de la sustitución de los sistemas de detección y extinción de incendios manuales por sistemas automáticos, tienen efectos únicamente en los sucesos en los que se produce un incendio (S1b, S2b, S3b, S4b y S5), haciendo variar el nivel de probabilidad ajustado por gestión del riesgo (F_{PG}) de los mismos y, con ello, su nivel de riesgo.

El Cuadro 36 recoge la reducción del nivel de riesgo que supone esta mejora en los sistemas de detección y extinción de incendios en la instalación objeto de estudio.

CASO PRÁCTICO: EVALUACIÓN DE LA MODIFICACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO (N_R) DE LOS DISTINTOS SUCESOS AL SUSTITUIR LOS SISTEMAS MANUALES DE DETECCIÓN Y EXTINCIÓN DE INCENDIOS POR SISTEMAS AUTOMÁTICOS							
Código suceso	Suceso susceptible de generar un daño medioambiental	Situación anterior (manual)			Situación posterior (automático)		
		F_{PG} comb.	Consecuencias (C_G)	Nivel de riesgo (N_R)	F_{PG} comb.	Consecuencias (C_G)	Nivel de riesgo (N_R)
S1a	Emergencia (error humano) durante la operación de carga. Vertido	0,1600	0,04000	0,00640	0,1600	0,04000	0,00640
S1b	Emergencia (error humano) durante la operación de carga. Vertido e incendio	0,0819	0,75000	0,06143	0,0717	0,75000	0,05378
S2a	Rotura del depósito de combustible y vertido de su contenido. Vertido	0,2000	0,13333	0,02667	0,2000	0,13333	0,02667
S2b	Rotura del depósito de combustible y vertido de su contenido. Vertido e incendio	0,1024	0,75000	0,07680	0,0896	0,75000	0,06720
S3a	Rotura de tubería y vertido de gasóleo. Vertido	0,4800	0,00011	0,00005	0,4800	0,00011	0,00005
S3b	Rotura de tubería y vertido de gasóleo. Vertido e incendio	0,3072	0,75000	0,23040	0,2688	0,75000	0,20160
S4a	Rotura de bomba y vertido de gasóleo. Vertido	0,5600	0,00011	0,00006	0,5600	0,00011	0,00006
S4b	Rotura de bomba y vertido de gasóleo. Vertido e incendio	0,3584	0,75000	0,26880	0,3136	0,75000	0,23520
S5	Fallo del generador. Fallo del fusible - Cortocircuito	0,3840	0,75000	0,28800	0,3360	0,75000	0,25200
Nivel de riesgo de la instalación				0,95861			0,84296

Cuadro 36. Caso práctico: evaluación de la modificación del nivel de riesgo (N_R) de los distintos sucesos al sustituir los sistemas manuales de detección y extinción de incendios por sistemas automáticos. Fuente: Elaboración propia

III.7.1.2 Enterramiento de la tubería que conecta el generador al depósito de gasóleo (S3a y S3b)

La probabilidad de que se produzca una rotura en una tubería subterránea es algo menor que la rotura de una tubería aérea (ver Figura 8 y Tabla 8 de la presente Guía). En el caso concreto del presente caso práctico, en el que la tubería tiene una longitud de 20 metros, el enterramiento de la tubería permitiría reducir el nivel de probabilidad (F_p) de 3 a 2.

Sin embargo, si bien el enterramiento de una tubería reduce la probabilidad de rotura de la misma, puede complicar la detección de las fugas, por lo que una insuficiente gestión del riesgo de la tubería enterrada podría dar lugar a un incremento de las consecuencias de una rotura, lo que podría llegar a provocar un incremento del nivel de riesgo a pesar de la reducción del nivel de probabilidad. Para evitar (o minimizar) este escenario de rotura de la tubería subterránea y no detección de la misma, se propone mejorar la gestión del riesgo del elemento, en concreto instalando dispositivos de detección de fugas, a través del indicador de gestión “protección de los equipos subterráneos”. La gestión del riesgo de la tubería subterránea que se propone se recoge en el Cuadro AIII.22 del Anexo III.

El enterramiento de la tubería aérea que alimenta de gasóleo al generador desde el depósito de combustible no solo permitiría reducir el nivel de probabilidad de rotura de la misma (apuntalando una reducción del riesgo mediante una correcta gestión del elemento enterrado), sino también (con probables mayores repercusiones en términos de reducción del riesgo de la instalación) eliminar el suceso de vertido e incendio por rotura de la tubería.

El Cuadro 37 muestra cómo varía en el presente caso práctico el nivel combinado de probabilidad ajustado por gestión del riesgo del evento relacionado con la rotura de la tubería: se reduce dicho nivel desde 0,4800 hasta 0,3200 (suceso S3a) y se elimina la posibilidad de que, tras el vertido, se produzca un incendio (suceso S3b).

Por su parte, el Cuadro 38 muestra cómo queda el nivel de riesgo de los distintos sucesos identificados en la instalación del presente caso práctico: se reduce el nivel de riesgo del suceso S3a y desaparece el suceso S3b.

Esta medida de mejora tecnológica no provoca ninguna variación en el resto de sucesos (ni en términos de probabilidad ni en términos de consecuencias), elimina uno de los sucesos (rotura de tubería aérea, con vertido e incendio), reduce la probabilidad de otro (rotura de tubería, con vertido) sin aumentar las consecuencias del mismo (al instalarse equipos para la detección de fugas); en definitiva, puede afirmarse que esta medida de mejora tecnológica reduce el riesgo medioambiental de la instalación.

CASO PRÁCTICO: CÁLCULO DEL NIVEL COMBINADO DE PROBABILIDAD AJUSTADO POR GESTIÓN DEL RIESGO DEL SUCESO DE ROTURA DE TUBERÍA AL SUSTITUIR LA TUBERÍA AÉREA POR UNA TUBERÍA SUBTERRÁNEA									
Código suceso	Equipo o fuente de peligro, medida de prevención o factor condicionante	Situación anterior (tubería aérea)				Situación posterior (tubería subterránea)			
		F _P	F _G	F _{PG}	F _{PG} /10	F _P	F _G	F _{PG}	F _{PG} /10
S3a	Rotura de tubería aérea (o subterránea) de 100 mm de diámetro interior y de 20 m de longitud	3	3,71	6	0,60	2	3,09	4	0,40
	Ignición o explosión después de un derrame: no ignición	5	-	10	1,00	-	-	-	-
	Sistema semiautomático de bloqueo	5	3,58	8	0,80	5	3,58	8	0,80
	Nivel combinado de probabilidad ajustado por gestión del riesgo				0,4800				0,3200
S3b	Rotura de tubería aérea (o subterránea) de 100 mm de diámetro interior y de 20 m de longitud	3	3,71	6	0,60	-	-	-	-
	Ignición o explosión después de un derrame: ignición inmediata	4	-	8	0,80	-	-	-	-
	Sistema de detección y extinción de incendios. Detección manual	5	3,60	8	0,80	-	-	-	-
	Sistema de detección y extinción de incendios. Sistema de extinción manual	5	3,60	8	0,80	-	-	-	-
	Nivel combinado de probabilidad ajustado por gestión del riesgo				0,3072				-

Cuadro 37. Caso práctico: cálculo del nivel combinado de probabilidad ajustado por gestión del riesgo del suceso de rotura de tubería al sustituir la tubería aérea por una tubería subterránea. Fuente: Elaboración propia

CASO PRÁCTICO: EVALUACIÓN DE LA MODIFICACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO (N_R) DE LOS DISTINTOS SUCESOS AL SUSTITUIR LA TUBERÍA AÉREA POR UNA TUBERÍA SUBTERRÁNEA							
Código suceso	Suceso susceptible de generar un daño medioambiental	Situación anterior (manual)			Situación posterior (automático)		
		F_{PG} comb.	Consecuencias (C_G)	Nivel de riesgo (N_R)	F_{PG} comb.	Consecuencias (C_G)	Nivel de riesgo (N_R)
S1a	Emergencia (error humano) durante la operación de carga. Vertido	0,1600	0,04000	0,00640	0,1600	0,04000	0,00640
S1b	Emergencia (error humano) durante la operación de carga. Vertido e incendio	0,0819	0,75000	0,06143	0,0819	0,75000	0,06143
S2a	Rotura del depósito de combustible y vertido de su contenido. Vertido	0,2000	0,13333	0,02667	0,2000	0,13333	0,02667
S2b	Rotura del depósito de combustible y vertido de su contenido. Vertido e incendio	0,1024	0,75000	0,07680	0,1024	0,75000	0,07680
S3a	Rotura de tubería y vertido de gasóleo. Vertido	0,4800	0,00011	0,00005	0,3200	0,00011	0,00004
S3b	Rotura de tubería y vertido de gasóleo. Vertido e incendio	0,3072	0,75000	0,23040	-	0,75000	-
S4a	Rotura de bomba y vertido de gasóleo. Vertido	0,5600	0,00011	0,00006	0,5600	0,00011	0,00006
S4b	Rotura de bomba y vertido de gasóleo. Vertido e incendio	0,3584	0,75000	0,26880	0,3584	0,75000	0,26880
S5	Fallo del generador. Fallo del fusible - Cortocircuito	0,3840	0,75000	0,28800	0,3840	0,75000	0,28800
Nivel de riesgo de la instalación				0,95861			0,72819

Cuadro 38. Caso práctico: evaluación de la modificación del nivel de riesgo (N_R) de los distintos sucesos al sustituir la tubería aérea por una tubería subterránea. Fuente: Elaboración propia

III.7.1.3 Reducción de la capacidad del depósito de gasóleo

El suceso que mayores consecuencias medioambientales tiene, descartando los incendios, es la rotura del depósito de gasóleo, que provocaría el vertido de 2.000 litros de gasóleo. Se propone como medida de gestión del riesgo la sustitución del depósito de 2.000 litros por uno de la mitad de capacidad (1.000 litros), teniendo en cuenta que, aunque existen, las interrupciones del suministro eléctrico son lo suficientemente esporádicas como para permitir disponer de un depósito de menor capacidad.

La sustitución del depósito de 2.000 litros por uno de 1.000 litros supone en primer lugar, tal y como se muestra en el Cuadro 39, una mejora de la gestión del riesgo del elemento, al sustituir un equipo que, en la situación inicial de la instalación, tenía una edad superior al 66% de su vida útil pero sin superar ésta (ver Cuadro AIII.3 del Anexo III) por uno nuevo (ver Cuadro AIII.23 del Anexo III). Esta mejora de la gestión del riesgo del elemento supone una reducción del factor de gestión del riesgo (F_G) (de 3,71 a 3,53) que no se manifiesta, debido a la menor sensibilidad de la metodología empleada en los ESGRA, en términos de nivel de probabilidad ajustado por gestión del riesgo (F_{PG}).

Al reducirse a la mitad la capacidad del depósito, se reducirán en un mismo grado las consecuencias medioambientales asociadas a su vertido (no a su vertido e incendio). El Cuadro 40 recoge los cambios en el cálculo de las consecuencias medioambientales que esta sustitución supondrá en el conjunto de los sucesos contemplados en el presente caso práctico.

Finalmente, el Cuadro 41 recoge los efectos que la renovación del tanque de 2.000 litros por uno del mismo tipo pero de la mitad de capacidad (1.000 litros) genera en términos de nivel de riesgo (N_R).

Esta medida supondría una reducción del nivel de riesgo de la instalación de magnitud moderada, al no suponer una variación ni del nivel de probabilidad (F_{PG}) ni del nivel de consecuencias medioambientales (C_G) de los sucesos que mayor riesgo generan (los incendios).

CASO PRÁCTICO: CÁLCULO DEL NIVEL COMBINADO DE PROBABILIDAD AJUSTADO POR GESTIÓN DEL RIESGO DEL SUCESO DE ROTURA DE DEPÓSITO AL SUSTITUIR EL MISMO POR UNO DE 1.000 LITROS									
Código suceso	Equipo o fuente de peligro, medida de prevención o factor condicionante	Situación anterior (depósito 2.000 litros)				Situación posterior (depósito 1.000 litros)			
		F _P	F _G	F _{PG}	F _{PG} /10	F _P	F _G	F _{PG}	F _{PG} /10
S2a	Rotura de tanque atmosférico aéreo de Tipo 4. Un solo tanque en la instalación	2	3,67	5	0,50	2	3,50	5	0,50
	Sistema pasivo de contención (cubeto de retención)	1	3,69	4	0,40	1	3,69	4	0,40
	Ignición o explosión después de un derrame: no ignición	5	-	10	1,00	5	-	10	1,00
	Nivel combinado de probabilidad ajustado por gestión del riesgo				0,2000				0,2000

CASO PRÁCTICO: CÁLCULO DEL NIVEL COMBINADO DE PROBABILIDAD AJUSTADO POR GESTIÓN DEL RIESGO DEL SUCESO DE ROTURA DE DEPÓSITO AL SUSTITUIR EL MISMO POR UNO DE 1.000 LITROS (CONTINUACIÓN)									
Código suceso	Equipo o fuente de peligro, medida de prevención o factor condicionante	Situación anterior (depósito 2.000 litros)				Situación posterior (depósito 1.000 litros)			
		F _P	F _G	F _{PG}	F _{PG/10}	F _P	F _G	F _{PG}	F _{PG/10}
S2b	Rotura de tanque atmosférico aéreo de Tipo 4. Un solo tanque en la instalación	2	3,67	5	0,50	2	3,50	5	0,50
	Sistema pasivo de contención (cubeto de retención)	1	3,69	4	0,40	1	3,69	4	0,40
	Ignición o explosión después de un derrame: ignición inmediata	4	-	8	0,80	4	-	8	0,80
	Sistema de detección y extinción de incendios. Detección manual	5	3,60	8	0,80	5	3,60	8	0,80
	Sistema de detección y extinción de incendios. Sistema de extinción manual	5	3,60	8	0,80	5	3,60	8	0,80
	Nivel combinado de probabilidad ajustado por gestión del riesgo				0,1024				

Cuadro 39. Caso práctico: cálculo del nivel combinado de probabilidad ajustado por gestión del riesgo del suceso de rotura de depósito al sustituir el mismo por uno de 1.000 litros. Fuente: Elaboración propia

CASO PRÁCTICO: ESTIMACIÓN DEL NIVEL GLOBAL DE CONSECUENCIAS (C _G)								
Código suceso	Suceso susceptible de generar un daño medioambiental		Agente	Consecuencias medioambientales por agente				Consecuencias (C _G)
				V	F	I	B	
S1a	Emergencia (error humano) durante la operación de carga	Vertido	Químico	1,20000	0	0	0	0,04000
S1b	Emergencia (error humano) durante la operación de carga	Vertido e incendio	Incendio	0	0	3	0	0,75000
S2a	Rotura del depósito de combustible y vertido de su contenido	Vertido	Químico	2,0000	0	0	0	0,06667
S2b	Rotura del depósito de combustible y vertido de su contenido	Vertido e incendio	Incendio	0	0	3	0	0,75000
S3a	Rotura de tubería y vertido de gasóleo	Vertido	Químico	0,00334	0	0	0	0,00011
S3b	Rotura de tubería y vertido de gasóleo	Vertido e incendio	Incendio	0	0	3	0	0,75000
S4a	Rotura de bomba y vertido de gasóleo	Vertido	Químico	0,00334	0	0	0	0,00011
S4b	Rotura de bomba y vertido de gasóleo	Vertido e incendio	Incendio	0	0	3	0	0,75000
S5	Fallo del generador. Fallo del fusible - Cortocircuito	Incendio	Incendio	0	0	3	0	0,75000

Cuadro 40. Caso práctico: estimación del nivel global de consecuencias (C_G) al reducir la capacidad del depósito de gasóleo a 1.000 litros. Fuente: Elaboración propia

CASO PRÁCTICO: EVALUACIÓN DE LA MODIFICACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO (N_R) DE LOS DISTINTOS SUCESOS AL REDUCIR LA CAPACIDAD DEL DEPÓSITO DE GASÓLEO A 1.000 LITROS							
Código suceso	Suceso susceptible de generar un daño medioambiental	Situación anterior (manual)			Situación posterior (automático)		
		F_{PG} comb.	Consecuencias (C_G)	Nivel de riesgo (N_R)	F_{PG} comb.	Consecuencias (C_G)	Nivel de riesgo (N_R)
S1a	Emergencia (error humano) durante la operación de carga. Vertido	0,1600	0,04000	0,00640	0,1600	0,04000	0,00640
S1b	Emergencia (error humano) durante la operación de carga. Vertido e incendio	0,0819	0,75000	0,06143	0,0819	0,75000	0,06143
S2a	Rotura del depósito de combustible y vertido de su contenido. Vertido	0,2000	0,13333	0,02667	0,2000	0,06667	0,01333
S2b	Rotura del depósito de combustible y vertido de su contenido. Vertido e incendio	0,1024	0,75000	0,07680	0,1024	0,75000	0,07680
S3a	Rotura de tubería y vertido de gasóleo. Vertido	0,4800	0,00011	0,00005	0,4800	0,00011	0,00005
S3b	Rotura de tubería y vertido de gasóleo. Vertido e incendio	0,3072	0,75000	0,23040	0,3072	0,75000	0,23040
S4a	Rotura de bomba y vertido de gasóleo. Vertido	0,5600	0,00011	0,00006	0,5600	0,00011	0,00006
S4b	Rotura de bomba y vertido de gasóleo. Vertido e incendio	0,3584	0,75000	0,26880	0,3584	0,75000	0,26880
S5	Fallo del generador. Fallo del fusible - Cortocircuito	0,3840	0,75000	0,28800	0,3840	0,75000	0,28800
Nivel de riesgo de la instalación				0,95861			0,94527

Cuadro 41. Caso práctico: evaluación de la modificación del nivel de riesgo (N_R) de los distintos sucesos al reducir la capacidad del depósito de gasóleo a 1.000 litros. Fuente:

Elaboración propia

III.7.1.4 *Sustitución del generador diésel por una instalación solar fotovoltaica*

La función de la instalación descrita en este caso práctico es el suministro puntual de electricidad a la instalación cuando el suministro eléctrico se interrumpe por circunstancias ajenas a la misma. Es un sistema de emergencia cuyo uso se estima que sería marginal pero sin el cual podría llegar a comprometerse el funcionamiento de la instalación.

Esta circunstancia permite plantear la sustitución del equipo actual (generador eléctrico diésel) por una instalación de energía solar fotovoltaica que almacenara energía eléctrica en unas baterías que, a su vez, suministrarían energía eléctrica a la explotación en caso de interrupción del suministro ordinario.

En términos de riesgo medioambiental, la sustitución del generador diésel por una instalación de energía solar fotovoltaica eliminaría todos los riesgos vinculados al gasóleo (vertido y/o incendio por rotura del depósito, de la tubería o de las bombas). No podría eliminarse mediante esta medida el fallo eléctrico, que anteriormente se vinculó a un fallo en el generador diésel y que, en caso de la sustitución del mismo, habría de vincularse a un fallo eléctrico en general, que pudiera causar un incendio con consecuencias relevantes en términos de riesgos medioambientales. El Cuadro 42 recoge el único suceso susceptible de generar un daño medioambiental, manteniendo los actuales sistemas de detección y extinción de incendios (de carácter manual).

Esta medida eliminaría, como queda reflejado en el Cuadro 42, gran parte de los riesgos medioambientales de la instalación, con potencial de mejora adicional sustituyendo los sistemas de detección y extinción de incendios manuales por unos automáticos. De hecho, la combinación de la sustitución del generador diésel con la mejora de estos sistemas de detección y extinción de incendios reduciría el nivel de riesgo a lo recogido en el Cuadro 43.

CASO PRÁCTICO: EVALUACIÓN DE LA MODIFICACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO (N _R) DE LOS DISTINTOS SUCESOS AL SUSTITUIR LOS EQUIPOS POR UNA INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA							
Código suceso	Suceso susceptible de generar un daño medioambiental	Situación anterior (generador gasóleo)			Situación posterior (instalación fotovoltaica)		
		F _{PG} comb.	Consecuencias (C _G)	Nivel de riesgo (N _R)	F _{PG} comb.	Consecuencias (C _G)	Nivel de riesgo (N _R)
S1a	Emergencia (error humano) durante la operación de carga. Vertido	0,1600	0,04000	0,00640	-	-	-
S1b	Emergencia (error humano) durante la operación de carga. Vertido e incendio	0,0819	0,75000	0,06143	-	-	-
S2a	Rotura del depósito de combustible y vertido de su contenido. Vertido	0,2000	0,13333	0,02667	-	-	-
S2b	Rotura del depósito de combustible y vertido de su contenido. Vertido e incendio	0,1024	0,75000	0,07680	-	-	-
S3a	Rotura de tubería y vertido de gasóleo. Vertido	0,4800	0,00011	0,00005	-	-	-
S3b	Rotura de tubería y vertido de gasóleo. Vertido e incendio	0,3072	0,75000	0,23040	-	-	-
S4a	Rotura de bomba y vertido de gasóleo. Vertido	0,5600	0,00011	0,00006	-	-	-
S4b	Rotura de bomba y vertido de gasóleo. Vertido e incendio	0,3584	0,75000	0,26880	-	-	-
S5	Fallo del generador. Fallo del fusible - Cortocircuito	0,3840	0,75000	0,28800	0,3840	0,75000	0,28800
Nivel de riesgo de la instalación				0,95861			0,28800

Cuadro 42. Caso práctico: evaluación de la modificación del nivel de riesgo (N_R) de los distintos sucesos al sustituir los equipos por una instalación solar fotovoltaica. Fuente: Elaboración propia

CASO PRÁCTICO: EVALUACIÓN DE LA MODIFICACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO (N _R) DE LOS DISTINTOS SUCESOS AL SUSTITUIR LOS EQUIPOS POR UNA INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA Y LOS SISTEMAS MANUALES DE DETECCIÓN Y EXTINCIÓN DE INCENDIOS POR SISTEMAS AUTOMÁTICOS							
Código suceso	Suceso susceptible de generar un daño medioambiental	Situación anterior (generador gasóleo + sistema incendios manual)			Situación posterior (instalación fotovoltaica + sist. incendios autom.)		
		F _{PG} comb.	Consecuencias (C _G)	Nivel de riesgo (N _R)	F _{PG} comb.	Consecuencias (C _G)	Nivel de riesgo (N _R)
S1a	Emergencia (error humano) durante la operación de carga. Vertido	0,1600	0,04000	0,00640	-	-	-
S1b	Emergencia (error humano) durante la operación de carga. Vertido e incendio	0,0819	0,75000	0,06143	-	-	-
S2a	Rotura del depósito de combustible y vertido de su contenido. Vertido	0,2000	0,13333	0,02667	-	-	-
S2b	Rotura del depósito de combustible y vertido de su contenido. Vertido e incendio	0,1024	0,75000	0,07680	-	-	-
S3a	Rotura de tubería y vertido de gasóleo. Vertido	0,4800	0,00011	0,00005	-	-	-
S3b	Rotura de tubería y vertido de gasóleo. Vertido e incendio	0,3072	0,75000	0,23040	-	-	-
S4a	Rotura de bomba y vertido de gasóleo. Vertido	0,5600	0,00011	0,00006	-	-	-
S4b	Rotura de bomba y vertido de gasóleo. Vertido e incendio	0,3584	0,75000	0,26880	-	-	-
S5	Fallo del generador. Fallo del fusible - Cortocircuito	0,3840	0,75000	0,28800	0,3360	0,75000	0,25200
Nivel de riesgo de la instalación				0,95861			0,25200

Cuadro 43. Caso práctico: evaluación de la modificación del nivel de riesgo (N_R) de los distintos sucesos al sustituir los equipos por una instalación solar fotovoltaica y los sistemas manuales de detección y extinción de incendios por sistemas automáticos. Fuente: Elaboración propia

III.7.2. Acciones de mejora de la gestión

Además de la sustitución de algunos equipos por otros con fines de mejora del riesgo medioambiental de la instalación, el propietario de la misma puede realizar algunas medidas de mejora de la gestión del riesgo medioambiental que no impliquen sustitución de equipos.

En el presente capítulo se proponen, a modo de ilustración, algunas de estas acciones de mejora de la gestión que permitirían mejorar el riesgo medioambiental de la instalación respecto al generador de emergencia sin sustituir los equipos.

III.7.2.1 Instalación de carteles, etiquetas y señalización de peligros de la explotación (S1a y S1b)

Una medida de mejora de la gestión de sencilla implantación y presumiblemente escaso coste es la instalación de carteles, etiquetas y, en general, señalización de los peligros existentes en la explotación, en este caso los asociados al generador de emergencia.

En la caracterización inicial de la instalación se puso de manifiesto la ausencia de carteles de advertencia y peligro. Como medida de gestión se propone una mejora de esta circunstancia, instalando carteles y etiquetas en toda la zona y para todos los peligros existentes en la misma. Los Cuadros AIII.24 y AIII.25 incluidos en el Anexo III recogen la modificación de la gestión del riesgo que esta mejora implica.

Tal y como se recoge en el Cuadro 44, esta medida tiene efectos en términos de reducción del nivel de probabilidad ajustado por gestión del riesgo de una única fuente de peligro o factor condicionante, en concreto del operario en emergencia durante la carga o descarga. El factor de gestión del riesgo (F_G) varía tanto para la intervención humana durante operación normal (se reduce de 3,17 a 2,83) como para el operario en emergencia durante la carga o descarga (de 3,43 a 3,14); sin embargo, esta reducción del factor de gestión del riesgo, al trasladarla al diagrama de la Figura 10 de esta Guía, únicamente tiene efectos en términos de nivel de probabilidad ajustado por gestión del riesgo (F_{PG}) para el segundo caso (operario en emergencia durante la carga o descarga, cuyo F_{PG} desciende de 8 a 7).

Por su parte, el Cuadro 45 recopila los niveles de riesgo del conjunto de sucesos susceptibles de generar un daño medioambiental, constatándose que la instalación de carteles, etiquetas y señalización de todas las fuentes de peligro permite la reducción de dicho nivel de riesgo de los sucesos S1a y S1b. En definitiva, la simple instalación de carteles, etiquetas y señalización de todas las fuentes de peligro de la zona donde se ubica el generador y sus equipos auxiliares supone una reducción del riesgo de la instalación.

CASO PRÁCTICO: CÁLCULO DEL NIVEL COMBINADO DE PROBABILIDAD AJUSTADO POR GESTIÓN DEL RIESGO DE LOS SUCESOS ALTERADOS POR INSTALAR CARTELES, ETIQUETAS Y SEÑALIZACIÓN DE PELIGROS DE LA EXPLOTACIÓN									
Código suceso	Equipo o fuente de peligro, medida de prevención o factor condicionante	Situación anterior (sin señalización)				Situación posterior (con señalización)			
		F _P	F _G	F _{PG}	F _{PG} /10	F _P	F _G	F _{PG}	F _{PG} /10
S1a	Intervención humana durante operación normal. Omisión o ejecución incorrecta de un paso en una rutina de inicio	3	3,17	5	0,50	3	2,83	5	0,50
	Operario en emergencia durante la carga o descarga	5	3,43	8	0,80	5	3,14	7	0,70
	Sistema pasivo de contención (cubeto de retención)	1	3,69	4	0,40	1	3,69	4	0,40
	Ignición o explosión después de un derrame: no ignición	5	-	10	1,00	5	-	10	1,00
	Nivel combinado de probabilidad ajustado por gestión del riesgo				0,1600				

CASO PRÁCTICO: CÁLCULO DEL NIVEL COMBINADO DE PROBABILIDAD AJUSTADO POR GESTIÓN DEL RIESGO DE LOS SUCESOS ALTERADOS POR INSTALAR CARTELES, ETIQUETAS Y SEÑALIZACIÓN DE PELIGROS DE LA EXPLOTACIÓN (CONTINUACIÓN)									
Código suceso	Equipo o fuente de peligro, medida de prevención o factor condicionante	Situación anterior (sin señalización)				Situación posterior (con señalización)			
		F _P	F _G	F _{PG}	F _{PG} /10	F _P	F _G	F _{PG}	F _{PG} /10
S1b	Intervención humana durante operación normal. Omisión o ejecución incorrecta de un paso en una rutina de inicio	3	3,17	5	0,50	3	2,83	5	0,50
	Operario en emergencia durante la carga o descarga	5	3,43	8	0,80	5	3,14	7	0,70
	Sistema pasivo de contención (cubeto de retención)	1	3,69	4	0,40	1	3,69	4	0,40
	Ignición o explosión después de un derrame: ignición inmediata	4	-	8	0,80	4	-	8	0,80
	Sistema de detección y extinción de incendios. Detección manual	5	3,60	8	0,80	5	3,60	8	0,80
	Sistema de detección y extinción de incendios. Sistema de extinción manual	5	3,60	8	0,80	5	3,60	8	0,80
	Nivel combinado de probabilidad ajustado por gestión del riesgo				0,0819				

Cuadro 44. Caso práctico: cálculo del nivel combinado de probabilidad ajustado por gestión de los sucesos alterados por instalar carteles, etiquetas y señalización de peligros de la explotación. Fuente: Elaboración propia

CASO PRÁCTICO: EVALUACIÓN DE LA MODIFICACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO (N_R) DE LOS DISTINTOS SUCESOS AL INSTALAR CARTELES, ETIQUETAS Y SEÑALIZACIÓN DE PELIGROS DE LA EXPLOTACIÓN							
Código suceso	Suceso susceptible de generar un daño medioambiental	Situación anterior (sin señalización)			Situación posterior (con señalización)		
		F_{PG} comb.	Consecuencias (C_G)	Nivel de riesgo (N_R)	F_{PG} comb.	Consecuencias (C_G)	Nivel de riesgo (N_R)
S1a	Emergencia (error humano) durante la operación de carga. Vertido	0,1600	0,04000	0,00640	0,1400	0,04000	0,00560
S1b	Emergencia (error humano) durante la operación de carga. Vertido e incendio	0,0819	0,75000	0,06143	0,0717	0,75000	0,05378
S2a	Rotura del depósito de combustible y vertido de su contenido. Vertido	0,2000	0,13333	0,02667	0,2000	0,13333	0,02667
S2b	Rotura del depósito de combustible y vertido de su contenido. Vertido e incendio	0,1024	0,75000	0,07680	0,1024	0,75000	0,07680
S3a	Rotura de tubería y vertido de gasóleo. Vertido	0,4800	0,00011	0,00005	0,4800	0,00011	0,00005
S3b	Rotura de tubería y vertido de gasóleo. Vertido e incendio	0,3072	0,75000	0,23040	0,3072	0,75000	0,23040
S4a	Rotura de bomba y vertido de gasóleo. Vertido	0,5600	0,00011	0,00006	0,5600	0,00011	0,00006
S4b	Rotura de bomba y vertido de gasóleo. Vertido e incendio	0,3584	0,75000	0,26880	0,3584	0,75000	0,26880
S5	Fallo del generador. Fallo del fusible - Cortocircuito	0,3840	0,75000	0,28800	0,3840	0,75000	0,28800
Nivel de riesgo de la instalación				0,95861			0,95016

Cuadro 45. Caso práctico: evaluación de la modificación del nivel de riesgo (N_R) de los distintos sucesos al instalar carteles, etiquetas y señalización de peligros de la explotación.

Fuente: Elaboración propia

III.7.2.2 Realización de simulacros de emergencia

En la caracterización de la instalación y, en concreto, de las medidas de gestión del riesgo, se indicó que no se realizaba ningún tipo de simulacro de emergencia. Como medida de mejora de gestión del riesgo se propone la realización de estos simulacros según la normativa vigente y sin preaviso; esta medida de gestión se añade a la anteriormente evaluada de instalar carteles, etiquetas y señalización de peligros de la explotación.

El Cuadro 46 recoge los resultados de la realización de estos simulacros en términos de gestión del riesgo, comparados con la anterior medida de gestión (instalación de carteles, etiquetas y señalización de todas las fuentes de peligro). Esta medida de gestión del riesgo afecta tanto a fuentes de peligro (operario en emergencia durante la carga y descarga) como a medidas de prevención, de evitación de nuevos daños y factores condicionantes (sistema semiautomático de bloqueo, sistema manual de detección de incendios y sistema manual de extinción de incendios y sistemas pasivos de contención).

Por su parte, los Cuadros AIII.26 y AIII.30 del Anexo III recogen la valoración de la gestión del riesgo de estas fuentes de peligro y medidas de prevención, de evitación de nuevos daños y factores condicionantes que supone la realización de simulacros de emergencia.

En el presente caso práctico, la realización de simulacros de emergencia según la normativa vigente y sin preaviso tiene efecto sobre el factor de gestión del riesgo (F_G) de los elementos en los que influye²³ (mejorando este indicador de los mismos) pero con una intensidad insuficiente para que dicha mejora se manifieste en términos de nivel de probabilidad ajustado por gestión del riesgo (F_{PG}). En este caso, puede concluirse que esta medida de gestión del riesgo, realizada en combinación con la instalación de carteles, etiquetas y señalización de todas las fuentes de peligro de la zona, tiene efectos poco significativos sobre el riesgo de la instalación, según el marco simplificado de evaluación definido en los ESGRA. En cualquier caso, cabe volver a insistir en el hecho de que estas medidas sí que suponen una mejora de la gestión medioambiental de la instalación, pese a no verse reflejada en el marco de esta evaluación simplificada de la gestión de los riesgos medioambientales.

El nivel combinado de probabilidad ajustado por gestión del riesgo para cada suceso mantiene los mismos valores que los reflejados en el Cuadro 45 de la página anterior.

²³ Como se ha comentado en páginas previas, este indicador de gestión del riesgo incide sobre una fuente de peligro (operario en emergencia durante la carga y descarga) y sobre distintas medidas de prevención, de evitación de nuevos daños y factores condicionantes (sistema semiautomático de bloqueo, sistema manual de detección de incendios, sistema manual de extinción de incendios y sistemas pasivos de contención).

CASO PRÁCTICO: CÁLCULO DEL NIVEL COMBINADO DE PROBABILIDAD AJUSTADO POR GESTIÓN DEL RIESGO DE LOS SUCESOS ALTERADOS POR INSTALAR CARTELES, ETIQUETAS Y SEÑALIZACIÓN DE PELIGROS DE LA EXPLOTACIÓN Y REALIZAR SIMULACROS DE EMERGENCIA

Código suceso	Equipo o fuente de peligro, medida de prevención o factor condicionante	Situación anterior (sin simulacros)				Situación posterior (con simulacros)			
		F _P	F _G	F _{PG}	F _{PG} /10	F _P	F _G	F _{PG}	F _{PG} /10
S1a	Intervención humana durante operación normal. Omisión o ejecución incorrecta de un paso en una rutina de inicio	3	2,83	5	0,50	3	2,83	5	0,50
	Operario en emergencia durante la carga o descarga	5	3,14	7	0,70	5	2,86	7	0,70
	Sistema pasivo de contención (cubeto de retención)	1	3,69	4	0,40	1	3,38	4	0,40
	Ignición o explosión después de un derrame: no ignición	5	-	10	1,00	5	-	10	1,00
	Nivel combinado de probabilidad ajustado por gestión del riesgo				0,1400	0,1400			

CASO PRÁCTICO: CÁLCULO DEL NIVEL COMBINADO DE PROBABILIDAD AJUSTADO POR GESTIÓN DEL RIESGO DE LOS SUCESOS ALTERADOS POR INSTALAR CARTELES, ETIQUETAS Y SEÑALIZACIÓN DE PELIGROS DE LA EXPLOTACIÓN Y REALIZAR SIMULACROS DE EMERGENCIA (CONTINUACIÓN)

Código suceso	Equipo o fuente de peligro, medida de prevención o factor condicionante	Situación anterior (sin simulacros)				Situación posterior (con simulacros)			
		F _P	F _G	F _{PG}	F _{PG} /10	F _P	F _G	F _{PG}	F _{PG} /10
S1b	Intervención humana durante operación normal. Omisión o ejecución incorrecta de un paso en una rutina de inicio	3	2,83	5	0,50	3	2,83	5	0,50
	Operario en emergencia durante la carga o descarga	5	3,14	7	0,70	5	2,86	7	0,70
	Sistema pasivo de contención (cubeto de retención)	1	3,69	4	0,40	1	3,38	4	0,40
	Ignición o explosión después de un derrame: ignición inmediata	4	-	8	0,80	4	-	8	0,80
	Sistema de detección y extinción de incendios. Detección manual	5	3,60	8	0,80	5	3,33	8	0,80
	Sistema de detección y extinción de incendios. Extinción manual	5	3,60	8	0,80	5	3,33	8	0,80
	Nivel combinado de probabilidad ajustado por gestión del riesgo				0,0717				

CASO PRÁCTICO: CÁLCULO DEL NIVEL COMBINADO DE PROBABILIDAD AJUSTADO POR GESTIÓN DEL RIESGO DE LOS SUCESOS ALTERADOS POR INSTALAR CARTELES, ETIQUETAS Y SEÑALIZACIÓN DE PELIGROS DE LA EXPLOTACIÓN Y REALIZAR SIMULACROS DE EMERGENCIA (CONTINUACIÓN)

Código suceso	Equipo o fuente de peligro, medida de prevención o factor condicionante	Situación anterior (sin simulacros)				Situación posterior (con simulacros)			
		F _P	F _G	F _{PG}	F _{PG} /10	F _P	F _G	F _{PG}	F _{PG} /10
S2a	Rotura de tanque atmosférico aéreo de Tipo 4. Un solo tanque en la instalación	2	3,67	5	0,50	2	3,67	5	0,50
	Sistema pasivo de contención (cubeto de retención)	1	3,69	4	0,40	1	3,38	4	0,40
	Ignición o explosión después de un derrame: no ignición	5	-	10	1,00	5	-	10	1,00
	Nivel combinado de probabilidad ajustado por gestión del riesgo				0,2000				
S2b	Rotura de tanque atmosférico aéreo de Tipo 4. Un solo tanque en la instalación	2	3,67	5	0,50	2	3,67	5	0,50
	Sistema pasivo de contención (cubeto de retención)	1	3,69	4	0,40	1	3,38	4	0,40
	Ignición o explosión después de un derrame: ignición inmediata	4	-	8	0,80	4	-	8	0,80
	Sistema de detección y extinción de incendios. Detección manual	5	3,60	8	0,80	5	3,33	8	0,80
	Sistema de detección y extinción de incendios. Extinción manual	5	3,60	8	0,80	5	3,33	8	0,80
	Nivel combinado de probabilidad ajustado por gestión del riesgo				0,1024				

CASO PRÁCTICO: CÁLCULO DEL NIVEL COMBINADO DE PROBABILIDAD AJUSTADO POR GESTIÓN DEL RIESGO DE LOS SUCESOS ALTERADOS POR INSTALAR CARTELES, ETIQUETAS Y SEÑALIZACIÓN DE PELIGROS DE LA EXPLOTACIÓN Y REALIZAR SIMULACROS DE EMERGENCIA (CONTINUACIÓN)									
Código suceso	Equipo o fuente de peligro, medida de prevención o factor condicionante	Situación anterior (sin simulacros)				Situación posterior (con simulacros)			
		F _P	F _G	F _{PG}	F _{PG} /10	F _P	F _G	F _{PG}	F _{PG} /10
S3a	Rotura de tubería aérea de 100 mm de diámetro interior y de 20 m de longitud	3	3,71	6	0,60	3	3,71	6	0,60
	Ignición o explosión después de un derrame: no ignición	5	-	10	1,00	5	-	10	1,00
	Sistema semiautomático de bloqueo	5	3,58	8	0,80	5	3,37	8	0,80
	Nivel combinado de probabilidad ajustado por gestión del riesgo				0,4800				
S3b	Rotura de tubería aérea de 100 mm de diámetro interior y de 20 m de longitud	3	3,71	6	0,60	3	3,71	6	0,60
	Ignición o explosión después de un derrame: ignición inmediata	4	-	8	0,80	4	-	8	0,80
	Sistema de detección y extinción de incendios. Detección manual	5	3,60	8	0,80	5	3,33	8	0,80
	Sistema de detección y extinción de incendios. Extinción manual	5	3,60	8	0,80	5	3,33	8	0,80
	Nivel combinado de probabilidad ajustado por gestión del riesgo				0,3072				

CASO PRÁCTICO: CÁLCULO DEL NIVEL COMBINADO DE PROBABILIDAD AJUSTADO POR GESTIÓN DEL RIESGO DE LOS SUCESOS ALTERADOS POR INSTALAR CARTELES, ETIQUETAS Y SEÑALIZACIÓN DE PELIGROS DE LA EXPLOTACIÓN Y REALIZAR SIMULACROS DE EMERGENCIA (CONTINUACIÓN)									
Código suceso	Equipo o fuente de peligro, medida de prevención o factor condicionante	Situación anterior (sin simulacros)				Situación posterior (con simulacros)			
		F _P	F _G	F _{PG}	F _{PG} /10	F _P	F _G	F _{PG}	F _{PG} /10
S4a	Rotura de bomba centrífuga con juntas. Dos bombas en la instalación	4	3,71	7	0,70	4	3,71	7	0,70
	Ignición o explosión después de un derrame: no ignición	5	-	10	1,0	5	-	10	1,0
	Sistema semiautomático de bloqueo	5	3,58	8	0,80	5	3,37	8	0,80
	Nivel combinado de probabilidad ajustado por gestión del riesgo				0,5600				
S4b	Rotura de bomba centrífuga con juntas. Dos bombas en la instalación	4	3,71	7	0,70	4	3,71	7	0,70
	Ignición o explosión después de un derrame: ignición inmediata	4	-	8	0,80	4	-	8	0,80
	Sistema de detección y extinción de incendios. Detección manual	5	3,60	8	0,80	5	3,33	8	0,80
	Sistema de detección y extinción de incendios. Extinción manual	5	3,60	8	0,80	5	3,33	8	0,80
	Nivel combinado de probabilidad ajustado por gestión del riesgo				0,3584				

CASO PRÁCTICO: CÁLCULO DEL NIVEL COMBINADO DE PROBABILIDAD AJUSTADO POR GESTIÓN DEL RIESGO DE LOS SUCESOS ALTERADOS POR INSTALAR CARTELES, ETIQUETAS Y SEÑALIZACIÓN DE PELIGROS DE LA EXPLOTACIÓN Y REALIZAR SIMULACROS DE EMERGENCIA (CONTINUACIÓN)									
Código suceso	Equipo o fuente de peligro, medida de prevención o factor condicionante	Situación anterior (sin señalización)				Situación posterior (con señalización)			
		F _P	F _G	F _{PG}	F _{PG} /10	F _P	F _G	F _{PG}	F _{PG} /10
S5	Instalación eléctrica (funcionando más de 357 horas al año). Fallo del fusible - Cortocircuito	3	3,73	6	0,60	3	3,73	6	0,60
	Sistema de detección y extinción de incendios. Detección manual	5	3,60	8	0,80	5	3,33	8	0,80
	Sistema de detección y extinción de incendios. Extinción manual	5	3,60	8	0,80	5	3,33	8	0,80
	Nivel combinado de probabilidad ajustado por gestión del riesgo				0,3840				

Cuadro 46. Caso práctico: cálculo del nivel combinado de probabilidad ajustado por gestión de los sucesos alterados por instalar carteles, etiquetas y señalización de peligros de la explotación y realizar simulacros de emergencia. Fuente: Elaboración propia

III.7.2.3 Protección o cubierta de los equipos frente a la intemperie

Como último ejemplo de mejora de la gestión del riesgo medioambiental de la instalación, se propone trasladar a una edificación los equipos (generador eléctrico diésel y equipos auxiliares) o construir una sencilla edificación, para resguardar a los equipos de la intemperie. Esta medida se evaluará de forma aislada al resto de las propuestas en páginas anteriores.

En los Cuadros AIII.31 hasta AIII.37 del Anexo III, se recoge la evaluación de la gestión del riesgo de los elementos (fuentes de peligro y medidas de prevención, de evitación de nuevos daños y factores condicionantes) afectados por la protección de los equipos frente a la intemperie.

Por su parte, el Cuadro 47 muestra el nivel combinado de probabilidad ajustado por gestión del riesgo (F_{PG}) de los sucesos potencialmente afectados por esta medida. Aunque los equipos y medidas afectados por la protección de los equipos frente a la intemperie participan en todos los sucesos identificados como relevantes, únicamente se consigue una reducción del nivel combinado de probabilidad ajustado por gestión del riesgo (F_{PG}) en dos sucesos: S1a y S1b. Esto se debe a que, aunque en los equipos y medidas cuya gestión del riesgo mejora por su protección frente a la intemperie —como demuestra la reducción del factor de gestión del riesgo (F_G)—, no lo hace con suficiente intensidad como para que quede reflejado en términos de nivel de probabilidad ajustado por gestión del riesgo (F_{PG}).

En este ejemplo de medida de gestión del riesgo (la protección de los equipos frente a la intemperie), se puede observar una circunstancia que se ha resuelto aplicando un criterio de prudencia: la construcción de una edificación que proteja los equipos hace que el factor de gestión del riesgo de la medida de prevención sistema pasivo de contención (cubeto) se reduzca a 3,25. La traslación del nivel de probabilidad (1) y del nuevo factor de gestión del riesgo (3,25) al diagrama de la Figura 10 de esta Guía hace que el punto resultante se encuentre justo en la frontera entre los F_{PG} 3 y 4; en estas circunstancias, se propone, aplicando un criterio conservador o de prudencia, asignar el valor más alto del nivel de probabilidad ajustado por gestión del riesgo —que en este caso resulta ser 4, lo que hace que esta medida de gestión no mejore el comportamiento del cubeto en términos de gestión del riesgo suficientemente para que aparezca reflejado en el marco simplificado de evaluación establecido en los ESGRA—. Como en anteriores casos, insistir en el hecho de que estas medidas sí que suponen una mejora de la gestión medioambiental de la instalación, pese a no verse reflejada en el marco de esta evaluación simplificada de la gestión de los riesgos medioambientales.

Finalmente, el Cuadro 48 recoge el nivel combinado de probabilidad ajustado por gestión del riesgo de los distintos sucesos al proteger a los equipos mediante la construcción de una edificación, reflejándose que dicho nivel mejora únicamente en los sucesos S1a y S1b.

CASO PRÁCTICO: CÁLCULO DEL NIVEL COMBINADO DE PROBABILIDAD AJUSTADO POR GESTIÓN DEL RIESGO DE LOS SUCESOS ALTERADOS POR PROTEGER DE LA INTEMPERIE LOS EQUIPOS (CONSTRUCCIÓN DE UNA EDIFICACIÓN)										
Código suceso	Equipo o fuente de peligro, medida de prevención o factor condicionante	Situación anterior (sin edificación)				Situación posterior (con edificación)				
		F _P	F _G	F _{PG}	F _{PG} /10	F _P	F _G	F _{PG}	F _{PG} /10	
S1a	Intervención humana durante operación normal. Omisión o ejecución incorrecta de un paso en una rutina de inicio	3	3,17	5	0,50	3	3,17	5	0,50	
	Operario en emergencia durante la carga o descarga	5	3,43	8	0,80	5	3,14	7	0,70	
	Sistema pasivo de contención (cubeto de retención)	1	3,69	4	0,40	1	3,38	4	0,40	
	Ignición o explosión después de un derrame: no ignición	5	-	10	1,00	5	-	10	1,00	
	Nivel combinado de probabilidad ajustado por gestión del riesgo					0,1600				

CASO PRÁCTICO: CÁLCULO DEL NIVEL COMBINADO DE PROBABILIDAD AJUSTADO POR GESTIÓN DEL RIESGO DE LOS SUCESOS ALTERADOS POR PROTEGER DE LA INTEMPERIE LOS EQUIPOS (CONSTRUCCIÓN DE UNA EDIFICACIÓN) (CONTINUACIÓN)									
Código suceso	Equipo o fuente de peligro, medida de prevención o factor condicionante	Situación anterior (sin edificación)				Situación posterior (con edificación)			
		F _P	F _G	F _{PG}	F _{PG} /10	F _P	F _G	F _{PG}	F _{PG} /10
S1b	Intervención humana durante operación normal. Omisión o ejecución incorrecta de un paso en una rutina de inicio	3	3,17	5	0,50	3	3,17	5	0,50
	Operario en emergencia durante la carga o descarga	5	3,43	8	0,80	5	3,14	7	0,70
	Sistema pasivo de contención (cubeto de retención)	1	3,69	4	0,40	1	3,38	4	0,40
	Ignición o explosión después de un derrame: ignición inmediata	4	-	8	0,80	4	-	8	0,80
	Sistema de detección y extinción de incendios. Detección manual	5	3,60	8	0,80	5	3,60	8	0,80
	Sistema de detección y extinción de incendios. Extinción manual	5	3,60	8	0,80	5	3,60	8	0,80
	Nivel combinado de probabilidad ajustado por gestión del riesgo				0,0819				

CASO PRÁCTICO: CÁLCULO DEL NIVEL COMBINADO DE PROBABILIDAD AJUSTADO POR GESTIÓN DEL RIESGO DE LOS SUCESOS ALTERADOS POR PROTEGER DE LA INTEMPERIE LOS EQUIPOS (CONSTRUCCIÓN DE UNA EDIFICACIÓN) (CONTINUACIÓN)									
Código suceso	Equipo o fuente de peligro, medida de prevención o factor condicionante	Situación anterior (sin edificación)				Situación posterior (con edificación)			
		F _P	F _G	F _{PG}	F _{PG} /10	F _P	F _G	F _{PG}	F _{PG} /10
S2a	Rotura de tanque atmosférico aéreo de Tipo 4. Un solo tanque en la instalación.	2	3,67	5	0,50	2	3,44	5	0,50
	Ignición o explosión después de un derrame: no ignición	5	-	10	1,00	5	-	10	1,00
	Sistema pasivo de contención (cubeto de retención)	1	3,69	4	0,40	1	3,38	4	0,40
	Nivel combinado de probabilidad ajustado por gestión del riesgo				0,2000				
S2b	Rotura de tanque atmosférico aéreo de Tipo 4. Un solo tanque en la instalación	2	3,67	5	0,50	2	3,44	5	0,50
	Sistema pasivo de contención (cubeto de retención)	1	3,69	4	0,40	1	3,38	4	0,40
	Ignición o explosión después de un derrame: ignición inmediata	4	-	8	0,80	4	-	8	0,80
	Sistema de detección y extinción de incendios. Detección manual	5	3,60	8	0,80	5	3,60	8	0,80
	Sistema de detección y extinción de incendios. Extinción manual	5	3,60	8	0,80	5	3,60	8	0,80
	Nivel combinado de probabilidad ajustado por gestión del riesgo				0,1024				

CASO PRÁCTICO: CÁLCULO DEL NIVEL COMBINADO DE PROBABILIDAD AJUSTADO POR GESTIÓN DEL RIESGO DE LOS SUCESOS ALTERADOS POR PROTEGER DE LA INTEMPERIE LOS EQUIPOS (CONSTRUCCIÓN DE UNA EDIFICACIÓN) (CONTINUACIÓN)									
Código suceso	Equipo o fuente de peligro, medida de prevención o factor condicionante	Situación anterior (sin edificación)				Situación posterior (con edificación)			
		F _P	F _G	F _{PG}	F _{PG} /10	F _P	F _G	F _{PG}	F _{PG} /10
S3a	Rotura de tubería aérea de 100 mm de diámetro interior y de 20 m de longitud	3	3,71	6	0,60	3	3,43	6	0,60
	Ignición o explosión después de un derrame: no ignición	5	-	10	1,00	5	-	10	1,00
	Sistema semiautomático de bloqueo	5	3,58	8	0,80	5	3,37	8	0,80
	Nivel combinado de probabilidad ajustado por gestión del riesgo				0,4800				
S3b	Rotura de tubería aérea de 100 mm de diámetro interior y de 20 m de longitud	3	3,71	6	0,60	3	3,43	6	0,60
	Ignición o explosión después de un derrame: ignición inmediata	4	-	8	0,80	4	-	8	0,80
	Sistema de detección y extinción de incendios. Detección manual	5	3,60	8	0,80	5	3,60	8	0,80
	Sistema de detección y extinción de incendios. Extinción manual	5	3,60	8	0,80	5	3,60	8	0,80
	Nivel combinado de probabilidad ajustado por gestión del riesgo				0,3072				

CASO PRÁCTICO: CÁLCULO DEL NIVEL COMBINADO DE PROBABILIDAD AJUSTADO POR GESTIÓN DEL RIESGO DE LOS SUCESOS ALTERADOS POR PROTEGER DE LA INTEMPERIE LOS EQUIPOS (CONSTRUCCIÓN DE UNA EDIFICACIÓN) (CONTINUACIÓN)									
Código suceso	Equipo o fuente de peligro, medida de prevención o factor condicionante	Situación anterior (sin edificación)				Situación posterior (con edificación)			
		F _P	F _G	F _{PG}	F _{PG} /10	F _P	F _G	F _{PG}	F _{PG} /10
S4a	Rotura de bomba centrífuga con juntas. Dos bombas en la instalación	4	3,71	7	0,70	4	3,43	7	0,70
	Ignición o explosión después de un derrame: no ignición	5	-	10	1,00	5	-	10	1,00
	Sistema semiautomático de bloqueo	5	3,58	8	0,80	5	3,37	8	0,80
	Nivel combinado de probabilidad ajustado por gestión del riesgo				0,5600				
S4b	Rotura de bomba centrífuga con juntas. Dos bombas en la instalación	4	3,71	7	0,70	4	3,43	7	0,70
	Ignición o explosión después de un derrame: ignición inmediata	4	-	8	0,80	4	-	8	0,80
	Sistema de detección y extinción de incendios. Detección manual	5	3,60	8	0,80	5	3,60	8	0,80
	Sistema de detección y extinción de incendios. Extinción manual	5	3,60	8	0,80	5	3,60	8	0,80
	Nivel combinado de probabilidad ajustado por gestión del riesgo				0,3584				

CASO PRÁCTICO: CÁLCULO DEL NIVEL COMBINADO DE PROBABILIDAD AJUSTADO POR GESTIÓN DEL RIESGO DE LOS SUCESOS ALTERADOS POR PROTEGER DE LA INTEMPERIE LOS EQUIPOS (CONSTRUCCIÓN DE UNA EDIFICACIÓN) (CONTINUACIÓN)									
Código suceso	Equipo o fuente de peligro, medida de prevención o factor condicionante	Situación anterior (sin edificación)				Situación posterior (con edificación)			
		F _P	F _G	F _{PG}	F _{PG} /10	F _P	F _G	F _{PG}	F _{PG} /10
S5	Instalación eléctrica (funcionando más de 357 horas al año). Fallo del fusible - Cortocircuito	3	3,73	6	0,60	3	3,36	6	0,60
	Sistema de detección y extinción de incendios. Detección manual	5	3,60	8	0,80	5	3,60	8	0,80
	Sistema de detección y extinción de incendios. Extinción manual	5	3,60	8	0,80	5	3,60	8	0,80
	Nivel combinado de probabilidad ajustado por gestión del riesgo				0,3840				0,3840

Cuadro 47. Caso práctico: cálculo del nivel combinado de probabilidad ajustado por gestión de los sucesos alterados por proteger de la intemperie los equipos (construcción de una edificación). Fuente: Elaboración propia

CASO PRÁCTICO: EVALUACIÓN DE LA MODIFICACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO (N _R) DE LOS DISTINTOS SUCESOS AL PROTEGER A LOS EQUIPOS FRENTE A LA INTEMPERIE (CONSTRUCCIÓN DE UNA EDIFICACIÓN)							
Código suceso	Suceso susceptible de generar un daño medioambiental	Situación anterior (manual)			Situación posterior (automático)		
		F _{PG} comb.	Consecuencias (C _G)	Nivel de riesgo (N _R)	F _{PG} comb.	Consecuencias (C _G)	Nivel de riesgo (N _R)
S1a	Emergencia (error humano) durante la operación de carga. Vertido	0,1600	0,04000	0,00640	0,1400	0,04000	0,00560
S1b	Emergencia (error humano) durante la operación de carga. Vertido e incendio	0,0819	0,75000	0,06143	0,0717	0,75000	0,05378
S2a	Rotura del depósito de combustible y vertido de su contenido. Vertido	0,2000	0,13333	0,02667	0,2000	0,13333	0,02667
S2b	Rotura del depósito de combustible y vertido de su contenido. Vertido e incendio	0,1024	0,75000	0,07680	0,1024	0,75000	0,07680
S3a	Rotura de tubería y vertido de gasóleo. Vertido	0,4800	0,00011	0,00005	0,4800	0,00011	0,00005
S3b	Rotura de tubería y vertido de gasóleo. Vertido e incendio	0,3072	0,75000	0,23040	0,3072	0,75000	0,23040
S4a	Rotura de bomba y vertido de gasóleo. Vertido	0,5600	0,00011	0,00006	0,5600	0,00011	0,00006
S4b	Rotura de bomba y vertido de gasóleo. Vertido e incendio	0,3584	0,75000	0,26880	0,3584	0,75000	0,26880
S5	Fallo del generador. Fallo del fusible - Cortocircuito	0,3840	0,75000	0,28800	0,3840	0,75000	0,28800
Nivel de riesgo de la instalación				0,95861			0,95016

Cuadro 48. Caso práctico: evaluación de la modificación del nivel de riesgo (N_R) de los distintos sucesos al instalar carteles, etiquetas y señalización de peligros de la explotación.

Fuente: Elaboración propia

Esta medida de gestión del riesgo (la construcción de una edificación que proteja a la instalación de la intemperie) tiene los mismos efectos en términos de reducción del nivel combinado de probabilidad ajustado por gestión del riesgo que la instalación de carteles, etiquetas y señalización de peligros de la explotación e, incluso, que si a esta medida se le añade la realización de simulacros de emergencia; el Cuadro 45 muestra los mismos resultados que el Cuadro 48. Ante una reducción similar del riesgo, el analista podrá valorar, si tuviera que elegir entre ambas, cuál de los dos grupos de medidas de gestión del riesgo (cartelería y simulacros frente a edificación) desea adoptar, incluyendo en el análisis otros criterios como el económico (diferencia de coste entre las posibles medidas diferentes que se podrían implementar).

En este sentido hay que tener en cuenta que, a la hora de considerar dichos criterios económicos, jugará un papel fundamental la dimensión de la instalación y la escala de aplicación en la misma de cada una de las medidas. Así, mientras a una instalación con muchos productos químicos que tuviese que poner una cantidad importante de carteles y etiquetas y que tuviese que cubrir unos pocos metros cuadrados, le podría resultar más rentable aplicar la medida de “construcción de una cubierta”; en otro tipo de instalaciones parece que resultaría más económico poner etiquetas y carteles e, incluso, realizar esta medida conjuntamente con la ejecución de simulacros de emergencia.

IV. BIBLIOGRAFÍA

ALLUÉ, J.L. (1990) *Atlas Fitoclimático de España. Taxonomías*. Edita Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias.

COPETE, M.A., MONREAL, J.A., SELVA, M., FERNÁNDEZ-CERNUDA, L. y JORDÁN, E. (2007) *Análisis de los incendios forestales en Castilla-La Mancha. Detección de áreas potencialmente peligrosas*. Wildfire 2007. 4ª Conferencia Internacional sobre Incendios Forestales. Sevilla.

DEPARTMENT OF THE ENVIRONMENT, TRANSPORT AND THE REGIONS (DETR) (1999) *Guidance on the Environmental Risk Assessment Aspects of COMAH Safety Reports*.

DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS (DGPCyE) (2004) *Guía para la realización del análisis del riesgo medioambiental [en el ámbito del Real Decreto 1254/1999 (Seveso II)]*. Ministerio del Interior. Gobierno de España.

ECB (2003) Technical Guidance Document on Risk Assessment, in support of Commission Directive 93/67/EEC on Risk Assessment for new notified substances, Commission Regulation (EC) No 1488/94 on Risk Assessment for existing substances and Directive 98/8/EC of the European Parliament and of the Council concerning the placing of biocidal products on the market. Part II. European Chemicals Bureau. European Commission. Joint Research Centre.

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

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

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

HEALTH & SAFETY EXECUTIVE (HSE) (2003) *Assessment of benefits of fire compartmentation in chemical warehouses*.

INSHT. *Nota Técnica de Prevención 316: Fiabilidad de componentes: la distribución exponencial*. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

ROTHERMEL, R.C. (1983) *How to predict the spread and intensity of forest and rangefires*. Odgen, EE.UU. U.S. Forest Service.

SCHÜLLER, J.C.H. (2005) *Methods for determining and processing probabilities*. Red Book. CPR 12E. Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties.

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



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE AGRICULTURA Y PESCA, ALIMENTACIÓN
Y MEDIO AMBIENTE

SECRETARÍA DE ESTADO
DE MEDIO AMBIENTE

DIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD
Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL

COMISIÓN TÉCNICA DE PREVENCIÓN Y REPARACIÓN DE DAÑOS MEDIOAMBIENTALES