

UNITED INDUSTRIES



**RIESGOS AMBIENTALES
EN LA INDUSTRIA**

UNIDADES DIDÁCTICAS

Mario Grau Ríos
María Grau Sáenz

RIESGOS AMBIENTALES
EN LA INDUSTRIA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACIÓN A DISTANCIA

UNIDAD DIDÁCTICA (0160207UD01A01)
RIESGOS AMBIENTALES EN LA INDUSTRIA

Quedan rigurosamente prohibidas, sin la autorización escrita de los titulares del «Copyright», bajo las sanciones establecidas en las leyes, la reproducción total o parcial de esta obra por cualquier medio o procedimiento, comprendidos la reprografía y el tratamiento informático, y la distribución de ejemplares de ella mediante alquiler o préstamo públicos.

© UNIVERSIDAD NACIONAL
DE EDUCACIÓN A DISTANCIA - Madrid, 2006

Librería UNED: Bravo Murillo, 38 - 28015 Madrid
Tels.: 91 398 75 60/73 73 E-mail: libreria@adm.uned.es

© Mario Grau Ríos y María Grau Sáenz

ISBN: 978-84-362-5175-3
Depósito legal: M. 41.997-2009

Primera edición: enero de 2006
Primera reimpresión: julio de 2009

Impreso en España - Printed in Spain
Compuesto e impreso en Fernández Ciudad, S. L.
Coto de Doñana, 10. 28320 Pinto (Madrid)

*En memoria y agradecimiento
a Vicente Grau Prats,
Diego Sáenz Sáenz,
Celia Ríos Asensi
y Manuela Valiente Mendoza*

ÍNDICE GENERAL

PRESENTACIÓN	15
--------------------	----

UNIDAD DIDÁCTICA I **Contaminantes ambientales**

OBJETIVOS DE LA UNIDAD	17
------------------------------	----

TEMA 1. CONCEPTO Y EXTENSIÓN DEL MEDIO AMBIENTE. PRINCIPALES CONTAMINANTES, SUS FUENTES Y EFECTOS	19
---	----

1.1. Concepto de Medio ambiente	21
---------------------------------------	----

1.1.1. Conceptos básicos.....	21
-------------------------------	----

1.1.2. Principales problemas ambientales.....	25
---	----

1.1.2.1. Explosión demográfica	25
--------------------------------------	----

1.1.2.2. Necesidad creciente de alimentos	26
---	----

1.1.2.3. Consumo energético	26
-----------------------------------	----

1.1.2.4. Generación de residuos	28
---------------------------------------	----

1.2. Principales contaminantes, sus fuentes y efectos.....	29
--	----

1.2.1. Contaminación atmosférica.....	29
---------------------------------------	----

1.2.1.1. Características del aire.....	29
--	----

1.2.1.2. Principales contaminantes del aire	30
---	----

1.2.1.3. Medición de la calidad del aire.....	33
---	----

1.2.1.4. Control de la contaminación	33
--	----

1.2.2. Contaminación del agua.....	34
------------------------------------	----

1.2.2.1. Características del agua	34
---	----

1.2.2.2. Principales contaminantes del agua	34
---	----

1.2.2.3. Medición de la calidad del agua.....	37
1.2.2.4. Tratamiento de aguas.....	38
1.2.3. Contaminación del suelo.....	39
1.2.3.1. Características del suelo.....	39
1.2.3.2. Principales contaminantes.....	41
1.2.3.3. Control de la contaminación.....	43
Ejercicios de autocomprobación.....	46
TEMA 2. RIESGOS AMBIENTALES LABORALES. CONTAMINACIÓN INTERIOR.....	47
2.1. Las condiciones de seguridad y salud en el trabajo.....	49
2.2. Conceptos de peligro, riesgo y daño en el trabajo.....	52
2.2.1. Peligro.....	52
2.2.2. Daño derivado del trabajo.....	52
2.2.3. Riesgo laboral.....	53
2.2.4. Factores de riesgo laboral.....	53
2.2.5. Tipos de riesgos laborales.....	53
2.3. Riesgos ambientales laborales.....	59
2.4. Riesgos laborales por exposición a agentes físicos.....	61
2.4.1. Riesgos laborales por exposición a ruido.....	62
2.4.2. Riesgos laborales por exposición a vibraciones.....	69
2.4.3. Riesgos laborales por exposición a radiaciones ionizantes.....	72
2.4.4. Riesgos laborales por exposición a radiaciones no ionizantes.....	73
2.4.5. Riesgos laborales por exposición al calor y al frío.....	79
2.5. Riesgos laborales por exposición a agentes químicos.....	84
2.6. Riesgos laborales por exposición a agentes biológicos.....	87
Ejercicios de autocomprobación.....	89
TEMA 3. SEGURIDAD DE LOS PRODUCTOS. CLASIFICACIÓN, ENVASADO Y ETIQUETADO DE LAS SUSTANCIAS Y PREPARADOS PELIGROSOS.....	91
3.1. La seguridad del producto en el Mercado Interior Único Europeo.....	93
3.2. La seguridad del producto y la calidad.....	94
3.3. Política comunitaria de calidad y seguridad de productos.....	97
3.4. Política española de calidad y seguridad del producto.....	101
3.5. Seguridad de los productos químicos.....	103

3.6. Clasificación, envasado y etiquetado de sustancias y preparados peligrosos	104
3.7. Limitación de la comercialización y uso de productos químicos.....	119
Ejercicios de autocomprobación.....	119

UNIDAD DIDÁCTICA II
Técnicas de prevención y control de riesgos
ambientales y laborales

OBJETIVOS DE LA UNIDAD	121
TEMA 4. CONCEPTOS BÁSICOS DE PREVENCIÓN DE RIESGOS. PRINCIPALES TÉCNICAS DE PREVENCIÓN	123
4.1. Características generales del medio ambiente industrial	125
4.2. Evolución de la seguridad y necesidad de la prevención de riesgos	126
4.3. Conceptos básicos de la prevención de riesgos laborales	130
4.3.1. El concepto de prevención	130
4.3.2. Las condiciones de seguridad y de salud en el trabajo....	132
4.3.3. Los principios generales de la prevención	132
4.4. Principales técnicas de prevención	133
4.4.1. Medicina y Enfermería del Trabajo	134
4.4.2. Seguridad en el Trabajo.....	136
4.4.3. Higiene Industrial.....	137
4.4.4. Psicología del trabajo.....	138
4.4.5. Ergonomía	138
4.4.6. Otras técnicas relacionadas con la prevención.....	140
4.5. La evaluación de los riesgos laborales	140
Ejercicios de autocomprobación.....	144
TEMA 5. HIGIENE INDUSTRIAL. CALIDAD DEL AIRE INTERIOR .	145
5.1. Concepto de higiene industrial.....	147
5.2. Partes de la higiene industrial	149
5.3. Evaluación y control de los riesgos laborales propios de la higiene industrial.....	151
5.4. Evaluación y control de los riesgos laborales por exposición a agentes físicos.....	155

5.4.1. Evaluación y control del ruido.....	155
5.4.2. Evaluación y control de las vibraciones mecánicas	160
5.4.3. Evaluación y control de la exposición a radiaciones ionizantes.....	161
5.4.4. Evaluación y control de la exposición a radiaciones no ionizantes	162
5.4.5. Evaluación y control de los riesgos por calor y frío	166
5.5. Evaluación y control de los riesgos laborales por exposición a agentes químicos	174
5.5.1. Evaluación de los riesgos por exposición por inhalación de agentes químicos.....	175
5.5.2. Los valores límite y otros estándares de referencia.....	186
5.5.3. La prevención contra los riesgos por exposición a agentes carcinógenos y a agentes mutágenos.....	194
5.6. Evaluación y control de los riesgos laborales por exposición a agentes biológicos	196
5.7. Calidad del aire interior	197
5.7.1. Fuentes de contaminación del aire interior	199
5.7.2. Contaminantes químicos más frecuentes que pueden alterar la calidad del aire interior	200
5.7.3. Evaluación de la calidad ambiental del aire interior.....	206
5.7.4. Métodos de control de la calidad del aire interior.....	207
Ejercicios de autocomprobación.....	210
TEMA 6. PREVENCIÓN Y CONTROL DEL RIESGO QUÍMICO EN LA INDUSTRIA.....	213
6.1. Concepto de riesgo químico	215
6.2. Evaluación del riesgo químico	216
6.3. Almacenamiento de productos químicos.....	218
6.4. Manipulación de productos químicos.....	220
6.5. La electricidad estática como factor de riesgo	222
6.6. El riesgo de incendio.....	224
6.7. El riesgo de explosión	233
6.8. Transporte de productos químicos peligrosos.....	238
6.9. Trabajos en espacios confinados	240
6.10. Control de accidentes mayores en la industria.....	241
Ejercicios de autocomprobación.....	248

UNIDAD DIDÁCTICA III

Gestión ambiental del riesgo químico

OBJETIVOS DE LA UNIDAD	249
TEMA 7. SISTEMAS DE GESTIÓN AMBIENTAL EN LA INDUSTRIA	251
7.1. Sistemas de gestión	253
7.2. Antecedentes y evolución de los Sistemas de Gestión Ambiental.	255
7.3. Requerimientos y fases de los sistemas de gestión ambiental... ..	260
7.4. Gestión ambiental según las normas ISO 14000.....	260
7.4.1. Definición de la política ambiental.....	261
7.4.2. Fases de la ejecución de la política ambiental	262
7.4.3. La planificación	263
7.4.4. Implantación y funcionamiento	265
7.4.5. Comprobación y acción correctora	267
7.4.6. Revisión por la dirección.....	269
7.5. El Sistema Comunitario de Gestión y Auditoría Ambiental EMAS	269
7.5.1. Características generales del Sistema EMAS.....	269
7.5.2. La Declaración Ambiental.....	272
7.5.3. Determinación de los aspectos ambientales y evaluación de su significación	275
7.5.4. La auditoría ambiental.....	278
7.6. La evaluación del impacto ambiental	279
7.7. El ecoetiquetado	281
Ejercicios de autocomprobación.....	287
TEMA 8. GESTIÓN DE LOS RIESGOS LABORALES	289
8.1. Necesidad de la prevención de los riesgos en el trabajo	291
8.2. Sistemas de gestión de la seguridad y la salud en el trabajo	293
8.2.1. Política de seguridad y salud en el trabajo.....	294
8.2.2. Planificación de la actividad preventiva.....	295
8.2.3. Desarrollo y ejecución de la actividad preventiva.....	297
8.3. Órganos especializados en materia preventiva laboral	298
8.4. Los Servicios de Prevención	300
8.5. Auditorías del Sistema de Prevención.....	303
8.6. Políticas y legislación sobre seguridad y salud en el trabajo	303
Ejercicios de autocomprobación.....	309

TEMA 9. GESTIÓN DE RESIDUOS	311
9.1. Concepto y clasificación de residuos	313
9.1.1. Definición de residuo	313
9.1.2. Clasificación.....	314
9.1.2.1. En función de su estado físico.....	314
9.1.2.2. En función de su origen.....	314
9.1.2.3. En función de su peligrosidad.....	315
9.1.2.4. En función del tipo de gestión.....	316
9.2. Operaciones	319
9.2.1. Producción y pre-recogida	319
9.2.2. Gestión	319
9.2.2.1. Recogida	319
9.2.2.2. Transporte.....	320
9.2.2.3. Valorización.....	320
9.2.2.4. Eliminación	322
9.3. Residuos peligrosos	324
9.3.1. Identificación de un residuo como peligroso.....	324
9.3.2. Documentación asociada a la gestión de residuos peli- grosos.....	326
9.3.3. Obligaciones.....	327
9.3.3.1. Obligaciones del productor o poseedor	327
9.3.3.2. Obligaciones del gestor	330
9.3.3.3. Obligaciones del transportista.....	331
9.4. Casos particulares	331
9.4.1. Aceites usados	332
9.4.2. PCBs	333
9.4.3. Pilas y baterías	334
9.4.3. Amianto	335
Ejercicios de auto comprobación.....	336
RESPUESTAS A LOS EJERCICIOS DE AUTOCOMPROBACIÓN ...	337

PRESENTACIÓN

El principal objetivo de esta obra, *Riesgos Ambientales en la Industria*, es la de ser el texto básico para los alumnos que cursen la asignatura cuatrimestral de *Riesgos Medioambientales en la Industria*, que con carácter obligatorio se imparte en el segundo cuatrimestre del segundo curso de los estudios de Ciencias Ambientales en la UNED. Su contenido se adapta al período cuatrimestral y los correspondientes descriptores del Plan de Estudios de esta carrera. Además se tiene en cuenta la metodología de la enseñanza a distancia que se completa con la correspondiente *virtualización* de la asignatura.

En el desarrollo de este texto se ha procurado tener en cuenta también el nivel de conocimientos que deben haber alcanzado los alumnos en este segundo curso y la perspectiva de completar y extender sus conocimientos con las asignaturas de los siguientes cursos.

Se trata de que el alumno llegue a conocer los riesgos ambientales más frecuentes en la industria, ya sean de naturaleza física (energética), química e incluso biológica y psicosociológica. No obstante se presta particular atención a los riesgos químicos tanto en el interior de las instalaciones y establecimientos industriales, donde los trabajadores son los más afectados, como en su entorno exterior.

También se hace especial hincapié en la contaminación interior ya que para ésta no hay prevista ninguna asignatura que pudiera completar estos conocimientos, propios de la higiene industrial.

Otro objetivo a alcanzar es el de conocer y comprender las principales técnicas de prevención y control de riesgos ambientales y laborales, dirigidas a una mejor gestión de tales riesgos en la industria, con referencias a la legislación vigente en Europa y en España.

La obra se ha estructurado en tres Unidades Didácticas, con tres temas cada una, con lo que en total son nueve temas. La primera Unidad Didáctica se refiere a los contaminantes ambientales más frecuentes, sus fuentes y sus efectos, con especial atención a los riesgos ambientales laborales y a la seguridad de las sustancias y preparados peligrosos que se comercializan. La segunda U.D. se dedica a la prevención y control de los correspondientes riesgos ambientales, con particular atención a las técnicas de prevención, a la higiene industrial y al riesgo químico en la industria, incluidos los riesgos de accidentes mayores. Finalmente la tercera U.D. acomete la gestión ambiental del riesgo químico, en tres aspectos fundamentales: los sistemas de gestión ambiental, la gestión de los riesgos laborales y la gestión de los residuos.

Los autores agradecen muy especialmente el aliento, apoyo, orientaciones y valiosa ayuda del profesor Dr. D. Alfonso Contreras López, Director del Departamento de Química Aplicada a la Ingeniería. Asimismo agradecen muy encarecidamente las orientaciones y ayuda desinteresada del profesor Dr. D. Mariano Molero Meneses, autor con el profesor Contreras de la obra publicada por la UNED, en el ámbito de la Educación Permanente, *Introducción al Estudio de la Contaminación y su Control*, que en muchas cuestiones ha servido de referencia a lo expuesto en la presente obra, como también han servido de base los textos del Master Universitario de la UNED sobre Prevención y Control de Riesgos Ambientales y Laborales, cuyo Director es asimismo el Profesor Contreras. A él y al resto de los profesores del Master va dirigido también nuestro agradecimiento. Como también debemos agradecer la colaboración y apoyo especial de los profesores del Departamento Jesús Sardá Hoyos y Cipriano Martín Espinazo y la secretaria Lucía Arias, sin olvidar los valiosos comentarios, orientaciones y comprensión del resto de profesores María José Caselles, Francisco Gomis, María Rosa Gómez Antón y Pilar Contreras, así como las inestimables aportaciones de tutores y alumnos.

Finalmente queremos dedicar un especial agradecimiento a todo el equipo de la Unidad de Producción de Material Impreso de la UNED por su dedicación y esfuerzo para que esta obra pueda ser finalmente publicada.

Madrid, septiembre de 2009

UNIDAD DIDÁCTICA I

CONTAMINANTES AMBIENTALES

OBJETIVOS UNIDAD DIDÁCTICA I (Temas 1, 2 y 3)

- Introducción al concepto de medio ambiente desde una perspectiva multidisciplinar y un amplio alcance en lo que respecta a la actividad industrial, con inclusión tanto de los aspectos internos (ambiente interior) como de las interacciones hacia el exterior (medio ambiente general).
- Conocer los principales problemas desde un punto de vista de responsabilidad social relacionados con la actividad industrial que preocupan en la actualidad.
- Comprender los conceptos básicos relativos al medio ambiente con relación a la actividad industrial.
- Conocer, en una primera aproximación, los riesgos ambientales, físicos, químicos y biológicos, con una especial dedicación a los agentes químicos por ser los que más abundan en la industria, por lo general.
- Prestar una particular atención a los riesgos generados hacia el propio interior del establecimiento o actividad industrial, especialmente los riesgos laborales, sin olvidar los que se producen hacia el exterior, con una visión integral de conjunto de todos ellos.
- Conocer los principales contaminantes industriales, sus fuentes y los riesgos que pueden entrañar.
- Introducción a los principios que rigen la seguridad de los productos en el ámbito del Espacio Económico Europeo.

Tema 1

CONCEPTO Y EXTENSIÓN DEL MEDIO AMBIENTE. PRINCIPALES CONTAMINANTES, SUS FUENTES Y EFECTOS

CONTENIDO

- 1.1. Concepto de Medio ambiente.
 - 1.1.1. Conceptos básicos.
 - 1.1.2. Principales problemas ambientales.
 - 1.1.2.1. Explosión demográfica.
 - 1.1.2.2. Necesidad creciente de alimentos.
 - 1.1.2.3. Consumo energético.
 - 1.1.2.4. Generación de residuos.
- 1.2. Principales contaminantes, sus fuentes y efectos.
 - 1.2.1. Contaminación atmosférica.
 - 1.2.1.1. Características del aire.
 - 1.2.1.2. Principales contaminantes del aire.
 - 1.2.1.3. Medición de la calidad del aire.
 - 1.2.1.4. Control de la contaminación.
 - 1.2.2. Contaminación del agua.
 - 1.2.2.1. Características del agua.
 - 1.2.2.2. Principales contaminantes del agua.
 - 1.2.2.3. Medición de la calidad del agua.
 - 1.2.2.4. Tratamiento de aguas.
 - 1.2.3. Contaminación del suelo.
 - 1.2.3.1. Características del suelo.
 - 1.2.3.2. Principales contaminantes.
 - 1.2.3.3. Control de la contaminación.

Ejercicios de auto comprobación.

1.1. CONCEPTO DE MEDIO AMBIENTE

1.1.1. Conceptos básicos

No cabe duda de que existe un interés y preocupación creciente por el medio ambiente, especialmente desde el último tercio del siglo XX, que se acentúa en el inicio del presente siglo XXI. Es una preocupación que afecta a todo el planeta pero que aún hoy admite diversas interpretaciones sobre el alcance de lo que significa o implica.

Parece que todos, al menos en nuestro entorno cultural y social, tenemos claro que nos asiste un derecho a que el aire que respiramos, el agua que bebemos y se incorpora a nuestros alimentos, así como éstos mismos que comemos estén libres de contaminantes que puedan amenazar nuestra salud y la perpetuación de nuestra especie en condiciones al menos como las nuestras. En este sentido nos preocupa el futuro de nuestro planeta en lo que respecta al propio ambiente, el clima y los recursos naturales a nuestro alcance. También el mutuo entendimiento entre los distintos pueblos y la solidaridad entre todos. En definitiva: mantener y hacer progresar los actuales niveles de calidad de vida pasando por su extensión a todos sin exclusiones.

El término *medio ambiente* puede tener interpretaciones más o menos extensas e incluso suponer diversos conceptos, con variada amplitud, según quién y con qué objetivo los maneje.

En general, se admite como *medio ambiente* como un complejo conjunto (o sistema global) constituido por factores o elementos físicos, biofísicos, químicos, biológicos, sociales y culturales, con inclusión de todo tipo de interacciones o interrelaciones, en una continuada modificación tanto natural como humana, en el que se desenvuelve la actividad de los seres humanos; es, por lo tanto, el ámbito o entorno en el que se desarrolla la vida de los seres humanos, rigiéndola y condicionándola tanto

respecto a su propia existencia como a las diversas manifestaciones del propio desarrollo de la vida.

Hasta casi finales del siglo xx se trataba el medio ambiente de una manera parcelada o sectorial, apenas correlacionada entre sí y con otros factores; es decir: el medio ambiente atmosférico, la calidad de las aguas, el medio ambiente marino, los suelos, los residuos, etc. Actualmente se trata todo lo relacionado con el medio ambiente de manera global, planetaria (incluso el espacio exterior inmediato en la medida en que la actividad humana interactúe con él), con perspectiva de futuro sostenible (con solidaridad hacia las futuras generaciones), y de un modo integral e integrador con prioridad a la prevención de todo riesgo incluso los de origen natural. Por razones de metodología y de orden organizativo pueden tratarse determinados aspectos o componentes del medio ambiente por separado, pero sin olvidar que son esencialmente partes de un todo.

Los factores físicos y químicos corresponden a la materia no viva (inerte) del planeta. La materia viva (los seres vivos) constituyen los factores biológicos y biofísicos. Los factores sociales se relacionan con las estructuras organizativas de las especies. Los factores culturales se refieren a lo que realizan los seres humanos.

Se trata, pues, de un derecho de todos y al mismo tiempo un deber. Tenemos derecho (como dice la Constitución española) en la medida que sirva para el desarrollo de las personas, todas, incluyendo las futuras generaciones. El medio ambiente es una realidad a proteger y a restaurar de la que todos tenemos el derecho a disfrutar y el deber de conservar, correspondiendo a los poderes públicos su defensa y restauración, en función del desarrollo de la persona y de la protección y mejora de la calidad de vida. Obviamente, tiene un marcado sentido económico, que se concreta especialmente en la utilización racional de todos los recursos naturales.

En el ámbito de la Unión Europea se desarrollan competencias supranacionales en esta materia que incluyen acciones de promoción e información, investigación y medidas legislativas. En este sentido, la actuación de la Unión Europea tiene por objeto:

- Conservar, proteger y mejorar la calidad de vida.
- Contribuir a la protección de la salud de las personas.
- Garantizar una prudente y racional utilización de los recursos naturales.

Hay que señalar que el medio ambiente es *único* aunque convenga considerar, según los objetivos parciales o el tipo de actuaciones concretas, ambientes *particulares o específicos*, interrelacionados entre sí y con el todo en su conjunto, con lo que nunca hay que perder de vista su carácter *global*. Por otra parte, la especie humana no ha dejado de interactuar, en todo su devenir, sobre el medio ambiente y lo ha ido modificando, de una manera creciente que ahora se ha acelerado enormemente y, además, en una magnitud tal, que afecta a todos los rincones del planeta. Es por tanto su característica masiva y universal lo que se debe tener constantemente presente. También hay que tener en cuenta el carácter irreversible de algunas consecuencias de la fuerte, y descontrolada, interacción de la comunidad humana. Todo esto ha revertido en una fuerte preocupación en todos los ámbitos de la sociedad y en la multiplicación de esfuerzos a todos los niveles, especialmente en el final del siglo XX y en los comienzos de éste, por conseguir de manera justa y equitativa una eficaz protección, a la vista de la escasez de todos los recursos en una dimensión de desarrollo universal y con la perspectiva de un futuro viable.

Sin perjuicio de otras consideraciones o perspectivas, y con independencia de las implicaciones en otros aspectos, incluidos los económicos, se puede considerar el medio ambiente como el sistema constituido por:

- El ser humano, la fauna y la flora.
- El suelo, el agua, el aire, el clima y el paisaje.
- Las interacciones entre estos factores anteriormente citados.
- Los bienes materiales y el patrimonio cultural.

Cabe destacar entre diversas manifestaciones globales la celebración en 1992 de la Cumbre de la Tierra de Río de Janeiro, Conferencia convocada por Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, que contó con la participación de casi todas las naciones del planeta, representadas a los más altos niveles y que ha supuesto todo un hito que señala el comienzo de una nueva época con la concienciación sobre estos problemas. Allí se tomó plena conciencia de las dimensiones del problema del deterioro medioambiental del planeta y se manifestó la voluntad de ponerle freno y favorecer su rehabilitación. Así se adoptó todo un conjunto de compromisos como el Convenio sobre el Cambio Climático, el Convenio sobre la Biodiversidad, la Declaración sobre los Bosques, el Acuerdo sobre la Desertificación, la Agenda 21 y la Declaración de Río.

La Declaración de Río establece 27 Principios con el objetivo de determinar las obligaciones y responsabilidades junto con los derechos,

tanto individuales como colectivos, en el ámbito conjunto del medio ambiente y el desarrollo.

También es interesante resaltar la Convención de Aarhus (Dinamarca) de 1998, en las que se establecen mecanismos para la implicación de los ciudadanos en las cuestiones relacionadas con el medio ambiente con el fin de mejorar las actuaciones de defensa y mejora del mismo. En este Convenio se reconoce el *derecho de cada persona a vivir en un entorno adecuado para su salud y bienestar, y la obligación, tanto a título individual como colectivo, de proteger y mejorar el medio ambiente para el beneficio de las generaciones presentes y futuras.*

En 1972 se creó el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente PNUMA como máxima autoridad mundial en todo lo referente al medio ambiente. Su sede está en Nairobi y su portal en internet es <http://www.unep.org>.

A finales de 2004 el Consejo de la Unión Europea acordó la conveniencia de ratificar la Convención de Aarhus, lo que implica el acceso de los ciudadanos de la UE a la información medioambiental disponible por las Administraciones públicas, la participación de los ciudadanos en las políticas medioambientales y en la toma de decisiones y el derecho de estos ciudadanos a acudir a los Tribunales u otros organismos independientes en el caso de que crean coartado su derecho al acceso a la información o su derecho a la participación, antes citados.

El VI Programa de Medio Ambiente, 2001-2010, de la Unión Europea donde se establecen objetivos a diez años y aun más allá, se centra en actuaciones que dentro de conseguir un «*desarrollo sostenible*» (o sostenible), desarrollen vías para acrecentar la calidad de vida compatibles con la protección y mejora del medio ambiente, para todas las generaciones, presentes y futuras, de todas las partes del mundo. En esta perspectiva, en el marco de este Programa se proponen actuaciones energéticas en los siguientes campos:

- El problema del cambio climático.
- La protección de la naturaleza y la vida silvestre.
- Las cuestiones que afectan al medio ambiente y la salud.
- La preservación de los recursos naturales y la gestión de los residuos.

En España, ya en 1978, por medio del artículo 45 de la Constitución Española, en el ámbito del Título I «De los Derechos y Deberes Funda-

mentales», Capítulo III «De los principios rectores de la política social y económica», se establece que:

1. Todos tienen el derecho a disfrutar de un ambiente adecuado para el desarrollo de la persona, así como el deber de conservarlo.
2. Los poderes públicos velarán por la utilización racional de todos los recursos naturales, con el fin de proteger y mejorar la calidad de vida y defender y restaurar el medio ambiente, apoyándose en la indispensable solidaridad colectiva.
3. Para quienes violen lo dispuesto en el apartado anterior, en los términos que la ley fije, se establecerán sanciones penales o, en su caso, administrativas, así como la obligación de reparar el daño causado.

La conservación del medioambiente se ha de llevar a cabo a través de un **desarrollo sostenible**. Éste es aquel tipo de desarrollo «capaz de satisfacer las necesidades del presente, sin comprometer la posibilidad de que las futuras generaciones puedan satisfacer las suyas».

1.1.2. Principales problemas ambientales

1.1.2.1. Explosión demográfica

La explosión demográfica o superpoblación mundial incide sobre el medio ambiente como consecuencia del aumento del número de agresores al mismo, que demandan cada vez más calidad de vida, lo cual, en definitiva implica una mayor demanda de recursos.

La población mundial, que superó hace tiempo los 5.000 millones de habitantes, continuará creciendo durante los próximos años y será, según las previsiones de la División de Población de las Naciones Unidas de 8.500 millones en el año 2025 y de 10.000 millones dentro de cien años. Debe indicarse además, que el 95% de los futuros nacimientos se producirán en los países menos desarrollados.

Esta distribución zonal de nacimientos tendrá dos consecuencias importantes: la primera, difícilmente tendremos esperanza de vivir en paz. La segunda repercusión significativa es que si las naciones subdesarrolladas o en vías de industrializarse, que es donde se va a producir el crecimiento demográfico principalmente, intentan mejorar su suerte utilizando los métodos de los países ricos, el resultado habrá de ser ecológicamente funesto para el mundo entero. Difícilmente se podrá dar un desarrollo sostenido.

1.1.2.2. Necesidad creciente de alimentos

Otro aspecto a considerar relacionado estrechamente con el de la superpoblación es el de la demanda creciente de alimentos que conlleva.

En los países ricos, las dietas cada día más ricas en proteínas necesitan de un aumento sostenido de las actividades agrícolas, y en los países pobres, lo anterior, y el número creciente de habitantes, conforman una fuerte presión sobre los recursos naturales, lo que se traduce forzosamente en una masiva incorporación de tierras para el cultivo, en mayores necesidades de aguas para riego, en la construcción de presas, y en el uso indiscriminado de pesticidas y fertilizantes, así como en la introducción de nuevas variedades de especies de más rendimiento, monocultivos etc., todo lo cual puede tener una influencia nociva sobre el medio ambiente pues lleva consigo, por ejemplo, la salinización de suelos, la contaminación de acuíferos, la eutrofización de lagos y la aparición de especies resistentes a los pesticidas. No es extraño, por tanto, que una menor necesidad de fertilizantes y el control integrado de plagas, constituyan dos de los más importantes retos que tiene planteados la agricultura del futuro.

Los pesticidas: insecticidas, herbicidas, etc, han evitado la destrucción por los insectos y hongos de porcentajes muy elevados de las cosechas. Por otro lado, de su uso se derivan una serie de problemas, el más importante es consecuencia de la baja biodegradabilidad de muchos de ellos, lo que origina su acumulación en el medio ambiente con efectos a largo plazo. Otros problemas también importantes relacionados con su uso son: su toxicidad intrínseca, sus posibilidades de bioamplificación, y su falta de especificidad respecto al organismo a eliminar.

1.1.2.3. Consumo energético

La generación de energía es la causa de problemas de contaminación como la lluvia ácida, el agujero de la capa de ozono, el efecto invernadero o los residuos radiactivos.

Sin embargo no hay que olvidar que la energía es también el motor que mueve toda la actividad humana e industrial.

Los **combustibles fósiles** (carbón, petróleo y gas natural), generan contaminantes como CO_2 , SO_2 y NO_x , que desembocan en procesos como el aumento del efecto invernadero y la lluvia ácida. Otro problema a la vista, derivado de estos combustibles, es la disminución de sus reservas, cuya velocidad aumenta progresivamente.

- Efecto invernadero

Consiste básicamente en que ciertos gases como el CO_2 , el vapor de agua, metano, ozono y óxidos de nitrógeno, principalmente, por la radiación de onda corta que incide sobre la Tierra y se disipa en forma de onda larga (calor), absorben esta última, de forma que cuanto más cantidad haya en la atmósfera, más calor se retendrá, por lo que previsiblemente la atmósfera se calentará. No obstante, existen otros mecanismos a tener en cuenta, como el albedo, reflexión de la radiación solar debida especialmente a las nubes, con lo que se devuelve parte de la radiación incidente.

La **energía de fisión nuclear**, como alternativa además económica, presenta también un problema ambiental debido a la difícil gestión de sus residuos radiactivos.

La contaminación del medio ambiente así como consideraciones geopolíticas y económicas, son razones que justifican que desde hace algún tiempo se estén buscando energías alternativas a los combustibles fósiles. El tema, obviamente, es muy complicado porque el uso de estos combustibles afecta a prácticamente todos los aspectos de la vida humana y su sustitución por otras fuentes de energía necesariamente acarreará la aparición de nuevos problemas medioambientales.

Las energías alternativas se refieren a aquellas formas de energía que pueden venir a sustituir a los combustibles fósiles y a la fisión nuclear. Algunas de ellas son, aparte de la energía hidráulica por saltos de agua:

- *Energía de fusión nuclear*: Su combustible es prácticamente infinito y muy barato. La cantidad y peligrosidad de los residuos radiactivos que se originan son menores que en la fisión. Se podría obtener hidrógeno a bajo costo que podría sustituir al gas natural y gasolinas. Pero aún se necesitan varias décadas para resolver los problemas técnicos que llevaría su utilización.
- *Energía solar*: Es la forma de energía más limpia y segura. Se puede utilizar para producir hidrógeno. Pero conlleva algunas desventajas: su falta de viabilidad desde el punto de vista económico. Lleva implícita la utilización de algún método para su almacenamiento.
- *Energía geotérmica*: Resulta una fuente de energía casi infinita. Se puede convertir en electricidad sin ninguna dificultad. Pero los depósitos geotérmicos están localizados en lugares determinados. La tecnología actual limita la utilización de muchos de los recursos disponibles.

- *Energía eólica*: Es una fuente de energía casi infinita, suficientemente limpia y segura y fácilmente transformable en electricidad. Desventajas: Coste relativamente elevado en la actualidad y en gran escala afecta negativamente al paisaje.
- *Biomasa*: Consiste en su combustión directa. Puede utilizarse para la obtención de biogás, etanol, y otros muchos productos de interés. Pero no es un proceso limpio, ya que no disminuye la producción de CO₂. Otro problema son las plantaciones que serían necesarias (cultivos energéticos) que restarían grandes superficies al cultivo de productos que hoy se utilizan en alimentación humana y animal.

1.1.2.4. *Generación de residuos*

Otro aspecto a considerar dentro de la problemática general del medio ambiente es el proceso de urbanización en muchos casos incontrolado y desmesurado, que ha dado lugar a espacios en los cuales se agravan las ya deterioradas relaciones ecológicas entre el hombre y su medio, como consecuencia de unas densidades de población excesivamente altas.

La contaminación que se produce como consecuencia es:

- *Contaminación atmosférica*, debida en su mayor parte a las calefacciones domésticas y a los vehículos a motor, sin olvidar la contaminación industrial. Frecuentemente, los problemas de contaminación atmosférica se ven agravados por una combinación de factores climáticos y geográficos que impiden la dispersión y dilución atmosférica de los contaminantes emitidos, lo cual tiene que ver con los fenómenos de inversión de temperatura y formación del «smog» fotoquímico.
- Las *aguas de vertidos urbanos y los residuos sólidos* son también problemas muy importantes para los municipios ya que su gestión supone unos costes muy elevados.
- Otro contaminante típicamente urbano es el *ruido* que afecta tanto a la salud como a la calidad de vida de los ciudadanos.

A continuación se tratan, en concreto, la contaminación del aire, del agua y del suelo, donde se incluyen otros problemas ambientales de interés.

1.2. PRINCIPALES CONTAMINANTES, SUS FUENTES Y EFECTOS

1.2.1. Contaminación atmosférica

1.2.1.1. Características del aire

El aire es la mezcla de gases que existe en una capa relativamente delgada alrededor de la Tierra. Su composición es la que se recoge en la tabla siguiente:

TABLA 1.1. Composición del aire atmosférico

Componente		Concentración aproximada
1. Nitrógeno	(N ₂)	78,03% en volumen
2. Oxígeno	(O ₂)	20,99% en volumen
3. Dióxido de Carbono	(CO ₂)	0,03% en volumen
4. Argón	(Ar)	0,94% en volumen
5. Neón	(Ne)	0,00123% en volumen
6. Helio	(He)	0,0004% en volumen
7. Criptón	(Kr)	0,00005% en volumen
8. Xenón	(Xe)	0,000006% en volumen
9. Hidrógeno	(H ₂)	0,01% en volumen
10. Metano	(CH ₄)	0,0002% en volumen
11. Óxido nitroso	(N ₂ O)	0,00005% en volumen
12. Ozono	(O ₃)	Variable

Como viene indicado, el nitrógeno y el oxígeno son los dos componentes predominantes de la atmósfera. Juntos constituyen el 99,99% del volumen de la atmósfera.

Otro componente principal es el agua, que no se incluye en la tabla dado que se encuentra en cantidades variables.

Puesto que la atmósfera es parcialmente transparente, todos sus componentes se ven sometidos a una exposición prolongada a la radiación solar, cuya absorción puede originar reacciones químicas. Estas reacciones fotoquímicas juegan un papel importante en la composición y propiedades de la atmósfera.

1.2.1.2. Principales contaminantes del aire

Se entiende por contaminación atmosférica a la presencia en el aire de materias o formas de energía que impliquen riesgo, daño o molestia grave para las personas y bienes de cualquier naturaleza, con inclusión de la fauna y la flora.

Conceptos muy utilizados en contaminación atmosférica son los de:

- Emisión: lanzamiento de materiales o energía a la atmósfera, ya sea por un foco o conjunto de focos, localizados o difusos. Los materiales emitidos se denominan emisión primaria. Estas sustancias sufren transformaciones químicas en la atmósfera, dando lugar a la llamada emisión secundaria.
- Inmisión: Es la concentración de contaminantes a nivel del suelo, procedente de diversos focos.

Se estima que las emisiones de CO, NO_x, hidrocarburos, SO_x y partículas suponen el 90% del problema de la contaminación atmosférica, por lo que a continuación se explica brevemente cada uno de ellos:

- *Monóxido de carbono*

El CO es el contaminante más abundante y más ampliamente distribuido de los que se encuentran en la capa inferior de la atmósfera.

La fuente de origen antropogénico principal es el tráfico rodado, sobre todo los vehículos de motor de explosión.

El origen natural más importante de CO en la atmósfera es la oxidación del metano formado en la descomposición anaerobia de la materia orgánica procedente de los restos de seres vivos. También se origina debido a grandes incendios de áreas forestales.

El principal efecto del CO sobre el ser humano es la capacidad que tiene de reaccionar con la hemoglobina de la sangre, formando carboxihemoglobina, que no es apta para transportar oxígeno.



- *Dióxido de azufre*

Las fuentes principales de SO₂ en la atmósfera son la combustión de carbones y de productos derivados del petróleo. Por otro lado, se forma SO₂ en la atmósfera al oxidarse el SH₂ que proviene de la descomposición de la materia orgánica.

El dióxido de azufre es oxidado a trióxido de azufre por el oxígeno atómico o molecular (este último por medio de una reacción fotoquímica).

El SO_3 formado se disuelve en el vapor de agua líquida, formando ácido sulfúrico, que da lugar a la lluvia ácida.

El dióxido de azufre y los óxidos de nitrógeno son algunos de los contaminantes que resultan durante la combustión de dichos combustibles, siendo conjuntamente responsables de la denominada lluvia ácida, ya que se convierten en la atmósfera, a través de distintas reacciones, en ácido sulfúrico y ácido nítrico que caen a la superficie terrestre con la lluvia.

La lluvia ácida somete a numerosos ecosistemas a graves tensiones y es la causa, en los países industrializados, de la acidificación de los lagos, de daños importantes en los bosques y cosechas, de aumento en la velocidad de corrosión de los materiales metálicos, etc. Otro efecto relacionado es que las especies arbóreas crecen más lentamente, debido entre otras razones, a que en los suelos muy ácidos el aluminio compite con el calcio a la hora de ser absorbido por las raíces de los árboles, y sin calcio suficiente, se ralentiza la formación de la savia que transporta el agua y los nutrientes a toda la planta, lo que se traduce en retrasos en los crecimientos.

- *Óxidos de nitrógeno*

Los óxidos de nitrógeno (NO_x) a los que se hace referencia normalmente en contaminación atmosférica son el óxido nítrico (NO) y el dióxido de nitrógeno (NO_2).

Prácticamente todos los NO_x de origen antropogénico proceden de la combustión de combustibles fósiles. La mayoría es emitido en forma de NO, que se oxida posteriormente a NO_2 . Contribuyen a la lluvia ácida, y también intervienen de forma decisiva en la aparición de smog fotoquímico.

Asimismo, son perjudiciales para la salud, variando su toxicidad en función de su concentración. Los efectos pueden ser desde inflamación del tejido pulmonar hasta la muerte.

- *Partículas en suspensión*

Son pequeñas partículas sólidas y gotas líquidas que se encuentran suspendidas en el aire, y que en ocasiones constituyen un grave problema de contaminación.

Se forman por divisiones o roturas de fragmentos de materia mayores, o por aglomeración de fragmentos pequeños o incluso moléculas.

Se pueden clasificar según su tamaño: Las partículas mayores de 10 μm son las partículas denominadas sedimentables. Las menores de 10 μm se conocen en general como materia suspendida, y son las más peligrosas, dado que son inhalables. En su gran mayoría son retenidas una vez inhaladas por la región naso-faríngea, y el epitelio de los bronquios, siendo posteriormente eliminadas con las secreciones mucosas. Sin embargo las partículas más pequeñas alcanzan los pulmones. El sistema respiratorio puede ser dañado por estas partículas y alcanzar el sistema circulatorio o linfático y ser transportadas a órganos alejados de los pulmones, donde también ejercen su efecto perjudicial.

- *Hidrocarburos*

Son sustancias que contienen los elementos de hidrógeno y carbono, estando relacionado su estado físico con su masa atómica y estructura molecular.

Los más importantes desde el punto de vista de la contaminación son los más volátiles.

La mayor parte de los hidrocarburos que se emiten a la atmósfera son de origen natural. La parte que produce el ser humano es debida en su mayoría por los automóviles.

Los hidrocarburos contribuyen a la formación del smog fotoquímico. El smog es una bruma que se produce en las zonas de alta densidad de población, cuando en la atmósfera hay presencia de hidrocarburos, óxidos de nitrógeno y condiciones propias de los anticiclones estacionarios (fuerte radiación solar, inversión térmica intensa, humedad relativa elevada y calma atmosférica en las primeras horas de la mañana).

Asimismo, formando parte del material particulado pueden encontrarse hidrocarburos aromáticos policíclicos sólidos, que son cancerígenos.

- *Otros contaminantes*

El plomo, aunque está disminuyendo en concentración en el aire dada la disminución del uso de gasolinas con plomo, es importante por su efecto tóxico. Afecta principalmente a los sistemas hematopoyético, nervioso y renal.

Otros contaminantes que son minoritarios, pero que pueden tener importancia en el ámbito local son: los gases inorgánicos, amoniaco, cloro, flúor, y el sulfuro de hidrógeno.

1.2.1.3. Medición de la calidad del aire

Las medidas de la calidad del aire pueden referirse a medidas de emisión, de inmisión, o medidas meteorológicas para conocer el desplazamiento del contaminante desde la fuente al receptor. Se pueden medir tanto partículas como gases.

En el caso de medir la inmisión de partículas, se recogen muestras de aire mediante distintas técnicas. Para la determinación cuantitativa de las partículas se utilizan técnicas físico-químicas como la espectrofotometría de absorción atómica.

En el caso de partículas en suspensión se utiliza mucho como índice la fracción respirable, que se refiere al porcentaje de partículas inhalables que pueden alcanzar los pulmones (se definen generalmente como las partículas menores de 5 μm).

En el caso de medidas de partículas de emisión, se suelen usar métodos que miden la opacidad del penacho de humo de la chimenea correspondiente.

Para la medida de gases se suele recoger a través de un borboteador que, o bien contiene un líquido que reacciona con el gas a medir, o bien lo disuelve. Posteriormente se mide su concentración mediante diversas técnicas. Como técnica general de análisis cualitativo de muestras gaseosas se utiliza la cromatografía de gases.

1.2.1.4. Control de la contaminación

La atmósfera posee unos mecanismos naturales de descontaminación, como es la dispersión, floculación, o sedimentación gravitacional. Sin embargo, éstos son mecanismos limitados, por lo que se deben adoptar otros procesos para evitar o disminuir la contaminación, comenzando por la disminución de las emisiones a la atmósfera.

- Dilución: mediante el uso de chimeneas. Cuanto más altas sean éstas, más distancia recorrerá el contaminante, y más se diluirá en la atmósfera, disminuyéndose su concentración y por tanto su efecto nocivo. Sin embargo, siempre acabará volviendo a la superficie, por lo cual lo que se consigue es globalizar el problema.
- Control en el origen: Se puede llevar a cabo por distintos medios. Uno de ellos es impedir que se produzcan los contaminantes, por ejemplo sustituyendo los métodos de producción de energía por otros alternativos.

Otros métodos pueden reducir la contaminación sin llegar a eliminarla, como la instalación de equipamientos de control destinados a destruir, transformar o recoger los contaminantes.

- Tratamiento: Consiste en la gestión de los contaminantes, una vez generados, para su eliminación o disminución de sus efectos nocivos. Son las actuaciones que se denominan «*end of pipe*», es decir, los que se realizan al final del proceso de producción. Por ejemplo, se utilizan filtros o ciclones para atrapar partículas, o torres de adsorción o absorción para retener gases contaminantes, transformándose en sustancias menos contaminantes o inocuas mediante combustión (por oxidación o reducción).

1.2.2. Contaminación del agua

1.2.2.1. Características del agua

El agua es uno de los compuestos más abundantes de la naturaleza, constituyendo las tres cuartas partes de la superficie de la tierra. Sin embargo, el 97% se encuentra en los océanos y otras masas salinas, por lo que no es disponible por el hombre como recurso.

Una propiedad fundamental de la molécula del agua es su carácter polar. Como consecuencia se produce los enlaces por puente de hidrógeno. Éstos son los responsables de que los puntos de fusión y ebullición del agua sean inesperadamente altos. También hace que la estructura del hielo sea una red abierta, y por tanto menos denso que el agua, lo que permite que existan los procesos de convección en lagos y océanos.

El agua también presenta calores de fusión y de vaporización elevados, que con la característica anterior, confieren al agua una propiedad termorreguladora.

1.2.2.2. Principales contaminantes del agua

Generalmente, la contaminación de las aguas se produce por vertidos procedentes de su utilización a nivel urbano, industrial y agropecuario, aunque también se puede dar a través de lixiviados procedentes de vertidos incontrolados en suelo.

- *Residuos con requerimiento de oxígeno*

Son sustancias que se oxidan en presencia de oxígeno, debido a la actividad bacteriana, procedentes de las aguas residuales urbanas, o de los vertidos de determinadas industrias, como la alimentaria o papelera.

Producen una disminución de la cantidad de oxígeno en el agua, afectando a las poblaciones animales y vegetales acuáticas. También se produce la aparición de olores, sabores y colores que disminuyen su calidad.

- *Patógenos*

Son aquellos organismos que crecen y se multiplican en un hospedador. Una forma de infección por patógenos es a través de la ingestión de agua contaminada.

Algunos patógenos asociados con aguas potables son: las bacterias del cólera, disentería y tifus, el virus de la hepatitis infecciosa y los parásitos intestinales que causan la esquistosomiasis.

- *Nutrientes*

En este contexto se entiende por nutrientes como aquellos elementos químicos esenciales para el crecimiento de los seres vivos. Entre ellos se encuentran el nitrógeno, fósforo, carbono, azufre, potasio, calcio, hierro, manganeso, boro y cobalto. Se consideran como contaminantes cuando sus concentraciones son tan elevadas que permiten un crecimiento excesivo de las plantas acuáticas, disminuyéndose así la calidad del agua.

A este proceso se le denomina *eutrofización*, y es producido especialmente por el enriquecimiento del agua en nitrógeno y fósforo.

Al descomponerse las algas tras su muerte, se consumirá oxígeno, lo que producirá los efectos comentados con los residuos con requerimiento de oxígeno.

- *Salinidad*

El agua se mineraliza a su paso a través de suelo y rocas. Además, determinados efluentes industriales procedentes de neutralizaciones ácido-base, o las aguas residuales urbanas cuando se ha utilizado sal en las carreteras para fundir el hielo de las carreteras, contribuyen a aumentar la salinidad de las aguas. La salinidad es un factor limitante a la hora de asignar un uso al agua (potable, ganado, regadío...).

- *Metales pesados*

Algunos metales pesados son nutrientes para algunos animales y plantas, pero a determinadas concentraciones son tóxicos. La principal entrada en el organismo humano es la ingestión. El estado de oxidación y la naturaleza del compuesto determinan su toxicidad.

- *Compuestos orgánicos traza*

Son aquellos que se encuentran en una concentración muy baja.

Los organismos vivos no han sido expuestos a este tipo de compuestos más que recientemente, por lo que resulta una preocupación los posibles efectos que se puedan producir como consecuencia de largas exposiciones. Dentro de este grupo se encuentran los pesticidas y los compuestos orgánicos volátiles.

- *Sustancias radiactivas*

La contaminación por sustancias radiactivas está relacionada con los residuos que se producen durante todo el ciclo de producción y utilización del uranio, que se utiliza con fines científicos, biomédicos, químicos, industriales y militares. También se encuentran en el agua otros compuestos radiactivos de forma natural. Es el caso del gas radón, que se encuentra naturalmente en las aguas subterráneas. Su peligrosidad radica en que si el agua se agita o calienta, como ocurre en una lavadora o una ducha, el gas radón se libera, y puede ser inhalado. Se piensa que esto puede provocar cánceres de pulmón.

- *Contaminación térmica*

Se produce por la utilización de agua como refrigerante en numerosos procesos industriales. Se toma agua que luego es devuelta a mayor temperatura a su origen.

Por encima de ciertos límites ese aumento de temperatura provoca efectos negativos sobre el desarrollo de la vida acuática: disminuye la cantidad de oxígeno disuelto, y además aumenta la necesidad de oxígeno como consecuencia del aumento de la velocidad de las reacciones metabólicas producido por del aumento de temperatura.

- *Sedimentos*

Son materiales que pueden tener una composición variada. La mayoría de los sedimentos se producen por el proceso natural de erosión, la remoción de arenas en las orillas de los cauces y los efluentes domésticos e industriales.

Los efectos perjudiciales que producen son la disminución de la capacidad de lagos y embalses, aumento de la turbidez (que reduce la penetración en el agua de la luz), y afecta a la vida acuática de los fondos.

1.2.2.3. *Medición de la calidad del agua*

Las muestras de agua se pueden analizar a través de distintos métodos:

- Métodos volumétricos: se mide cuantitativamente la capacidad del agua para combinarse con un reactivo. Se puede realizar mediante el uso de indicadores.
- Espectrofotometrías de absorción: se mide la absorción de la luz radiante (en el caso de estar en la región visible se denomina colorimetría). Existe una relación entre la absorbancia y la presencia de determinados contaminantes. Se utiliza bastante para determinación de metales.
- Espectrofotometría de absorción atómica: Es una técnica cuantitativa. El elemento que se quiere determinar es reducido a su estado elemental. Se le somete a un haz de luz, y absorberá una fracción de radiación proporcional a la concentración del elemento.
- Cromatografía líquida de alta resolución: puede determinar varias sustancias a la vez, obteniéndose también datos cuantitativos.

Para determinar las características físicas y biológicas los parámetros que se utilizan son:

- Temperatura: Es importante por su relación con otros parámetros como velocidad de las reacciones químicas, solubilidad de gases disueltos...
- Color: El color del agua se debe a la presencia de los materiales de naturaleza orgánica e inorgánica que lleva disueltos.
- Sabor y olor: Debido a la presencia de impurezas de naturaleza orgánica disueltas.
- Turbidez: Se mide con un turbidímetro. La existencia de turbidez suele ser debida a la presencia de partículas de arcilla, fibras vegetales, o microorganismos.
- Conductividad eléctrica: Es la facilidad que presenta el agua al paso de corriente eléctrica. Depende de la concentración de las sales disueltas. Se mide con un conductímetro.
- pH: Se mide con un pHmetro. Nos informa de las reacciones que van a poder ocurrir, y de la actividad biológica que pueda haber.

- Potencial de oxidación-reducción: Se mide con un potenciómetro. Está relacionado con la posibilidad de existencia de algunos tipos de bacterias.
- Oxígeno disuelto: A mayor cantidad de oxígeno en el agua, menor olor y sabor. A su vez es beneficioso para la vida acuática.
- Demanda de oxígeno: La demanda de oxígeno de los productos biodegradables es de gran importancia, ya que si la utilización de oxígeno ocurre más rápidamente que su reposición, se producirán procesos anaerobios, lo que supone, además de malos olores, que solo resulte posible la vida para los microorganismos anaerobios, y por tanto, que se afecte gravemente la ecología del sistema. La cantidad de oxígeno consumido durante la utilización microbiológica de los compuestos orgánicos presentes en el agua recibe el nombre de Demanda Biológica de Oxígeno o Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO).

1.2.2.4. Tratamiento de aguas

El tratamiento o purificación de aguas comprende tres categorías: la purificación de aguas de uso doméstico, el tratamiento de las de aplicación industrial, y el acondicionamiento para su vertido de las aguas residuales tanto urbanas como domésticas.

El método de tratamiento depende del agua de partida, y del uso posterior que se le vaya a dar.

- Tratamiento de aguas para consumo humano: El agua se tratará en una planta potabilizadora, En primer lugar se eliminarán las partículas sólidas (arena, algas, etc.). Después se eliminarán las sustancias disueltas tales como las que causan el color y la dureza, y por último se destruirán los gérmenes patógenos, mediante la cloración.
- Tratamiento de aguas residuales urbanas: las aguas residuales urbanas están compuestas en su mayoría por sustancias orgánicas, incluidos diversos tipos de microorganismos. También contiene en menor medida cloruros y fosfatos, nitrógeno y fósforo y carbonatos y bicarbonatos de calcio y magnesio.

El tratamiento tiene como objetivo la reducción de la concentración de determinados contaminantes para devolver el agua a un curso no contaminado. Pero no elimina por completo la contaminación.

En el tratamiento primario se eliminan las sustancias flotantes y arenas y otros sólidos mediante un cribado, molienda y desarenado. Después se introduce en un tanque de sedimentación, donde se elimina la materia en suspensión, y se somete al agua a un desaceitado y desengrasado.

En el proceso de tratamiento secundario se rebaja la DBO mediante procesos biológicos. Los más utilizados son los métodos de fangos activados. Consiste en un tanque aireado en el que están dispuestos los fangos con bacterias y por el que circula el agua residual procedente del tratamiento primario. Los microorganismos convierten la materia orgánica disuelta en CO_2 , H_2O y más microorganismos.

En el tratamiento terciario se eliminan contaminantes químicos y las bacterias y virus procedentes del tratamiento secundario. Para eliminar las sustancias orgánicas se suele realizar una adsorción con carbón activo. Para los inorgánicos se suele realizar electrodiálisis, ósmosis inversa o utilizar resinas cambiadora de iones y ósmosis inversa.

- Tratamiento de aguas industriales: En estos casos en primer lugar hay que plantearse la posibilidad de realizar modificaciones en el proceso de fabricación para disminuir la contaminación, una posible recuperación de productos intermedios o la reutilización del agua residual.

Después de esta consideración, las aguas que se vayan a verter es conveniente que se homogeneicen en una balsa, dado que proceden de una gran variedad de operaciones.

En otras plantas modernas se utiliza la segregación de las diferentes corrientes de aguas residuales para someter a cada una de ellas, de forma individual, a un tratamiento específico.

1.2.3. Contaminación del suelo

1.2.3.1. Características del suelo

El suelo es una mezcla de materia orgánica, partículas minerales y aire en proporciones variables. La formación del suelo, es un proceso dinámico y muy lento. Nace y evoluciona bajo acción de los «factores activos» del medio, el clima y la vegetación. El suelo se origina como consecuencia de la desintegración física en pequeños fragmentos de la

roca madre. La vegetación que se desarrolla sobre el suelo va dejando cierta cantidad de residuos constituyéndose así el soporte orgánico.

En un suelo bien desarrollado se distinguen en profundidad 3 horizontes A, B, C:

- Horizonte A: Es la capa superficial (profundidad máxima 0.5 m), constituido mayoritariamente por materia orgánica. Es de color oscuro, con partículas muy finas y muy poroso.
- Horizonte B: Subsuelo (profundidad máximo 1 metro) formado por productos de alteración de las rocas subyacentes, recibiendo además material orgánico y mineral de horizonte superior. Es de color pardo-rojizo debido a la presencia de la presencia de óxido de hierro.
- Horizonte C: El más profundo, formado por material disgregado del fondo rocoso. Está formado por cantos sueltos con una matriz de arcilla y arena que cada vez son más numerosas y de mayor tamaño según aumenta la profundidad.

HORIZONTES DEL SUELO

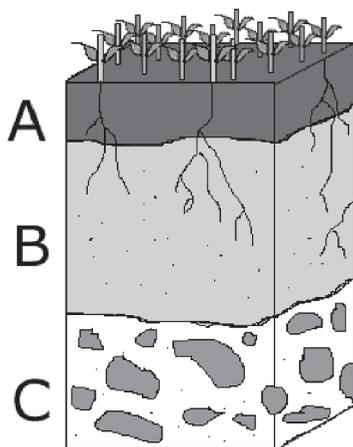


FIGURA 1.1. Suelo: Horizontes.

Características de los suelos

El conocimiento de las características físico-químicas de un suelo, nos permitirá prever la dinámica de las sustancias contaminantes:

- Porosidad: Condiciona la movilidad de los compuestos solubles y de los volátiles.
- Temperatura: De ella dependen los procesos de alteración de los materiales originarios y la difusión de los contaminantes.
- Procesos ácido-base: Influyen en el grado de descomposición de la materia orgánica y de los minerales, en la solubilidad de algunos contaminantes y en conjunto en los procesos que son controlados por el pH del suelo.
- Reacciones redox: Originados en el metabolismo de los microorganismos del suelo, afectan a elementos naturales y contaminantes.
- Propiedades coloidales: Explican los procesos de agregación e inmovilización de partículas.
- Interacciones superficiales: Como, por ejemplo, la adsorción entre componentes del suelo y otros compuestos ya sean naturales o contaminantes.
- Capacidad de intercambio iónico: Corresponde a la cantidad de iones metálicos que una determinada cantidad de suelo es capaz de intercambiar. Estos intercambios son vitales para que los iones metálicos puedan acceder a la planta.

La modificación o transformación por contaminación de alguno de los factores que conforman un suelo implica un desequilibrio que afecta al resto de los factores y activa normalmente procesos de regresión en ese suelo.

También hay que tener en cuenta el papel depurador de ciertos componentes del suelo, como son los coloidales dentro del material sólido inorgánico, los materiales húmicos y los microorganismos (bacterias). La retención de los contaminantes se lleva a cabo por medio de fenómenos de absorción física, interacción química o bien los transforman por medio de reacciones químicas.

1.2.3.2. Principales contaminantes

Se entiende por suelo contaminado una porción delimitada de terreno cuyas cualidades originales han sido modificadas por la acción humana al incorporarse algún factor que según la clasificación de agentes contaminantes podría ser:

- Contaminación física: Con variaciones en parámetros como temperatura y radiactividad.

- Contaminación biológica: Putrefacción por especies patógenas.
- Contaminación química: Por la adición de elementos o compuestos químicos en concentraciones que alteran la composición originaria del suelo.

Los más importantes tienen carácter químico. Algunos de ellos son:

- *Metales pesados*

La presencia natural de metales en el suelo es en cantidad de traza. El riesgo se produce cuando se acumulan en grandes cantidades en el suelo.

- *Contaminantes inorgánicos*

Los contaminantes inorgánicos están presentes en el suelo de forma natural pero en concentraciones reguladas por los ciclos biológicos asociadas a cada suelo. La sobresaturación de alguno de ellos hace que se alcancen concentraciones considerables como contaminantes alterando así los ciclos de regulación.

- *Contaminantes orgánicos*

Constituyen un grupo formado por un elevadísimo número de sustancias que en su gran mayoría están producidas por el hombre. Estas sustancias tienen diferentes efectos en el medio siendo muchas de ellas altamente tóxicas.

- *Residuos*

La proximidad física del suelo hace que este sea el lugar al que con más probabilidad vayan a parar residuos originados por la actividad del hombre. Estos son rápidamente incorporados al suelo a través de procesos degradativos.

Los residuos industriales son los contaminantes principales de los suelos y se pueden clasificar del siguiente modo:

- 1) Residuos inertes: No representan riesgo alguno para el medio ambiente.
- 2) Residuos urbanos o asimilables a urbanos: Son los residuos fermentables y combustibles obtenidos en las distintas actividades de los núcleos de población. La solución más adecuada es su recogida y tratamiento como basuras domiciliarias.

- 3) Residuos especiales: Éstos suponen un grave riesgo para la salud humana y el medio ambiente: requieren por lo tanto un tratamiento especial. Entre estos residuos especiales, distinguimos los residuos tóxicos y peligrosos de los residuos radiactivos:

De forma general, la presencia de contaminantes en el suelo se refleja de forma directa sobre la vegetación induciendo su degradación, la reducción del número de especies presentes en ese suelo, y más frecuentemente la acumulación de contaminantes en las plantas.

Indirectamente, a través de la cadena trófica, la incidencia de un suelo contaminado puede ser más relevante. Absorbidos y acumulados por la vegetación, los contaminantes del suelo pasan a la fauna. Cuando estas sustancias son bioacumulables el riesgo se amplifica al incrementarse las concentraciones de contaminantes a medida que ascendemos en la cadena trófica, en cuya cima se encuentra el hombre. Las precipitaciones ácidas sobre determinados suelos originan, gracias a la capacidad intercambiadora del medio edáfico, la liberación del ion aluminio, desplazándose hasta ser absorbido en exceso por las raíces de las plantas, afectando a su normal desarrollo.

En otros casos, se produce una disminución de la presencia de las sustancias químicas en el estado favorables para la asimilación por las plantas. Así pues, al modificarse el pH del suelo, pasando de básico a ácido, el ion manganeso que está disuelto en el medio acuoso del suelo se oxida, volviéndose insoluble e inmovilizándose.

Otros efectos inducidos por un suelo contaminado:

- Degradación paisajística: la presencia de vertidos y acumulación de residuos en lugares no acondicionados, generan una pérdida de calidad del paisaje, a la que se añadiría en los casos más graves el deterioro de la vegetación, el abandono de la actividad agropecuaria y la desaparición de la fauna.
- Pérdida de valor del suelo: económicamente, y sin considerar los costes de la recuperación de un suelo, la presencia de contaminantes en un área supone la desvalorización de la misma, derivada de las restricciones de usos que se impongan a este suelo, y por tanto, una pérdida económica para sus propietarios.

1.2.3.3. Control de la contaminación

Se puede definir el tratamiento y recuperación de suelos contaminados como un conjunto de operaciones que se deben realizar con el obje-

tivo de controlar, disminuir o eliminar los contaminantes y sus efectos. Existen distintas posibilidades de actuación:

- *Contención o aislamiento de la contaminación:* Consiste en establecer medidas correctas de seguridad que puedan controlar la situación presente, impidiendo la progresión de la contaminación en el medio y mitigando riesgos relacionados con esta dispersión de contaminantes.
- *Aislamiento:* Consiste en aislar el foco emisor de la contaminación, limitando el potencial de migración y difusión de los contaminantes mediante la construcción de barreras superficiales y/o subterráneas, de forma que se impida la movilización horizontal de los contaminantes. Esta tecnología suele usarse como medida temporal para evitar la generación de lixiviados, la entrada de los contaminantes en los cursos de agua o la infiltración en las aguas subterráneas.
- *Reducción de las volatilizaciones:* Pretende suprimir las corrientes de aire, para evitar la volatilización de compuestos orgánicos. Los métodos incluyen la reducción del volumen de poros del suelo, mediante la adición de agua, o por compactación o el sellado de la capa superficial del suelo mediante coberturas (con membranas sintéticas, arcillas, asfalto, cemento...).
- *Control de lixiviados:* El objeto es impedir la dispersión de contaminantes a través de las aguas recogiendo los lixiviados procedentes del suelo contaminado en aquellas situaciones en que ello sea posible, como en vertederos controlados de residuos sólidos urbanos. Otro sistema de control consiste en el bombeo de las aguas subterráneas afectadas por la lixiviación de los contaminantes.
- *Recuperación:* Es la elaboración de un plan de saneamiento precisa una cierta delimitación del resultado mínimo a alcanzar.
- *Biodegradación in situ:* Persigue la transformación de sustancias potencialmente peligrosas en productos inocuos por activación de los procesos biológicos naturales o mediante microorganismos específicos para cada contaminante.
- *Vitrificación:* La vitrificación es un proceso donde el suelo y los contaminantes se funden en una matriz vítrea mediante la creación de un campo eléctrico entre dos electrodos enterrados. La resistencia del terreno al paso de la corriente genera temperaturas suficientes para fundir el suelo. Los componentes no volátiles se

integran en la matriz vítrea, mientras que los constituyentes orgánicos son destruidos en un proceso parecido a la pirólisis. Los gases que evaporan pueden ser recogidos en una campana instalada en la superficie del terreno.

- *Degradación química*: Consiste en la adición de una sustancia química para inducir la degradación.
- *Estabilización / solidificación*: Consiste en mezclar el suelo contaminado con un medio de fijación conformando una masa endurecida y poco permeable en la que se inmovilizan los contaminantes.
- *Lavado del suelo*: Consiste en la adición de agua, por inyección superficial o subsuperficial con un aditivo químico que favorezca la disolubilidad de los contaminantes movilizándose éstos en el medio de extracción. El líquido resultante es recogido y posteriormente tratado.
- *Aireación del suelo*: Bombeo de aire desde el exterior que tras circular a través del espacio contaminado, es evacuado por el pozo de extracción para su liberación o tratamiento.
- *Degradación biológica (compostaje)*: Este sistema de tratamiento persigue la transformación de contaminantes altamente tóxicos en sustancias asimilables por la naturaleza mediante procesos metabólicos de microorganismos específicos para los diferentes tipos de contaminación.
- *Extracción o lavado del suelo*: Es un sistema de tratamiento en el que se trasladan los contaminantes del suelo a un líquido, movilizándose así los contaminantes absorbidos en las partículas de suelo.
- *Depósito de seguridad*: Supone el confinamiento de los residuos en un ambiente subterráneo seguro, previsto de algún tipo de sistema de impermeabilización y de sistemas de recolección de lixiviados y escurrimientos superficiales.

EJERCICIOS DE AUTOCOMPROBACIÓN

1. Explicar el significado del término *desarrollo sostenible*.
2. ¿Qué se entiende por *energías alternativas*? Describir algunas de ellas con sus posibles ventajas y desventajas.
3. Explicar brevemente los conceptos de *emisión* e *inmisión* referidos a la contaminación atmosférica.
4. ¿Cómo se denomina el proceso que da lugar a que en una masa acuosa determinada se produzca un enriquecimiento de nutrientes y qué consecuencias tiene para que éstos se consideren como contaminantes?
5. Describir los principales parámetros para determinar las características físicas y biológicas de la calidad de las aguas.
6. Definir la Demanda Biológica de Oxígeno.
7. Indicar los principales contaminantes del agua.
8. Describir brevemente qué es un suelo contaminado y los principales tipos de contaminación.
9. Describir las propiedades del monóxido de carbono, su principal fuente, su mecanismo de acción tóxica y su control como contaminante ambiental.
10. Describir las propiedades de los óxidos de nitrógeno, su principal fuente, su mecanismo de acción tóxica y su control como contaminante ambiental.

Tema 2

RIESGOS AMBIENTALES LABORALES. CONTAMINACIÓN INTERIOR

CONTENIDO

- 2.1. Las condiciones de seguridad y salud en el trabajo.
 - 2.2. Conceptos de peligro, riesgo y daño en el trabajo.
 - 2.2.1. Peligro.
 - 2.2.2. Daño derivado del trabajo.
 - 2.2.3. Riesgo laboral.
 - 2.2.4. Factores de riesgo laboral.
 - 2.2.5. Tipos de riesgos laborales.
 - 2.3. Riesgos ambientales laborales.
 - 2.4. Riesgos laborales por exposición a agentes físicos.
 - 2.4.1. Riesgos laborales por exposición al ruido.
 - 2.4.2. Riesgos laborales por exposición a vibraciones.
 - 2.4.3. Riesgos laborales por exposición a radiaciones ionizantes
 - 2.4.4. Riesgos laborales por exposición a radiaciones no ionizantes.
 - 2.4.5. Riesgos laborales por exposición al calor y al frío.
 - 2.5. Riesgos laborales por exposición a agentes químicos.
 - 2.6. Riesgos laborales por exposición a agentes biológicos.
- Ejercicios de autocomprobación.

2.1. LAS CONDICIONES DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO

Se puede entender la *industria* como la actividad dirigida a la transformación de los productos de la naturaleza así como de aquellos otros productos que proceden de transformaciones previas, con inclusión de las fuentes de energía para su consumo. En un sentido amplio puede entenderse cualquier actividad productiva, aunque quizás un término más inequívoco para el propósito de esta disciplina es el de *trabajo*.

Tales actividades obviamente interactúan con el entorno más o menos inmediato, por lo que deben respetar tal entorno, el *medio ambiente*, con inclusión de la salud de las personas, animales y plantas así como los bienes y el desarrollo sostenible.

Una parte muy importante de el *medio ambiente* afectado por las actividades productivas, entendido en un sentido amplio o global, es el *medio ambiente de trabajo*, que en muchas ocasiones es un ambiente interior o separado del ambiente que podría llamarse exterior, respecto del recinto donde se realiza la mayoría de actividades industriales o laborales.

Este *medio ambiente «de trabajo»*, que incluye actividades tanto en el interior de un recinto como en el exterior, es particularmente peculiar respecto al tratamiento *convencional* del medio ambiente en general, por cuanto se ciñe exclusivamente a los trabajadores en activo. Esto supone que el tratamiento particular o específico del ambiente laboral no tiene en cuenta, en primer plano, a las personas más vulnerables como los niños, enfermos y jubilados, así como a los animales y plantas, los bienes y la naturaleza en general. Además se refiere solo a la actividad laboral, por lo que sólo tiene en cuenta, también en un primer plano, el tiempo en que se trabaja, que en términos generales suele comprender unas ocho horas diarias y unas cuarenta semanales durante la vida laboral. Esto no quiere decir que el tratamiento del medio ambiente laboral se

deba realizar de manera «*desconectada*» del resto del medio ambiente y de otras consideraciones, como la salud pública y la economía. Más bien no debe perderse en ningún momento la perspectiva global e integrada del medio ambiente general, aunque razones metodológicas y prácticas exijan una consideración separada de sus aspectos específicos. No obstante, en muchas actuaciones propias del ámbito laboral se tienen en cuenta aspectos extralaborales.

Otra peculiaridad del medio ambiente laboral consiste en su espacio relativamente reducido, el lugar de trabajo, muchas veces separado físicamente del medio ambiente «exterior», (aunque también se trabaja en el exterior, como es el caso de la agricultura o el transporte). También es peculiar el medio ambiente laboral porque suele estar condicionado por las diversas tecnologías y frecuentemente se puede llegar a utilizar equipos, materiales e instalaciones de mayor peligrosidad que en la mayoría de actividades extralaborales.

El **lugar de trabajo** es el área o espacio en el que se ejecutan las tareas y funciones encomendadas como trabajo, con inclusión de cualquier zona al que la persona acceda en el marco de su trabajo, como puede ser los vestuarios, almacenes, servicios, locales de descanso, etc. Este concepto se refiere tanto a los lugares convencionales de las actividades industriales y del sector servicios como a los propios de las obras de construcción, los medios de transporte, las industrias extractivas, la pesca, la agricultura, la silvicultura y otras actividades al aire libre.

La **salud** es un término que todo el mundo asocia al estado o condiciones en que se encuentra el organismo de uno mismo con relación a su capacidad o el ejercicio de las funciones que le corresponden *normalmente*. Cuando se utiliza este término como ese estado o condiciones que permiten el desarrollo pleno, *normal*, de las funciones o potencialidades del organismo, se habla de salud plena, de *buena salud*, y se piensa en la ausencia de enfermedades. Sin embargo, para su entendimiento hace falta una referencia o fijar qué se entiende por *normalidad*.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha adoptado una definición más amplia de salud, yendo más allá del estado de ausencia de enfermedad: *La salud es el estado completo de bienestar físico, psíquico y social y no solo la ausencia de afecciones y enfermedades.*

A pesar de este concepto amplio de *salud*, base de la legislación y otras actuaciones que se llevan a cabo en la Unión Europea en el marco de las relaciones de trabajo, frecuentemente se utiliza este término conjuntamente con el de *seguridad*, en el sentido de la cualidad o condición con relación a la ausencia de peligro o riesgo. Más adelante se conside-

rá el concepto más restrictivo de *seguridad en el trabajo*, referido a los accidentes laborales.

Las **condiciones de seguridad y salud en el trabajo** son aquellas características del trabajo que pueden influir *significativamente* en la seguridad y la salud de los trabajadores y que, por lo tanto, contribuyen a la mayor o menor gravedad de los riesgos laborales a los que pueden estar expuestos. Se incluye entre ellas:

- *Condiciones estructurales y de equipamiento:*
 - Características generales de los lugares (espacios, pasillos, suelos, escaleras, etc.).
 - Instalaciones (eléctrica, de gases, de vapor, etc.).
 - Equipos de trabajo (máquinas, herramientas, aparatos a presión, de elevación, de manutención, etc.).
 - Almacenamiento de materiales y productos.
 - Existencia o utilización de materiales o productos inflamables o, en general, peligrosos.

- *Condiciones ambientales (laborales):*
 - Exposición a agentes físicos (ruido, vibraciones, radiaciones ionizantes, radiaciones ópticas, radiofrecuencias, campos electromagnéticos...).
 - Exposición a agentes químicos.
 - Exposición a agentes biológicos.
 - Calor y frío, combinado con humedad y movimiento del aire (condiciones termohigrométricas).
 - Climatización y ventilación general. Calidad del aire.
 - Iluminación.

- *Tipo de tareas, procedimientos y carga de trabajo, física y mental. (Mayor o menor adecuación del trabajo a la persona):*
 - Manejo de cargas.
 - Esfuerzos y posturas.
 - Trabajos con pantallas de visualización.
 - Etcétera.

- *Organización y ordenación del trabajo (condiciones psicosociales):*
 - Monotonía y repetitividad.
 - Control, exigencias («presión». Por ejemplo: destajo) y posibilidad de iniciativa.
 - Aislamiento.
 - Participación.
 - Turnicidad, rotación, pausas y descansos.
 - Comunicación, relaciones de trabajo, etc.

2.2. CONCEPTOS DE PELIGRO, RIESGO Y DAÑO EN EL TRABAJO

Sin perjuicio de que en toda actividad o en toda instalación, cualquiera que sea, se debe procurar que no suponga una amenaza para el medio ambiente, la integridad y la salud de las personas, los bienes ya sean propios o ajenos, además de que los fines se alcancen con la mayor eficiencia posible, en el ámbito *laboral* los objetivos se centran en las personas que trabajan. Desde este punto de vista se desarrolla el presente tema.

2.2.1. Peligro

Se entiende por *peligro* la propiedad o capacidad intrínseca de algo, como por ejemplo, equipos, productos, situaciones, procesos, métodos, etc., para ocasionar daño. En este sentido constituyen un peligro, por ejemplo, los productos cancerígenos, máquinas con elementos móviles desprovistos de resguardos, una llama, una atmósfera explosiva, un hueco sin cubrir, una postura forzada, la carga y descarga de combustible, etc.

2.2.2. Daño derivado del trabajo

Los *daños derivados del trabajo* son enfermedades o alteraciones patológicas o lesiones producidas con motivo u ocasión del trabajo. Es decir, cualquier efecto negativo para la salud, como son las enfermedades o accidentes laborales, independientemente de que se consideren o no jurídicamente como *enfermedades profesionales* o *accidentes de trabajo*, a efectos de la Seguridad Social en España.

2.2.3. Riesgo laboral

El *riesgo laboral* se define como la *posibilidad* de que un trabajador sufra un determinado *daño* derivado del trabajo.

La *calificación* de un determinado riesgo laboral, según su *gravedad* G , se obtiene de la valoración conjunta de la *probabilidad* P de que se produzca el daño y la previsión de la *severidad* o magnitud D de éste.

$$G = P \times D$$

Desde el punto de vista de lograr la mayor eficacia preventiva es esencial actuar sobre el primer factor, especialmente si se llega a anular, lo que equivaldría a evitar el riesgo, con lo que el éxito sería completo y no necesitaría de otras medidas. En los demás casos hay que actuar sobre ambos términos, sobre el primero P para reducir en todo lo posible la probabilidad de que se materialice, con medidas esencialmente *preventivas*, y sobre el segundo D para disminuir la magnitud de los daños que puedan producirse en el caso de que llegue a materializarse el riesgo, con medidas de *protección* colectiva e individual, por ejemplo.

2.2.4. Factores de riesgo laboral

Los *factores de riesgo* constituyen cualquier factor, parámetro o variable, que puede influir en la gravedad de los riesgos laborales. En general vienen determinados por las condiciones de trabajo y por las características individuales del trabajador en la medida que puedan influir en la generación o agravación de los riesgos laborales.

Las condiciones de trabajo (de seguridad y salud en el trabajo) ya han sido definidas anteriormente. Entre la gran diversidad de los factores individuales se pueden destacar los relacionados con los conocimientos, las capacidades y aptitudes, las pautas de comportamiento y actitudes, la cultura preventiva, el estado de salud, las características físicas, biológicas, psíquicas, etc., que puedan influir en la magnitud de los riesgos laborales a los que pueda estar expuesta tanto la propia persona como los demás a los que pueda afectar.

2.2.5. Tipos de riesgos laborales

Se puede distinguir varios tipos de riesgos laborales según el criterio que se escoja. Pueden clasificarse atendiendo al tipo de daño al que se

refieren y a la inmediatez o no en la que puedan producirse. Desde esta perspectiva pueden distinguirse los siguientes tipos de riesgos laborales:

- *Riesgos de accidente*

En general, lo que tradicionalmente se ha tratado en el mundo del trabajo es el *riesgo de accidente*, por ejemplo, de caída de altura, de atrapamiento, de explosión, etc., que *puede* ser desencadenado por la existencia de uno o varios *factores de riesgo*. De la probabilidad de que se produzca el accidente, en este caso, y los daños que pueden derivarse como consecuencia de que ocurra, se evalúa el riesgo, calificándolo desde el punto de vista de su gravedad.

Lo que caracteriza a estos riesgos es la inmediatez entre la materialización y la generación del daño que suele ser una lesión de carácter traumático (corte, fractura, estrangulamiento, etc.), una quemadura (por incendio, por contacto con superficie caliente, por ataque químico, etc.), un choque eléctrico (electrocución), asfixia (ahogamiento, enterramiento, carencia de oxígeno, etc.), intoxicación aguda (por monóxido de carbono u otros tóxicos, envenenamiento, etc.), por explosión, etc. Estos riesgos son objeto de la *seguridad en el trabajo*.

- *Riesgos laborales ambientales*

Los *riesgos laborales ambientales* son riesgos de sufrir una alteración de la salud (enfermedad o patología), que pueden ser debidos a uno o varios factores de riesgo ambientales: agentes químicos, físicos o biológicos. En estos casos la probabilidad de que se produzca el daño viene representada (entre otros parámetros) por la *dosis* del agente *contaminante* recibida por el organismo. Esta *dosis* puede medirse como energía *recibida* por unidad de tiempo, si se trata de un agente físico, o como cantidad de sustancia que penetra en el organismo por unidad de tiempo, si se trata de un agente químico.

En los casos de presencia o existencia de agentes físicos, hay que considerar el área, zona u órgano del cuerpo afectado o que pueda verse afectado por la exposición a según qué tipo de agente y tener en cuenta además determinadas características propias del mismo de agente. Así por ejemplo, para una radiación ionizante es muy diferente si se expone el ojo o una parte de la piel, o todo el cuerpo, o si se trata de una sustancia emisora que ha penetrado en el interior del organismo.

En la exposición a agentes químicos hay que considerar las vías de penetración en el organismo. Con ocasión del trabajo, la vía más *común* es la respiratoria, aunque existen muchos casos en los que el agente se

absorbe además a través de la piel. Cualquier otra vía, como la oral, la parenteral (a través de pinchazos, cortes, heridas abiertas, etc.) y la genital, resulta altamente improbable en el caso del trabajo, salvo casos muy particulares. La severidad del daño que *puede* producirse por exposición a los agentes químicos ambientales se suele determinar mediante el porcentaje de casos que se presentan para una dosis determinada y se denomina *respuesta*. La relación entre ambos parámetros se denomina *relación dosis-respuesta* y es de difícil obtención. En la práctica común para evaluar un riesgo ambiental se mide el nivel promediado en el tiempo de la presencia del contaminante en el puesto de trabajo (intensidad o concentración media, según se trate de un agente físico o químico) y se compara con unos valores de referencia, entre los que se encuentran los valores límite (intensidades o concentraciones promediadas). Para ciertos agentes físicos, como el ruido o las radiaciones ionizantes es relativamente sencillo medir la dosis recibida, por lo que los valores límite se suelen dar en términos de dosis.

Con relación a los riesgos laborales *debidos* a agentes ambientales, conviene distinguir dos clases de efectos: los inmediatos y los diferidos en el tiempo. Con la denominación *efectos inmediatos*, se quiere expresar que el daño se produce *nada más* se desencadena el suceso que lo causa, pudiendo evolucionar a partir de esta *acción* de una manera continuada tanto a un agravamiento como a una mejoría. Este es el caso, por ejemplo, de un accidente de caída de altura con resultado de lesiones. Pero también la exposición a un ruido de impacto (un disparo) con resultado de perforación del tímpano, o la salpicadura de un líquido corrosivo sobre la piel con resultado de una *quemadura química* (destrucción de los tejidos). A esta *posibilidad* se refieren los *riesgos de accidente*, mencionados anteriormente, pudiendo intervenir también los agentes físicos y químicos mencionados en éste, cuando actúan produciendo efectos de carácter inmediato, como los de los ejemplos citados, efectos éstos denominados *efectos agudos*.

Sin embargo, los daños o efectos a los que se refieren los riesgos ambientales son *diferidos* en el tiempo. Es decir, que la exposición continuada o repetida a unos determinados niveles o dosis de uno o más agentes ambientales, supone la posibilidad de sufrir al cabo de un cierto tiempo una alteración de la salud. Así una pérdida de la capacidad auditiva por exposición a altos niveles de ruido durante un prolongado espacio de tiempo o un cáncer por haber estado expuesto a un agente cancerígeno años atrás (mesotelioma por exposición por vía respiratoria a fibras de amianto hasta treinta años antes incluso). Estos efectos que pueden manifestarse tiempo después, meses y hasta muchos años, se denominan

efectos crónicos y son característicos de los riesgos ambientales. Aunque no exclusivos de ellos, puesto que existen patologías debidas a otras causas como las malas posturas o los movimientos no adecuados y repetidos, (métodos y organización de la tarea inadecuados, mal diseño y adaptación defectuosa del puesto de trabajo a la persona) que pueden dar lugar con el tiempo a patologías en músculos y huesos. También suele ocurrir con los riesgos psicosociales que pueden desencadenar estrés o depresión, por ejemplo.

Un caso diferente al de la exposición a agentes físicos y químicos son los riesgos ambientales en los que están implicados agentes biológicos. En general, tanto estos últimos como los demás riesgos ambientales tienen en común la dificultad de advertir sus efectos y relacionarlos con sus causas, que incluso pueden haber desaparecido cuando se ponen de manifiesto los primeros signos que los delatan. Por la complejidad y gran diversidad de tales riesgos así como por las técnicas de identificación y evaluación, necesitan de una reglamentación técnica y metodología específica, y de profesionales especializados para su tratamiento. Los riesgos laborales ambientales son objeto de la *higiene industrial*.

- *Riesgos osteomioarticulares y por carga física*

Los riesgos relacionados con las posturas, esfuerzos y movimientos repetitivos pueden dar lugar a un conjunto numeroso de patologías que afectan a los músculos, los huesos y las articulaciones, que pueden tener un resultado inmediato (una fractura, un esguince, hernia, etc.) o diferido (lumbalgias, tendinitis, etc.). También se incluye en este grupo la fatiga física por exceso de carga de trabajo o por condiciones poco adecuadas (iluminación incorrecta, temperatura y humedad extremas, mala organización, etc.). Todos estos riesgos son el resultado de una inadecuación del trabajo con respecto a la persona al utilizar métodos inconvenientes, una organización del trabajo y un diseño defectuosos con una mala adaptación a determinadas características de la persona implicada. Estos riesgos son objeto de la ergonomía.

- *Riesgos psicosociales*

Los riesgos relacionados con la ordenación y organización del trabajo, así como las relaciones interpersonales y la comunicación, se denominan psicosociales. La dificultad de su evaluación estriba en que las posibles alteraciones de la salud suelen ser inespecíficas y además resulta también muy difícil discernir en qué medida se deben a factores de riesgo laborales y a factores extralaborales. Lo cual no quiere decir que carezcan de importancia o que no se deban tomar medidas preventivas.

Es más, estos problemas que surgen de la organización del trabajo, pueden ser determinantes en la productividad y en la calidad final del producto o servicio que se ofrece, por lo que la adopción de medidas para su detección y de las soluciones idóneas debe ser tarea prioritaria en la gestión de la empresa. Actualmente cobran cada vez más importancia, por una mayor concienciación, el estrés (en cualquiera de sus formas) y el hostigamiento o acoso moral.

En el cuadro 2.1 se facilitan algunos ejemplos de los distintos tipos.

CUADRO 2.1. Ejemplos de riesgos laborales

Riesgos de accidente:

- De caída de personas a distinto nivel.
- De caída de personas al mismo nivel.
- De caída de objetos por desprendimiento.
- De sepultamiento por desplome o derrumbamiento.
- De choque contra objetos, de cortes o contusiones por objetos o herramientas.
- De heridas por proyección de partículas o fragmentos.
- De atrapamiento por objetos o partes móviles o por vuelco de vehículos o máquinas.
- De quemaduras por contactos térmicos.
- De choque eléctrico por contactos directos o indirectos.
- De intoxicación aguda por exposición a sustancias nocivas o tóxicas.
- De heridas y quemaduras por contactos con sustancias corrosivas o cáusticas.
- De incendio o de explosión.
- De atropello o golpes por vehículo o maquinaria móvil.
- De golpes o heridas provocados por animales.

Riesgos ambientales: De alteraciones de la salud por:

- Exposición a agentes químicos.
- Exposición a agentes físicos (ruido, radiaciones...).
- Exposición a agentes biológicos (virus, bacterias...).
- Estrés térmico / frío (Condiciones climáticas extremas).
- Iluminación inadecuada.

Riesgos osteomioarticulares y por carga física: Debidos a:

- Posturas y movimientos inadecuados.
- Esfuerzos inadecuados.

Riesgos psicosociales: De insatisfacción y estrés por:

- Carga mental.
- Organización y ordenación del trabajo defectuosas.
- Acoso moral.

Cualquier riesgo anterior puede en principio resultar especialmente preocupante si llega a la calificación de *riesgo grave e inminente*, cuando sea probable, racionalmente, que se materialice en un futuro inmediato y pueda suponer un daño grave para la salud, tanto si se trata de daños inmediatos como de diferidos, lo que incluye a las situaciones en las que probablemente se produzca una exposición a un agente de la que puedan derivarse daños para la salud, aun cuando éstos no se manifiesten de forma inmediata.

Las características de estas situaciones son:

- Existe una probabilidad racional de que se materialice, es decir: es muy posible que el riesgo se desencadene (una caldera con sobrepresión, una techumbre en malas condiciones y que es muy posible que se derrumbe, un depósito con un agente tóxico sometido a una temperatura anormalmente elevada...).
- La materialización se aprecia inminente y por lo tanto difícilmente evitable en un corto espacio de tiempo (no responden los dispositivos de seguridad, por ejemplo válvulas, de una caldera donde su presión sigue elevándose más allá de la que puede soportar por lo que está a punto de estallar; aparecen indicios determinantes, por ejemplo grietas que se acrecientan, en una techumbre en mal estado, por lo que parece que se derrumbará de un momento a otro; se abre una fisura en un depósito con un agente tóxico que comienza a escaparse...).
- Se pueden derivar daños graves (en los ejemplos citados anteriormente: si se está situado en el campo de influencia de la explosión de la caldera, y cuanto más próximo a ella peor, puede originarse múltiples y graves lesiones que pueden llegar a ser irreversibles; análogas consecuencias pueden tener lugar si se está debajo de la techumbre cuando se derrumba; dependiendo del grado de toxicidad así como de la cantidad de agente tóxico incorporada al organismo, que a su vez depende de la concentración en el ambiente y del tiempo exposición, las consecuencias puedan ser muy graves al producirse una severa alteración de la salud —enfermedad— que puede manifestarse más adelante y llegar a ser incluso irreversible).

Con relación a esta situación la empresa está obligada a adoptar las medidas adecuadas y suministrar las instrucciones precisas para actuar en caso de emergencia de manera rápida y eficaz con el fin de evitar las consecuencias del peligro. Además el trabajador tiene pleno derecho a interrumpir unilateralmente su actividad y, en caso necesario, abando-

nar el puesto de trabajo. Este es el *derecho de resistencia* del trabajador que le asiste oponiéndose a lo ordenado por el empresario en situaciones como ésta, de riesgo grave e inminente, o en otras tales como aquellas en las que se pudiera ir en contra de su dignidad personal.

2.3. RIESGOS AMBIENTALES LABORALES

Como continuación a lo considerado anteriormente cuando se definió este tipo de riesgos es necesario puntualizar, además de subrayar, lo siguiente.

Los trabajadores ejecutan las funciones y tareas asignadas por la empresa en un *ambiente de trabajo* cuyas características o *condiciones ambientales* pueden influir no solo en la calidad del trabajo que realizan, sino también en la seguridad y salud, propias y de los demás. A estas *condiciones ambientales*, se refieren las técnicas preventivas, de carácter no médico, englobadas bajo la denominación de *higiene industrial*. Estas *condiciones* cuando no son adecuadas pueden suponer un riesgo para la salud, lo que conduce a la posibilidad de sufrir una enfermedad o alteración patológica a consecuencia de uno o varios peligros y factores de riesgo ambientales.

Casi siempre, salvo los casos en que aparecen efectos de carácter inmediato o agudos, se trata de alteraciones de la salud debidas a una exposición más o menos continuada a estos *riesgos ambientales laborales*, de evolución paulatina y en principio desapercibida, que va manifestando con el tiempo síntomas, específicos o no, que van delatando una enfermedad o patología de carácter *crónico*. La higiene industrial abarca fundamentalmente este tipo de riesgos cuyos efectos, en general, son *diferidos con el tiempo*, descartando en consecuencia los riesgos de accidente, por ejemplo, los de incendio o explosión, también debidos a *ambientes inadecuados*, por la presencia de determinados agentes físicos y químicos.

El *trabajo* influye sobre la salud, pero puede hacerlo tanto en sentido positivo como negativo. Lo óptimo consiste en favorecer el primer aspecto y rebajar sino anular el segundo.

La aparición de alteraciones *patológicas* de la salud viene determinada por un conjunto de factores:

- 1) La **naturaleza** y **estado físico** de los agentes químicos y el **tipo** y, en su caso, **frecuencia**, de los agentes físicos, así como la naturaleza de los agentes biológicos presentes bajo determinadas condiciones.

- 2) La **concentración** del agente químico presente en el ambiente o la **intensidad** referida al agente físico al que está expuesto el trabajador. Para evaluar el riesgo de exposición se suelen utilizar valores-límite de referencia.
- 3) El **tiempo de exposición** al agente en el medio ambiente de trabajo. Los valores-límite se suelen referir a un tiempo *normalizado*, como la jornada de trabajo de 8 horas diarias o 40 horas semanales. La consideración conjunta de la concentración o intensidad, según el caso, y el tiempo de exposición da lugar al concepto de **dosis**.
- 4) Las características individuales de cada persona y en particular, determinadas **susceptibilidades** especiales ante algún agente que pudiera existir. Los valores de referencia se establecen en relación a una población *normal* o normalizada, por lo que habrá que determinar si una persona se puede considerar incluida en ese colectivo o no para cada agente al que pudiera estar expuesta.
- 5) La existencia de otros agentes o factores que puedan potenciar o rebajar los posibles efectos de la exposición. Por ejemplo, la temperatura, la presencia de agentes cuyos efectos son aditivos, sinergias como las debidas al humo procedente de fumar tabaco, etc.

En cualquier caso, hay que tener en cuenta:

- Que los valores límites de referencia para la evaluación de los riesgos, establecidos en muchos casos legalmente, no son barreras rígidas y definidas, por lo que no pueden explicarse respuestas individuales o aisladas.
- En muchos casos no son conocidos los efectos a largo plazo de los agentes contaminantes. Además, generalmente no se puede cuantificar el resultado de sus efectos antagónicos o aditivos.
- La introducción en el mercado de nuevos productos y materiales, cuyos efectos no son aún bien conocidos.
- Las limitaciones de carácter analítico en la evaluación de las concentraciones de los contaminantes químicos, cada vez más bajas, así como por las posibles interferencias, por lo que se necesita de técnicas altamente precisas, sensibles y seguras.
- La dificultad de conseguir una buena representatividad de la medida o análisis en unas condiciones y un momento determinado con respecto a las condiciones reales a lo largo de la jornada de trabajo.

A continuación se describen los principales riesgos por la exposición a agentes ambientales laborales, clasificados por su naturaleza: física (energética), química y biológica. Fundamentalmente se tratan aquí los riesgos por exposiciones continuadas con posible daño diferido en el tiempo. Los riesgos de accidente por agentes químicos peligrosos tanto para las personas como para el medio ambiente exterior se tratan en el tema 6. La adecuación del ambiente a la persona en función de la tarea es objeto de la ergonomía, lo que excede de los objetivos de esta obra.

2.4. RIESGOS LABORALES POR EXPOSICIÓN A AGENTES FÍSICOS

Los **agentes físicos** corresponden a distintas *energías* o *manifestaciones de la energía*. Según la clase o tipo de energía o manifestación de la misma, los agentes físicos se clasifican de la siguiente manera:

- 1) **Energías mecánicas**, transmitidas a través de medios elásticos (por lo tanto nunca a través del vacío) por movimiento u ondas vibratorias. Se destaca:
 - Sonidos (*ruido* continuo o intermitente y de impulso o impacto).
 - Ultrasonidos e infrasonidos.
 - Vibraciones (*vibración mano-brazo* y *vibración del cuerpo entero*).
 - Variaciones de presión (sobrepresiones, depresiones, vacío...).
- 2) **Energías o interacciones electromagnéticas**, transmitidas por ondas electromagnéticas, en el vacío y a través de la materia *no opaca*. Se refieren al denominado espectro electromagnético de energía, que abarca radiaciones de la misma naturaleza (electromagnética) que solo se diferencian unas de otras por el valor de un único parámetro (su frecuencia o su longitud de onda, que además determina su mayor o menor *cantidad* de energía). Se incluyen aquí también las denominadas *radiaciones corpusculares*, que constituyen *haces* de partículas subatómicas. Se distinguen:
 - *Radiaciones electromagnéticas*:
 - Radiación cósmica (*)
 - Radiación γ (gamma) (*)
 - Radiación X (*)
 - Radiación ultravioleta (UV)
 - Radiación visible (luz visible para la especie humana)

Radiación infrarroja (IR)
Microondas (MW)
Radiación de Radiofrecuencias (RF)
Sub-radiofrecuencias
Láseres
Campos eléctricos estáticos
Campos magnéticos estáticos
Pulsos electromagnéticos

- *Radiaciones corpusculares*(*):

Radiación catódica (haces de electrones, radiación β beta).
Radiación anódica (haces de iones positivos, radiación α alfa).
Radiación protónica, radiación neutrónica, etc.

Desde el punto de vista de los riesgos por exposición a estos agentes, está muy extendida la clasificación entre **radiaciones ionizantes** y **radiaciones no-ionizantes**, según que produzcan efectos que conllevan la ionización de la materia o no, al interactuar con la misma, lo que supone un componente de mayor gravedad al atravesar o incorporarse a los organismos vivos. Las *radiaciones ionizantes* se han señalado con (*). Se denominan radiaciones ópticas a las UV, Visible, IR y láseres *ópticos*.

3) **Energías caloríficas** o *condiciones termohigrométricas del ambiente de trabajo*. Abarca los denominados riesgos por estrés y tensión térmica, combinados con el grado de humedad y el estado de movimiento del aire circundante, por calor o por frío.

A continuación se describen, de manera sucinta, los riesgos por exposición a los agentes físicos más importantes.

2.4.1. Riesgos laborales por exposición al ruido

El ruido es uno de los tipos de riesgo más extendido en el trabajo y, a la vez, de los que menos importancia se le da. Sin embargo, después del sentido de la vista, la audición es responsable de la recogida de información del entorno de la persona. Quizás la escasa importancia que se le da al oído, sea debida a que en la mayoría de los trabajos, la disminución de la capacidad auditiva apenas perturba la actividad laboral y, a que aparentemente no resulta un riesgo demasiado grave.

No obstante, el oído es muy valioso, ya que en numerosas ocasiones es el órgano que puede detectar situaciones anómalas o extrañas y más

fácilmente puede atraer la atención. En determinadas profesiones, y no sólo las relacionadas con la música, se necesita este sentido para llevar a cabo tareas muy precisas, como por ejemplo la detección de ciertas anomalías en los motores y ciertos mecanismos.

Otra característica verdaderamente importante es la comunicación personal mediante la palabra oral, tanto en la actividad laboral como la extra-laboral, vital tanto en las relaciones humanas como en determinadas facetas del ocio, en particular las relacionadas con la música.

Pero la respuesta humana es muy diversa, tanto a nivel fisiológico como el psicológico. Por esta razón se suele definir el **ruido** como todo *sonido* no deseado por el receptor, tanto por las propias características físicas del sonido como por las psicofisiológicas del receptor en sí.

- *Características físicas del sonido*

El *sonido* es toda sensación percibida por el órgano auditivo debido a la incidencia de determinadas *ondas de presión*, siendo consecuencia de una vibración *mecánica*, sucesión de compresiones y enrarecimientos, producida en el *medio elástico* en que se propaga. Estas vibraciones constituyen un conjunto de *ondas sonoras*, ondas de naturaleza puramente *mecánica* y de carácter *longitudinal*. Por lo tanto, cualquier sonido necesita para propagarse de un medio elástico, no propagándose, por tanto, en el vacío.

En esencia habrá:

- 1) Un *foco sonoro* origen de las ondas sonoras debido a la producción de vibraciones mecánicas.
- 2) Un conjunto de *ondas sonoras* que transportan energía mecánica a través de un *medio elástico de propagación* (aire, un sólido, un medio líquido, etc.).
- 3) Un *receptor*, el oído humano, un micrófono, etc., que recibe la energía sonora y la transforma en una *señal* que, si se trata del oído humano, mediante la *audición* produce la *sensación* del *sonido* correspondiente.

En la consideración de un *ruido* pueden tenerse en cuenta tres *parámetros físicos* y tres *cualidades subjetivas*.

Los **parámetros físicos** más interesantes son:

- 1) La *intensidad física* que representa la *energía acústica* transmitida por unidad de tiempo y por unidad de área y es función de la *amplitud* de la vibración. Se suele expresar de modo relativo con

referencia a un determinado valor absoluto adoptado por acuerdo internacional. Se utilizan tres maneras diferentes:

- El **nivel de presión acústica**: $L_p = 20 \log (p/p_0)$
siendo la presión de referencia: $p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Pa (valor eficaz)
 [La presión medida en *pascales (Pa)*]
- El **nivel de intensidad acústica**: $L_i = 10 \log (i/i_0)$
siendo la intensidad de referencia: $i_0 = 10^{-12}$ W/m²
- El **nivel de potencia acústica**: $L_w = 10 \log (w/w_0)$
siendo la potencia de referencia: $w_0 = 10^{-12}$ W

Los valores de referencia se han escogido por corresponder a mínimas variaciones que el oído humano normal puede apreciar. La unidad en los tres *niveles* es el *decibelio* (dB). Un dB es el cambio más pequeño que se puede apreciar. La escala en dB, logarítmica, se aproxima mucho a la percepción humana, ya que el oído reacciona a cambios de nivel de presión.

- 2) La *frecuencia* de un sonido puro es la *frecuencia* de la vibración. Se mide en *hertzios* (Hz).
- 3) El *tiempo de exposición*, factor a tener en cuenta en el concepto de *dosis de ruido*, en cuanto a los efectos fisiológicos que puedan producirse.

Las **cualidades subjetivas** del sonido, tradicionalmente son:

- 1) La *intensidad subjetiva o fisiológica*, que se denomina mejor *sonoridad*. Depende de las características físicas del sonido y de las psicofisiológicas del oyente y *su medición representa* la sensación sonora producida por aquél sobre éste. Su unidad es el *sonio* y según su magnitud se aprecian unos sonidos como *fuertes* y otros como *débiles*.
- 2) El *tono*, que está relacionado con la frecuencia de la vibración propia del sonido. Según su magnitud se distinguen sonidos *graves* y sonidos *agudos*.
- 3) El *timbre* es consecuencia de la complejidad que normalmente posee un sonido, con una forma muy complicada de onda, compuesta por la superposición de ondas sinusoidales puras. La principal de éstas corresponde al *tono* y las otras, las secundarias, son los *armónicos*, que corresponden al *timbre* y que permiten distinguir la fuente sonora que lo emite.

Para que un sonido pueda ser percibido por el oído humano, su frecuencia ha de estar comprendida entre 20 Hz y 20 kHz, con un nivel de presión acústica por encima del umbral de audición correspondiente: Éste es diferente según sea la frecuencia.

Los **infrasonidos** son vibraciones mecánicas de frecuencia inferior a 20 Hz y los **ultrasonidos** vibraciones mecánicas de frecuencia superior a 20 kHz. Ambos son inaudibles para los seres humanos, que solo perciben lo que denominamos simplemente **sonidos**. La denominación **sobresonidos** corresponde a *sonidos* de muy alta frecuencia, entre 10 y 20 kHz.

El oído humano es sensible a los sonidos cuyos niveles de presión acústica están comprendidos entre los valores alrededor de los 0 dB (mínimos audibles) y los valores alrededor de los 140 dB (umbrales de dolor). Ambos umbrales dependen de la frecuencia del sonido, de la edad y del estado del oyente. (Cuadro 2.2).

CUADRO 2.2. Niveles de presión acústica

Nivel (dB)	Presión acústica (μPa)	Potencia acústica (W)	Ruido
140	200.000.000	100	Umbral de dolor
130		10	Martillo neumático
120	20.000.000	1	Claxon fuerte
100	2.000.000	0,01	Tren
90		0,001	Autobús
80	200.000	0,0001	Tráfico urbano
70		0,00001	Conversación
60	20.000	0,000001	Oficina comercial
40		0,00000001	Biblioteca
30	2.000	0,000000001	Dormitorio
20	200	0,0000000001	Estudio radio
0	20	0,000000000001	Umbral de audición

Ley de atenuación respecto a la distancia a la fuente

El sonido emitido por una fuente puntual se difunde al medio por medios de ondas de presión, cuyos frentes son sucesivas esferas concéntricas (ondas esféricas, semejantes aunque diferentes a las ondas circulares sobre la superficie de un estanque tranquilo, generadas por el impacto en un punto de un objeto) cuyo centro es la propia fuente. En condiciones de *campo libre*, (en ausencia de reflexiones u otras influencias) existe una atenuación conforme se incrementa la distancia a la

fuente o foco emisor. Esta atenuación sigue una Ley de carácter general, aplicable también a las radiaciones **electromagnéticas y a las corpusculares**, que tiene su expresión en función de las intensidades, de tal modo que las intensidades a las distancias r_1 y r_2 son inversamente proporcionales a los cuadrados de éstas:

$$i_2 = i_1(r_1/r_2)^2$$

Esto es debido a que la intensidad es la energía transmitida en un cierto intervalo de tiempo por unidad de tiempo (flujo magnético) y por unidad de área, lo que implica que se mide en W/m^2 (energía por unidad de superficie). Para una fuente con una potencia acústica W constante, la superficie de la esfera (frente de onda) aumenta con el cuadrado de la distancia r ya que el área de la superficie esférica es $4\pi r^2$.

En una expresión logarítmica: $\log i_2 = \log i_1 + \log (r_1/r_2)^2$ $10 \cdot \log i_2 = 10 \cdot \log i_1 + 10 \cdot \log (r_1/r_2)^2$.

En dB: $L_2 = L_1 + 10 \cdot \log (r_1/r_2)^2$.

Si se dobla la distancia ($r_2 = 2r_1$):

$$L_2 - L_1 = 10 \cdot \log (r_1/r_2) = 20 \cdot \log (r_1/r_2) = 20 \cdot \log (1/2) = 20 \cdot (-0,30) = -6 \text{ dB}$$

Por tanto, doblar la distancia trae como consecuencia una atenuación (disminución) de 6 dB.

Es importante tener en cuenta que estas magnitudes en dB son *relativas* y como tal *adimensionales* (relaciones de unas magnitudes, intensidades, presiones o potencias cada una respecto de otra que se fija como referencia) y que la Ley de atenuación con la distancia se refiere a los valores absolutos en unidades de magnitudes con dimensiones.

También hay que recordar que la energía acústica es directamente proporcional al cuadrado de la presión acústica. Esta es la razón de la diferencia en las expresiones de la intensidad y la potencia acústicas respecto a la presión acústica (Apartado 2.4.1): $L_p = 10 \log (p/p_0)^2 = 20 \log (p_1/p_2)$.

La presión acústica y la intensidad acústica están en la siguiente relación:

$$(i_1/i_2) = (p_1/p_2)^2 \log (i_1/i_2) = \log (p_1/p_2)^2 = 2 \log (p_1/p_2)$$

Debe quedar claro que los cálculos basados en la Ley de la atenuación con el cuadrado de la distancia (*doblar* la distancia tiene como consecuencia la disminución de la intensidad a la cuarta parte de su valor anterior, por ejemplo) **NO DEBEN REALIZARSE** con los valores **LOGARÍTMICOS**.

- *Fisiología de la audición*

Las ondas sonoras procedentes del medio ambiente llegan por el conducto auditivo externo hasta la membrana del tímpano donde se inducen unas vibraciones *sólidas* que se transmiten por la cadena de huesecillos hasta la *ventana oval*, donde se producen movimientos ondulatorios en los líquidos del laberinto de la *cóclea*. Aquí la energía mecánica se transforma en químico-eléctrica, *bioeléctrica*, en la excitación del *órgano de Corti*, que *analiza y codifica* las señales recibidas para su remisión al cerebro por medio del nervio auditivo. Allí las señales *bioeléctricas* sufren un proceso de integración, con su correspondiente memorización y correlación.

El comportamiento del oído humano es muy complejo y no es objeto de este curso un estudio detenido del mismo. Tan sólo conviene resaltar aquí que los sonidos de baja frecuencia, los *tonos graves*, son amortiguados en su interior, mientras que los de alta frecuencia, los *tonos agudos*, no lo son en absoluto. En otros términos: el oído humano tiene un comportamiento «*sordo*» o amortiguado para los tonos graves mientras que los agudos «*se oyen plenamente*». En conjunto, el oído humano posee una sensibilidad diferente para cada frecuencia, siendo máxima para las de alrededor de 4096 Hz.

- *Riesgos por exposición al ruido*

En general, los riesgos por ruido se reducen a la posibilidad de sufrir un *trauma sonoro* que puede suponer varios grados hasta llegar a la *sordera*.

El **trauma sonoro** se define como el conjunto de trastornos fisiológicos y patológicos, tanto de carácter local como general, causados por la exposición a ambientes ruidosos.

La **sordera** se presenta en fases avanzadas del trauma sonoro y consiste en una pérdida subjetiva de audición tal que la vida de relación se ve dificultada. La pérdida total de la audición se denomina **cofosis**.

Los efectos del trauma sonoro en el organismo pueden ser de carácter local, *auditivo*, y de carácter general, *extra-auditivo*.

Entre los efectos auditivos se distinguen:

- El *enmascaramiento*, que tiene lugar cuando el oído está inmerso en un ambiente ruidoso, con lo que se encuentra excitado y a la vez disminuido en su capacidad para distinguir nuevos estímulos auditivos. En este caso los sonidos *graves* enmascaran más a los *agudos* que al contrario. Estos fenómenos son muy importantes cuando interfieren en el entendimiento de señales u órdenes de

determinadas acciones peligrosas o que suponen estados de atención o alarma. Fuera de este ambiente ruidoso, si las condiciones en cuanto a niveles de ruido y tiempo de exposición no sobrepasan ciertos límites, el oído se recupera rápidamente. Pero si el tiempo de exposición a un determinado nivel de ruido es suficientemente largo, puede tener lugar una *adaptación* del oído, con la consiguiente disminución de su sensibilidad, que persistirá un período de tiempo más o menos corto después de desaparecer el estímulo ruidoso.

- La *fatiga auditiva* aparece tras una larga exposición a un ruido elevado, quedando el oído disminuido en su sensibilidad más allá de lo que ocurre con la *adaptación* descrita anteriormente. No obstante, la fatiga auditiva puede ser *recuperable*, puesto que el estado de alteración de la sensibilidad auditiva desaparece un tiempo que puede oscilar entre unas horas y varias semanas después de cesar la exposición que lo produjo. Las audiometrías en estas condiciones aprecian niveles sensoriales por debajo de lo normal, por lo que no deben considerarse sus resultados como definitivos, dada la reversibilidad del proceso.
- La *hipoacusia* es una pérdida permanente de la capacidad auditiva que por ser relativamente leve o por afectar a frecuencias no utilizadas en la vida de relación, no se traduce en una sensación subjetiva de anormalidad, por lo que sólo puede ser detectada por una audiometría. Se produce cuando la persona afectada está sometida durante mucho tiempo, meses y años sucesivos, a la acción de un ambiente ruidoso de altos niveles de presión acústica, que produce diversas lesiones de carácter destructivo en el órgano de Corti. Estas pérdidas de sensibilidad auditiva comienzan por las frecuencias comprendidas entre 4000 y 6000 Hz (el *espectro* de frecuencias de la voz humana normal abarca de 100 a 8000 Hz). Pueden producirse pérdidas por otras causas, como las post-traumáticas por lesiones en accidentes, las provocadas por ciertos procesos otíticos, las *cocleosis* degenerativas por tratamiento con ciertos medicamentos, o ser debidas simplemente al envejecimiento con la *presbiacusia*.
- La *sordera* aparece en una fase avanzada del trauma sonoro. Supone la pérdida de capacidad auditiva para las frecuencias *conversacionales*. Esta evolución suele ser relativamente larga, ya que conforme se acentúan las pérdidas auditivas, éstas enlentecen el proceso debido a que la acción del ruido está en relación directa con la misma capacidad auditiva de la persona expuesta.

Los efectos *extra-auditivos* son más difíciles de determinar que los auditivos. Suele distinguirse dos grupos: inespecíficos y pasajeros y crónicos patológicos, de tipo cardiovascular y nervioso principalmente. En cualquier caso, los efectos de un determinado ruido, sean del tipo que sea, dependen en gran medida de la sensibilidad individual y de sus condiciones físicas, fisiológicas y psíquicas.

En cuanto a la *respuesta psicológica* de las personas, un ruido puede resultar molesto cuanto mayor sea su intensidad y más alta su frecuencia, o si es discontinuo o se presenta de modo inesperado, dependiendo además del estado o tendencia emocional o el tipo de actividad que se esté desarrollando.

El ruido puede incidir en la concentración, la relajación, el sueño, la emotividad, etc. También puede ser un factor en la disminución del rendimiento y de la productividad.

2.4.2. Riesgos laborales por exposición a vibraciones

Las vibraciones son manifestaciones de energía de naturaleza esencialmente mecánica y de características análogas al sonido. Su generación es semejante: un movimiento vibratorio de la fuente. Sin embargo su propagación es diferente, como también el intervalo de frecuencias. En el caso del *agente físico* que se denomina *vibraciones* el intervalo considerado de frecuencias se suele situar por debajo de los 1400 Hz.

Los principales parámetros que se utilizan son:

- 1) La *amplitud*, descrita bien como la *altura* del máximo de oscilación (pico) llamado *valor pico*, o por la *distancia* entre un máximo y un mínimo: *valor pico-pico*.
- 2) La *aceleración eficaz*, es mucho más útil para la evaluación de riesgo ya que muestra una relación directa con la energía de la vibración y por lo tanto de la capacidad de producir daño. Se refiere a la raíz cuadrada del valor cuadrático medio de las aceleraciones en cada punto del movimiento vibratorio. Su unidad de medida es la de la aceleración: m/s^2 .
- 3) La *frecuencia*, que se refiere al número de ciclos (oscilaciones) completas por unidad de tiempo. La unidad es el hercio (Hz) que equivale a un ciclo por segundo.

En general los trabajadores pueden estar expuestos de manera simultánea a vibraciones en varias *direcciones*, con distintas frecuencias y

amplitudes o aceleraciones eficaces. Sin embargo, en la gran mayoría de casos no es necesario un análisis detallado de las distintas vibraciones para conocer y evaluar el riesgo por vibraciones a la que un determinado trabajador puede estar expuesto. Se suele reducir a dos tipos de casos: sistema de vibraciones *mano-brazo* y sistema de vibraciones globales o de *cuerpo completo*. En ambos casos interesa medir la aceleración eficaz de las vibraciones en un intervalo de frecuencias. En virtud de la diferente sensibilidad de las personas según sean las frecuencias, se utiliza una ponderación de frecuencias, que los equipos actuales (más avanzados) de medida de vibraciones realizan mediante filtros electrónicos.

Existen varias categorías de vibraciones, siendo las más destacables las siguientes:

- 1) *Vibraciones periódicas*, consistentes en movimientos que se repiten aproximadamente del mismo modo en cada período determinado de tiempo (frecuencia constante, ciclos semejantes), como es el caso de un martillo neumático.
- 2) *Vibraciones aleatorias*, movimientos de frecuencia y amplitudes variables, sin ninguna ley aparente. Es el caso más frecuente. Un ejemplo típico son las vibraciones transmitidas en un vehículo que circula por un camino de pavimento o superficie muy irregular.
- 3) *Vibraciones transitorias y choques*, que son en general de escasa duración y suelen ocurrir de modo repentino o de improviso, como es el caso de un vehículo circulando sobre un bache.

La instrumentación a utilizar para la evaluación de los riesgos por exposición a vibraciones es un tanto especial. El equipo de un medidor de vibración o de dosis de vibración consiste en un transductor de vibraciones, un amplificador, redes o filtros de ponderación de frecuencia y tiempo y un registrador o un indicador. El transductor más apropiado es un acelerómetro.

- *Vibraciones mano-brazo*

Existe una gran variedad de aparatos y herramientas mecánicas que se utilizan con la mano y el brazo, cuyo movimiento rotatorio o percutor exponen al sistema mano-brazo del operador a determinadas amplitudes de vibraciones.

Entre los citados aparatos y herramientas se encuentran las de minería y construcción como martillos neumáticos, compactadores, taladra-

doras, etc., las de la industria del metal, como remachadoras, pulidoras, buriladores, amoladoras, etc., y las de los trabajos agrícolas y forestales, como segadoras, sierras de cadena, clavadoras, descortezadoras, etc.

Las vibraciones del sistema mano-brazo son originadas por el contacto de los dedos o la mano con algún instrumento o herramienta que vibre o con algún objeto que esté solidariamente unido, o sujeto, a una superficie que se mueve. La vibración transmitida a los dedos, manos y brazos puede producir el denominado *síndrome de vibración*, que está constituido por los siguientes síntomas:

- Trastornos vasculares, en particular, el denominado *dedo blanco inducido por vibraciones*, identificado por una palidez intermitente de los dedos.
- Trastornos de los huesos y articulaciones.
- Trastornos neurológicos.
- Trastornos musculares.
- Trastornos de índole general, por transmisión de la vibración a otras partes del cuerpo.

En la norma UNE-EN-ISO 5349 se considera que una exposición del sistema mano-brazo a una aceleración media ponderada en frecuencia equivalente a $2,8 \text{ ms}^{-2}$ para un período de ocho horas (4 ms^{-2} r.m.s. durante cuatro horas, por ejemplo) llega a producir una prevalencia del *dedo blanco* (Síndrome de Raynaud) del 10% por la exposición diaria durante unos ocho años.

- *Vibraciones de cuerpo entero*

La exposición a este tipo de vibraciones globales o de cuerpo entero, es decir, las vibraciones transmitidas a todo el cuerpo, suele tener lugar a bordo de los vehículos de transporte o maquinaria móvil, donde las vibraciones del vehículo se transmiten al cuerpo de los conductores a través del asiento y operadores de pie o en cualquier otra posición.

Los efectos que pueden producirse sobre el organismo humano son diversos y dependen de la postura, con una variabilidad enorme entre unas personas y otras y según qué ambientes. Son también muy variados, destacándose los traumatismos espinales con consecuencias degenerativas, trastornos musculares y de las articulaciones, dolores lumbares, dolores abdominales, trastornos visuales, trastornos vasculares, trastornos nerviosos, dolor de cabeza, etc.

La medida de las vibraciones globales o de cuerpo completo, deben realizarse tan cerca como sea posible del punto a través del que se transmite la vibración al cuerpo.

El estudio de este tipo de vibraciones resulta ser más complejo y aún no muy perfeccionado. Para todo ello se debe consultar la norma ISO 2631-1 revisada (1997).

2.4.3. Riesgos laborales por exposición a radiaciones ionizantes

Como ya se ha indicado anteriormente, la clasificación entre *radiaciones ionizantes* y *radiaciones no-ionizantes*, obedece a que en su interacción con la materia, ésta se ionice o no. Hay que recordar que la ionización, en general, supone la conversión de un átomo o molécula eléctricamente neutra en una partícula cargada: *ion*. Los *cationes* poseen carga positiva y los *aniones* carga negativa. Tales efectos representan un componente de mayor gravedad, o no, al atravesar o incorporarse a los organismos vivos.

Aunque las partículas a nivel atómico y molecular tienen comportamientos *ondulatorios* y ciertas ondas tienen comportamientos *corpúsculares* (Principio de la dualidad corpúsculo/onda de De Broglie), a efectos prácticos se distinguen las radiaciones **electromagnéticas** y las radiaciones **corpúsculares**.

Son *radiaciones ionizantes* las radiaciones *corpúsculares* y las *electromagnéticas* de alta frecuencia, y por lo tanto más energéticas: rayos X, rayos γ y rayos cósmicos. Todas ellas, a excepción de los rayos X y cierto tipo de haces electrónicos e iónicos, tienen su origen en procesos nucleares, tanto espontáneos como provocados artificialmente.

Ocurre que el organismo humano es incapaz de detectar las radiaciones ionizantes, lo que supone un factor de riesgo añadido al poder pasar desapercibida una exposición hasta que afloran los daños producidos. Además sus efectos pueden presentarse a largo plazo, incluso mucho tiempo después de cesar la exposición.

Los riesgos por exposición a radiaciones ionizantes se clasifican en:

- Riesgos por *irradiación externa*, cuando se está sometido a su acción sin entrar en contacto con la fuente que la origina. Por lo tanto, ésta no se encuentra dispersa en el ambiente y está situada en el *exterior* de la persona.

- Riesgos por *contaminación radiactiva*, cuando se está sometido a su acción estando en contacto con la fuente, bien por tratarse de una fuente dispersa en el ambiente, por lo que es incorporada al organismo por cualquier vía de entrada, ingestión, respiración, absorción por la piel, inoculación, etc. (*contaminación interna*) o porque impregna la piel o cualquier otra superficie (*contaminación externa*).

La exposición a radiaciones ionizantes provoca a nivel de las células y tejidos de los organismos vivos un conjunto de reacciones encadenadas que comienzan con la ionización de las moléculas que los constituyen y siguen con otros tipos de reacciones aun habiendo cesado la exposición, pudiendo llegar a alterar el funcionamiento normal de la parte afectada, con el consiguiente deterioro de la salud.

Así pueden tener lugar unos efectos más o menos *inmediatos*, que aparecen *siempre* tras recibir una dosis elevada, por encima de un *valor umbral* (0,25 Sv¹), de radiación en un período corto de tiempo. Estos efectos tienen una relación directa *causa-efecto* y la magnitud de los daños producidos es proporcional a la dosis recibida.

Pero además pueden producir efectos *diferidos*, que aparecen transcurrido mucho tiempo, años, después de la exposición y cuya relación es de tipo estocástico o probabilístico, no existiendo por ello una dosis umbral absoluta. Con el aumento de la dosis recibida, crece la probabilidad de que se produzcan los efectos, entre los que se encuentran diversos tipos de cáncer. Además de los efectos somáticos sufridos por el propio individuo, se pueden producir daños genéticos cuyos efectos pueden sufrir las siguientes generaciones.

2.4.4. Riesgos laborales por exposición a radiaciones no ionizantes

Aunque el conjunto de radiaciones electromagnéticas abarca todo el denominado *espectro de ondas electromagnéticas* y, por lo tanto, incluye tanto las radiaciones ionizantes como las no ionizantes, en este apartado se aborda como *contaminación electromagnética* la debida a la acción de las radiaciones no ionizantes y a la presencia de cualquier campo tanto eléctrico como magnético, con exclusión de las radiaciones ioni-

¹ El Sievert (Sv) es la unidad utilizada para el *equivalente de dosis* H, que es la *dosis absorbida* D (cociente de la energía media de energía comunicada a una parte de materia dividida por la masa de ésta) corregida mediante el producto de un *factor de calidad* Q y otros *factores modificadores* N, de tal manera que $H = DQN$. Un Sv equivale a 1 J/kg. Antiguamente la unidad utilizada era el *rem*. Su equivalencia es 1 rem = 0,01 Sv.

zantes de naturaleza electromagnética, rayos X, rayos gamma y rayos cósmicos, por incluirse éstos tradicionalmente junto con las de naturaleza corpuscular, que tienen siempre un tratamiento específico que se corresponde con la contaminación radiológica y radiactiva, abordadas anteriormente.

Los campos eléctricos y magnéticos y las radiaciones no ionizantes pueden considerarse desde tres puntos de vistas como *contaminantes*: por los efectos indeseables sobre las personas, por los efectos sobre la fauna y por los efectos sobre aparatos, dispositivos e instalaciones.

Con relación a los efectos sobre la especie humana, y en particular los trabajadores, existen todavía numerosas lagunas científicas y técnicas, que permiten todo tipo de controversias y de alarmas en numerosos ámbitos de la sociedad, que, en principio, son excesivas y carentes de fundamento.

La aparición de numerosos estudios en este campo de la influencia de la energía de naturaleza electromagnética sobre los seres vivos y la preocupación por sus efectos, ciertos y posibles, no hace sino crecer al mismo tiempo que los avances tecnológicos, especialmente en los últimos tiempos en lo que respecta a las radiocomunicaciones y a la transmisión de energía eléctrica: telefonía móvil, radar, radio, televisión, dispositivos de lectura láser, dispositivos de control, etc. Todo esto ha inducido a una opinión generalizada, no solo en los medios científicos, de la necesidad de profundizar en las investigaciones sobre los fenómenos relacionados con este tipo de manifestación energética, exigiendo una mayor celeridad en el avance de tales estudios sin merma de alcanzar la mayor rigurosidad posible.

Este tipo de radiaciones son, en principio, potencialmente menos peligrosas que las radiaciones ionizantes aunque, a diferencia de éstas, los efectos de una exposición pueden ser muy variados, siendo específicos de acuerdo con el tipo y características propias de cada radiación. Algunos de estos efectos no están suficientemente investigados, especialmente los relativos a las radiaciones de baja frecuencia (poco energéticas).

Sobre los efectos indeseables, interferencias y de otra índole, sobre aparatos, dispositivos e instalaciones existe un conocimiento bastante completo, hasta el punto de que existe toda una legislación comunitaria en la Unión Europea sobre *la compatibilidad electromagnética* que se aplica a todo producto, dispositivo, aparato o equipo que siendo alimentado por energía eléctrica se pretenda comercializar en el ámbito del *mercado único europeo*.

A continuación se describen brevemente las características y riesgos de las principales radiaciones no ionizantes:

- *Radiación ultravioleta (UV)*

Las radiaciones ultravioletas están situadas en la zona del espectro electromagnético inmediatamente inferior en energía (y frecuencia) que la radiación X y en la inmediata superior de la luz visible (limita con el *color violeta*). Esta zona corresponde a las longitudes de onda (comprendidas entre 10 nm (límite con rayos X) y 400 nm (límite con la luz visible). El ojo humano no es sensible (visualmente) a ellas y, por lo tanto, son invisibles.

La zona del *espectro electromagnético* de la radiación ultravioleta se subdivide a su vez en cuatro *subregiones*:

- Región A (UV-A) limítrofe con la luz visible (λ entre 315 y 400 nm), denominada *luz negra*.
- Región B (UV-B) ($280 < \lambda < 315$ nm), *eritémica*.
- Región C (UV-C) ($100 < \lambda < 280$ nm), *germicida y actínica* ($200 < \lambda < 315$).
- Región UV-vacío ($10 < \lambda < 190$ nm), inocua a nivel de la superficie terrestre o bajo ella, por absorberse en la atmósfera.

Las fuentes de radiación ultravioleta son el Sol como fuente natural y:

- Fuentes de baja intensidad:

Ciertos metales sólidos a temperaturas muy altas (2000 °C), tubos fluorescentes y lámparas de descarga muy variadas según el gas que alberguen, en particular las de vapor de mercurio a baja presión (uso como germicida en hospitales, laboratorios biológicos y farmacéuticos, aire acondicionado, etc.).

- Fuentes de alta intensidad:

Lámparas de descarga a alta presión, como las de vapor de mercurio (utilizadas en análisis metalográfico, ciertos diagnósticos, etc.), arcos eléctricos como los de electrodos de carbono, arcos de soldadura, etc.

Se pueden encontrar emisiones de rayos ultravioleta en la esterilización de instrumental clínico y otras, en arcos de soldadura, corte y hornos de fundición, fototerapia, lámparas de luz negra para detección de ciertos materiales o detalles o usados en espectáculos, fotocopiadoras, ciertas reacciones fotoquímicas, etc.

La acción de los rayos UV sobre el organismo humano está limitada a la piel y el ojo, en virtud de su bajo poder de penetración. Los UV-B y UV-C sólo llegan a la epidermis; en el caso del ojo, la mayor parte es absorbida por la córnea. Los rayos UV-A pueden llegar al cristalino y sólo las frecuencias muy próximas al violeta alcanzan la retina.

Los posibles riesgos están relacionados con la intensidad y la frecuencia (tipo) de la radiación así como por ciertas características personales (por ejemplo: hay una mayor penetración en pieles menos pigmentadas).

Entre los posibles efectos de índole no estocástica se encuentran:

- Pigmentación de la piel (bronceado).
- Eritemas en la piel.
- Hiperplasia epidérmica.
- Fotoqueratitis de los ojos.

Entre los posibles efectos estocásticos, por exposiciones *crónicas*, se encuentra tres tipos de cáncer de piel: carcinoma basocelular, carcinoma espinocelular y melanoma.

- *Radiación luminosa (luz visible)*

El espectro de la luz visible abarca las longitudes de onda desde 400 nm (violeta) hasta 780 nm (rojo) pasando sucesivamente por los *colores* azul, verde, amarillo y naranja. El tratamiento aquí, en la presente unidad, se refiere exclusivamente a los riesgos por radiaciones lumínicas intensas y prolongadas, dejando de lado los debidos a la iluminación propiamente dicha, objeto de la seguridad laboral y de la ergonomía.

Las fuentes son el Sol, las lámparas incandescentes (y los metales sólidos a muy alta temperatura), arcos eléctricos, tubos fluorescentes, lámparas de descarga, antorchas de plasma, llamas, etc.

Los posibles efectos son daños o lesiones térmicas a la retina y lesiones fotoquímicas por exposición crónica a la luz azul en la retina.

- *Radiación infrarroja (IR)*

Corresponde a la región de longitudes de onda comprendida entre los 780 nm (límite con el color rojo) y 1 mm (con lo que se solapa con las microondas).

La región de los rayos infrarrojos se subdivide a su vez en tres regiones: Infrarrojo próximo o IR-A (780 a 1400 nm), infrarrojo medio o IR-B (1400 a 3000 nm) e infrarrojo lejano o IR-C (3000 nm a 1 mm). Son radiaciones fundamentalmente *caloríficas* y completamente invisibles.

No se tratan aquí los efectos asociados al calor que afectan al organismo en su conjunto, en el que intervienen decisivamente otros factores como la humedad y la velocidad del aire y que afectan a la capacidad termorreguladora del organismo y corresponden al riesgo de estrés térmico o bien al grado de confortabilidad.

Las fuentes más comunes son el Sol, los cuerpos incandescentes, determinadas superficies muy calientes (metales, fabricación de vidrio, soldadura, fotograbado, secado de esmaltes, etc.) y sistemas IR activos (emisores de IR de banda estrecha e intensidad elevada, como los radares).

Los posibles efectos de la radiación infrarroja son exclusivamente de naturaleza térmica y pueden afectar a la piel y a los ojos. Para la piel el riesgo de quemaduras se debe solamente al IR-A, ya que es opaca para IR-B e IR-C que sólo llegan a producir calentamiento (estrés térmico). Por el contrario son estos dos últimos los que pueden provocar lesiones corneales, eritemas y quemaduras en los ojos, mientras que los IR-A pueden causar opacidades y cataratas en el cristalino.

- *Microondas (MW)*

Se denominan microondas las radiaciones electromagnéticas de longitudes de onda entre 1 mm y 1 m, aproximadamente (o frecuencias entre 300 GHz y 300 MHz).

Son varios los tipos de generadores de microondas (magnetrones, klystrons, tubos amplificadores TWT, antenas, etc.). Estas radiaciones se suelen utilizar como fuente de calor (hornos, secaderos, pasteurización, diatermia clínica, etc.) o como medio de transmisión de información (radares, TV, radiodifusión, telefonía, etc.).

Los posibles efectos son de tipo térmico originando en el interior del organismo humano un calentamiento de distribución irregular debido al diferente comportamiento de los distintos tejidos y órganos, con lo que se establecen diversos *gradientes térmicos*, y efectos no térmicos (trastornos del sistema nervioso?), no suficientemente dilucidados por el estado actual de la ciencia. Los efectos térmicos, perfectamente comprobados, pueden llegar a la producción de lesiones localizadas, quemaduras, hemorragias, necrosis, etc. siendo los ojos (queratitis, cataratas...) y los testículos (oligospermia, infertilidad...) los más susceptibles a este tipo de daños.

- *Campos electromagnéticos (CEM)*

Se suele englobar bajo este término los campos eléctricos y magnéticos estáticos, los campos de frecuencia extraordinariamente baja (FEB) y los campos de radiofrecuencia (RF), incluidas las microondas, todos

ellos en un intervalo de frecuencias entre 0 Hz y 300 GHz. También se suele denominar contaminación electromagnética.

Las radiofrecuencias propiamente dichas están comprendidas entre 100 kHz y 300 MHz y las sub-radiofrecuencias se refieren a valores inferiores a 30 kHz. Tanto ellas como los campos eléctricos y los campos magnéticos asociados, así como los estáticos, están siendo sometidos a multitud de estudios e investigaciones, con resultados inciertos y sin ninguna evidencia respecto a posibles efectos sobre la salud por exposición *crónica* a los mismos. No obstante, ante determinadas sospechas se han propuesto ciertos valores límite de exposición con carácter provisional.

No existen evidencias de que uno de los efectos de la exposición a largo plazo a los CEM sea el de producir alguna forma de cáncer.

En general, los riesgos conocidos se refieren a efectos producidos por calentamiento de los tejidos y corrientes eléctricas inducidas.

En campos magnéticos estáticos (0 Hz) y en campos variables de hasta 1 Hz pueden producirse efectos sobre el sistema cardiovascular y el sistema nervioso central.

Entre 1Hz y 10 Hz pueden producirse efectos sobre el sistema nervioso.

Entre 100 kHz y 10 GHz, las radiaciones son penetrantes y puede ocasionarse la fatiga calórica del cuerpo entero y el calentamiento local excesivo de los tejidos.

Entre 10 GHz y 300 GHz las radiaciones apenas penetran la superficie del cuerpo pudiéndose producir el calentamiento de los tejidos.

- *Radiaciones láser*

La denominación *láser*, como en el caso del radar, responde a un acrónimo: *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*. Los láseres se definen como dispositivos que producen o amplifican radiación electromagnética en el intervalo de longitudes de onda de 200 nm a 1 mm (de UV a IR) esencialmente por el fenómeno de emisión estimulada controlada. Este tipo de radiaciones se diferencian de las demás en que son *monocromáticas* (intervalo muy estrecho de longitudes de onda), son *coherentes* (el conjunto de radiaciones emitidas coincide en frecuencia y en fase) y direccionales (haz perfectamente definido y dirigido). Existen láseres que pueden emitir varias longitudes de onda simultáneamente. Unos emiten de forma continua (láseres continuos) y otros por impulsos (láseres pulsantes).

Sus aplicaciones se multiplican con lo que su uso se extiende cada vez más. Existen dos grandes campos: el de la información (transmisión, procesamiento, detección) [Ejemplos: comunicaciones, identificadores o *scanners*, discos compactos, impresoras, topografía, cartografía, controles, metrología...] y el de la interacción con materiales (tratamientos muy precisos, soldadura, corte, reacciones químicas inducidas, medicina, defensa, etc.).

Los riesgos de exposición son muy diversos, dependiendo de las características propias de cada sistema. En general pueden producirse efectos térmicos, por calentamiento excesivo de tejidos y órganos, efectos fotoquímicos por inducción de ciertas reacciones químicas, efectos electromagnéticos no muy bien conocidos y efectos mecánicos por láseres pulsantes a modo de microexplosiones, produciendo efectos adversos sobre todo en la piel y ojos expuestos.

2.4.5. Riesgos laborales por exposición al calor y al frío

Las personas realizan su actividad laboral inmersas en un entorno cuyas características termohigrométricas pueden influir no solo en la calidad del trabajo que realizan, sino también en su propio estado de salud.

El organismo humano vivo genera de por sí, incluso en el estado de reposo y de sueño, energía en forma de calor que liberan los diversos procesos fisiológicos del mismo. En general, esta energía liberada se distribuye en la producción metabólica de calor y en el trabajo físico desarrollado.

Con ocasión del trabajo, se puede considerar que la producción metabólica del calor es la suma del metabolismo basal y de la carga térmica del trabajo.

Conviene recordar que el *metabolismo* representa el conjunto de todos los procesos fisiológicos (reacciones químicas) que constituyen la *actividad* interna de cualquier organismo vivo, lo que supone una doble dirección en relación con su entorno: Por una parte la captación, aprovechamiento y transformación de energía y sustancias; por otra, la desasimilación de las mismas. Lo primero representa el metabolismo de síntesis o *anabolismo* y lo segundo el *catabolismo*. La cuestión no es tan simple y entre las etapas iniciales y finales del metabolismo se encuentran un conjunto más o menos complejo de transformaciones intermedias que constituyen el metabolismo *intermediario*.

En general, aunque con excepciones, los procesos *anabólicos* son consumidores de energía y los procesos *catabólicos* son suministradores

de energía, la cual puede ser almacenada mediante diversos mecanismos o desprendida y evacuada hacia el exterior.

El metabolismo *basal* corresponde a la energía que se desprende en el metabolismo compensando el gasto energético en condiciones de reposo. Este *metabolismo basal* viene determinado por la mínima cantidad de calor producida por el organismo en ayunas y en condiciones de reposos físico y mental, bajo una temperatura ambiente de unos 20 °C.

La pérdida de energía en forma de calor supone esencialmente dos fracciones importantes: una en forma de *calor sensible*, que se manifiesta sobre el *nivel de temperatura*, y otra en forma de *calor latente* (cambio de estado físico) por evaporación del agua (principalmente por medio de la sudoración).

La determinación del metabolismo basal es de interés para calcular el consumo calórico y calcular la dieta con el fin de mantener el peso corporal estable, mediante un balance equilibrado.

- *Mecanismos de intercambio calorífico entre el organismo humano y su entorno*

La acción del ambiente térmico sobre el organismo humano viene determinado por tres factores ambientales, mutuamente interrelacionados:

- Temperatura ambiental.
- Humedad ambiental.
- Velocidad del aire circundante.

Las posibles pérdidas de energía calorífica por un organismo humano vivo en la interacción con el ambiente que le rodea suelen ser la suma de tres componentes:

- Pérdidas de calor por evaporación del sudor.
- Pérdidas por el mecanismo de convección.
- Pérdidas por el mecanismo de radiación.

Pueden darse otros mecanismos, como las pérdidas por conducción a través de contacto de la piel con superficies a temperaturas más bajas (o en su caso, ganancias si tales superficies están a mayor temperatura que la propia piel).

En los otros casos mencionados, salvo el de la sudoración que exclusivamente es un mecanismo de pérdidas de calor, pueden representar ganancias si el ambiente en relación al cuerpo es propicio para ello.

El mecanismo de la sudoración representa siempre una pérdida de calor porque la evaporación de éste, lo que supone un cambio de estado físico de líquido a gaseoso que se da a cualquier temperatura (aunque es más rápida o intensa cuando mayor es la temperatura), *necesita* de la energía latente de cambio de estado. Esta energía en forma de calor la adquiere directamente de la piel, que sufre por ello la correspondiente pérdida de calor. Ésta es la sensación de refrescamiento que supone la evaporación rápida de líquidos muy volátiles sobre la piel, como es el caso del alcohol y otras sustancias de aguas de colonia y análogos.

De todos modos hay que subrayar que tal pérdida de calor, en cantidad significativa, se produce *cuando el sudor se evapora*, cosa que a veces se dificulta por el grado de humedad del ambiente que rodea a la piel. En ambientes muy húmedos se puede sudar en grandes cantidades (lo que puede suponer pérdidas en determinados componentes, principalmente ciertas sales o electrolitos, además de una pequeña cantidad de calor en forma de calor sensible de la materia que se pierde) pero en estas circunstancias el mecanismo de pérdida de calor por *evaporación del sudor* queda prácticamente anulado por ser la cantidad de sudor evaporado prácticamente despreciable o poco significativa.

La cantidad de sudor que se evapora depende esencialmente de dos factores ambientales: el grado de humedad del entorno y la velocidad del aire circundante. Ya se ha dicho que las altas humedades dificultan la evaporación (por saturación del aire del entorno a una determinada temperatura). Una mayor velocidad del aire sobre la piel favorece la evaporación (este es uno de los efectos de abanicarse) y por lo tanto aumenta la cantidad de sudor que se evapora. Por supuesto, también depende de otros factores como la superficie de piel expuesta y el tipo de ropa.

El mecanismo de pérdida o de ganancia de calor por *convección*, se produce entre la piel y el aire que la rodea, cediendo o absorbiendo calor en función de la diferencia de temperaturas existente entre ambos medios. Es decir: si la piel (cuya temperatura suele variar muy poco y que en casos de tensión o estrés térmico suele mantenerse a 35 °C) está a una temperatura mayor que la del aire, cede calor a éste y, si por el contrario, está a menor temperatura recibirá calor de él. El flujo de calor en una dirección u otra será mayor en la medida que la diferencia de temperaturas sea mayor (como la temperatura de la piel no varía mucho, cobra gran importancia la temperatura del aire circundante por sí sola). Tal flujo de calor es también mayor cuanto más alta sea la velocidad del aire.

El intercambio calorífico por *radiación* consiste en eso: en la emisión de calor en forma *radiante* o de radiación calórica. Este es un principio

físico que afecta a cualquier cuerpo, que en virtud de su temperatura, emite energía radiante. En el caso de los cuerpos humanos esa radiación se encuentra en la zona del infrarrojo, como ocurre con la mayoría de los cuerpos si están a temperaturas *corrientes*. El mayor o menor flujo energético (y la *frecuencia de la radiación emitida*) depende de la mayor o menor temperatura del cuerpo. Además, y en general, los distintos cuerpos reflejan una parte y absorben (y también transmiten) otra parte de la energía que incide sobre ellos procedente de los objetos y demás *superficies* que le rodean.

Por todo lo dicho, se puede considerar que los factores ambientales que afectan al intercambio de energía calórica entre el cuerpo humano y el ambiente que lo rodea son:

- La temperatura del aire del ambiente.
 - El grado de humedad del ambiente.
 - La velocidad del aire circundante.
 - La temperatura *media* de las superficies radiantes.
- *Riesgos por exceso de calor ambiental*

Un *balance térmico* del cuerpo humano puede estar representado de la siguiente manera:

$$\text{Calor Acumulado} = \text{Producción Metabólica} - \text{Pérdidas} \\ (\text{o} + \text{ganancias})$$

La *acumulación* de calor en el organismo debe llegar a ser nula mediante mecanismos de *adaptación* o aclimatación en un plazo más o menos largo. Si no se llega a alcanzar un equilibrio térmico, es decir a una acumulación nula, la temperatura interna del cuerpo puede aumentar progresivamente (o disminuir en el caso del *frío*). Entonces es cuando se produce el denominado estrés térmico o también tensión calórica. Esta situación también se alcanza cuando se llega a un equilibrio correspondiente a temperaturas altas.

En general, a medida que las condiciones ambientales son excesivamente calurosas, se acentúan la incomodidad y el malestar de índole psicológica, a la par que el rendimiento del trabajo disminuye.

A mayor *tensión térmica*, tienen lugar alteraciones psicofisiológicas, que se traducen en un incremento en los errores u otros fallos y, por lo tanto, en una mayor probabilidad de accidentes sujetos al factor humano, entre otros factores.

A unos niveles más altos de tensión, las alteraciones pueden llegar a ser fisiopatológicas, con sobrecarga en el aparato circulatorio y desequilibrio del balance agua/sal del organismo. Finalmente se alcanza el *golpe de calor* o estado de shock por calor y, aun más allá, incluso puede provocarse la muerte.

Una cuestión muy importante, además de los factores ambientales, es la *producción del calor metabólico*, en función de la actividad física del cuerpo humano. Éste, a imagen de cualquier máquina o proceso, solo convierte en *trabajo útil* una parte de la energía que utiliza, degradando el resto (en una gran parte) de dicha energía en forma de calor. Este *rendimiento* es muy bajo en el caso del cuerpo humano, que solo aprovecha una parte muy pequeña de la energía que consume en forma de trabajo útil, degradando casi todo el resto en forma de calor. Éste en principio se acumula en el propio cuerpo, debiendo ser eliminado en la medida de que el equilibrio térmico se mantenga durante el mayor tiempo posible. El calor se ha venido midiendo siempre en *calorías* y *kilocalorías* (1 kcal = 1.000 cal), aunque en el presente se tiende a utilizar la unidad correspondiente al Sistema Internacional: los *julios* (1cal = 4,184 J).

A medida que la actividad física de una persona es más intensa, mayor es el calor desprendido (*producción de calor metabólico*) en el interior de su organismo y, por lo tanto, será mayor la cantidad de calor a eliminar con el fin de mantener el equilibrio térmico.

La producción de calor metabólico (también llamado consumo metabólico) según la actividad desempeñada se ha tipificado por la norma UNE-EN-ISO 7730 (Ambientes Térmicos Moderados; Índices PMV y PPD). De ella se extraen los siguientes valores:

ACTIVIDAD	PRODUCCIÓN de energía metabólica
Reposo (acostado)	71,4 kcal/h
Reposo (sentado)	90
Reposo (de pie)	108,6
Actividad ligera (sentado) [oficina]	108,6
Actividad de pie (ligera) [laboratorio]	144,3
Actividad de pie (vendedor)	180
Actividad media (garage, con máquinas)	256

En general en actividades físicas moderadas se consume unas 200 kcal/h, siendo muy raro encontrar actividades laborales «corrientes» que lleguen a un consumo sostenido de 330 kcal/h *durante toda la jornada*.

- *Riesgos por exposición al frío*

Se debe proteger a los trabajadores de la exposición al frío (hipotermia) con el objeto de que su temperatura corporal interna no descienda por debajo de 36 °C, ya que a temperaturas inferiores a ésta es muy probable que se reduzca la actividad mental y se llegue a perder la consciencia, con la posibilidad de consecuencias fatales.

Uno de los primeros síntomas del estrés por frío es el dolor en las extremidades. Si se llega a una temperatura del cuerpo de 35 °C, se suele tiritar fuertemente, lo cual es una alarma evidente de peligro extremo, debiéndose poner término de inmediato a la exposición al frío.

El poder de enfriamiento del ambiente aumenta con la velocidad del aire circundante y cuanto más baja sea la temperatura del aire. No se debe exponer de modo continuo la piel a temperaturas equivalentes de enfriamiento inferiores a -32 °C. Con independencia de la velocidad del viento, a temperaturas de -1 °C, se puede producir la congelación superficial o profunda de los tejidos locales.

2.5. RIESGOS LABORALES POR EXPOSICIÓN A AGENTES QUÍMICOS

La descripción de los riesgos por **agentes químicos** y las acciones preventivas frente a ellos, es una tarea un tanto complicada por diversas razones. Los productos químicos que se comercializan son muy numerosos y de muy variadas propiedades. Según el Inventario Europeo de **Sustancias Comercializadas Existentes** (EINECS según sus siglas en inglés), éstas son más de cien mil. A ello hay que añadir las innumerables mezclas o **Preparados**, de la más diversa índole (plaguicidas/biocidas, medicamentos y productos fitosanitarios, disolventes, pinturas y análogos, cosméticos, aditivos con diversos fines, adhesivos, productos de limpieza, etc.) Además hay que considerar otras muchas sustancias no inventariadas por ser productos intermedios de reacción, residuos e impurezas, productos secundarios y resultantes de descomposición o degradación, etc.

Por otra parte, dada la generalización de la utilización de productos químicos y de procesos que generan contaminantes químicos, ocurre que prácticamente en cualquier actividad existen riesgos por agentes químicos, desde las tareas domésticas a la misma industria química, pasando por la agricultura, la sanidad, la minería, la construcción (materiales, soldaduras, tratamientos, explosivos, etc.), procesos basados en la combustión y otras reacciones químicas, limpieza, oficinas, transporte (especial-

mente de mercancías peligrosas) e industrias tales como la de la madera, calzado, mecánica, eléctrica, nuclear... En fin, prácticamente todas.

Además, los riesgos pueden ser de muchos tipos. Desde la posibilidad de generar incendios, explosiones e intoxicaciones agudas (accidentes) hasta la capacidad de causar daños irreversibles para la salud a medio o largo plazo, como la silicosis o diversos tipos de cáncer (enfermedad profesional).

Los mecanismos de desencadenamiento de los riesgos son también muy variados, según se trate de la provocación de incendios o explosiones, contactos con la piel, generación de gases y vapores, polvos en el ambiente, ingestión por vía oral, etc.

En la aparición de los riesgos y en su mayor o menor grado de gravedad, pueden influir distintos factores, como el estado de agregación (líquido, polvo, aerosol, vapor, etc.), la concentración unida a la temperatura y la presión, la dosis de incorporación al organismo, las vías de entrada a éste, etc.

En primer lugar es necesario, por razones no solo científicas y metodológicas sino también prácticas y legales o reglamentarias, realizar una primera división en el tratamiento de estos riesgos. Se trata de los conceptos que corrientemente se denominan, en el campo industrial y laboral, aunque ciertamente con diversas interpretaciones o acepciones, **seguridad química** e **higiene industrial**. Es decir, la *prevención de accidentes* relacionados con los agentes químicos (incendios, explosiones, grandes fugas, intoxicaciones agudas, por ejemplo), o lo que es lo mismo, los efectos inmediatos o a corto plazo, y la *prevención de enfermedades profesionales* o efectos a medio o largo plazo. También cabría distinguir entre efectos *no tóxicos* y *tóxicos*, y éstos a su vez, en *agudos* y *crónicos*.

En general se pueden distinguir *efectos agudos*, cuando se presentan después de muy poco tiempo de la exposición, por ejemplo, algunas horas, y de manera clara y normalmente fácilmente reconocible, como la asfixia, los vómitos y la pérdida de visión, y *efectos crónicos*, cuando se presentan después de un largo tiempo (meses y hasta muchos años) de producirse la exposición, que puede ser repetida durante un cierto tiempo, no siendo tan manifiestamente reconocibles y difíciles de relacionar con la situación que los ha causado.

También los efectos pueden ser calificados como *reversibles* e *irreversibles*, si después de un cierto tiempo, en ausencia de exposición, el organismo se recupera por completo y alcanza su estado normal o si al contrario, quedan secuelas y no se llega a volver al estado normal. Por ejemplo, una irritación pasajera y una ceguera permanente, respectivamente.

CUADRO 2.3. Clasificación de los productos químicos según los daños para la salud humana (Sistema REACH)

Toxicidad aguda: cuando los efectos adversos se manifiestan tras la administración por vía oral o cutánea de una sola dosis de una sustancia o mezcla, de dosis múltiples administradas a lo largo de 24 horas, o como consecuencia de una exposición por inhalación durante 4 horas.

Corrosión cutánea: aparición de una lesión irreversible en la piel, esto es, una necrosis visible a través de la epidermis que alcanza la dermis, como consecuencia de la aplicación de una sustancia durante un período de hasta 4 horas. Las reacciones corrosivas se caracterizan por úlceras, sangrado, escaras sangrantes y, tras un período de observación de 14 días, por decoloración debida al blanqueo de la piel, zonas completas de alopecia y cicatrices.

Irritación cutánea: aparición de una lesión reversible de la piel como consecuencia de la aplicación de una sustancia durante un período de hasta 4 horas.

Lesiones oculares graves o irritación ocular: Lesión ocular grave es un daño en los tejidos del ojo o un deterioro físico importante de la visión, como consecuencia de la aplicación de una sustancia en la superficie anterior del ojo, no completamente reversible en los 21 días siguientes a la aplicación. Si las alteraciones oculares producidas son totalmente reversibles en los 21 días siguientes a la aplicación se considera solo irritación ocular.

Sensibilizante respiratorio: sustancia cuya inhalación induce hipersensibilidad de las vías respiratorias.

Sensibilizante cutáneo: sustancia que induce una respuesta alérgica por contacto con la piel.

Mutágeno o mutagénico: aquellos agentes que aumentan la frecuencia de mutación (cambio permanente en la cantidad o en la estructura del material genético de una célula) en las poblaciones celulares, en los organismos o en ambos. Se refiere fundamentalmente a las sustancias capaces de inducir mutaciones en las células germinales humanas transmisibles a los descendientes.

Carcinógeno o cancerígeno: sustancia o mezcla de sustancias que induce cáncer o aumenta su incidencia. Las sustancias que inducen tumores benignos y malignos en animales de experimentación, se consideran también supuestamente carcinógenos o sospechosos de serlo, a menos que existan pruebas convincentes de que el mecanismo de formación de tumores no sea relevante para la especie humana.

Tóxicos para la reproducción: producen efectos adversos sobre la función sexual y la fertilidad de hombres y mujeres adultos, y los efectos adversos sobre el desarrollo de los descendientes, con exclusión de los efectos mutágenos anteriormente citados.

Toxicidad específica en determinados órganos (stot) por exposición única: toxicidad no letal que se produce en determinados órganos tras una única exposición a una sustancia o mezcla. Se incluyen todos los efectos significativos para la salud que pueden provocar alteraciones funcionales, tanto reversibles como irreversibles, inmediatas y/o retardadas que no se han considerado en las anteriores clasificaciones.

Toxicidad específica en determinados órganos (stot) por exposiciones repetidas: produce en determinados órganos tras una exposición a una sustancia o mezcla. Se incluyen los efectos significativos para la salud que pueden provocar alteraciones funcionales, tanto reversibles como irreversibles, inmediatas y/o retardadas, con excepción de los ya clasificados en los anteriores apartados.

Peligro por aspiración: Por *aspiración* se entiende la entrada de una sustancia o de una mezcla, líquida o sólida, directamente por la boca o la nariz, o indirectamente por regurgitación, en la tráquea o en las vías respiratorias inferiores. La toxicidad por aspiración puede entrañar graves efectos agudos tales como neumonía química, lesiones pulmonares más o menos importantes, e incluso la muerte por aspiración. La aspiración comienza con, y dura todo el tiempo de, una inspiración durante la cual el material de que se trata se deposita en el lugar donde confluyen las vías respiratorias superiores y el tracto gastrointestinal superior, en la región laringofaríngea.

Dos son las principales vías de entrada al organismo de agentes químicos con ocasión del trabajo: por vía respiratoria o inhalatoria y por vía dérmica o a través de la piel. En el tema 3 siguiente se trata más extensamente estos agentes químicos.

2.6. RIESGOS LABORALES POR EXPOSICIÓN A AGENTES BIOLÓGICOS

En el ámbito laboral se consideran como agentes biológicos los microorganismos, con inclusión de los genéticamente modificados, cultivos celulares y endoparásitos humanos, susceptibles de originar cualquier tipo de infección, e infestación, *alergia o toxicidad*.

Se define como **microorganismo** *toda entidad microbiana, celular o no, capaz de reproducirse o de transferir material genético*, y **cultivo celular** como *el resultado del crecimiento in vitro de células derivadas de organismos multicelulares*.

En consecuencia, se consideran aquí como agentes biológicos *peligrosos* a aquellos que pueden alterar la salud de la *especie humana*, más concretamente, a los *trabajadores sanos* y en relación con *su trabajo*. Los agentes que considera pertenecen a:

- Bacterias y afines, como las rickettsias.
- Virus y otros agentes no clasificados asociados.
- Endoparásitos.
- Hongos.

Estos agentes se clasifican en cuatro **grupos de riesgos**, atendiendo exclusivamente a su potencial peligrosidad *en el trabajo*, con lo que esta clasificación diferirá de otras en el ámbito de la población humana en general, o a nivel de la sanidad animal o vegetal. Así, por ejemplo, al excluirse aquí la vía *sexual* de transmisión, ciertos agentes se clasifican en grupos de menor riesgo por presentarlo así por las vías de transmisión posibles en el trabajo o por su *atenuación* en los ambientes laborales.

Los cuatro grupos de *riesgo laboral* son:

- **Grupo 1**, cuando es poco probable que altere la salud de los humanos.
- **Grupo 2**, cuando puede afectar a los humanos y suponer *un peligro* para los trabajadores, siendo *poco probable* que se propague a la colectividad y existen generalmente *profilaxis o tratamiento eficaces*.
- **Grupo 3**, cuando puede causar una enfermedad *grave* a los humanos y presenta *serio peligro* para los trabajadores, con *riesgo de propagación* a la colectividad, y existen generalmente *profilaxis o tratamiento eficaces*.
- **Grupo 4**, cuando puede causar una enfermedad *grave* a los humanos y suponga un *serio peligro* para los trabajadores, con *muchas probabilidades* de que se propague a la colectividad, y *no existen generalmente* profilaxis o tratamiento eficaces.

Estos riesgos no solo existen en aquellos *centros o actividades* en que se manipulen *intencionadamente* estos agentes, como los laboratorios de diagnóstico microbiológico, los locales con animales *de laboratorio* contaminados deliberadamente y los procesos industriales que *utilicen* agentes biológicos (biotecnología), sino también, por ejemplo, en:

- Industria alimentaria.
- Agricultura.
- Trabajos con contacto con animales o productos de origen animal.
- Trabajos de asistencia sanitaria y conexos (p. e. anatomía patológica).
- Laboratorios clínicos, veterinarios y de diagnóstico.
- Tratamiento y eliminación de residuos.
- Depuración de aguas residuales.

Las posibles vías de penetración con ocasión del trabajo son:

- Por inhalación, a través de nariz y boca, por vía respiratoria.
- Por ingestión, a través de la boca y vía digestiva.
- A través de la piel (absorción dérmica) o en ella.
- Por vía parenteral, a través de heridas, cortes, pinchazos, etc.

EJERCICIOS DE AUTOCOMPROBACIÓN

1. Explicar brevemente qué se entiende por salud referida al ser humano.
2. Definir qué se entiende por riesgo laboral y cómo se califica según su gravedad.
3. ¿Cómo puede influir el trabajo sobre la salud?
4. Definir qué es peligro y daño derivado del trabajo.
5. Indicar cuáles son los agentes físicos cuya exposición está demostrado que puede causar algún tipo de cáncer en los seres humanos.
6. Señalar cuáles son las dos vías de entrada de agentes químicos al organismo humano que son más frecuentes en el ámbito laboral.
7. En el espacio exterior interplanetario, ¿por qué no puede oírse el ruido de una explosión ocurrida en él?
8. Determinar el nivel de presión acústica, en condiciones de campo sonoro libre, a cien metros de un foco sonoro si a 25 m se ha medido un valor de 96 dB.
9. ¿Qué es el metabolismo basal?
10. Indicar los principales riesgos que entraña una exposición a microondas.

Tema 3

**SEGURIDAD DE LOS PRODUCTOS.
CLASIFICACIÓN, ENVASADO
Y ETIQUETADO DE LAS SUSTANCIAS
Y PREPARADOS PELIGROSOS**

CONTENIDO

- 3.1. La seguridad del producto en el mercado interior único europeo
 - 3.2. La seguridad del producto y la calidad.
 - 3.3. Política comunitaria de calidad y seguridad de productos.
 - 3.4. Política española de calidad y seguridad del producto.
 - 3.5. Seguridad de los productos químicos.
 - 3.6. Clasificación, envasado y etiquetado de sustancias y preparados peligrosos.
 - 3.7. Limitación de la comercialización y uso de productos químicos.
- Ejercicios de autocomprobación.

3.1. LA SEGURIDAD DEL PRODUCTO EN EL MERCADO INTERIOR ÚNICO EUROPEO

El funcionamiento del Mercado Interior Único Europeo, que está constituido por los Estados de la Unión Europea más los Estados que pertenecen a la EFTA: Noruega, Islandia y Liechtenstein [Espacio Económico Europeo] requiere, entre otras cosas, la aplicación de las directivas que se refieren a la Aproximación de las Legislaciones de los Estados Miembros sobre los distintos productos que se pueden poner en circulación. Estos textos legales contienen un casi exclusivo conjunto de disposiciones que se refieren a los **requisitos básicos de seguridad y de salud** que deben cumplir como condición necesaria para que tales productos se puedan comercializar. En otras palabras, en el Mercado Único solo pueden circular productos «*sanos y seguros*», entendiendo por ello que utilizados correctamente por el usuario, según las instrucciones facilitadas por el fabricante, distribuidor o importador, no supondrán ningún peligro para él, para otras personas y para el medio ambiente.

Esta característica de tales directivas del Mercado Interior Único resulta de muy especial relevancia desde la perspectiva de unas políticas medio ambiental y de seguridad y salud en el trabajo a desarrollar en cualquier empresa. Como se sabe, estas políticas deben ser esencialmente **preventivas**, y como tal, las acciones encaminadas a este objetivo para tener una mayor garantía de máxima eficacia deben dirigirse al origen de los posibles riesgos.

En este sentido, la aplicación de estas directivas de Mercado Interior constituye un instrumento muy valioso para la defensa del medio ambiente y la seguridad y salud en el trabajo. Al impedir la circulación de productos que no sean «*sanos y seguros*», el empresario tendrá mucho «avanzado» en su deber de proteger la seguridad y salud de sus trabajadores, al mismo tiempo que proteger el medio ambiente, al adquirir los equipos y productos necesarios garantizados como «seguros». Solo le

queda utilizarlos y mantenerlos de acuerdo con las instrucciones que les acompañan y aplicar correctamente lo dispuesto en las directivas de seguridad y salud en el trabajo y de medio ambiente.

Visto desde la perspectiva de estas obligaciones del empresario para con la seguridad y salud de sus trabajadores, las directivas del Mercado Único son una referencia indispensable, y casi siempre necesaria, constituyendo ambos conjuntos de directivas, las de *seguridad del producto* y las de *seguridad y salud en el trabajo*, un cuerpo o sistema de disposiciones que confluyen en esos objetivos, complementándose en favor de una mayor garantía en la prevención de accidentes y enfermedades profesionales con ocasión del trabajo.

3.2. LA SEGURIDAD DEL PRODUCTO Y LA CALIDAD

Actualmente, en los países desarrollados, se dispone de normativa propia para proteger la seguridad y salud de los consumidores y usuarios, así como de sus legítimos intereses económicos. El usuario que adquiere un producto no solo tiene derecho a que, utilizado correctamente, siguiendo las normas del fabricante no suponga un peligro para su seguridad y salud, sino también, a que vaya acompañado de una información veraz y suficiente, sobre las características del producto, las especificaciones, para «saber lo que realmente compra» o la «calidad de lo que compra».

El término genérico «*producto*» se refiere al producto final comercial acabado o a la materia prima necesaria para la fabricación de otros productos: productos químicos, aparatos a presión, juguetes, productos de la construcción, maquinaria, productos sanitarios, aparatos electrodomésticos, pilas, equipos de protección individual, etc.

Por «*especificaciones*», se comprende las características técnicas del producto, su uso y utilización, con inclusión de las medidas de seguridad para el manejo del mismo.

La American Society for Quality Control, define la «*calidad*» como la totalidad de funciones y características de un producto o servicio dirigidas a su capacidad para satisfacer las necesidades de un usuario. Estas funciones o características se conocen con el nombre de características de calidad.

Según otras opiniones se considera la calidad de un producto como inversamente proporcional al coste monetario, inconvenientes y efectos secundarios que dicho producto provoca a la sociedad una vez en servicio. De esta definición de calidad se deduce que todo proyecto de mejora

de calidad debe de ser considerado por su impacto y no por los beneficios que produce a corto plazo.

En este concepto de calidad obviamente esta englobado el concepto de ausencia de peligrosidad. La seguridad, la salud y la protección del medio ambiente, se integran dentro de este concepto de calidad.

En la seguridad y calidad de los productos intervienen tres partes: el *fabricante* (o importador o distribuidor), el *usuario* y la *Administración*, cada una con sus intereses y objetivos específicos.

La consideración de estos intereses resulta de especial complejidad si se considera a nivel europeo (Unión Europea y su Espacio Económico Europeo) y a nivel global internacional (Organización Mundial del Comercio).

En general, los fabricantes desean ser protegidos frente a la competencia extranjera y la Administración accede a ello, para proteger a su industria nacional, recurriendo a los aranceles, es decir, incrementando artificialmente los precios de los productos, limitando el número de productos de importación e incluso levantando barreras técnicas que obstaculizan la libre circulación, mediante legislaciones exigentes que exigen procedimientos de «homologación» más o menos complicados. Esto llevó en su día (1957-1986) a que no llegara a ser una realidad el Mercado Común que preconizaba el Tratado inicial de la Comunidad Económica Europea (Roma, 1957), que pretendía que cada Estado «tratara por igual» a los productos de los demás Estados miembros como si fueran suyos propios (mutuo reconocimiento de normas nacionales y procedimientos de homologación). Como ya se ha dicho, con el Acta Única Europea se sustituyó este Mercado Común por un Mercado Único, con normas únicas y un único procedimiento: la Certificación CE.

Por otro lado los fabricantes, desean crear sistemas de normas de calidad de los productos y normas para certificar que los productos que llevan una determinada marca cumplen tales normas, para que sus productos puedan distinguirse de otros competidores

El usuario que compra un producto (o accede a un servicio) tiene derecho no solo a que éste no ponga en peligro su seguridad y salud sino a conocer perfectamente las características del mismo y a tener una garantía de la veracidad de esas características mediante una declaración expresa, una marca o un medio identificativo.

La Administración debe proteger al usuario y al medio ambiente y, para ello, promueve la organización de sistemas de normalización y certificación, que mejoran la seguridad y calidad de los productos.

La coincidencia de intereses, de estos tres protagonistas, explica el interés por las organizaciones de normalización y certificación.

En un contexto mundial de Mercado Libre ideal, para su funcionamiento, hay que llegar a la supresión de tres tipos de barreras o impedimentos:

- *Barreras físicas*, mediante la supresión de fronteras y la promoción de la libre circulación de mercancías, personas, capitales y medios de pago.
- *Barreras fiscales*, mediante la supresión de aranceles y cualquier otra tasa que discrimine a los productos por su origen.
- *Barreras técnicas*, mediante la supresión de reglamentos y normas técnicas restrictivas, así como de procedimientos discriminatorios.

El que un mismo producto, por motivos (¿aparentes?) de seguridad deba ser sometido a distintas reglamentaciones, según el país de que se trata, le obliga además a homologarse en cada uno de ellos según diferentes procedimientos, representa una seria dificultad para su libre circulación y comercialización (por tanto una barrera técnica). Esta dificultad puede representar una barrera insalvable cuando se utiliza como practica proteccionista. Piénsese en que en este momento, en la Unión Europea de 27 Estados más Noruega, Islandia y Liechtenstein en el Espacio Económico Europeo, si no se existiera el actual Mercado Único, un fabricante que pretendiera comercializar un producto en todos estos países podría llegar a tener que fabricar unos treinta tipos o modelos distintos y comercializar de manera diferente en cada uno de tales Estados para poder adaptarse a sus normas y procedimientos particulares, gozando de un mutuo reconocimiento («mismo trato» que los productos nacionales). Como fácilmente se comprende, esta situación se habría hecho insostenible tarde o temprano, produciendo una mala competitividad y un encarecimiento de los productos tanto en su propio territorio de origen como en el resto.

Cuando los fabricantes, con ayuda de la Administración, recurren a los aranceles, se crea una barrera fiscal. Esta barrera fiscal es cada vez más difícil de realizar, en el ámbito internacional en los países desarrollados debido a los acuerdos del GATT, hoy Organización Mundial del Comercio, OMC.

3.3. POLÍTICA COMUNITARIA DE CALIDAD Y SEGURIDAD DE PRODUCTOS

En los años ochenta, los Estados de la UE ya comprendían que la proliferación de normas nacionales y complejidad de los procedimientos de homologación en cada país suponían barreras cada vez mayores para la libre circulación de mercancías. Para luchar contra estos inconvenientes, se comenzó a intentar frenar la generación de tantos reglamentos y normas, que en materia de seguridad se aplicaban en los distintos países comunitarios, mediante la aplicación de la Directiva del Consejo 83/189/CEE (modificada posteriormente) por la que se establece un procedimiento de información mutua en materia de normas y reglamentaciones técnicas. Esta Directiva obliga a cada Estado miembro y a su organismo de normalización a comunicar previamente a la Comisión y los otros Estados los proyectos de normas o reglamentos que pretende adoptar.

Así, la Comisión o el país que vea una amenaza a la libre circulación y a la libre competencia puede actuar en consecuencia. Además la Directiva establece que la Comisión, previa consulta al Comité constituido por la misma, o por sugerencia de éste, podrá proponer al CEN (Comité Europeo de Normalización) la elaboración de una o varias norma europeas (EN) con objeto de armonizar un determinado sector o grupo de productos.

Este fue el inicio de la política europea denominada *Nuevo Enfoque* y, más adelante, *Enfoque Global*. Con su desarrollo se pretendía, además de eliminar las barreras técnicas al comercio comunitario, crear un mercado europeo, ágil, flexible y des-regulado, basado en la calidad y seguridad y respeto al medio ambiente de las empresas, productos y servicios, promoviendo que sean las propias empresas las que ejerzan mediante su autocontrol, bajo una reglamentación de mínimos necesarios, la generación de esta calidad y seguridad, que les permita competir con sus grandes competidores, principalmente Estados Unidos y Japón.

El *Nuevo Enfoque* se encuentra recogido en la «Resolución del Consejo relativa a un nuevo enfoque en materia de *armonización técnica y normalización*» de 1985. En esta Resolución se incluye los principios por los cuales se rigen las Directivas del Mercado Interior Único:

- La legislación sobre armonización (Directivas), se limita a unas exigencias básicas sobre seguridad que deberán cumplir los productos para poder circular libremente, sin entrar en el detalle de definir los aspectos constructivos de cada producto, que serán fijados por las normas europeas armonizadas.

- Los organismos de normalización competentes (CEN, CENELEC y ETSI), son los encargados de hacer las normas (especificaciones técnicas), que los agentes económicos necesitan para producir y comercializar sus productos.
- Las normas elaboradas por los citados organismos de normalización que sean aceptadas por la Comisión Europea pasan a ser normas comunitarias armonizadas.
- Estas normas no serán de obligado cumplimiento.
- Pero las administraciones nacionales deberán presumir la conformidad con las exigencias básicas de seguridad de aquellos productos fabricados conforme a normas armonizadas.

A diferencia de lo que se establecía en las Directivas anteriores al *Nuevo Enfoque* (*Antiguo Enfoque*), ahora se responsabiliza fundamentalmente a los fabricantes de la seguridad de sus productos, seguridad que han de estar en condiciones de poder demostrar, una vez que el producto se pretenda comercializar en el Mercado Comunitario.

A partir de ese momento (hacia el año 1993) el fabricante no necesita aportar a priori certificaciones expedidas por las Administraciones («*homologaciones*») de la seguridad de sus productos, sino que, por el contrario son las Administraciones, las que han de demostrar la inseguridad de un producto, antes de poder tomar medidas restrictivas para su libre circulación. No obstante:

- Los Organismos de Control notificados a nivel europeo (acreditados por la Comisión Europea) podrán certificar la conformidad de los productos a las Directivas que le son aplicables.
- La responsabilidad del control del funcionamiento de los organismos de certificación corresponde a la Administración de los Estados Miembros.

El *Enfoque Global* se encuentra recogido en la «Resolución del Consejo relativa a un planteamiento global en materia de evaluación de conformidad» de 1989.

En esta Resolución se adopta una serie de directrices que configuran la política europea de evaluación de la conformidad a los requisitos esenciales. Las principales directrices son las siguientes:

- La legislación comunitaria deberá ser coherente entre sí en cuanto a los procedimientos de evaluación de la conformidad.

- Se fomenta en todos los Estados de la Unión la aplicación de las normas europeas EN 29000 y EN 45000 relativas a las *Técnicas de aseguramiento de la calidad en el ámbito de la Empresa y Requerimientos de los organismos de ensayo y certificación y acreditación*.
- Se fomentan los acuerdos de reconocimiento recíproco entre los organismos que actúan en materia de ensayos y certificaciones.
- Se estudian y analizan las diferencias de desarrollo en materia de calidad y seguridad en los distintos países de la Unión Europea, con el fin de igualarlos en los mayores niveles.
- La Unión Europea en sus intercambios con terceros países, intentará unos reconocimientos recíprocos, en los controles de conformidad de los productos importados.

En materia de calidad y seguridad industrial, el marco comunitario creado, se concreta en una serie de *Reglamentos y Directivas*, que configuran el esquema general de funcionamiento y responsabilidad de cada una de las partes implicadas, en cada una de las fases desde el diseño y la fabricación a la puesta en el mercado de los productos.

Cabe destacar todo un conjunto de directivas de grupos de productos u objetivos: Máquinas, Compatibilidad Electromagnética, Seguridad de los Productos de Construcción, Aparatos a Presión, Clasificación, Envasado y Etiquetado de Sustancias y de Preparados Peligrosos, Productos Fitosanitarios, Equipos de Protección Individual, etc., además de la prohibición o limitación de la comercialización y uso de determinados productos peligrosos.

Existe una Directiva 2001/95/CE relativa a la *Seguridad general de los productos* que no es una directiva marco, sino que se aplica a todos los productos no cubiertos por una directiva específica de mercado interior o que tan solo son cubiertos parcialmente por alguna directiva de comercialización. No obstante, conviene resaltar algunos aspectos como la prohibición a los fabricantes de comercializar productos no seguros y la responsabilización de los Estados miembros para que implanten controles que garanticen la comercialización únicamente de productos seguros, con un sistema de imposición de sanciones, en el caso que se detecten incumplimiento de la misma.

Por otra parte, la Directiva 85/374/CEE, modificada por la Directiva 1999/34/CE, sobre la *Responsabilidad derivada de los productos defectuosos*, establece la responsabilidad de los fabricantes, suministradores y personas que importen un producto en la Comunidad con vistas a su

venta, alquiler o distribución con carácter comercial, por los daños causados por productos defectuosos.

Como garantía de este sistema, se ha fijado un procedimiento que permita intervenir a los Estados Miembros que detecten un producto (ya comercializado, pues no es posible el examen previo), que implique un grave riesgo para la salud o seguridad del usuario. Las Directivas de seguridad del producto incluyen una *cláusula de salvaguardia* por la que, si se detecta un producto inseguro, el Estado Miembro deberá retirarlo del mercado e informar a la Comisión, que previa consulta con el Comité permanente y una vez comprobado que la acción ha sido justificada, lo comunicará a los restantes Estados Miembros para que actúen de la misma manera.

Si a pesar de todos los controles, un producto defectuoso causa un daño al usuario (lesión o muerte) el fabricante, importador o suministrador puede incurrir en las responsabilidades, penales, civiles o administrativas, según las circunstancias del caso. A este respecto, la Directiva antes mencionada presenta los siguientes puntos principales:

- El productor será el responsable de los daños causados por los defectos de sus productos.
- El perjudicado deberá probar el daño, el defecto y la relación causal entre ambos.

El Reglamento 339/93/CEE, sobre *Controles de conformidad de los productos importados de países terceros respecto a las normas aplicables en materia de seguridad de productos*, ante la desaparición de fronteras interiores, determina la necesidad de intensificar los controles internos que las diferentes Administraciones deben seguir ejerciendo en el ámbito de sus territorios, con el fin de garantizar que los productos comercializados, procedentes de terceros países, reúnan las necesarias medidas de seguridad. Este reglamento, que es obligatorio y directamente aplicable en todo los Estados Miembros, establece que cuando las autoridades aduaneras constaten que para un cierto producto se tengan serias sospechas del mismo, sobre el cumplimiento de las condiciones de seguridad, o la ausencia de la documentación debida o en su caso de la marca que debe acompañar al mismo, suspendan su importación e informen a la autoridad nacional competente en materia de vigilancia de mercado, para que tome en el plazo de tres días, las medidas que estime oportunas. Estas medidas pueden llegar hasta retirar el producto del mercado y comunicar a las autoridades aduaneras, para que coloquen en la documentación del producto la indicación de producto peligroso o producto no conforme.

3.4. POLÍTICA ESPAÑOLA DE CALIDAD Y SEGURIDAD DEL PRODUCTO

La creación de un Mercado Interior Único a partir de 1993, obligó a España, como a los demás Estados, a modificar un gran número de actuaciones del entonces Ministerio de Industria en materia de reglamentación, homologación y certificación. Estas acciones responden, en general, a estos cuatro objetivos:

- Armonización de los reglamentos nacionales con la legislación Comunitaria.
- Potenciación de la normalización (AENOR y normas UNE) y certificación nacional.
- Reconocimiento mutuo de Organismos de Control, esto es, organismos de normalización y certificación, laboratorios y entidades de control reglamentario.
- Control del cumplimiento legislativo.

La ley 21/1992 del 16 de julio, de Industria obedece al doble objetivo de adaptación de la política industrial al marco comunitario y el establecimiento de las normas básicas de ordenación y control de las actividades industriales por parte de las Administraciones Públicas, dentro del marco Constitucional español.

Los objetivos básicos de la Ley de Industria son:

- Garantía y protección del ejercicio de la libertad de empresa industrial.
- Modernización, promoción industrial y tecnológica, innovación y mejora de la competitividad.
- Seguridad y calidad industrial.
- Responsabilidad industrial.
- Compatibilización de la actividad industrial con el medio ambiente.

Se reconoce la libertad de establecimiento para la instalación, ampliación y traslado de actividades industriales y se señala en los casos que se requiere actuaciones administrativas previas.

Los Reglamentos de seguridad industrial deben tener un contenido y unas limitaciones que son:

- Ámbito de aplicación del reglamento.
- Condiciones técnicas que deben cumplir las instalaciones, equipos y productos.
- Procedimientos de evaluación de la conformidad.
- Obligaciones de los titulares de las industrias
- Condiciones y mecanismos de autorización de los organismos que intervienen en el control.

Los agentes que intervienen en la seguridad industrial son los siguientes:

- Administración General del Estado (Industria).
- Comunidades autónomas.
- Ayuntamientos.
- Fabricantes.
- Instaladores.
- Mantenedores.
- Organismos de control, que incluyen:
 - Laboratorios de ensayos y calibración.
 - Entidades de inspección y control
 - Entidades de certificación.
- Consejo de seguridad industrial.
- Entidad acreditadora.

Los Organismos de Control son entidades que realizan en el ámbito reglamentario, en materia de seguridad industrial, actividades de certificación, ensayo, inspección o auditoría. Su función es velar por el cumplimiento legislativo. Dada la creciente complejidad técnica de las instalaciones, equipos y productos, así como los correspondientes reglamentos y la rápida evolución de las técnicas de inspección y control, se considera conveniente que esta actividad sea realizada por organizaciones privadas, que pueden adaptarse a los cambios tecnológicos con mayor rapidez.

Las Entidades de Acreditación son entidades capaces de reconocimiento formal de la competencia técnica de una entidad, para certificar, inspeccionar o auditar la calidad, de un laboratorio de ensayo o de calibración industrial. La función de las entidades de Acreditación es pro-

porcionar a las Administraciones una evaluación profesional de la organización y funcionamiento de los Organismos de Control. Estas Entidades de Acreditación son entes privados. En la actualidad el organismo de acreditación es la Entidad Nacional de Acreditación (ENAC).

Las Administraciones Públicas competentes podrán comprobar en cualquier momento por si mismas o a través de Organismos de Control el cumplimiento de las disposiciones y requisitos de seguridad, de oficio o a instancia de parte interesada en casos de riesgo significativo para las personas, animales, bienes o medio ambiente. Independientemente de las actuaciones de inspección y control que las Comunidades Autónomas competentes en la materia desarrollen en su ámbito territorial, la Administración Central, en colaboración con las Comunidades Autónomas podrá realizar campañas de carácter nacional de control e inspección.

3.5. SEGURIDAD DE LOS PRODUCTOS QUÍMICOS

Ya se ha comentado que los denominados riesgos químicos se refieren tanto a la seguridad como a la salud de las personas, y a la integridad de los bienes y del medio ambiente. Es necesario tener en cuenta estos riesgos tanto en la extracción de minerales de la Naturaleza como en la fabricación de todo tipo de productos químicos, su transformación, utilización, manipulación, almacenamiento, transporte, y desecho, y la misma presencia de agentes químicos en los distintos medios y materiales.

Los problemas relacionados con estos riesgos tiene un primer gran plano de acción no solo técnica y preventiva sino también jurídica: la *comercialización de sustancias y preparados químicos*. Su especial importancia estriba principalmente de que tanto jurídica como preventivamente los requisitos exigibles son la primera obligada referencia. Además, se añade, desde el punto de vista preventivo, el importantísimo factor de eficacia, al exigir unas garantías previas a la puesta en el mercado de cualquier producto de esta índole. Esto supone una información completa sobre sus riesgos, las condiciones de su utilización, las prohibiciones de uso y las medidas de prevención y protección que deben acompañarlos, después de someterse a los ensayos necesarios y, si es el caso, a una notificación y posible autorización administrativa.

Estas exigencias, se trasladan o sirven de base o referencia para otros ámbitos, como el medio ambiente, la seguridad y salud en el trabajo, la prevención de accidentes mayores y la gestión de residuos.

En el ámbito del Mercado Único Europeo, con el objetivo de una armonización de las exigencias para la libre circulación de sustancias y

preparados químicos, existen dos grandes conjuntos de directivas: las relativas a la *clasificación, envasado y etiquetado de sustancias y preparados peligrosos* y las que corresponden a la *limitación de la puesta en el mercado y utilización de sustancias y preparados peligrosos*.

3.6. CLASIFICACIÓN, ENVASADO Y ETIQUETADO DE LAS SUSTANCIAS Y PREPARADOS PELIGROSOS

La legislación de la Unión Europea sobre *clasificación, envasado y etiquetado*, marca la pauta para el resto de ámbitos, incluido medio ambiente y seguridad y salud en el trabajo. Según ésta, sólo se pueden comercializar las sustancias o los preparados que sean *notificados por el fabricante o importador* a la Autoridad competente en el Estado en el que se fabrique el producto, o esté establecido el importador, si se fabrica fuera del Espacio Económico Europeo. Esta notificación se lleva a efecto con el aporte de un conjunto de datos sobre identificación, aplicación, producción o importación, propiedades, estudios fisicoquímicos, toxicológicos y ecotoxicológicos más una información sobre efectos desfavorables y una propuesta de clasificación, etiquetado y precauciones a tomar para una utilización en condiciones seguras.

La notificación exige previamente los ensayos y evaluaciones de las propiedades y riesgos de las sustancias y preparados y las investigaciones necesarias para aportar los datos exigidos, que deben incluir:

- Un informe técnico que reúna todos los datos exigidos.
- Una declaración sobre los efectos desfavorables.
- Una propuesta de clasificación y etiquetado.
- Una propuesta de *ficha de datos de seguridad* (sólo para los peligrosos).
- En los casos de importador o distribuidor, una declaración del fabricante externo designándolo como único representante en el Espacio Económico Europeo.

Otro requisito indispensable para la comercialización de sustancias y preparados químicos, es su correcto *envasado y etiquetado*, de acuerdo con los criterios establecidos en esta legislación. Si se clasifican como peligrosos, el etiquetado deberá incluir junto a los datos identificativos de la sustancia o mezcla y del fabricante, distribuidor o importador, con inclusión de su dirección y teléfono, los correspondientes pictogramas y

palabra de advertencia: «peligro» para la mayor gravedad y «atención» para la menor (véanse cuadros 3.1 a y b), la naturaleza de los riesgos específicos más significativos que se les atribuyen (*indicaciones de peligro H* de las que se relacionan algunos ejemplos en el cuadro 3.2) y los consejos de prudencia más importantes (*consejos de prudencia P* que se describen en el cuadro 3.3), todo ello de conformidad con lo establecido en esta legislación.

Con la etiqueta se ofrece una primera información a cualquier usuario sobre un producto peligroso, que además sirve de recuerdo y advertencia sobre los riesgos que entraña su manipulación y utilización y las principales reglas de prudencia que conviene observar. Pero para permitir a los empresarios y titulares de establecimientos cumplir con sus obligaciones, en particular para la protección del medio ambiente, la seguridad y la salud en el trabajo y la de las demás personas y bienes que pudieran verse afectados, y a los usuarios profesionales, el fabricante, o en su caso el distribuidor o importador, deberá facilitar antes de la primera entrega de una sustancia o mezcla peligrosa, o con motivo de ésta, una ficha de datos de seguridad con los datos necesarios para la protección de las personas y del medio ambiente, que deberá ser actualizada

**CUADRO 3.1a. Pictogramas e indicaciones de peligro
(Hasta 2010 y 2015)**

		
T Tóxico T+ Muy tóxico	C Corrosivo	F Fácilmente inflamable F+ Extremadamente inflamable
		
	N Peligroso para el medio ambiente	
		
E Explosivo	O Comburente	Xn Nocivo Xi Irritante

**CUADRO 3.1b. Pictogramas
(Desde 2010 y 2015)**



**CUADRO 3.2.
Riesgos específicos de las sustancias y y mezclas peligrosas
(Ejemplos de Frases R) (Hasta 2010-2015)**

R1 Explosivo en estado seco
 R10 Inflamable
 R11 Fácilmente inflamable
 R12 Extremadamente inflamable
 R14 Reacciona violentamente con el agua
 R15 Reacciona con el agua liberando gases extremadamente inflamables
 R19 Puede formar peróxidos explosivos
 R20 Nocivo por inhalación
 R21 Nocivo en contacto con la piel
 R22 Nocivo por ingestión
 R23 Tóxico por inhalación
 R24 Tóxico en contacto con la piel
 R25 Tóxico por ingestión
 R29 En contacto con agua libera gases tóxicos
 R35 Provoca quemaduras graves
 R36 Irrita los ojos
 R37 Irrita las vías respiratorias
 R38 Irrita la piel
 R39 Peligro de efectos irreversibles muy graves
 R40 Posibles efectos cancerígenos

(continúa)

CUADRO 3.2. (continuación)

- R41 Riesgo de lesiones oculares graves
 R42 Posibilidad de sensibilización por inhalación
 R43 Posibilidad de sensibilización en contacto con la piel
 R45 Puede causar cáncer
 R46 Puede causar alteraciones genéticas hereditarias
 R48 Riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada
 R50 Muy tóxico para los organismos acuáticos
 R54 Tóxico para la flora
 R55 Tóxico para la fauna
 R56 Tóxico para los organismos del suelo
 R57 Tóxico para las abejas
 R58 Puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente
 R59 Peligroso para la capa de ozono
 R61 Riesgo durante el embarazo de efectos adversos para el feto
 R62 Posible riesgo de perjudicar la fertilidad
 R64 Puede perjudicar a los niños alimentados con leche materna

(Ejemplos de Indicaciones de Peligro H) (Desde 2010-2015)

H 200	Explosivo inestable.
H 201	Explosivo; peligro de explosión en masa.
H 202	Explosivo; grave peligro de proyección.
H 203	Explosivo; peligro de incendio, de onda expansiva o de proyección.
H 204	Peligro de incendio o de proyección.
H 205	Peligro de explosión en masa en caso de incendio.
H 220	Gas extremadamente inflamable.
H 221	Gas inflamable.
H 222	Aerosol extremadamente inflamable.
H 223	Aerosol inflamable.

CUADRO 3.3.
Consejos de prudencia relativos a las sustancias y preparados peligrosos
(Frases S) (Hasta 2010-2015)

- S 1 Consérvese bajo llave.
- S 2 Manténgase fuera del alcance de los niños.
- S 3 Consérvese en lugar fresco.
- S 7 Manténgase el recipiente bien cerrado.
- S 8 Manténgase el recipiente en lugar seco.
- S 9 Consérvese el recipiente en lugar bien ventilado.
- S13 Manténgase lejos de alimentos, bebidas y piensos.
- S15 Conservar alejado del calor.
- S17 Manténgase lejos de materias combustibles.
- S24 Evítese el contacto con la piel.
- S25 Evítese el contacto con los ojos.
- S26 En caso de contacto con los ojos, lávense inmediata y abundantemente con agua y acúdase a un médico.
- S30 No echar jamás agua a este producto.
- S33 Evítese la acumulación de cargas electrostáticas.
- S37 Úsense guantes adecuados.
- S39 Úsense protección para los ojos/la cara.
- S45 En caso de accidente o malestar, acúdase inmediatamente al médico (si es posible, muéstresele la etiqueta).
- S46 En caso de ingestión, acúdase inmediatamente al médico y muéstresele la etiqueta o el envase.
- S62 En caso de ingestión no provocar el vómito: acúdase inmediatamente al médico y muéstresele la etiqueta o el envase.

Algunos consejos de prudencia (P) (Desde 2010-2015)

De carácter general:

- P101 Si se necesita consejo médico, tener a mano el envase o la etiqueta.
- P102 Mantener fuera del alcance de los niños.
- P103 Leer la etiqueta antes del uso.

Prevención:

- P201 Solicitar instrucciones especiales antes del uso.
- P202 No manipular la sustancia antes de haber leído y comprendido todas las instrucciones de seguridad.

(continúa)

CUADRO 3.3. (continuación)

P281 Usar el equipo de protección individual obligatorio.

Respuesta:

P301+9312 En el caso de ingestión: Llamar a un centro de información toxicológica o a un médico en caso de malestar.

P303+P350 En caso de contacto con la piel: Lavar suavemente con agua y jabón abundante.

P308+P313 En caso de exposición manifiesta o presunta: Consultar a un médico.

Almacenamiento:

P402 Almacenar en un lugar seco.

P405 Guardar bajo llave.

P410 Proteger de la luz del sol.

Eliminación:

P501 Eliminar el contenido o el recipiente en...

conforme existan nuevos datos al respecto. El contenido de esta ficha lógicamente deberá ampliar los datos contenidos en la etiqueta.

Es más: deberá aportar los datos *técnicos* que necesite el profesional especializado para comprender en toda su extensión los riesgos y demás problemas asociados a cualquier posible utilización o manipulación, para poder tomar las decisiones pertinentes con el fin de que las condiciones en las que un producto se implique en una actividad determinada, sean seguras. Por lo tanto, a la identificación de la naturaleza química del producto, se deberán añadir los datos de sus propiedades físicas y químicas, su estabilidad y reactividad, identificación de riesgos, medidas a tomar en caso de vertido o fuga accidental incluido los primeros auxilios pertinentes y en su caso las medidas adecuadas de lucha contra incendios, las precauciones a observar en su manipulación y las condiciones idóneas de su almacenamiento y transporte, información toxicológica y ecológica, controles necesarios de la exposición y recomendaciones de protección personal, métodos apropiados para su eliminación o desecho y usos para los que está destinado principalmente y restricciones o contraindicaciones de su utilización.

También es interesante relacionar las reglamentaciones que le afectan y en qué términos, consejos de operación y entrenamiento, las fuentes de los datos aportados y otras referencias bibliográficas así como

posible punto de contacto para solicitar más información o poder realizar consultas y la fecha de emisión de la ficha.

Finalmente otra condición necesaria para la libre comercialización de productos químicos peligrosos es la de un correcto envasado. Lógicamente éste deberá ser tal que no puedan producirse pérdidas o fugas de su contenido, los materiales de los que esté formado incluido sus sistemas de cierre y precinto deberán ser inatacables por su contenido ni interaccionar peligrosamente con él, deberán ser suficientemente resistentes a los esfuerzos mecánicos que normalmente puedan afectarles y en su caso a las posibles situaciones meteorológicas u otros condicionantes, principalmente de temperatura y humedad, contarán con un cierre de seguridad para niños en el caso de productos muy tóxicos, tóxicos y corrosivos, llevarán una indicación de peligro detectable al tacto en estos últimos casos y además cuando se trate de productos nocivos, extremadamente inflamables o fácilmente inflamables.

Actualmente estamos en una etapa de transición (hasta 2010 y 2015) entre el sistema europeo antiguo (Directiva 67/548/CEE) y el denominado REACH (Registration, Evaluation and Authorisation of Chemicals) para el Registro, Evaluación, Autorización y restricción de Sustancias y Mezclas Químicas, que amplía y mejora el aún vigente y adapta a la legislación europea el Sistema Global Armonizado que se adopta por Naciones Unidas con vistas al Mercado mundial de productos químicos, Reglamentos (CE) 1907/2006 y 1272/2008.

- *Clasificación de las sustancias y preparados químicos según los posibles riesgos*

Para una primera clasificación de estos riesgos se considera como más conveniente seguir la de la legislación de la Unión Europea, aceptada y seguida mayoritariamente, que además sirve actualmente de primera referencia para el resto de la legislación, medioambiental, industrial, laboral, etc. Se trata de la relativa a la clasificación, envasado, etiquetado autorización y registro de productos químicos peligrosos (REACH).

Previamente, es conveniente precisar algunos conceptos desde el punto de vista particularmente práctico:

Se considerarán como sustancias los elementos químicos y sus compuestos, en estado natural u obtenidos mediante cualquier proceso, incluso en aquellos casos en que lleven incorporados los aditivos necesarios para su estabilidad o vayan acompañados de impurezas resultantes del procedimiento de obtención. Se excluyen los disolventes que puedan separarse sin afectar a su estabilidad ni modificar su fórmula o compo-

sición. Bajo este concepto se incluyen junto a las sustancias perfectamente definidas desde el punto de vista científico químico, ciertas «*sustancias*» minerales (por ejemplo, variedades del amianto: crocidolita, crisotilo, etc.) o ciertas mezclas complejas de constituyentes con una composición variable, de las que se pueden indicar ciertos constituyentes principales (por ejemplo, productos aromáticos destilados).

Los preparados, ahora bajo la denominación de mezclas, consisten en mezclas formadas por dos o más sustancias.

Las sustancias, y las mezclas, que se consideran como peligrosas, atendiendo al tipo de riesgo que presentan, se clasifican en tres grandes grupos:

- a) Por los riesgos a consecuencia de sus propiedades físico-químicas.
- b) Por los riesgos para la salud humana.
- c) Por los posibles efectos sobre el medio ambiente.

Obviamente, una misma sustancia o mezcla peligrosa puede clasificarse en uno o más de uno de estos grupos.

1) Riesgos según las propiedades físico-químicas.

Para la clasificación de sustancias en este grupo se realizan los ensayos pertinentes de determinadas propiedades físico-químicas tales como el punto de fusión/solidificación, punto de ebullición, densidad relativa, presión de vapor, tensión superficial, hidrosolubilidad, coeficiente de reparto, punto de inflamación, propiedades explosivas, temperatura de autoinflamación y propiedades comburentes, principalmente.

Según los resultados de la determinación de estas propiedades las sustancias y preparados se clasifican como:

Explosivos: Aquellos que en estado sólido, líquido, gelatinoso o pastoso, pueden reaccionar de forma exotérmica, incluso en ausencia de oxígeno del aire, con rápida formación de gases y que, en determinadas condiciones de ensayo, detonan, deflagran rápidamente o, bajo el efecto del calor, en caso de confinamiento parcial, explotan. Se trata de artículos, sustancias y mezclas explosivas, con inclusión de las de efectos pirotécnicos. Se clasifican en seis categorías.

Comburentes: Gases, líquidos o sólidos que en contacto con otras sustancias, en especial las inflamables, producen una reacción fuertemente exotérmica, facilitando la combustión de otras sustancias mejor que el aire.

Inflamables: Si son *gases*, se inflaman con el aire a 20 °C y a una presión de referencia de 101,3 kPa. Si son *aerosoles*, es decir, si se trata de *generadores de aerosoles*, que son recipientes no recargables fabricados en metal, vidrio o plástico y que contienen un gas comprimido, licuado o disuelto a presión, con o sin líquido, pasta o polvo, y dotados de un dispositivo de descarga que permite expulsar el contenido en forma de partículas sólidas o líquidas en suspensión en un gas, en forma de espuma, pasta o polvo, o en estado líquido o gaseoso, se clasifican como inflamables si contienen gases o sólidos inflamables o, en su caso, líquidos con un punto de inflamación ≤ 93 °C. Si son *líquidos* con un líquido con un punto de inflamación no superior a 60 °C. Si son *sólidos* si se inflaman con facilidad o que puede provocar fuego o contribuir a provocar fuego por fricción.

Gases a presión: Son gases que se encuentran en un recipiente a una presión de 200 kPa (indicador) o superior, o que están licuados o licuados y refrigerados. Se incluyen los gases comprimidos, licuados, disueltos y licuados refrigerados.

Sustancias o mezclas que reaccionan espontáneamente (autorreactivas): Son sustancias térmicamente inestables, líquidas o sólidas, que pueden experimentar una descomposición exotérmica intensa incluso en ausencia de oxígeno, con exclusión de los explosivos y comburentes.

Líquidos y sólidos pirofóricos: Los que, aún en pequeñas cantidades, pueden inflamarse al cabo de cinco minutos de entrar en contacto con el aire.

Sustancias o mezclas que experimentan calentamiento espontáneo: Sólidos o líquidos, distintos de líquidos o sólidos pirofóricos, que pueden calentarse espontáneamente en contacto con el aire sin aporte de energía. Sólo se inflaman cuando están presentes en grandes cantidades (kg) y después de un largo período de tiempo (horas o días).

Sustancias o mezclas que en contacto con el agua, desprenden gases inflamables: Son sustancias o mezclas sólidas o líquidas que, por interacción con el agua, tienden a volverse espontáneamente inflamables o a desprender gases inflamables en cantidades peligrosas.

Peróxidos orgánicos: Son sustancias o mezclas orgánicas líquidas o sólidas que contiene la estructura bivalente $-O-O-$, y pueden considerarse derivadas del peróxido de hidrógeno en el que uno o ambos átomos de hidrógeno se han sustituido por radicales orgánicos. Son sustancias o mezclas térmicamente inestables, que pueden sufrir una descomposición exotérmica autoacelerada.

Sustancias o mezclas corrosivas para los metales: Cuando, por su acción química, puede dañarlos o incluso destruirlos.

2) Riesgos para la salud humana (toxicidad y otros efectos específicos)

Actualmente hay una tendencia a generalizar el concepto de toxicidad para abarcar cualquier tipo de efecto perjudicial para la salud humana, más allá del «clásico» envenenamiento, o si se quiere, la acción adversa para la salud a causa de la actividad biológica de una sustancia extraña introducida en el organismo, lo que incluiría hasta los riesgos anteriormente citados debidos a las propiedades físico-químicas. No obstante se considera más conveniente para nuestro objeto la separación realizada.

En general la acción tóxica de una sustancia depende de las características de ésta, las condiciones y vía de entrada al organismo y las características y situación de la persona. Así, una sustancia puede ser inocua por una vía, por ejemplo la digestiva, y sin embargo por la vía inhalatoria ser muy peligrosa. Una misma sustancia en una cierta dosis puede no tener efecto alguno, en otra dosis puede ser beneficiosa o curativa (dosis terapéutica) y en otra puede resultar fatal (dosis letal). No es lo mismo una única dosis, que varias repetidas. Tampoco se producirán los mismos efectos en una persona que en otra, y para una misma persona, en una situación u otra.

El estudio de las distintas alteraciones que tienen lugar desde que una sustancia penetra en un organismo hasta su posible total o parcial eliminación del mismo es extraordinariamente complejo y fuera de lugar en esta obra. Aquí tan solo se intentará resumir algunas cuestiones importantes para la práctica de la higiene industrial: la prevención de riesgos por exposición a agentes químicos, físicos y biológicos para los trabajadores con ocasión de su trabajo.

El proceso que recorre una sustancia a través del organismo sigue las siguientes etapas: absorción, distribución, metabolismo, acumulación y excreción o eliminación.

Aunque existen otras vías de entrada (por ejemplo, vía ingestión y parenteral), para el caso que nos ocupa las más importantes son la vía inhalación y la vía dérmica. La primera es con mucho la más importante. A través de las vías respiratorias penetran, junto con el aire que se respira, gases y vapores, polvo y aerosoles que le acompañan. Si no son retenidos por la mucosidad que recubre los distintos conductos y expulsados al exterior junto con ella, pueden alcanzar los alvéolos pulmonares con

algún posible efecto sobre ellos y si tienen capacidad para ello, pasar a su través para incorporarse a la circulación sanguínea.

Menor importancia tiene la piel aunque muchas sustancias pueden atravesarla en condiciones normales y llegar a la sangre a través de los capilares. Esto depende de su estado más o menos estropeado, de su humedad y temperatura, y si está recubierta con ropa, del tipo de tejido y su roce, y de determinadas sustancias, como el maquillaje o cremas protectoras. Hay que evitar dañar la piel con disolventes orgánicos que eliminan la capa sebácea natural que impide la entrada de sustancias hidrófilas, o con otras sustancias, corrosivas e irritantes.

Después de su entrada en el organismo, la sustancia se difunde y distribuye por todo o parte de él, según diversos mecanismos y una menor o mayor rapidez, que depende tanto de sus propiedades como de la manera que se incorpora. Más adelante pueden transformarse en otras sustancias por distintas acciones metabólicas, que pueden facilitar su posterior eliminación si no se da el caso de convertirse en otro producto más tóxico o se acumula en determinados tejidos u órganos. Finalmente se elimina, transformada o no en otra sustancia, por diferentes vías: la pulmonar (los volátiles), la biliar que puede a su vez pasar al tracto gastrointestinal pudiendo continuar los efectos adversos en él y finalmente ser expulsado en las heces, la renal (mayoritaria) eliminándose con la orina, y otras vías, como la de la leche, que hay que tener especialmente en cuenta en el caso de la lactancia (o cuando se ingiere procedente de vacas u otros animales), el sudor, la saliva, los pelos, etc.

Se considera interesante reparar algunos conceptos que sirven actualmente para la clasificación de las sustancias y preparados según sus posibles efectos para la salud:

En general se pueden distinguir *efectos agudos*, cuando se presentan después de muy poco tiempo de la exposición, por ejemplo, algunas horas, y de manera clara y normalmente fácilmente reconocible, como la asfixia, los vómitos y la pérdida de visión, y *efectos crónicos*, cuando se presentan después de un largo tiempo (meses y hasta muchos años) de producirse la exposición, que puede ser repetida durante un cierto tiempo, no siendo tan manifiestamente reconocibles y difíciles de relacionar con la situación que los ha causado.

También los efectos pueden ser calificados como *reversibles* e *irreversibles*, si después de un cierto tiempo, en ausencia de exposición, el organismo se recupera por completo y alcanza su estado normal o si al contrario, quedan secuelas y no se llega a volver al estado normal. Por

ejemplo, una irritación pasajera y una ceguera permanente, respectivamente.

Es también muy importante, sobre todo en relación con las acciones tóxicas a largo plazo, tener en cuenta la capacidad de acumulación de los agentes tóxicos, o en su caso, la de sus metabolitos, en diversos órganos y tejidos del organismo. Unos no se eliminan o lo hacen a muy baja velocidad, los de *efectos acumulativos*, otros lo hacen lentamente con lo que a la larga también se acumulan en el cuerpo salvo que hayan largos períodos de no exposición que permitan su total eliminación, son los de *efectos parcialmente acumulativos*, y finalmente, los de *efectos no acumulativos*, son los que se eliminan rápidamente.

En muchos casos los contaminantes suelen actuar en el organismo independientemente unos de otros, pero en otros puede resultar que potencien o inhiban los efectos que resultarían en ausencia de cualquier otro tóxico. Como es lógico, habrá que tener en cuenta al estudiar una exposición a un determinado agente, la presencia de algún otro que pueda interaccionar con él.

En los ensayos que se realizan para determinar la toxicidad de una sustancia se utilizan diversos conceptos, de los que conviene destacar los siguientes:

Toxicidad aguda que se refiere a los efectos adversos que se manifiestan tras la administración por vía oral o cutánea de una sola dosis de una sustancia o mezcla, de dosis múltiples administradas a lo largo de 24 horas, o como consecuencia de una exposición por inhalación durante 4 horas. Se diferencia en oral, cutánea y por inhalación.

Dosis letal media, DL_{50} , dosis única que estadísticamente causa la muerte del 50% de los animales a los que se le ha administrado. Se expresa en masa de sustancia ensayada por unidad de peso del animal sometido al ensayo (mg/kg).

Concentración letal media, CL_{50} , concentración de la sustancia ensayada a la que se exponen los animales de ensayo y que estadísticamente causa la muerte del 50% de los mismos al cabo de un tiempo determinado. Se suele expresar en masa de sustancia por unidad de volumen de aire en determinadas condiciones (mg/L).

Nivel sin efectos tóxicos, dosis o nivel de exposición máximo que no ofrece signos detectables de toxicidad.

Dosis máxima tolerada, DMT, dosis o nivel de exposición más alto que produciendo toxicidad en los animales de experimentación, no llega a alterar de forma importante su supervivencia.

Según las dosis se clasifican en *mortal*, *tóxico* y *nocivo*, de menor a mayor cantidad.

Son corrosivos cutáneos si pueden provocar la aparición de una lesión irreversible en la piel, como consecuencia de la aplicación de una sustancia hasta 4 horas. Si la lesión es reversible son *irritantes cutáneos*. Análogamente para los ojos se clasifican en *efectos ocultos irreversibles* e *irritantes oculares*.

Sensibilizantes, los que por inhalación o penetración cutánea, puedan ocasionar una reacción de hipersensibilización, de forma que una exposición posterior dé lugar a efectos negativos característicos.

Carcinogénicos, o también cancerígenos, cuando por inhalación, ingestión o penetración cutánea, puedan producir cáncer o aumentar su frecuencia. Estas sustancias y preparados se clasifican a su vez en tres categorías:

- Primera categoría A, *carcinogénicos para el ser humano*, cuando se dispone de suficientes datos epidemiológicos para demostrar una relación de causa / efecto entre la exposición de seres humanos a tales sustancias o preparados y la aparición de cáncer.
- Primera categoría B, *pueden considerarse como carcinogénicos para el ser humano*, cuando se dispone de datos suficientes para suponer que la exposición de seres humanos a ellos puede producir cáncer. Esta presunción, generalmente se fundamenta en estudios a largo plazo en animales y en otras informaciones apropiadas.
- Segunda categoría, *preocupantes por sus posibles efectos carcinogénicos para el ser humano*, cuando no se dispone de información suficiente para su clasificación como de primera categoría aunque existen sospechas por pruebas con animales. Esta categoría comprende a su vez dos subcategorías:
 - a) No existen suficientes pruebas sobre la inducción de cáncer para incluirlos en la segunda categoría, y no es probable que más experimentación aporte la información necesaria.
 - b) Clasificación provisional al no haberse investigado bastante y ser los datos disponibles no suficientes aunque si con indicios sospechosos que los hace *preocupantes*.

Mutagénicos, los que por inhalación, ingestión o penetración cutánea, puedan producir alteraciones genéticas hereditarias o puedan aumentar su frecuencia. Pueden clasificarse a su vez en tres categorías:

- Primera categoría A, los que se sabe ciertamente que son *mutagénicos para la especie humana*, ya que se dispone de pruebas suficientes a partir de estudios epidemiológicos que demuestran una relación de causa / efecto entre la exposición de seres humanos a ellos y la aparición de alteraciones genéticas hereditarias.
- Primera categoría B, que *pueden considerarse como mutagénicos para la especie humana*, ya que se dispone de suficientes elementos de juicio para suponer que la exposición de seres humanos a los mismos puede producir alteraciones genéticas hereditarias, basados generalmente en estudios apropiados en animales y otras informaciones válidas.
- Segunda categoría, *cuyos posibles efectos mutagénicos en la especie humana son preocupantes*, siendo insuficientes las investigaciones realizadas para clasificarlos en la primera categoría.

Tóxicos para la reproducción, reprotóxicos, los que por inhalación, ingestión o penetración cutánea, pueden producir efectos negativos no hereditarios en la descendencia, o aumentar la frecuencia de éstos, o afectar de forma negativa a la función o capacidad reproductora masculina o femenina. También se clasifican en tres categorías:

- Primera categoría A, de los que se sabe ciertamente, a partir de datos epidemiológicos, que *perjudican la fertilidad de los seres humanos* (efectos negativos sobre la libido, comportamiento sexual, espermatogénesis u ovogénesis, actividad hormonal o respuesta fisiológica que puedan interferir la capacidad de fertilizar, la misma fertilización, el desarrollo del huevo fecundado hasta la fase de implantación, incluyendo ésta misma), puesto que se dispone de suficientes pruebas para establecer una relación entre exposición y problemas de fertilidad, y también aquellos de los que se sabe ciertamente, a través de datos epidemiológicos, que *producen toxicidad para el desarrollo de seres humanos*, es decir cualquier efecto que interfiera el desarrollo normal tanto antes como después del nacimiento (incluye efectos embriotóxicos / fetotóxicos y teratogénicos, entre otros), ya que existen suficientes pruebas para establecer una relación entre la exposición y la posterior aparición de efectos tóxicos para el desarrollo de la descendencia.
- Primera categoría B, los que *pueden considerarse como perjudiciales para la fertilidad de los seres humanos* y aquellos que *pueden considerarse como tóxicos para el desarrollo de los seres humanos*,

ya que se dispone de datos suficientes para suponerlo firmemente para la exposición de seres humanos a partir de investigaciones con animales sin que se trate de consecuencias secundarias inespecíficas de otros efectos tóxicos en caso de que los hubiere.

- Segunda categoría, *preocupantes para la fertilidad humana y preocupantes para los seres humanos por sus posibles efectos tóxicos para el desarrollo*, ya que se poseen datos para ello con experimentación con animales pero no son suficientes para su clasificación en la primera categoría.

Además se distingue los efectos sobre la lactancia o a través de ella.

Toxicidad específica en determinados órganos (STOT) es la toxicidad no letal que se produce en determinados órganos tras una única o repetidas exposiciones a una sustancia o mezcla, exceptuando los efectos contemplados en anteriores clasificaciones.

Finalmente, el peligro por aspiración, considera la toxicidad de una sustancia o mezcla por entrada por boca o nariz.

3) Riesgos para el medio ambiente

En el contexto exclusivo de los productos químicos, la legislación europea sobre *clasificación, envasado y etiquetado de sustancias y preparados peligrosos*, ofrecen una definición general que sirve de referencia a todos los ámbitos, comercial con inclusión del tratamiento aparte de los medicamentos y productos fitosanitarios y biocidas, industrial, laboral, medioambiental con la inclusión especial de los residuos y de la prevención de accidentes *mayores*, sanitaria y protección del usuario:

Se consideran sustancias o preparados *peligrosos para el medio ambiente* si en contacto con éste presentan o pueden presentar un peligro inmediato o futuro para uno o más componentes del medio ambiente.

Aunque la clasificación obedece al objetivo principal de alertar sobre los riesgos que pueden afectar a los ecosistemas, actualmente están mucho más desarrollados los ensayos ecotoxicológicos relativos a los ecosistemas acuáticos. Por esta razón, se clasifican en primer lugar en peligrosos para el *medio ambiente acuático* y en peligrosos para el *medio ambiente no acuático*.

Respecto al *medio ambiente no acuático*, se considera, en particular, la peligrosidad para la capa de ozono:

3.7. LIMITACIÓN DE LA COMERCIALIZACIÓN Y USO DE PRODUCTOS QUÍMICOS

La legislación REACH considera además de la clasificación, envasado y etiquetado, la autorización y registro y las limitaciones de la comercialización y el uso de sustancias y preparados especialmente peligrosos, como los clasificados como *explosivos, comburentes, extremadamente inflamables, fácilmente inflamables, muy tóxicos, tóxicos, corrosivos, carcinogénicos de primera y segunda categoría, mutagénicos de primera y segunda categoría, tóxicos para la reproducción de primera y segunda categoría* y determinados tipos por su implicación en el medio ambiente, como los *muy tóxicos*, los que *pueden provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente* y los *peligrosos para la capa de ozono*.

EJERCICIOS DE AUTOCOMPROBACIÓN

1. Describir las tres barreras principales a suprimir para que exista un mercado libre.
2. Indicar qué son las normas europeas armonizadas.
3. En el ámbito del mercado interior europeo, si un producto defectuoso llega a causar un daño al usuario, ¿quién puede incurrir en responsabilidades administrativas, civiles e incluso penales?
4. En España, ¿qué organismos son los que desarrollan las normas técnicas españolas denominadas UNE?
5. Explicar brevemente qué se entiende por efectos agudos y crónicos en exposiciones a agentes químicos.
6. Si una sustancia por inhalación, ingestión o penetración cutánea, en cantidades no pequeñas, puede provocar efectos agudos o crónicos o incluso la muerte a las personas, ¿cómo debe clasificarse? ¿Cómo es el pictograma correspondiente?
7. ¿A qué se llama dosis letal media?
8. ¿A qué se llama concentración letal media?
9. ¿Qué denominación recibe el nuevo sistema que se está implantando en la Unión Europea para la clasificación, autorización, registro y etiquetado de las sustancias químicas peligrosas?
10. Indicar los principales datos que deben figurar en la etiqueta de un envase que contenga una sustancia química peligrosa.

UNIDAD DIDÁCTICA II

TÉCNICAS DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE RIESGOS AMBIENTALES Y LABORALES

OBJETIVOS UNIDAD DIDÁCTICA II (Temas 4, 5 y 6)

- Conocer y comprender los principios básicos de la prevención y las principales técnicas de prevención y control de los riesgos ambientales y laborales, con particular atención a la higiene industrial y a los riesgos de accidentes graves mayores en la industria (Seveso) en los que intervienen sustancias químicas peligrosas.
- Conocer la legislación esencial vigente europea y española relativa a los riesgos industriales, con inclusión de los principales órganos y agentes que intervienen.
- Comprender el alcance e importancia de la evaluación de los riesgos laborales.
- Adquirir unos primeros conocimientos básicos de la prevención y control de los riesgos por exposición a agentes físicos, químicos y biológicos en la industria.
- Conocer los principales aspectos de la contaminación interior y los principios de mejora de la calidad del aire interior.
- Conocer y entender los principales aspectos del riesgo químico para su prevención y control.
- Comprender y conocer los riesgos particulares en determinados ámbitos de la actividad industrial como el almacenamiento, manipulación y transporte de productos químicos peligrosos, los riesgos de incendio con inclusión de su prevención y los modos de combatirlo, los riesgos de explosión y su prevención y control y los trabajos en espacios confinados.

Tema 4

CONCEPTOS BÁSICOS DE PREVENCIÓN DE RIESGOS. PRINCIPALES TÉCNICAS DE PREVENCIÓN

CONTENIDO

- 4.1. Características generales del medio ambiente industrial.
 - 4.2. Evolución de la seguridad y necesidad de la prevención de riesgos.
 - 4.3. Conceptos básicos de la prevención de riesgos laborales.
 - 4.3.1. El concepto de prevención.
 - 4.3.2. Las condiciones de seguridad y de salud en el trabajo.
 - 4.3.3. Los principios generales de la prevención.
 - 4.4. Principales técnicas de prevención.
 - 4.4.1. Medicina y Enfermería del Trabajo.
 - 4.4.2. Seguridad en el Trabajo.
 - 4.4.3. Higiene Industrial.
 - 4.4.4. Psicosociología del trabajo.
 - 4.4.5. Ergonomía.
 - 4.4.6. Otras técnicas relacionadas con la prevención.
 - 4.5. La evaluación de los riesgos laborales.
- Ejercicios de autocomprobación.

4.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL MEDIO AMBIENTE INDUSTRIAL

La actividad industrial entendida en un sentido amplio, más allá del estricto concepto sectorial, es decir, como cualquier actividad económica incluidos los servicios públicos, puede suponer una amenaza al medio ambiente que incluye la posibilidad de causar daños a las personas, a los animales y a las plantas además de a los bienes propios y ajenos, fundamentalmente por la manipulación y generación de agentes físicos, químicos y biológicos. Son los riesgos ambientales objeto de las técnicas de prevención y control del medio ambiente, pero también de la seguridad industrial (accidentes «mayores»), de la seguridad en el trabajo y de la higiene industrial, sin olvidar la ergonomía, la medicina preventiva y de salud pública, la medicina ambiental y la medicina del trabajo, entre otras.

Tal amenaza de la actividad que se desarrolle, también puede afectar a personas, animales y bienes por «riesgo de accidente» (por ejemplo: incendio, derrumbamiento o atropello). Son riesgos objeto, fundamentalmente, de la seguridad industrial, la seguridad en el trabajo y la seguridad vial así como de la psicología industrial.

Por otra parte esa misma actividad puede incidir esencialmente en la seguridad y la salud de las propias personas que intervienen: los trabajadores. Y no solo por las características de los contaminantes ambientales o de las condiciones de trabajo que hacen más o menos probable que pueda desencadenarse un accidente; sino también de aquellas otras características que puedan ser asimismo una amenaza para la salud, entendida de modo amplio tal y como con anterioridad se ha considerado en esta obra (definición de la OMS). Estos riesgos son objeto de la seguridad en el trabajo, la higiene industrial, la ergonomía y la psicología laboral, además de la medicina del trabajo.

En este tema se abordarán los riesgos, medioambientales y laborales, desde el punto de vista de que su causa reside en todo o en parte en la

propia actividad de un establecimiento o empresa, cualquiera que sea el sector en el que se encuadre, incluida la Administración pública.

Desde esta perspectiva, las actuaciones a contemplar en este tema, que deben ser esencialmente preventivas, y también positivas (promoción de la salud, por ejemplo), son las que deben emanar de la propia dirección y gestión del proceso productivo, ya se trate de bienes a comercializar o de servicios que ofrecer.

En este sentido la acción preventiva es una acción integrada en la propia gestión y, por lo tanto, implicando a toda la organización, incluida la relacionada con profesionales y entidades externos. Integrada también en cuanto a todos los aspectos: medioambiental, laboral, sanitario, social (accesibilidad en el empleo, no discriminación e igualdad de oportunidades...), económico (productividad, competitividad...), etc.

Teniendo en cuenta lo abordado con anterioridad, en particular en lo que respecta al medioambiente, y que en muchos casos, las actuaciones, desde el punto de vista preventivo, son más complejas y amplias en lo que respecta a los riesgos laborales, se consideran a continuación aspectos más próximos a la prevención de los riesgos laborales pero que no hay que olvidar que igualmente atañen a los aspectos medioambientales convencionales.

4.2. EVOLUCIÓN DE LA SEGURIDAD Y NECESIDAD DE LA PREVENCIÓN DE RIESGOS

La preocupación por el medio ambiente y por la protección de la seguridad y la salud de los trabajadores en el trabajo, por medio, fundamentalmente, de *la acción y actitud preventiva*, refleja un estado *cultural* de fines del siglo xx. Es una consecuencia más del desarrollo de la humanidad y de su incesante evolución a través de la historia. Evolución no solo de índole cultural, sino también técnica, científica, sociológica y económica.

Una evolución cuyos comienzos podemos rastrear hasta los albores de la propia humanidad, cuando atribuía los felices hallazgos y las desgracias a lo mágico, a lo inalcanzable, a lo divino. Los seres humanos estamos inmersos en la Naturaleza viviendo a costa de ella, transformándola, interactuando con ella, dominándola mejor aunque también a costa de arruinarla, de degradarla, de destruirla. Hasta el momento presente, caracterizado por la globalidad de las actividades humanas, *la aldea global*, no se ha tenido bien en cuenta que nuestro planeta no

es ya una fuente inagotable de bienes ni tiene una capacidad ilimitada de regeneración. Hasta ahora no se ha llegado a tener *conciencia* de que la especie humana tiene un papel *activo*, una responsabilidad plena, sobre el estado del planeta (y del espacio exterior próximo) presente y futuro.

El concepto de trabajo ha variado mucho de unas épocas a otras. Ahora mismo, sufre una amplia transformación. Aún no están lejos los tiempos y modos de la esclavitud, como tampoco algunas consecuencias de la revolución industrial, y estamos en plena época de la cibernética, la informática, las comunicaciones integradas y globales, en el seno de un sistema económico mundial que tiende a un mercado único (global) que además está inmerso en una dinámica de cambio continuado tanto en lo tecnológico como en lo organizativo y en las formas de relación.

Sin embargo, aún persiste en el entorno del mundo del trabajo, y no sólo en él, una cultura de la *fatalidad*, de lo *inevitable e imprevisible*, y por lo tanto de lo ajeno a nuestra voluntad y nuestro poder. Cuando se habla de que algo ocurre *por accidente*, equivale a decir *por casualidad*, porque se entiende que no es posible preverlo y evitarlo. Nada más lejos de lo que en realidad son los accidentes y enfermedades *causados* por unas incorrectas e inadecuadas condiciones de trabajo.

A lo largo de la historia, los seres humanos han ido aprendiendo a **conocer, primero**, los riesgos y sus características, tanto emanados directamente de la propia Naturaleza, incluido los animales, como de las consecuencias de la actividad humana que transforma a la misma Naturaleza, y **a defenderse, después**, de los mismos y de sus posibles consecuencias.

En muchas ocasiones, especialmente en lo que se refiere a la *seguridad*, como lucha contra los accidentes y sus consecuencias, las guerras han aportado avances al igual que en otros campos de la ciencia y de la técnica. Indudablemente se desarrollaban sistemas *de defensa*, de protección, contra las diversas técnicas ofensivas que sucesivamente aparecen. Así surgen los diversos sistemas de *protección*, tanto individual, por ejemplo el casco, como colectiva, *barreras*, que en tiempos de paz se incorporan a la vida cotidiana con fines igualmente de *protección*, pero con relación a otros riesgos: los de accidente.

En cuanto a la pérdida o alteración de la salud, por causas no tan visibles o evidentes como las lesiones corporales o físicas, es decir, lo que se conoce en un sentido más o menos amplio como enfermedad, aun hoy la correlación *causa-efecto* no suele plantearse siquiera en muchos ámbitos. Si bien, el estado actual de la ciencia es tal, que aun cuando se sigue

descubriendo nuevas *patologías*, al menos en la inmensa mayoría de las conocidas se sabe de sus causas, su *etiología*. Aquí es aún más patente la consideración generalizada de la cultura de lo *casual*, de lo fatalista, de la adquisición de una enfermedad, a pesar de los indudables avances en las técnicas preventivas y de promoción de la salud.

En el ámbito de la actividad laboral, ya en la antigüedad se conocía que en determinados trabajos existía una relación entre su naturaleza y la aparición de ciertas enfermedades características de los mismos. Ya Hipócrates, en el siglo IV a. C., describió la enfermedad que aquejaba a quienes trabajaban en la extracción de mineral de plomo. En el siglo XVI, Paracelso trató en varios de sus escritos las enfermedades que sufrían los mineros y los trabajadores de las fundiciones. Sin embargo hasta el siglo XVII, con el médico italiano Bernardino Ramazzini, no se comienza a tratar como una *ciencia nueva* la Medicina del Trabajo, aunque no es sino entre fines del siglo XIX y el principio del siglo XX, con el desarrollo de las legislaciones de protección de los obreros, (la primera Ley en el mundo data de 1802) cuando aparecen las técnicas *sistematizadas* de protección —primero— y de prevención —después— como la seguridad del trabajo, la propia medicina (preventiva) del trabajo, la higiene industrial, la ergonomía y la psicología aplicada al trabajo.

La interacción entre el trabajo, incluido *el ambiente de trabajo*, o lo que se conoce en el sentido más amplio como *condiciones de trabajo* (*condiciones de seguridad y salud en el trabajo*), y la persona, contemplada en su conjunto, con objeto de adecuar las primeras a la segunda, tiene sus raíces en el Renacimiento con los estudios de Leonardo da Vinci sobre las dimensiones del cuerpo humano y las posturas y los análisis de Durero sobre los movimientos y las proporciones. Ya en el siglo XX, los arquitectos (Le Corbusier) y más tarde los ingenieros diseñadores, se han preocupado de que sus obras y trabajos se adapten a una óptima funcionalidad con relación a las características de sus usuarios y los fines que estos persiguen. Lo que ha conducido a la aparición, hacia los años 50, de la *ergonomía* como disciplina global e integradora con relación a todos los aspectos del entorno de trabajo.

Actualmente en España, como en el resto de Europa y de los Estados más industrializados, tanto desde el punto de vista de la gestión y la calidad y competitividad como de la ética profesional, las buenas prácticas y de las exigencias legales, se considera imprescindible integrar los aspectos de la prevención de riesgos laborales, junto como otros tales como la protección del medio ambiente, la igualdad de trato y la accesibilidad al empleo, en la propia gestión de las actividades, cualesquiera que sean. Lo que implica que:

- Una orientación hacia la *acción preventiva en la empresa*, como elemento esencial para garantizar el empresario el nivel de protección eficaz en cuanto a la seguridad y la salud de los trabajadores a su servicio. Se persigue una *cultura de la prevención* a todos los niveles de la población, especialmente de empresarios, profesionales y trabajadores.
- La eficacia de la actividad preventiva viene dada por la observación de los principios de prevención y por acciones concretas de información, formación, consulta y participación de los trabajadores, principalmente.
- El principal protagonismo corresponde a la empresa con la participación de los trabajadores, que deben cooperar en la medida que sea necesario y de acuerdo con la formación e información recibidas. La Administración debe velar por la mejora progresiva de las condiciones de trabajo, prestando el apoyo y asesoramiento necesario, además de ejercer la vigilancia y control del cumplimiento de la normativa y, en su caso, la potestad sancionadora.
- Hay que integrar la prevención en el proceso productivo y en la organización de la empresa, con el recurso a servicios de prevención, propios y ajenos, de carácter interdisciplinar.

Las empresas, en el contexto de una economía global fuertemente competitiva, deben en el ámbito de la *calidad total*, integrar en la producción y en la organización, desde su propio diseño, las acciones relativas a la prevención de riesgos, los laborales y los no laborales, incluyendo la protección del medio ambiente. Visiones más amplias (más allá de las actuales obligaciones) propugnan la integración de los aspectos de calidad y competitividad con los de prevención de riesgos laborales y el respeto al medio ambiente, integrándolos a su vez en actuaciones encaminadas a la *durabilidad* del trabajo y a la *empleabilidad*. Estos últimos conceptos necesitan un diseño y mantenimiento *adecuados* de puestos de trabajo, conjuntamente con la organización y métodos de trabajo y la formación continuada, con el objeto de que resulten lo suficientemente flexibles (= *adaptables*) para que cualquier persona pueda acceder a un empleo y mantenerlo de modo duradero en un entorno cada vez más cambiante, asumiendo las modificaciones que el progreso y las demás circunstancias demanden. Esto facilitará que, por ejemplo, personas con discapacidades de cualquier tipo (movilidad reducida, limitaciones de la visión, audición, habla, incluso mentales) puedan acceder a la mayor parte posible de puestos de trabajo, para después mantenerse en ellos pese a la disminución de ciertas capacidades (por ejemplo, a causa del

envejecimiento) y pese, también, a las necesarias modificaciones de los propios puestos por nuevos requerimientos.

Finalmente habría que añadir que, más allá de la obligada necesidad de evitar los daños derivados del trabajo, está el concepto más avanzado que supone considerar el trabajo no como un *castigo divino* y por encima del derecho al mismo para la satisfacción de las necesidades de supervivencia en una sociedad como la actual. Más allá está la consideración del derecho a un trabajo enriquecedor para la persona y que no solo no suponga una amenaza para la integridad física y la salud, sino que además sea un elemento positivo para su mejora.

Para conseguir alcanzar estos objetivos es necesario que quienes más pueden influir en los procesos productivos los asuman en el diseño de equipos, puestos, lugares, centros, métodos, organización, etc., lo que implica a su vez la integración de estos aspectos en todas las enseñanzas y disciplinas. En este sentido el ingeniero y el licenciado en ciencias, en el buen y bien hacer de su actividad profesional, tiene un papel decisivo al prever las eventualidades posibles de todo proyecto para cuando se llegue a ejecutar y al controlar luego el proceso productivo.

La siniestralidad y la morbilidad laboral, sin embargo, sigue siendo elevada tanto en España como en el resto de los Estados de la Unión Europea. Hay que hacer las cosas bien y para ello es imprescindible un conocimiento profundo de los posibles peligros, los factores que agravan los riesgos asociados a ellos y actuar con la mayor anticipación posible, con las mejores prácticas y soluciones.

4.3. CONCEPTOS BÁSICOS DE LA PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES

4.3.1. El concepto de prevención

Desde el punto de vista técnico la *prevención* es el conjunto de actuaciones y medidas, realizadas, adoptadas o previstas, en *todas* las fases de la actividad, dirigidas a evitar o minimizar los riesgos, en este caso, *laborales o derivados del trabajo*.

En el conjunto de todas las fases o etapas de la actividad productiva es especialmente importante las iniciales correspondientes a la toma de decisiones, la fijación de estipulaciones en las contrataciones y adquisiciones, el proyecto y el diseño, de lugares de trabajo, instalaciones, procesos, equipos, métodos y organización de la producción, por su decisi-

va eficacia, tanto desde el punto de vista preventivo como de los objetivos económicos y de calidad y competitividad respecto de los servicios ofrecidos o de los productos a poner en el mercado. Obviamente, estas cuestiones afectan a los profesionales, tanto de la dirección y gestión como a los que directamente intervienen en estas actividades, entre los que se encuentran los licenciados, los ingenieros y demás técnicos y especialistas.

Se pueden distinguir tres niveles de prevención:

- *Prevención primaria*, dirigida a evitar los riesgos o la aparición de los daños (materialización de los riesgos), mediante el control eficaz de los riesgos que no pueden evitarse. Esta *prevención*, obviamente es la más eficaz. Además, es la más eficiente. A su vez puede implicar distintos tipos de acciones, que se describen a continuación, por orden decreciente de eficacia:
 - *Prevención en el diseño*. Absolutamente lo más eficaz. A la hora de la concepción y diseño de instalaciones, equipos, herramientas, centros y puestos de trabajo, procesos, métodos, organización del trabajo, etc., hay que tener en cuenta los principios de prevención y, en primer término, tratar de **evitar los riesgos**.
 - *Prevención en el origen*. Se trata de evitar la aparición de riesgos como resultado de defectos en la fabricación, construcción, implantación e instalación, referido tanto a equipos, procesos, etc., como procedimientos, capacitación, etc., y, en los casos de riesgos inevitables, combatirlos en el origen o foco, mediante técnicas o medidas adecuadas, por ejemplo, mediante el aislamiento o enclaustramiento.
 - *Prevención en el medio de transmisión*. Se trata de evitar la exposición al riesgo interponiendo barreras entre el origen y las personas, actuando sobre el medio mismo absorbiendo o anulando el agente o situación de riesgo, e incluso, actuando sobre la misma organización del trabajo, por ejemplo, mediante el alejamiento o sistemas de alarma.
 - *Prevención sobre la propia persona*. Mediante la utilización de medios de protección individual, la educación, la información, la formación, la vigilancia de la salud, la vacunación, la disminución del tiempo de exposición, etc.
- *Prevención secundaria*. Cuando ha comenzado el proceso de alteración de la salud aunque no se manifieste de una manera clara; en

general puede tratarse de una fase inicial, subclínica, muchas veces reversible. Las actuaciones preventivas en estos casos son la adecuada vigilancia de la salud para un diagnóstico precoz y un tratamiento eficaz, principalmente.

- *Prevención terciaria.* Hay que aplicarla cuando, existe una alteración patológica de la salud o durante la *convalecencia* de la enfermedad o posteriormente a la misma. Se trata de prevenir la reincidencia o las recaídas, o las posibles «*complicaciones*» o secuelas, mediante el adecuado tratamiento y rehabilitación, como principales medidas.

4.3.2. Las condiciones de seguridad y de salud en el trabajo

El objeto de la prevención de los riesgos laborales en la empresa, lo constituye las *condiciones de trabajo* que hay que controlar para que no supongan una amenaza para la seguridad y la salud del trabajador y se alcance *una calidad de trabajo* suficiente. Este concepto ya fue abordado en el tema 2, junto con el de salud, daños derivados del trabajo, peligro, riesgo laboral y factores de riesgo, así como los diferentes tipos de riesgos.

4.3.3. Los principios generales de la prevención

El empresario, los directivos, los profesionales (pertenezcan a la empresa o sean ajenos a ella) y los propios trabajadores deben tener en cuenta los principios de prevención que se describen a continuación, según su *cuota de responsabilidad* y las funciones y tareas que desarrollen, especialmente en la adopción de medidas de prevención, y más aún, a la hora de tomar cualquier decisión que pueda repercutir en la seguridad y salud de los trabajadores o bien si se es consultado previamente o al elaborar propuestas al respecto.

En el cuadro adjunto se describen los principios generales de prevención de los riesgos laborales, en un cierto orden de prioridad, con la primera exigencia de evitarlos y en caso de no ser esto posible, combatirlos en el origen. Hay que planificar la prevención desde la misma concepción del proceso productivo, el diseño de los puestos de trabajo, la elección de los equipos de trabajo y la organización y métodos de las tareas a desarrollar. El **trabajo se adaptará a la persona** y se procurará sustituir lo peligroso por lo que no lo sea o lo sea en menor medida. La organización de la prevención se integrará en todos los niveles de actividad y

de la estructura jerárquica de la Empresa. En todo caso se antepondrán soluciones de **protección colectiva** a las medidas de protección individual. Se procurará progresar a mejores niveles de seguridad y salud, teniendo en cuenta especialmente la evolución de la técnica.

CUADRO 4.1. Principios generales de prevención

EVITAR LOS RIESGOS

EVALUAR LOS RIESGOS INEVITABLES

COMBATIR LOS RIESGOS EN EL ORIGEN

ADAPTAR EL TRABAJO A LA PERSONA

TENER EN CUENTA LA EVOLUCIÓN DE LA TÉCNICA

SUSTITUIR LO PELIGROSO POR LO QUE NO LO SEA O SEA MENOS

PLANIFICAR E INTEGRAR LA PREVENCIÓN

APLICAR PROTECCIÓN COLECTIVA con prioridad a la INDIVIDUAL

DAR debidas INSTRUCCIONES a los TRABAJADORES

Los principios de prevención deben ser asumidos por toda la empresa, por todos los que en el orden jerárquico la integran, desde la dirección hasta cualquier trabajador, pasando por toda la cadena (organigrama) de diferentes mandos intermedios. Es más, la acción preventiva debe estar *integrada* en el proceso productivo y en la organización de la empresa. Todos, cada uno en la medida que les corresponde, deben *jugar un papel* en el sistema de prevención de la empresa. **Todos deben participar en la prevención.**

4.4. PRINCIPALES TÉCNICAS DE PREVENCIÓN

Las actuaciones en materia de prevención de riesgos laborales están *marcadas* por su carácter *interdisciplinario*, y multidisciplinario, y su necesaria *integración* en todas las fases del proceso productivo y en la organización de la empresa. En este sentido cualquiera que sea el nivel y especialidad de quienes *despliegan una actividad* en ella deben tener una formación suficiente y adecuada con el objeto de asumir satisfactoriamente y con garantía la prevención en su ámbito de actuación y responsabilidad.

No obstante, actualmente se reconocen cinco *disciplinas básicas* en materia de prevención de riesgos laborales. Una de ellas tiene un reconocimiento de *especialidad* con plena validez *académica* en varios Estados miembros de la Unión Europea, entre ellos España. Se trata de la *Medicina del Trabajo* junto con la *Enfermería del Trabajo*. Las otras no han alcanzado este *estatus*, pero se reconocen como tales disciplinas básicas en el Reglamento de los Servicios de Prevención de 1997.

Previamente hay que tener en cuenta que se puede actuar para prevenir los riesgos laborales a cuatro niveles:

- 1) En la *concepción y el diseño*. Aquí es necesario que los profesionales tengan *asumida la filosofía preventiva* junto con los conocimientos preventivos necesarios en su formación académica y de especialización. Se trata de **evitar el riesgo**, o en todo caso **minimizarlo**.
- 2) *Sobre el origen del riesgo*, con objeto de **eliminar el riesgo**, o en su caso **reducirlo** todo lo posible.
- 3) *Sobre el medio ambiente de trabajo o medio de transmisión del riesgo*, con objeto de **controlar el riesgo**.
- 4) *Sobre la propia persona*, con objeto de **protegerla** mediante *equipos de protección individual* contra los riesgos existentes, de **promover y vigilar su salud** y de **educarla y formarla** adecuadamente. Cabría añadir las instrucciones e información dirigidas individualmente, así como actuaciones de carácter organizativo (cambio de tarea o método, rotación de puestos, etc.).

4.4.1. Medicina y Enfermería del Trabajo

Si la Medicina se basa en el conocimiento de las funciones, y *funcionamiento*, del organismo humano y de su *interacción* con el medio en que vive y desarrolla su actividad, para alcanzar los objetivos descritos en el cuadro, la Medicina del Trabajo se *especializa* en la *interacción* con un medio particular: el del trabajo, sin dejar de considerar la misma salud como *un todo*, indivisible, y que el medio *no laboral* interactúa a su vez con el medio *laboral* (y viceversa).

CUADRO 4.2. Objetivos esenciales de la Medicina

PROMOCIÓN DE LA SALUD
CURACIÓN DE LAS ENFERMEDADES
REHABILITACIÓN

El *trabajo* influye sobre la salud, pero puede hacerlo tanto en sentido positivo como negativo. Lo óptimo consiste en favorecer el primer aspecto y rebajar sino anular el segundo.

En este empeño se ha de centrar las diferentes técnicas de *promoción de la salud*, y no sólo las *sanitarias* como la *Medicina del Trabajo*. Todas las técnicas preventivas, junto con ésta, la seguridad en el trabajo, la higiene industrial, la psicociología laboral, además de controlar los riesgos, persiguiendo su eliminación, o al menos, su minimización, fomentan directa o indirectamente el aspecto positivo de la influencia del trabajo. Objetivo que se hace quizás más patente con la *ergonomía*.

Las *técnicas preventivas* que utiliza la Medicina del Trabajo son fundamentalmente las siguientes:

- *Epidemiología*, mediante la que se investiga sobre una población o grupo de personas la distribución y frecuencia de *signos* y, en general, alteraciones o anomalías en su estado de salud, con objeto de conocer sus posibles causas y los distintos factores que intervienen en su evolución, para que finalmente puedan prevenirse los riesgos correspondientes.
- *Vigilancia de la salud*, con objeto de:
 - Conocer el estado de salud individual y colectivo en relación a los riesgos a los que están expuestos.
 - Indagar la existencia de una posible especial susceptibilidad o sensibilidad individual.
 - Verificar si existe algún *factor* o condición individual y su alcance, tanto temporal o permanente, que pudiera representar un riesgo o agravamiento de los existentes para esa persona y para su entorno.
 - Detección precoz de alteraciones de la salud.
 - Actuar en consecuencia y participar interdisciplinariamente en la actividad preventiva.
- *Educación sanitaria*, como otro medio muy valioso para la promoción de la salud, con el fin de que conjuntamente (interdisciplinariamente) con otros profesionales, se alcancen cambios *positivos* a nivel individual y colectivo, modificando hábitos y conductas negativos y fomentando la participación en programas preventivos y, en general, de promoción de la salud.

- Otros aspectos como el reforzamiento individual con objeto de hacerle *más resistente* a posibles alteraciones de la salud, mediante vacunaciones y realización de ejercicios físicos, por ejemplo, y actuaciones en caso de situaciones de urgencia.

Los Médicos del Trabajo tienen como estrechos colaboradores a los profesionales de la Enfermería del Trabajo, especialidad de reciente creación, que supone el reconocimiento de quienes hasta ahora no tenían tal *especialidad académica*, pero que no obstante han desempeñado un valioso papel: los Diplomados Universitarios en Enfermería y los *ATS de empresa*.

4.4.2. Seguridad en el Trabajo

La *Seguridad en el Trabajo* consiste en un conjunto de técnicas y procedimientos que tienen por objeto evitar y, en su caso, eliminar o minimizar los riesgos que pueden conducir a la materialización de accidentes con ocasión del trabajo (lesiones, incluidos los efectos agudos producidos por agentes o productos potencialmente peligrosos).

Es necesario poseer conocimientos de diversa índole, como Ingeniería o Licenciatura en Ciencias, gestión empresarial, Economía, Derecho, Estadística, Psicosociología, Pedagogía, etc.

Se persiguen esencialmente dos tipos de objetivos:

- Evaluación de los riesgos (incluida su identificación) e investigación de accidentes
- Corrección y control de los riesgos (incluida su eliminación), en consecuencia.

Consecuentemente, las técnicas de seguridad se clasifican en *analíticas* y *operativas*.

Según el campo de actuación se cuenta con *técnicas generales* de seguridad, como la organización, economía, estadística, señalización, etc. y *técnicas específicas*, como seguridad química, seguridad eléctrica, prevención y lucha contra incendios, seguridad de las máquinas, etc. o por sectores de actividad, como seguridad en la construcción, seguridad minera, seguridad en la agricultura, seguridad en el transporte, etc.

4.4.3. Higiene Industrial

La aparición de alteraciones *patológicas* de la salud viene determinada por un conjunto de factores:

- 1) La **naturaleza** y **estado físico** de los agentes químicos y el **tipo** y, en su caso, **frecuencia**, de los agentes físicos, así como la naturaleza de los agentes biológicos presentes bajo determinadas condiciones.
- 2) La **concentración** del agente químico presente en el ambiente o la **intensidad** referida al agente físico al que está expuesto el trabajador. Para evaluar el riesgo de exposición se suelen utilizar valores-límite de referencia.
- 3) El **tiempo de exposición** al agente en el medio ambiente de trabajo. Los valores-límite se suelen referir a un tiempo *normalizado*, como la jornada de trabajo de 8 horas diarias o 40 horas semanales. La consideración conjunta de la concentración o intensidad, según el caso, y el tiempo de exposición da lugar al concepto de **dosis**.
- 4) Las características individuales de cada persona y en particular, determinadas **susceptibilidades** especiales ante algún agente que pudiera existir. Los valores de referencia se establecen en relación a una población *normal* o normalizada, por lo que habrá que determinar si una persona se puede considerar incluida en ese colectivo o no para cada agente al que pudiera estar expuesta.
- 5) La existencia de otros agentes o factores que puedan potenciar o rebajar los posibles efectos de la exposición. Por ejemplo, la temperatura, la presencia de agentes cuyos efectos son aditivos, sinergias como las debidas al humo procedente de fumar tabaco, etc.

La Higiene Industrial, como técnica no médica de prevención de los riesgos laborales relativos a la posibilidad de sufrir alteraciones de la salud por una exposición a agentes físicos, químicos y biológicos, actúa con carácter esencialmente preventivo por procedimientos técnicos mediante, en general, la siguiente secuencia:

- 1) **Identificación** de los diferentes agentes de riesgo.
- 2) **Medición**, en el caso que sea necesario, de la exposición al agente (concentración/intensidad y tiempo de exposición) y aportación de datos complementarios que se precisen.

- 3) **Valoración del riesgo de exposición**, comparando las dosis de exposición con los valores de referencia según los criterios establecidos.
- 4) **Corrección** de la situación, si ha lugar.
- 5) **Controles periódicos** de la eficacia de las medidas preventivas adoptadas y de la exposición y vigilancia periódica de la salud.

4.4.4. Psicología del trabajo

Al hablar de los riesgos laborales se realizó la distinción de los denominados *riesgos psicosociales*. También se ha tratado de la importancia de los hábitos, costumbres y actitudes de las personas en relación con el trabajo, e incluso de una *cultura de la prevención*. La especialización en el campo laboral de la *Psicología* y de la *Sociología* se debe a la necesidad de actuar respecto a tales cuestiones desde la perspectiva de estas ciencias con el objeto de evaluar los riesgos y analizar determinadas situaciones de comportamiento social y de la *psique*, para a partir de estas aportaciones, actuar convenientemente en la mejora de las *condiciones psicosociales* del trabajo.

Temas esenciales de esta disciplina son por un lado, el denominado *estrés*, en cualquiera de sus variantes o manifestaciones, y la *insatisfacción*, y por otro, las cuestiones relativas a la organización de la empresa, los factores de la tarea, la dirección y el mando y la conducta individual.

Si en la definición de salud se distinguen tres *campos*: el físico, el psíquico o mental y el social, mientras las tres disciplinas anteriores se dedican en muy gran medida al primer aspecto, la Psicología del Trabajo interviene con más intensidad en los dos últimos aspectos, sin menoscabo de la propia Medicina del Trabajo con la que tiene estrecha relación para el desarrollo de actuaciones en estos ámbitos: psíquico y social.

4.4.5. Ergonomía

Si bien las anteriores cuatro disciplinas se dirigen a las condiciones de trabajo en función, principalmente, de sus aspectos *negativos*, la *Ergonomía*, también denominada *ciencia del bienestar y del confort*, no solo persigue la mejora de las mismas a fin de eliminar o rebajar sus efectos negativos sobre los tres *campos* de la salud, físico, psíquico y social, sino

que tiende a un concepto más amplio de la salud, y de condiciones de trabajo, para lo que además pretende la mejora de cualquier aspecto que incida en el equilibrio de la persona, considerada conjuntamente con su entorno.

Esta ciencia relativamente reciente ha sido definida de manera muy diversa. El Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo la define como *el conjunto de técnicas cuyo objetivo es la adecuación entre el trabajo y la persona*. De inmediato surgen dos características: su multidisciplinariedad y su actuación global.

Los principales objetivos de la Ergonomía son:

- Seleccionar las técnicas más adecuadas a las personas disponibles.
- Controlar el entorno o medio ambiente de trabajo.
- Evaluar los riesgos de fatiga física y mental.
- Definir los objetivos de formación en relación a las características de puestos de trabajo y personas.
- Optimizar la interrelación entre técnicas utilizadas y personas.
- Favorecer el interés de los trabajadores por la tarea y el proceso productivo así como por el ambiente de trabajo.

Existen diversas orientaciones o enfoques de la Ergonomía. Entre ellas, cabe distinguir:

- La *Ergonomía del puesto de trabajo*, con objeto de adaptar las dimensiones, esfuerzos y movimientos, fundamentalmente, a las características individuales de la persona que lo desempeña.
- La *Ergonomía de los sistemas*, que amplía el enfoque anterior al considerar además, tanto los aspectos *físicos* del entorno del puesto de trabajo (iluminación, microclima, ambiente acústico...) como los *organizativos* (ritmos de trabajo, pausas, horarios...).
- Un paso más, consiste en la consideración de la *Ergonomía* de un modo totalizador, dirigida al desarrollo integral de la persona, teniendo en cuenta a los trabajadores no solo como sujetos pasivos sino también activos, fomentando su participación en la mejora de las condiciones de trabajo, con mayor interés, creatividad... y por lo tanto mayor satisfacción personal. (Y con ello mayor productividad y mejor calidad en los resultados del proceso productivo).

Desde este último punto de vista, tan amplio y globalizador, puede considerarse *integradas* en la *Ergonomía* las cuatro grandes disciplinas de carácter general contempladas con anterioridad: Medicina del Trabajo, Seguridad en el Trabajo, Higiene Industrial y Psicología del Trabajo.

4.4.6. Otras técnicas relacionadas con la prevención

Después de todo lo expuesto en este tema, se puede afirmar sin margen a error o exageración, que cualquier ciencia o técnica puede tener cabida en la actividad preventiva a desarrollar en la empresa.

Una cuestión importante en cuanto a la propia *relación de trabajo*, las obligaciones de empresarios, directivos y trabajadores en general en materia de prevención de riesgos, las responsabilidades consecuentes y la garantía del derecho de los trabajadores a una protección eficaz de su seguridad y salud en todos los aspectos relacionados con el trabajo, corresponde al Derecho del Trabajo y, en particular, a una *rama* cada vez más extensa y con mayor relevancia: el *Derecho de la Seguridad y salud en el Trabajo*, además de la cuestiones también de especial importancia del *Derecho de Seguridad Social*.

La *Pedagogía*, y especialmente las técnicas de formación de adultos, la Toxicología, la Fisiología, la Estadística, la Economía, la Ecología, las técnicas de Gestión empresarial, las técnicas de Recursos Humanos, las técnicas de Comunicación, Arquitectura, Ingeniería, Física, Química, Biología, etc., todas aportan conocimientos y *herramientas* que perfectamente pueden considerarse como *técnicas preventivas específicas* como se verificará a lo largo de este curso.

4.5. LA EVALUACIÓN DE LOS RIESGOS LABORALES

Para conseguir satisfactoriamente los objetivos de un nivel de protección eficaz de la seguridad y la salud de los trabajadores en el trabajo, hay que procurar mantener unas condiciones de trabajo *sanas y seguras*. Para tomar *todas las medidas necesarias, las más adecuadas*, con el fin de conseguir este objetivo, se debe partir del conocimiento de la situación a través del análisis de las condiciones de trabajo y la consiguiente evaluación de riesgos.

Esta es la primera actividad preventiva que se debe realizar por la empresa para, partiendo de sus resultados, planificar adecuadamente la

actividad preventiva, junto con el establecimiento de la organización preventiva necesaria. Hay que advertir que la actividad preventiva incluye la información y la formación de los trabajadores y *necesita* su participación.

La evaluación de riesgos es una *herramienta* indispensable en la actividad preventiva, mediante la cual se obtiene la información precisa para determinar las decisiones apropiadas en orden a adoptar las medidas necesarias de prevención y su planificación, estableciendo las prioridades que correspondan.

La evaluación de riesgos es en sí misma una actividad *preventiva*, la primera, puesto que se dirige a identificar los factores de riesgo y *prever* los posibles daños y su magnitud, para poder elegir los medios para eliminarlos o minimizarlos. Por lo tanto, se trata de tomar *las medidas adecuadas a tiempo*, de actuar con anticipación —*preventivamente*— para no tener que lamentar que se produzcan daños y que su análisis, entonces *a posteriori*, nos delate los factores de riesgo que los han desencadenado y actuar, ya *a destiempo*, *corrigiendo* las incorrectas o defectuosas condiciones de trabajo.

La evaluación de riesgos consiste esencialmente en un análisis sistemático de las condiciones de trabajo con objeto de identificar los factores de riesgo, en la valoración de los riesgos y en el estudio de la posibilidad de eliminarlos y de otras medidas de prevención, en su caso. Debe contarse con la colaboración y participación de los trabajadores y de los distintos niveles jerárquicos.

La evaluación de riesgos consta fundamentalmente de las siguientes etapas:

- Identificación de los peligros y factores de riesgo.
- Identificación de los trabajadores expuestos a los riesgos.
- Valoración, cualitativa o cuantitativa, de los riesgos (*Evaluación*) existentes.
- Análisis de las posibles medidas para eliminar o controlar el riesgo.
- Decisión sobre las medidas más adecuadas, implantación de las mismas, su mantenimiento y control.

La evaluación debe referirse a los riesgos que pueda entrañar la actividad laboral y que puedan tener una cierta entidad, tanto por una cierta probabilidad de que se materialice como por la significación del daño *esperado*. En general, no hay porqué tener en cuenta los *riesgos comunes*

de la vida ordinaria que no son motivo de preocupación, salvo que otros factores de las condiciones de trabajo los acrecienten.

La evaluación de riesgos debe afectar a todos los *puestos de trabajo*. Podrán omitirse otros puestos *equivalentes* a uno ya evaluado, con el fin de evitar evaluaciones repetidas sin utilidad alguna. La evaluación de riesgos exige un conocimiento profundo de las *condiciones de trabajo*.

No existe un único procedimiento o método de evaluación de riesgos con carácter general. La bibliografía ofrece una amplia gama de métodos de todo tipo, unos más sencillos (dirigidos a la pequeña y mediana empresa), otros más complejos dedicados a ciertas actividades de mayor envergadura, sectoriales, para riesgos específicos, etc.

En los casos que exista un procedimiento determinado en un Reglamento específico (por ejemplo, sobre ruido, fibras de amianto, plomo ambiental, etc.) se deberá aplicar exclusivamente dicho método.

Se pueden adoptar diferentes enfoques siempre que, en general, se lleven a cabo las siguientes actuaciones:

- Estudio del entorno del puesto de trabajo (condiciones termohigrométricas, iluminación, instalaciones, equipos, suelo, accesos, ruido, etc.).
- Identificación y estudio de las diferentes tareas.
- Estudio de las pautas de trabajo y de la ejecución de las tareas, así como de su adecuación a los métodos establecidos.
- Análisis de factores externos que puedan influir en los riesgos (por ejemplo: condiciones meteorológicas en trabajos al aire libre)
- Análisis de factores fisiológicos, psicológicos y sociales, que puedan interactuar.
- Análisis del sistema de prevención implantado.

Se adoptará un determinado enfoque en función de:

- El tipo del puesto de trabajo (en un lugar estable, provisional, móvil, etc.).
- La clase de proceso (en cadena, repetitivo, nuevo, etc.).
- Las características de la tarea (monótona, ocasional, de alto riesgo, en espacios confinados, etc.).
- La complejidad técnica.

En ocasiones con un único procedimiento se podrá evaluar el conjunto de todos los riesgos. En otras, sin embargo, será más adecuado adoptar *enfoques* diferentes para distintos aspectos de la actividad.

A veces es útil realizar la evaluación de riesgos como una sucesión de diferentes etapas, en las que se avanza hacia un conocimiento más preciso o más profundo. De esta manera, se puede comenzar por una *evaluación global* que agrupe los riesgos en dos clases: aquellos *conocidos* que requieren medidas de control también conocidas, que pueden adoptarse de inmediato y son fácilmente comprobables, y aquellos otros que necesitan de un análisis más detallado. En esta *evaluación global*, cuando sea posible, se determinarán los riesgos cuya eliminación es factible.

A menudo, la fuente de información más completa se obtiene mediante una entrevista con los trabajadores involucrados en la actividad que se pretende evaluar. Ellos pueden describir todos los detalles de las tareas y funciones que desempeñan, hábitos y precauciones que toman, pueden opinar sobre los posibles problemas que presentan, señalar factores de riesgo y fallos del sistema de prevención, y proponer mejoras.

Las evaluaciones más detalladas se abordarán siguiendo las etapas señaladas con ocasión de la descripción de las *características básicas de la evaluación de riesgos*. Estas etapas se tratan con mayor amplitud más adelante.

Como ya se ha dicho, más adelante se contemplará esta acción preventiva *esencial* de la evaluación de riesgos con la extensión y detalle necesarios.

No obstante, hay que advertir que la evaluación de riesgos debe realizarse con sujeción a los procedimientos y criterios contenidos en la reglamentación, cuando exista: exposición al ruido, a fibras de amianto, etc.

En ausencia de reglamentación específica que sea de aplicación, se seguirán normas (UNE), guías y documentos de apoyo publicados por organismos competentes (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, organismos técnicos de las Comunidades Autónomas, etc.), códigos de buena práctica, recomendaciones de entidades reconocidas internacionalmente (Comisión Europea, CEN/CENELEC, ISO, OIT, OMS, OCDE, OSHA, etc.), métodos, instrucciones, guías y documentos análogos de entidades de prestigio, especializadas o comprometidas que ofrezcan un nivel de confianza que pueda equipararse a los anteriores (Universidades, Mutuas de Accidentes de Trabajo y Enfermedades Profesionales, Asociaciones profesionales, Sindicatos, Organizaciones Empresariales, Asociaciones de fabricantes, etc.).

EJERCICIOS DE AUTOCOMPROBACIÓN

1. Frente a la actitud y cultura preventiva, ¿qué actitudes persisten todavía hoy en la sociedad?
2. Describir desde el punto de vista técnico el concepto de prevención.
3. Enumerar los principios generales de la prevención de riesgos laborales.
4. Explicar en qué consiste la prevención primaria y describir las principales acciones que puede implicar.
5. Indicar cuáles son los dos objetivos esenciales de la vigilancia de la salud de los trabajadores con relación a los posibles riesgos laborales a los que pueden estar expuestos.
6. ¿De qué disciplinas es objeto la prevención de los riesgos laborales por exposición a agentes físicos, químicos y biológicos?
7. Explicar el concepto de dosis en el ámbito de la higiene industrial.
8. ¿A qué disciplina o Ciencia le corresponde con mayor razón la aplicación del Principio de Prevención «*adaptar el trabajo a la persona*»? ¿Porqué?
9. Definir qué es la epidemiología.
10. Explicar en qué consiste la evaluación de los riesgos laborales.

Tema 5

HIGIENE INDUSTRIAL. CALIDAD DEL AIRE INTERIOR

CONTENIDO

- 5.1. Concepto de higiene industrial.
 - 5.2. Partes de la higiene industrial.
 - 5.3. Evaluación y control de los riesgos laborales propios de la higiene industrial.
 - 5.4. Evaluación y control de los riesgos laborales por exposición a agentes físicos.
 - 5.4.1. Evaluación y control del ruido.
 - 5.4.2. Evaluación y control de las vibraciones mecánicas.
 - 5.4.3. Evaluación y control de la exposición a radiaciones ionizantes.
 - 5.4.4. Evaluación y control de la exposición a radiaciones no ionizantes.
 - 5.4.5. Evaluación y control de los riesgos por calor y frío.
 - 5.5. Evaluación y control de los riesgos laborales por exposición a agentes químicos.
 - 5.5.1. Evaluación de los riesgos por exposición por inhalación de agentes químicos.
 - 5.5.2. Los valores límite y otros estándares de referencia.
 - 5.5.3. La prevención contra los riesgos por exposición a agentes carcinógenos y a agentes mutágenos.
 - 5.6. Evaluación y control de los riesgos laborales por exposición a agentes biológicos.
 - 5.7. Calidad del aire interior.
 - 5.7.1. Fuentes de contaminación del aire interior.
 - 5.7.2. Contaminantes químicos más frecuentes que pueden alterar la calidad del aire interior.
 - 5.7.3. Evaluación de la calidad ambiental del aire interior.
 - 5.7.4. Métodos de control de la calidad del aire interior.
- Ejercicios de autocompobación.

5.1. CONCEPTO DE HIGIENE INDUSTRIAL

Los trabajadores ejecutan las funciones y tareas asignadas por la empresa en un *ambiente de trabajo* cuyas características o *condiciones ambientales* pueden influir no solo en la calidad del trabajo que realizan, sino también en la seguridad y salud, propias y de los demás. A estas *condiciones ambientales*, se refieren las técnicas preventivas, de carácter no médico, englobadas bajo la denominación de ***higiene industrial***. Estas *condiciones* cuando no son adecuadas pueden suponer un riesgo para la salud, lo que conduce a la posibilidad de sufrir una enfermedad o alteración patológica a consecuencia de uno o varios peligros y factores de riesgo ambientales.

Casi siempre, salvo los casos en que aparecen efectos de carácter inmediato o agudos, se trata de alteraciones de la salud debidas a una exposición más o menos continuada a estos *riesgos ambientales laborales*, de evolución paulatina y en el principio desapercibida, que va manifestando con el tiempo síntomas, específicos o no, que van delatando una enfermedad o patología de carácter *crónico*. La higiene industrial abarca fundamentalmente este tipo de riesgos cuyos efectos, en general, son *diferidos con el tiempo*, descartando en consecuencia los riesgos de accidente, por ejemplo, los de incendio o explosión, también debidos a *ambientes inadecuados*, por la presencia de determinados agentes físicos y químicos.

Las técnicas preventivas englobadas bajo la denominación actual de la Higiene Industrial nacieron como consecuencia de la prevención de *enfermedades* que se comprobaba que tenían su origen en la actividad laboral. Los conceptos de Higiene Industrial y Medicina del Trabajo han estado siempre íntimamente relacionados, siendo en los primeros tiempos los profesionales de la Medicina quienes detectaban los problemas *higiénico-laborales*.

La higiene industrial tal como se concibe actualmente, surge después de la *revolución industrial* como una necesidad ineludible de proteger a

los trabajadores contra los graves riesgos que con ocasión del trabajo, por unas *malas condiciones* en que se acomete el mismo, conducen a la enfermedad y al acortamiento de la *esperanza de vida*.

Anteriormente (temas 2 y 4) se ha tratado los conceptos esenciales de la **higiene industrial**.

El *trabajo* influye sobre la salud, pero puede hacerlo tanto en sentido positivo como negativo. Lo óptimo consiste en favorecer el primer aspecto y rebajar sino anular el segundo.

En cualquier caso, hay que tener en cuenta:

- Que los valores límites de referencia para la evaluación de los riesgos, establecidos en muchos casos legalmente, no son barreras rígidas y definidas, por lo que no pueden explicarse respuestas individuales o aisladas.
- En muchos casos no son conocidos los efectos a largo plazo de los agentes contaminantes. Además, generalmente no se puede cuantificar el resultado de sus efectos antagónicos o aditivos.
- La introducción en el mercado de nuevos productos y materiales, cuyos efectos no son aún conocidos.
- Las limitaciones de carácter analítico en la evaluación de las concentraciones de los contaminantes químicos, cada vez más bajas, así como por las posibles interferencias, por lo que se necesita de técnicas altamente precisas, sensibles y seguras.
- La dificultad de conseguir una buena representatividad de la medida o análisis en unas condiciones y un momento determinado con respecto a las condiciones reales a lo largo de la jornada de trabajo.

La higiene industrial puede considerarse como una parte de las Ciencias Ambientales, que se limita al ambiente exclusivamente de trabajo, con el objetivo particular de proteger adecuadamente a los trabajadores de los riesgos a los que pueden estar expuestos con ocasión de su trabajo por la existencia en su entorno de agentes físicos, químicos y biológicos.

Pero precisamente el ambiente de trabajo puede ser sumamente complejo por la naturaleza y variedad de agentes a los que pueden estar expuestos los trabajadores. Sin embargo, salvo excepciones, estas exposiciones no son continuadas sino intermitentes, es decir, repartidas en jornadas de 7 a 8 horas diarias y semanas de unas 40 horas, con descanso semanal.

Los parámetros de la higiene industrial, por lo tanto, son forzosamente diferentes a los que debe manejar la Ciencia Ambiental cuando se fija en los ambientes externos. Estos son de una gran amplitud y extensión, mientras que los ambientes laborales suelen estar acotados. La contaminación externa actúa de manera continuada (sin pausas) y persistente, pudiendo multiplicarse en cadena a través de todos los medios (aire, agua, suelo...) y por los diversos seres que intervienen en las distintas cadenas alimentarias. La contaminación del medio laboral actúa intermitentemente y a lo largo de la vida laboral, unos 40 años aproximadamente como media en el actual mundo desarrollado. La contaminación externa puede penetrar en los organismos por cualquier vía: respiratoria, cutánea, digestiva, parenteral... La contaminación del medio de trabajo prácticamente penetra en la gran mayoría de los casos por la vía respiratoria y en menor grado por la vía dérmica. La contaminación externa debe tener en cuenta todo tipo de seres expuestos, particularmente los seres humanos de cualquier edad (niños, adultos, mayores, enfermos, etc.) y condición, mientras que la contaminación laboral solo actúa sobre las personas que trabajan, adultas y con un normal estado de salud (presuntamente sanos).

5.2. PARTES DE LA HIGIENE INDUSTRIAL

Para llevar a cabo las funciones y objetivos de la Higiene Industrial, la *identificación, medida, corrección y control* de los ambientes laborales con el fin de prevenir la aparición de enfermedades, la Higiene Industrial se estructura en cuatro ramas, a las que corresponden los siguientes objetivos y funciones específicas:

La **Higiene Básica o Teórica**. La más importante, ya que sienta las bases de actuación de las otras tres. Su objetivo fundamental es establecer la relación *dosis-respuesta*, proponiendo unos *valores límite* de referencia para cada agente contaminante, por debajo de los cuales la mayoría de los trabajadores pueden estar expuestos sin sufrir ningún riesgo o alteración funcional a lo largo de su vida laboral.

La **Higiene de Campo** tiene como objetivo principal acometer el estudio de la situación *higiénica* del ambiente de trabajo concreto de cada caso. Para ello se desarrollan diversas funciones tales como:

- 1.º *Análisis de los puestos de trabajo* que incluyen el estudio del proceso tecnológico producción, inventario de materias primas, productos y subproductos empleados, trabajadores expuestos, tiempo de trabajo, etc.

- 2.º *Identificación cualitativa de contaminantes.*
- 3.º *Valoración de la situación higiénica* mediante técnicas de medida directa y toma de muestra para su análisis posterior.
- 4.º *Recogida de cualquier otro tipo de información* que sea de interés para la evaluación final de la situación higiénica de los puestos de trabajo.

La **Higiene Analítica** tiene como objetivo fundamental la identificación y análisis cuantitativo de los agentes contaminantes presentes en el puesto de trabajo, bien mediante medidas «in situ» o bien sobre muestras representativas tomadas en el puesto de trabajo utilizando las técnicas adecuadas (Higiene de campo). Dado el gran número de agentes contaminantes posibles y las bajas concentraciones en que generalmente se encuentran en el ambiente, las técnicas analíticas deben ser lo suficientemente sensibles precisas y específicas. También la Higiene analítica colabora con la Medicina del trabajo en el análisis de muestras biológicas (sangre, orina, tejidos...) Asimismo colabora con la Higiene Teórica y con la Toxicología para el establecimiento y revisión de los valores límites de referencia.

La **Higiene Operativa** persigue la corrección técnica y el control del ambiente y de los puestos de trabajo que presenten riesgos higiénicos para reducirlos a límites tolerables para la salud. Para conseguir este objetivo se debe actuar sobre algunos de los tres aspectos siguientes, según el orden de prioridad:

- 1.º La fuente o foco contaminante.
- 2.º El medio ambiente en el que se propaga.
- 3.º Sobre el sujeto receptor, en este caso el trabajador.

De todo lo expuesto se debe considerar que a pesar de la división en ramas, la Higiene Industrial es el conjunto coordinado de la actuación de todas ellas, con el objeto de prevenir los riesgos ambientales laborales y que es una ciencia interdisciplinar que incluye, entre otros, conocimientos de Medicina, Toxicología, Epidemiología, Química, Física e Ingeniería. En consecuencia, los higienistas industriales deben actuar en estrecha colaboración con los especialistas de estas materias, sin olvidar que la prevención de los riesgos laborales, es tarea de todos, los que intervienen en el proceso productivo y quienes aportan desde el exterior todo el bagaje de asesoramiento, equipamientos, productos, procedimientos, exigencias, controles, actuaciones, etc. En particular, desde el punto más eficiente de la prevención, es esencial el diseño de los equipos, instala-

ciones y procedimientos así como la implantación de las mejores prácticas, la investigación de nuevos materiales, productos y procesos para sustituir a los más peligrosos y la epidemiología de los riesgos emergentes para su más completo conocimiento.

5.3. EVALUACIÓN Y CONTROL DE LOS RIESGOS LABORALES PROPIOS DE LA HIGIENE INDUSTRIAL

En la *Higiene Industrial* se puede definir como «agente contaminante» a *toda manifestación energética o tipo de materia viva o no, que estando presente en el ambiente laboral puede afectar a la salud de las personas, siempre que su intensidad o concentración supere unos límites definidos para cada caso o su capacidad de actuar, en el caso de los agentes vivos, sea amenazadora.*

Anteriormente ya se ha contemplado que según se trate de una energía, de un producto químico o de un ser vivo, los contaminantes se clasifican en tres grandes grupos:

- Agentes contaminantes físicos.
- Agentes contaminantes químicos.
- Agentes contaminantes biológicos.

En el tema 2 se han descrito los principales riesgos laborales ambientales. En el presente tema corresponde tratar la evaluación de tales riesgos *higiénicos* y su corrección y control. Para ello es esencial realizar una **encuesta higiénica**, con la que se persigue conocer las condiciones *higiénico-industriales*, es decir, los procesos y procedimientos conjuntamente con los diversos factores que concurren para identificar los peligros (contaminantes y procesos) y valorar el riesgo por exposición de cada persona atendiendo no solo a las características *objetivas* de esas condiciones de trabajo sino también a las de la propia persona expuesta, para lo cual es imprescindible la actuación conjunta con los especialistas de medicina del trabajo. Esto puede ser el caso, por ejemplo, de una persona que pueda presentar una sensibilización o alergia a algún determinado agente que para otras puede resultar inocuo, o los casos en que una mujer esté embarazada, lo que también puede entrañar una especial vulnerabilidad a determinados agentes, ya sean físicos, químicos o biológicos.

Por lo tanto, mediante la encuesta higiénica hay que identificar todos los procesos y los agentes potencialmente peligrosos, incluso aquellos que en circunstancias anómalas pudieran generarse, además de las

diversas fuentes y causas que puedan dar lugar a la exposición de las personas así como los diversos factores que puedan influir, con inclusión de la verificación de la eficacia de los diversos sistemas y dispositivos de vigilancia y control del ambiente laboral y de las soluciones adoptadas desde el diseño, con el fin de mantener dicho ambiente en un suficiente nivel de seguridad y de salubridad.

Aunque la evaluación de riesgos en higiene industrial tiene como referencia básica uno o varios valores límite, hay que insistir que no siempre es necesario realizar mediciones (o en su caso, tomar muestras para su posterior análisis en laboratorio) y que la experiencia del profesional junto con los criterios, métodos y normas de referencia, que en España son los que elabora el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, determinará la correspondiente evaluación, sobre los datos acopiados en la encuesta higiénica, que incluyen toda información útil sobre el agente en cuestión, particularmente la ficha de datos de seguridad cuando se trata de agentes químicos.

La actuación preventiva en Higiene Industrial, se concreta en cuatro fases esenciales: *Reconocimiento e Identificación; Análisis, Evaluación y Corrección y Control.*

El reconocimiento e identificación parte de conseguir toda la información posible que permita centrar el problema y vislumbrar los posibles riesgos higiénicos en la empresa y puestos de trabajo objeto de estudio. La información recogida debe provenir de todos los interlocutores afectados por el problema (trabajadores, miembros del comité de Seguridad y Salud, técnicos, los otros técnicos del servicio de prevención, etc.), así como de los datos y estudios epidemiológicos relativos a actividades similares a las investigadas.

A partir de estos datos se pueden identificar las actividades con posibles riesgos higiénicos y los puestos de trabajo de mayor exposición. Para esta identificación será de gran valor conocimiento profundo del proceso tecnológico y la experiencia del higienista. De todo ello se debe sacar una impresión subjetiva, que puede necesitar ser confirmada objetivamente mediante la utilización de instrumentos analizadores de lectura directa, que proporcionan datos analíticos cualitativos y semicuantitativos y que a su vez pueden requerir ser ratificados y completados por los métodos y técnicas instrumentales que se utilizarán en la etapa siguiente.

En la fase del análisis se realiza la determinación de los posibles agentes contaminantes identificados cualitativamente en la etapa anterior, bien mediante aparatos de *lectura directa* en el propio puesto de tra-

bajo, o mediante *toma de muestra ambientales* para su posterior *análisis* en los laboratorios.

La evaluación higiénica se basa en los datos analíticos obtenidos en las dos etapas anteriores convenientemente integrados en un Informe de Resultados, que se comparan con los valores de referencia.

Mediante esta evaluación higiénica se puede llegar a cuantificar el riesgo, con lo que se pueden dar dos posibles situaciones:

- a) *El riesgo es aceptable*, lo que indica que la situación es relativamente segura y, por tanto, únicamente es recomendable la realización de controles periódicos que permitan verificar que las condiciones aceptables se sigan manteniendo.
- b) *El riesgo no es aceptable*, en cuyo caso hay que realizar medidas correctoras, que se consideran en la siguiente fase, siendo la Higiene Operativa la encargada de realizarlas.

La corrección y control consiste en medidas que se pueden clasificar en los siguientes tipos:

- a) **Sustitución de sustancias y procesos por otros menos peligrosos**, siempre que técnicamente sea posible. Obviamente es la medida preventiva más eficaz. Por ejemplo, la sustitución de un disolvente tan peligroso como el benceno, especialmente por su carácter carcinógeno, por otro menos tóxico como es el tolueno, con propiedades similares.
- b) **Aislamiento de la fuente**, que evite la salida del contaminante hacia el ambiente. Técnicamente es la mejor medida, después de la sustitución, pero no siempre es aplicable tecnológicamente.
- c) **Confinamiento**, que consiste en separar físicamente las operaciones peligrosas para limitar al máximo la población expuesta. Con ello se evita que otros trabajadores que están en puestos no peligrosos, estén expuestos al riesgo producido en un puesto peligroso definido. Además con esta medida se podrán intensificar y concentrar las acciones correctoras en dicho puesto o zona.
- d) **Captación (o anulación) del contaminante en el mismo punto en que se produce**. La finalidad de esta medida es evitar que el contaminante se disperse en el ambiente del puesto de trabajo y en sus inmediaciones. El método consiste, cuando se trata de agentes químicos o biológicos, en la colocación de extracciones localizadas en los focos de emisión de los contaminantes. Esta medida se

aplicará cuando la sustitución y el aislamiento o encapsulamiento de la fuente sean impracticables. El sistema puede no entrañar en sí excesivas modificaciones, si bien en algunos casos la inversión económica es costosa, sobre todo teniendo en cuenta que el aire contaminado procedente de la extracción localizada debe ser convenientemente depurado antes de evacuarlo a la atmósfera exterior, ya que en caso contrario podría producir un problema de contaminación ambiental más grave aun que el que se pretende solucionar.

- e) **Actuaciones sobre el medio de transmisión.** En el caso de los contaminantes químicos consiste en la **ventilación general de las áreas de trabajo**. Este método resulta especialmente útil cuando las concentraciones de los contaminantes no son muy elevadas; si bien, puede producir un enrarecimiento del ambiente por acumulación de tales contaminantes. En el caso de agentes físicos y biológicos consiste en la interposición de barreras que absorban o separen el contaminante como es el caso, por ejemplo, de las barreras acústicas para el ruido y de la amortiguación de las vibraciones por medio de materiales convenientes.
- f) **Limitación de los tiempos de exposición** de los trabajadores, con el fin rebajar la exposición, compatibilizándola con la minimización del número total de trabajadores expuestos.
- g) **Utilización de los equipos de protección individual** apropiados. Esta medida solo debe ponerse en práctica cuando resulte insuficiente la aplicación de todas las medidas anteriores. En otras palabras: se utilizan cuando se conozca o se sospeche que existen riesgos *residuales* a pesar de las medidas preventivas adoptadas. Hay que tener en cuenta que estos equipos requieren un mantenimiento continuo y cuidadoso, con el fin de que su eficacia protectora sea completa.

Se deben tomar las medidas preventivas más adecuadas, de acuerdo con los resultados obtenidos. Se tendrá en cuenta la prioridad absoluta del principio de **sustitución** de aquellos productos peligrosos por otros inocuos o que presenten un menor riesgo sobre las actuaciones sobre la **fuerza**, primando en el caso de no garantizar la prevención necesaria con estas últimas medidas, la protección colectiva sobre la utilización de equipos de utilización individual. En cualquier caso, deberá limitarse al mínimo indispensable la utilización del producto o del equipo origen del riesgo peligroso, así como también se minimizará el número de personas expuestas y el tiempo de exposición.

Además deben aplicarse, en todo caso, las medidas preventivas que se refieren a la organización y métodos de trabajo, la higiene personal y limpieza de la ropa y de los puestos de trabajo, la información sobre los riesgos a los que está expuesto el trabajador, la formación específica en relación al puesto de trabajo y sus riesgos, los planes de emergencia, los primeros auxilios en caso de accidente y los planes de reconocimiento para la vigilancia de la salud de los trabajadores expuestos, así como la periodicidad de las evaluaciones de los riesgos y la verificación en su caso de la eficacia de todas las medidas adoptadas.

Finalmente hay que subrayar que las nuevas tendencias de la legislación comunitaria en el campo de la prevención apuntan hacia una prevención ambiental integral, que incluya no sólo la prevención de los riesgos laborales que aborda la Higiene Industrial, sino también la prevención de riesgos externos, esto es la prevención de la contaminación ambiental, no sólo la contaminación atmosférica, sino también la contaminación hídrica y la contaminación por residuos sólidos. Todo ello debe conseguirse mediante el desarrollo de «Tecnologías Limpias» que minimicen la producción de residuos y faciliten la recuperación, reutilización y reciclaje de los productos residuales. Esta Prevención Medioambiental conducirá a un mayor aprovechamiento de los recursos naturales, a una mejora en las condiciones de trabajo, una mejor conservación del Medio Ambiente y finalmente a una mejora en la competitividad de la propia empresa. Todo ello debe traducirse en una mayor calidad de vida de la sociedad en su conjunto.

5.4. EVALUACIÓN Y CONTROL DE LOS RIESGOS LABORALES POR EXPOSICIÓN A AGENTES FÍSICOS

Cada agente físico tiene su especificidad que requiere su estudio particularizado. A continuación se describirá brevemente la evaluación y control de los más frecuentes en la industria.

5.4.1. Evaluación y control del ruido

Dada la complejidad del mecanismo de la audición humana, para medir el ruido según la diferente sensibilidad a las distintas frecuencias, se ha optado por dotar a los instrumentos de medida de unos circuitos o redes de *ponderación* que emulan al oído humano en determinadas circunstancias, *respondiendo* de manera análoga. Para la evaluación de la exposición *laboral* se utiliza la ponderación normalizada A, con la que se mide el **nivel sonoro** en decibelios A (*dBA*).

Si se necesitan más detalles de un sonido complejo, se pueden emplear varios sistemas. Uno no demasiado complicado se basa en determinados filtros, que rechazan todas las señales que no están incluidas en su intervalo. Estos intervalos suelen ser *bandas de octavas* o de *tercio de octava*, denominándose el método *análisis en frecuencia* (espectro de frecuencias).

En los ambientes laborales se pueden distinguir los siguientes tipos de ruido:

- **Ruido continuo**, de banda ancha y espectro de frecuencias y nivel prácticamente constantes durante la jornada laboral.
- **Ruido intermitente fijo**, semejante al anterior pero solo en determinados períodos de la jornada laboral separados por otros no considerados como ruidosos.
- **Ruido intermitente variable**, de intensidad y espectro variables a lo largo de la jornada laboral.
- **Ruido de impactos**, o *de impulsos*, cuya duración cuando se produce es de menos de medio segundo cada vez (impulso), siendo el intervalo entre dos picos consecutivos superior a un segundo.

Para la evaluación de la exposición al ruido en ambientes laborales se mide o calcula la **dosis de ruido recibida** por el trabajador en su jornada laboral. Se basa en dos parámetros: el *nivel sonoro* y el *tiempo de exposición*. Con este fin se define el *nivel sonoro continuo equivalente* (L_{eq}) como el nivel sonoro en *dba* de un ruido continuo durante una jornada de 8 horas diarias, siendo a la semana 40 horas, que produciría el mismo efecto que el ruido intermitente considerado.

La instrumentación corrientemente más utilizada corresponde a *sonómetros* que miden el nivel de presión sonora en *dba* y *dosímetros de ruido* que obtienen directamente la dosis recibida de acuerdo con el criterio de evaluación escogido. Para valorar la capacidad auditiva individual se utilizan *audiómetros*.

Para la correcta valoración tanto de la exposición como de la capacidad auditiva, existen diferentes criterios. En España se utilizan los criterios de ISO al igual que los demás Estados de la Unión Europea. Los valores de referencia, niveles de acción ($L_{eq1} = 80$ *dba* y $L_{eq2} = 85$ *dba* para ruidos no de impactos) y límite de exposición ($L_{eq} = 87$ *dba*), así como las disposiciones de carácter preventivo de obligado cumplimiento en España corresponden al Real Decreto 286/2006 publicado en el BOE de 11 de marzo de 2006.

Los tres valores se refieren a la exposición continuada durante toda la jornada laboral. En otras palabras: el valor-límite de 87 dBA significa la prohibición de sobrepasar 8 horas de exposición a un nivel sonoro de 87 dBA, pero de acuerdo con el criterio *ISO* también significa la misma prohibición para, por ejemplo, incrementos de 3 dBA en tiempos mitad, (90 dBA hasta 4 horas). Lo mismo para los niveles de acción. (Cuadro 5.1).

CUADRO 5.1. Valores de referencia para el ruido

Tiempo máximo	1.º nivel de acción	2.º nivel de acción	Valor-límite
8 h	80 dBA	85 dBA	87dBA
4 h	83	88	90
2 h	86	91	93
1 h	89	94	96
30 min.	92	97	99
15 min.	95	100	102

El valor límite de 87 dBA se refiere al nivel ambiental en el oído, *teniendo en cuenta la atenuación del equipo de protección acústica personal*, en el caso de que ésta se utilice por el trabajador.

Para la aplicación del Real Decreto citado, en los casos de ambientes laborales con ruido *estable*, es decir, cuando el ruido existente es *continuo* o *intermitente fijo*, se puede utilizar para su evaluación un sonómetro, que como mínimo debe cumplir con las especificaciones que la Norma UNE-EN 60651 fija para la instrumentación de *tipo 2*. Según esta norma, la condición de ruido estable corresponde a una diferencia menor de 5 dBA, entre los valores máximo y mínimo del nivel de presión sonora *ponderado A* del ruido, medidos con la característica *slow*.

Para medir el nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado A de cualquier tipo de ruido, se pueden utilizar sonómetros integradores que cumplan con lo especificado por la Norma UNE-EN 60804 para el *tipo 2*, como mínimo.

No obstante, lo ideal para la medición de la exposición laboral al ruido es la utilización de los dosímetros de ruido, que no son más que un tipo especial de sonómetro integrador, cuya lectura proporciona la dosis de ruido recibida, es decir, el nivel de ruido en relación con el tiempo de exposición: el promedio de la evolución durante la jornada laboral de los

diferentes niveles de exposición a los que está sometido un trabajador, referidos a la jornada laboral tipo de 8 horas diarias. Estos dosímetros deben seguir el criterio europeo e ISO, citado anteriormente para el cálculo de la dosis.

Para medir el *nivel de pico*, es decir, el valor máximo de la presión sonora instantánea se debe medir con un instrumento que facilite este tipo de variable. Su valor se expresará en dBC. El Real Decreto 286/2006 establece que no se debe sobrepasar durante la jornada laboral el valor 140 dBC de pico.

La medición de la exposición al ruido debe hacerse con sonómetro o un dosímetro adecuado, calibrado *totalmente* por un laboratorio acreditado y cuya calibración, mediante un *calibrador* acústico apropiado, se haya efectuado previamente a cada medición. Las mediciones se harán en el lugar y posición de trabajo del trabajador, con el micrófono en el espacio en el que normalmente está situada su cabeza, y en ausencia de éste. Si esta última condición no fuera posible, por razones de la propia tarea del trabajador, el micrófono se situará cerca de la cabeza del trabajador, en el lado que recibe más ruido y no tan cerca, que se introduzcan errores por reflexión del ruido.

Si se superan los niveles de acción, se deben poner en marcha todo un conjunto de medidas, más amplias en el caso del segundo (85 dBA), que exige el uso de protectores auditivos en cumplimiento del real decreto mencionado.

Prevención y control de los riesgos por exposición al ruido

Para disminuir la exposición al ruido se puede actuar sobre el foco, el medio en el que se transmite y el propio receptor que es el propio trabajador.

Siguiendo los principios de prevención, el orden citado coincide con el de prioridades, aunque aun se puede actuar con una prioridad *anterior*: mejorando el diseño de aparatos, máquinas, herramientas, equipos, etc. para rebajar su nivel de potencia acústica de emisión, así como en la toma de decisiones para la incorporación de nuevos equipos de trabajo, proceder a la elección adecuada atendiendo a la información al respecto que obligadamente debe incluir el manual de instrucciones de uso y en relación a la instalación y lugar de utilización previsto.

La actuación en la fuente incluye su aislamiento acústico y una adecuada instalación que evite en lo posible la propagación del ruido tanto por vía aérea como por suelos, paredes, techos, tuberías, etc.

La actuación sobre el medio de propagación incluye también una fase de proyecto en cuanto debe procurarse que los locales que vayan a albergar equipos ruidosos sean construidos con materiales absorbentes y aislantes del ruido así como un diseño que evite la reverberación y una organización/distribución de equipos y tiempo de uso que haga mínima la «suma» de los distintos niveles sonoros¹. Si estas medidas no son suficientes, se actúa sobre el medio alejando las fuentes (6 dB menos si duplicamos la distancia) e interponiendo barreras absorbentes, por ejemplo.

La actuación sobre el propio trabajador solo se deberá llevar a cabo cuando, de acuerdo con los principios de prevención de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, las demás medidas, que técnicamente sean posibles, no resulten suficientes para garantizar una protección eficaz del mismo. En general este tipo de medidas se reduce a la adecuada utilización del equipo de protección individual (EPI) *idóneo*, debiendo advertir que esta idoneidad es función del nivel sonoro existente y de su espectro de frecuencias, por lo que para su elección adecuada se deberá disponer de estos datos y las características absorbentes del protector auditivo, que además debe cumplir con las exigencias de diseño y fabricación del Mercado Único Europeo y presentar la debida certificación y marcado **CE**. También pueden adoptarse otras medidas complementarias de las de protección colectiva y que no responde al carácter de *última prioridad* de los EPI, como es la cabina aislada donde se debe situar el trabajador y la disminución del tiempo de exposición mediante medidas de tipo organizativo o administrativo.

De acuerdo con lo establecido en el Real Decreto citado, si el nivel sonoro equivalente supera los 80 dBA (primer nivel de acción) ya se deben tomar determinadas medidas como la información, la formación, la puesta a disposición de los trabajadores expuestos de protectores auditivos y controles de la audición. Si no se superan los 85 dBA, deberá efectuarse una evaluación de la exposición cada tres años.

Si se superan los 85 dBA (segundo nivel de acción), además de la obligación de informar y formar adecuadamente al respecto a los trabajadores expuestos, un control médico de la audición como mínimo cada tres años, la evaluación periódica cada año como mínimo de la exposición al ruido y la utilización de protectores auditivos adecuados.

¹ Hay que advertir que al utilizar en estos casos magnitudes *logarítmicas* su «suma» no se corresponde con la aritmética. Por ejemplo, si se trata de sumar dos sonidos de un determinado nivel x dB, la suma de ambos será $x + 3$. (Así, la suma de dos niveles de 80 dB es de 83 dB).

No deben superarse los 87 dBA de exposición real, ni los 140 dB de pico, por lo que en el caso de que ocurra deberán adoptarse, además de las medidas anteriores, las soluciones que conduzcan a la disminución de tal exposición, ya sean de tipo técnico o administrativo (reducción de la dosis por disminución del tiempo de exposición) o ambos a la vez. Tales zonas de alto nivel de ruido deberán ser convenientemente delimitadas y restringidas en cuanto al acceso a las mismas por exclusivamente los trabajadores y demás personal que deba realizar una tarea o función en la misma.

5.4.2. Evaluación y control de las vibraciones mecánicas

Las mediciones de las vibraciones mano-brazo se deben realizar en la superficie de la herramienta cerca del punto por donde las vibraciones penetran en la mano. Estas mediciones deben realizarse en un intervalo de frecuencias de al menos 5,6 a 1400 Hz.

El real decreto 1311/2005 sobre exposiciones laborales o vibraciones mecánicas, fija un valor límite para un promedio de ocho horas diarias en 5 m/s^2 y un valor o nivel de acción para el mismo período de tiempo en $2,5 \text{ m/s}^2$. El método de evaluación debe ser conforme a la Norma ISO 5349-1 y 5349-2 (2001).

Las medidas preventivas de carácter técnico frente a la vibración mano-brazo consisten en:

1. Reducción de la vibración en la fuente:
 - Sustitución de herramientas manuales de altos niveles de vibración por otras sin vibraciones o menor nivel de vibración.
 - Sustitución de los métodos de percusión por los rotatorios.
2. Reducción de la transmisión de las vibraciones:
 - Métodos de aislamiento mediante empuñaduras suspendidas, empuñaduras elásticas, dispositivos de manipulación, etc.
3. Protección individual:
 - Guantes antivibratorios (no muy adecuados).
4. Precauciones médicas:
 - Exámenes periódicos con determinadas pruebas a juicio del médico.

En cuanto al tratamiento de las vibraciones globales o de cuerpo completo, todavía se debe investigar mucho más ya que su complejidad

es muy alta y quedan muchas lagunas que cubrir. Las mediciones deben realizarse tan cerca como sea posible del punto a través del que se transmite la vibración al cuerpo y de acuerdo con la norma ISO 2631-1 revisada (1997).

El citado real decreto establece como valor límite para ocho horas diarias $1,15 \text{ m/s}^2$ y un valor o nivel de acción para el mismo período de tiempo en $0,5 \text{ m/s}^2$.

Las medidas técnicas de prevención a aplicar son:

1. Reducción de la vibración en la fuente:
 - Selección adecuada del vehículo o máquina en relación con el terreno y las tareas a ejecutar.
 - Eliminación, a ser posible, de las masas rotatorias desequilibradas.
2. Reducción de la transmisión de las vibraciones:
 - Introducción de mecanismos de suspensión entre el operador y la fuente.
 - Mejora del diseño de los asientos y del resto del puesto de trabajo.
3. Medidas de protección individual:
 - Para las vibraciones transmitidas a los pies, calzado con suelas absorbentes.
4. Vigilancia específica de la salud adecuada.

5.4.3. Evaluación y control de la exposición a radiaciones ionizantes

La detección y la medida tanto de niveles de radiación o de contaminación, así como el cálculo de las dosis recibidas y la evaluación de los correspondientes riesgos se realiza por personal especializado en protección radiológica y con un instrumental diverso y específico, que depende de muchos factores, en particular, del tipo de radiación o contaminante.

Hay que tener en cuenta fundamentalmente el Reglamento sobre Instalaciones Nucleares y Radiactivas (Real Decreto 1836/1999) y el Reglamento de Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes (Real Decreto 783/2001). En este último se establece un extenso número de

disposiciones para la protección, tanto de la población en general, como de los trabajadores frente a la exposición a las radiaciones ionizantes. En ellas, entre diversas cuestiones, se fijan las *dosis máximas admisibles*, entre las que cabe destacar las dosis efectivas (suma de las dosis equivalentes ponderadas en todos los órganos y tejidos del organismo por irradiaciones internas y externas): 50 mSv/año y 100 mSv para cualquier período de 5 años consecutivos para las personas profesionalmente expuestas y 5 mSv/año para cualquier otra persona. Para el público en general y aprendices y estudiantes menores de 16 años: 1 mSv/año. También se fijan límites particulares para las dosis equivalentes en cristalino, piel y extremidades tanto para el personal profesionalmente expuesto como el que no lo es.

Las medidas preventivas a aplicar se basan en evitar la exposición siempre que sea posible (por supuesto, prohibición de cualquier exposición o exceso de exposición *gratuita*) y minimizarla todo lo posible. Para ello puede actuarse en el diseño o proyecto sustituyendo las fuentes por otras de riesgo nulo o, si no fuera posible, al menos de menor riesgo o más eficazmente controlables.

El resto de medidas deben adoptarse según el siguiente orden de prioridades: actuar sobre la misma fuente, encapsulándola por completo o impidiendo fugas innecesarias, actuar sobre el medio alejando la fuente (la intensidad de la radiación decrece con el cuadrado de la distancia) y colocando barreras eficaces para el tipo de radiación y actuar sobre la propia persona mediante protección personal adecuada. En este tipo de riesgos es, si cabe, muy importante una adecuada organización del trabajo, así como la formación e información, para evitar todo tipo de exposición *inútil* y acortar todo lo posible el tiempo de exposición (la dosis recibida es proporcional al tiempo!). Es también muy importante la señalización y la limitación de acceso a las *zonas controladas*, los hábitos de limpieza tanto personal como de la ropa, instrumentos, equipos y locales, los planes de emergencia, la gestión de los residuos y la vigilancia de la salud.

5.4.4. Evaluación y control de la exposición a radiaciones no ionizantes

Para las radiaciones ópticas el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo sigue los criterios de evaluación de riesgos por exposición que adopta la ICNIRP, Comisión Internacional para la Protección contra las Radiaciones No Ionizantes. Por el momento no existe

en España una legislación específica, estando a la espera de un real decreto que aplique la directiva 2006/25/CE siguiendo los criterios de la ICNIRP.

En cuanto a las medidas de prevención y protección frente a la exposición a las *radiaciones ópticas*, hay que tener en cuenta los principios de prevención incluyendo siempre la información y formación adecuadas de los usuarios, además de la necesaria vigilancia de la salud. En particular, se deben tomar medidas en el diseño que traten de evitar o minimizar estos riesgos. Y posteriormente debe realizarse un mantenimiento y control del funcionamiento de los equipos, dispositivos e instalaciones que puedan dar lugar a emisiones de estos agentes.

En particular, las fuentes emisoras de radiación deberán, en lo posible, estar aisladas mediante barreras o filtros que atenúen suficientemente la radiación. Si esto no fuera posible, por motivos de utilización en espacios abiertos, las fuentes deben estar lo más alejadas posible de las personas, debe limitarse al mínimo imprescindible el tiempo de exposición así como el número de personas expuestas, por lo que deberá señalizarse y delimitarse las zonas correspondientes para que su acceso quede rigurosamente restringido. Por último, si estas medidas no resultan ser suficientes para garantizar una protección eficaz deberá recurrirse a la utilización de equipos de protección individual adecuados. Obviamente, deberá establecerse un programa de evaluaciones del riesgo existente, así como de medidas de control de la eficacia de las soluciones adoptadas.

Tampoco existe en España una legislación laboral específica sobre los campos y ondas electromagnéticos de frecuencia menor de 300 GHz. No obstante, el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo sigue los criterios de la ICNIRP que son los mismos en los que se basa la directiva comunitaria específica 2004/40/CE referida a la exposición laboral a estos agentes, cuyo plazo para aplicarse finaliza el 30 de abril de 2012.

Para la exposición a microondas, en general, además de las actuaciones preventivas en el diseño y proyecto y las correspondientes a la información, formación, participación y vigilancia de la salud de los trabajadores, se deben tomar acciones tales como el aislamiento o apantallamiento de las zonas o habitáculos donde pueda haber emisiones, alejamiento de la fuente y protección individual adecuada: trajes absorbentes y protectores adecuados de los ojos.

En cuanto al resto de radiofrecuencias y campos eléctricos y magnéticos estáticos la directiva citada utiliza para la evaluación de los posibles

efectos de los campos electromagnéticos las restricciones básicas y los valores de acción.

Las *restricciones básicas* son las restricciones de la exposición a los campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos de duración variable, basadas directamente en los efectos conocidos sobre la salud y en consideraciones biológicas.

Los *valores de acción* se ofrecen a efectos prácticos de evaluación de la exposición para determinar la probabilidad de que se superen las restricciones básicas. El cumplimiento del valor de acción garantiza el respeto de la restricción básica correspondiente. Si el valor medio de las magnitudes medidas o calculadas supera el valor de acción no supone que necesariamente se sobrepase la restricción básica, pero debe comprobarse si se respeta o no.

En la directiva citada no se establecen restricciones cuantitativas para los campos eléctricos estáticos. No obstante, se recomienda evitar la percepción molesta de cargas eléctricas superficiales y de descargas de chispas que puedan provocar molestias o estrés.

Las *restricciones básicas* contenidas en el Cuadro 5.2 son las de la Recomendación del Consejo de la U.E. 1999/519/CE, que se refiere a los niveles de emisión de las antenas de telefonía y radioenlaces, con respecto a la población en general y que ya se aplican en España (Real Decreto 1066/2001). Se utilizan de acuerdo con los siguientes criterios:

- Se utilizan para la inducción magnética en campos magnéticos estáticos (0 Hz) y para la densidad de corriente en campos variables de hasta 1 Hz con el fin de prevenir los efectos sobre el sistema cardiovascular y el sistema nervioso central.
- Entre 1Hz y 10 Hz las restricciones básicas de la densidad de corriente tienen por objeto prevenir los efectos sobre el sistema nervioso.
 - Entre 100 kHz y 10 GHz se persigue la prevención de la fatiga calórica del cuerpo entero y el calentamiento local excesivo de los tejidos.
 - Entre 10 GHz y 300 GHz las restricciones básicas de la densidad de potencia persiguen prevenir el calentamiento de los tejidos.

Estas restricciones básicas fijadas se han establecido teniendo en cuenta las variaciones de las distintas sensibilidades individuales, las condiciones medioambientales y la diversidad de edades y estado de la salud de los ciudadanos.

CUADRO 5.2. Restricciones básicas para Campos Electromagnéticos (CEM) en el medio ambiente
(Recomendación del Consejo de la UE 1999/519/CE)

Frecuencia f	B (Tm)	J (rms) (mA/m ²)	SAR medio cuerpo entero (W/kg)	SAR cabeza y tronco (W/kg)	SAR Miembros (W/kg)	S (W/m ²)
0 Hz	40					
>0-1 Hz		8				
1-4 Hz		8/f				
4-1000 Hz		2				
1-100 kHz		f/500				
0,1-10 MHz		f/500	0,08	2	4	
10 MHz-10 GHz			0,08	2	4	
10-300 GHz						10

Los valores de acción o niveles de referencia se obtienen a partir de las restricciones básicas suponiendo el máximo acoplamiento del campo con la persona expuesta, por lo que significan el mayor grado de protección. Están concebidos como valores promedio calculados para la totalidad del cuerpo de la persona expuesta, pero teniendo muy en cuenta que no deben superarse las restricciones básicas de exposición *localizadas* para determinadas partes del cuerpo.

En los casos en que la exposición está muy localizada, como ocurre con los teléfonos móviles y la cabeza de la persona expuesta, no es adecuado utilizar los niveles de referencia, debiendo evaluarse directamente si se respeta la restricción básica localizada.

En el Cuadro 5.3 se facilitan los niveles de referencia para CEM como valores eficaces *rms*.

Para las frecuencias de hasta 110 MHz se recomiendan niveles de referencia adicionales con el fin de evitar los riesgos por corrientes de contacto. En el Cuadro 5.4 de la Recomendación del Consejo de la UE se facilitan los niveles de referencia para corrientes de contacto procedentes de objetos conductores. Se ha tenido en cuenta que las intensidades de corriente de contacto umbral que pueden provocar reacciones biológicas en mujeres adultas y niños equivalen aproximadamente a dos tercios y a la mitad respectivamente, de las que corresponden a hombres adultos.

CUADRO 5.3. Niveles de Referencia para CEM mediambientales
(Recomendación del Consejo de la UE 1999/519/CE)

Frecuencia f	E (V/m)	H (A/m)	B (μ T)	S Equivalente de onda plana (W/m^2)
0-1 Hz		$3,2 \cdot 10^4$	$4 \cdot 10^4$	
1-8 Hz	10000	$3,2 \cdot 10^4/f^2$	$4 \cdot 10^4/f^2$	
8-25 Hz	10000	$4000/f$	$5000/f$	
0,025-0,8 kHz	$250/f$	$4/f$	$5/f$	
0,8-3 kHz	$250/f$	5	6,25	
3-150 kHz	87	5	6,25	
0,15-1 MHz	87	$0,73/f$	$0,92/f$	
1-10 MHz	$87/f^{1/2}$	$0,73/f$	$0,92/f$	
10-400 MHz	28	0,073	0,092	2
400-2000 MHz	$1,375f^{1/2}$	$0,0037f^{1/2}$	$0,0046f^{1/2}$	$f/200$
2-300 GHz	61	0,16	0,20	10

CUADRO 5.4. Niveles de referencia para corrientes de contacto

Intervalo de frecuencias f	Intensidad máxima de contacto (mA)
0 Hz – 2,5 kHz	0,5
2,5 kHz – 100 kHz	$0,2f$ [f en kHz]
100 kHz – 110 MHz	20

Para las frecuencias entre 10 MHz y 110 MHz se recomienda un nivel de referencia de 45 mA para intensidades a través de cualquier extremidad.

5.4.5. Evaluación y control de los riesgos por calor y frío

Ya se ha visto anteriormente que existen cuatro factores ambientales que pueden determinar el intercambio de energía calórica entre el organismo humano y el ambiente que lo rodea. No obstante, para determinar la *carga térmica* del ambiente laboral se han desarrollado métodos más o

menos sencillos que utilizan unos índices y parámetros que simplifican el problema.

Estas simplificaciones, que pretenden alcanzar un mínimo de precisión en sus valoraciones sin complicar en exceso su cálculo, no llegan al extremo de utilizar una única variable, como corrientemente hacemos al fijarnos exclusivamente en la temperatura del aire. La medición de ésta, sin acompañamiento de ningún dato más, no es adecuada para la valoración de situaciones de exposición intensa al calor.

Hay que acudir necesariamente a otras variables, como:

- La **temperatura del aire («seca»)**, (o de bulbo seco) que se mide con un termómetro ordinario cuyo bulbo con mercurio u otro líquido válido (o en su caso el sensor, como en los termómetros digitales) están apantallados de cualquier radiación que pueda incidir, sin impedir la plena circulación de aire a su alrededor (mejor aire en movimiento a más de 1 m/s). Es importante evitar la influencia del *calor radiante*, sobre todo en los casos en que ésta es muy significativa.
- La **temperatura húmeda natural** (o de bulbo húmedo), que se mide con un termómetro ordinario con el bulbo cubierto por una gamuza o muselina humedecida de unos 2,5 cm al aire y el resto de ésta sumergido en un recipiente con agua, sin ventilación forzada de ningún tipo y sin necesidad de estar apantallado contra la radiación incidente. Este valor depende de los cuatro factores: la temperatura del aire, la humedad ambiental, la velocidad del aire circundante y la temperatura radiante media. El valor de la temperatura húmeda natural suele ser inferior al de la temperatura seca, siendo mayor la humedad del ambiente cuanto menor sea la diferencia entre ambos valores.
- La **temperatura de globo**, que es la que se mide con un termómetro ordinario con el bulbo situado en el centro de una esfera hueca, metálica, de 15 cm de diámetro y pintada de color negro mate. Este valor depende de la temperatura del aire, de su velocidad y de la temperatura radiante media. Debido a que la radiación tiene un carácter marcadamente direccional, se debe cuidar que la posición de este termómetro sea la misma que ocupa el trabajador durante el desarrollo de su actividad y cuyo riesgo por estrés térmico se pretende evaluar. Lógicamente, cuanto mayor sea la radiación existente en el ambiente de trabajo, la temperatura de globo será tanto mayor que la temperatura seca, a igual valor de los demás parámetros.

No existe un método de evaluación de este tipo de riesgos laborales ni en la legislación comunitaria de la Unión Europea ni en la española, aunque el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo dispone de criterios y métodos para la gran mayoría de casos que se puedan presentar con ocasión del trabajo.

Sin embargo, en la práctica habitual de higiene industrial, se aplica con gran éxito el índice WBGT (*Wet Bulb Globe Temperature*) de la ACGIH (*American Conference of Governmental Industrial Hygienists*), y es el que figura en la norma UNE-EN 27243 sobre la estimación del estrés térmico del organismo humano en el trabajo basado en este índice. Este método permite de manera sencilla predecir efectivamente las consecuencias de una exposición a un ambiente caluroso, ya que existe una buena correlación de este índice con la respuesta humana a estos riesgos.

El valor del índice WBGT se calcula para ambientes interiores y exteriores sin sol según la fórmula siguiente:

$$i_{\text{WBGT}} = 0,7 T_{\text{hn}} + 0,3 T_{\text{g}}$$

siendo i_{WBGT} el valor del índice WBGT calculado en °C, T_{hn} la temperatura húmeda natural en °C y T_{g} la temperatura de globo en °C.

En exteriores soleados (con carga solar) se aplica la siguiente fórmula:

$$i_{\text{WBGT}} = 0,7 T_{\text{hn}} + 0,2 T_{\text{g}} + 0,1 T_{\text{a}}$$

siendo T_{a} la temperatura del aire («seca») en °C.

Las mediciones de los parámetros de temperatura se realizará, en cualquier caso, mediante un soporte en el que se sujeten simultáneamente los dos o tres termómetros, según el caso, de manera que no se impida la libre circulación de aire entre ellos y alrededor de los bulbos, siendo los termómetros de bulbo húmedo y de globo expuestos plenamente al calor radiante. Se procurará la medición representativa de la posición del trabajador durante la actividad que se pretende valorar.

Para la evaluación del riesgo laboral de estrés por calor se debe calcular el índice WBGT según la fórmula que corresponda, de acuerdo con lo que se acaba de exponer; se debe determinar la categoría de carga de trabajo correspondiente a cada actividad desempeñada en el trabajo junto con el régimen de trabajo-descanso seguido y valorar, de acuerdo con estos parámetros, la carga térmica metabólica de trabajo.

La ACGIH fija unos valores-límite TLV para cada caso, con los criterios que se exponen a continuación:

- Estos valores TLV se refieren a las condiciones de trabajo con estrés por calor bajo las que casi todos los trabajadores pueden estar expuestos de manera repetida sin llegar a sufrir efectos adversos para su salud. Se considera que casi todos estos trabajadores, aclimatados, completamente vestidos (camisa y pantalón) y que hayan ingerido una cantidad adecuada de agua y sal, son capaces de realizar sus funciones de manera efectiva, sin sobrepasar una temperatura corporal interna de 38°C.
- Si se utiliza adicionalmente ropa y equipo de protección personal, se aplicará una corrección a los valores TLV.
- Se puede permitir exposiciones superiores al valor correspondiente de TLV, si los trabajadores se someten a vigilancia médica y se verifica que toleran este trabajo mejor que el trabajador medio.
- No se permitirá seguir trabajando al trabajador que llegue a superar la temperatura corporal interna de 38°C.

La categoría de la carga de trabajo se puede establecer clasificando cada trabajo como ligero, moderado o pesado según el tipo de actividad (Norma UNE-EN-ISO 8996: 2005; *Ergonomía. Determinación de la producción de calor metabólico*):

- Trabajos sedentarios, en los que el calor metabólico generado o el consumo metabólico es bajo (escribir, coser, clasificar, montar material ligero, trabajar en banco pequeño de herramientas, todo ello sentado; conducir vehículos en condiciones normales etc., trabajar con herramientas de baja potencia de pie, trabajar con desplazamientos ocasionales con velocidad de hasta 3,5 km/h, etcétera).
- Trabajos ligeros, en los que el consumo metabólico es moderado. (conducir camiones, tractores o equipos de construcción, enyesar, manejar manualmente material moderadamente pesado, cavar, escardar, empujar o tirar de carretillas cargadas con pesos ligeros, forjar, caminar a una velocidad de 3,5 a 5,5 km/h, etc.).
- Trabajos medios y pesados, cuando el consumo metabólico es alto. (transportar material pesado, aserrar, empujar o tirar de carretillas con cargas muy pesadas, caminar a una velocidad de 5,5 a 7 km/h etc.), y muy alto (trabajos con pico y pala, subir escaleras, rampas, caminar a velocidad superior a 7 km/h etc.).

En el Real Decreto 486/1997 sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud en el trabajo (sectores industrial y de servicios, con exclusión

de las obras de construcción, industrias extractivas, buques de pesca, medios de transporte y agricultura y silvicultura) se fijan en su anexo III condiciones ambientales termohigrométricas y de velocidad del aire circundante (Cuadro 5.5). Si la temperatura o la humedad de los locales cerrados o de los espacios al aire libre exceden de estos valores (apartado 3 del citado anexo III), o cuando sin ser las condiciones ambientales tan extremas, el trabajo sea de tipo medio o pesado o se den ambas circunstancias, se debe evaluar el riesgo por estrés térmico debido al calor. Asimismo, se deberá evaluar dicho riesgo cuando los trabajadores lleven ropa o equipos de protección individual que impidan o dificulten la pérdida de calor corporal.

CUADRO 5.5. Anexo III R.D. 486/1997

Real Decreto 486/1997 sobre SEGURIDAD y SALUD en los LUGARES de TRABAJO

ANEXO III

CONDICIONES AMBIENTALES DE LOS LUGARES DE TRABAJO.

1. La exposición a las condiciones ambientales de los lugares de trabajo no debe suponer un riesgo para la seguridad y la salud de los trabajadores.
2. Asimismo, y en la medida de lo posible, las condiciones ambientales de los lugares de trabajo no deben constituir una fuente de incomodidad o molestia para los trabajadores. A tal efecto, deberán evitarse las temperaturas y las humedades extremas, los cambios bruscos de temperatura, las corrientes de aire molestas, los olores desagradables, la irradiación excesiva y, en particular, la radiación solar a través de ventanas, luces o tabiques acristalados.
3. En los locales de trabajo cerrados deberán cumplirse, en particular, las siguientes condiciones:
 - a. La temperatura de los locales donde se realicen trabajos sedentarios propios de oficinas o similares estará comprendida entre 17 y 27 °C.
La temperatura de los locales donde se realicen trabajos ligeros estará comprendida entre 14 y 25°.
 - b. La humedad relativa estará comprendida entre el 30 y el 70%, excepto en los locales donde existan riesgos por electricidad estática en los que el límite inferior será el 50%.
 - c. Los trabajadores no deberán estar expuestos de forma frecuente o continuada a corrientes de aire cuya velocidad exceda los siguientes límites:
 1. Trabajos en ambientes no calurosos: 0,25 m/s.
 2. Trabajos sedentarios en ambientes calurosos: 0,5 m/s.
 3. Trabajos no sedentarios en ambientes calurosos: 0,75 m/s.

(continúa)

CUADRO 5.5. *(continuación)*

Estos límites no se aplicarán a las corrientes de aire expresamente utilizadas para evitar el estrés en exposiciones intensas al calor, ni a las corrientes de aire acondicionado, para las que el límite será de 0,25 m/s en el caso de trabajos sedentarios y 0,35 m/s en los demás casos.

- d. Sin perjuicio de lo dispuesto en relación a la ventilación de determinados locales en el Real Decreto 1618/1980, de 4 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de calefacción, climatización y agua caliente sanitaria, la renovación mínima del aire de los locales de trabajo, será de 30 metros cúbicos de aire limpio por hora y trabajador, en el caso de trabajos sedentarios en ambientes no calurosos ni contaminados por humo de tabaco y de 50 metros cúbicos, en los casos restantes, a fin de evitar el ambiente viciado y los olores desagradables.

El sistema de ventilación empleado y, en particular, la distribución de las entradas de aire limpio y salidas de aire viciado, deberán asegurar una efectiva renovación del aire del local de trabajo.

4. A efectos de la aplicación de lo establecido en el apartado anterior deberán tenerse en cuenta las limitaciones o condicionantes que puedan imponer, en cada caso, las características particulares del propio lugar de trabajo, de los procesos u operaciones que se desarrollen en él y del clima de la zona en la que esté ubicado. En cualquier caso, el aislamiento térmico de los locales cerrados debe adecuarse a las condiciones climáticas propias del lugar.
5. En los lugares de trabajo al aire libre y en los locales de trabajo que, por la actividad desarrollada, no puedan quedar cerrados, deberán tomarse medidas para que los trabajadores puedan protegerse, en la medida de lo posible, de las inclemencias del tiempo.
6. Las condiciones ambientales de los locales de descanso, de los locales para el personal de guardia, de los servicios higiénicos, de los comedores y de los locales de primeros auxilios deberán responder al uso específico de estos locales y ajustarse, en todo caso, a lo dispuesto en el apartado 3.

Los valores límite de referencia para trabajadores aclimatados, mediante este cálculo aproximado son los del Cuadro 5.6.

Las actuaciones de carácter preventivo para los ambientes calurosos deben dirigirse esencialmente a incidir en la actividad del trabajador, aligerándola bien a través de la disminución de la carga o de la intensidad, y en disminuir la nocividad ambiental.

Cuando existen fuentes importantes de calor radiante, deberá hacerse todo lo posible por apantallarlas y que la dirección de la radiación al incidir sobre los trabajadores sea lo más oblicua y alejada posible.

CUADRO 5.6. Valores límite WBGT
(Trabajador vestido con ropa ligera y tiempos de exposición no cortos)

Metabolismo M (W/m ²)	Valor límite WBGT (°C)			
	Aclimatado al calor		No aclimatado al calor	
M<65	33		32	
65<M<130	30		29	
130<M<200	28		26	
	Sin movimiento del aire	Movimiento del aire perceptible	Sin movimiento del aire	Movimiento del aire perceptible
200<M<260	25	26	22	23
M>260	23	25	18	20

Corrección del valor límite WBGT (°C) para ropa

Tipo de ropa	Corrección
Ropa de verano	0
Mono de tela	-3,5
Mono de doble tela	-5

Si esta solución no es suficiente, deberá recurrirse a la protección individual mediante trajes especiales que sean reflectantes de la radiación.

En cualquier caso debe procurarse la aclimatación paulatina (aproximadamente durante una semana) de los trabajadores antes de su plena exposición. Hay que tener en cuenta que la aclimatación se suele perder con relativa rapidez, una vez cesada la actividad en ambiente caluroso.

Los trabajadores expuestos deben beber agua ligeramente salada (1g/L), salvo que estén bien aclimatados y coman con alimentos salados.

También debe prestarse especial atención al tipo de ropa utilizada (ligera y fresca), a la utilización de sistemas de ventilación y refrigeración, a la disminución del tiempo de exposición, a la disminución o aislamiento de cualquier fuente de calor.

Es imprescindible las actividades de información y formación específicas, dirigidas a los trabajadores que puedan estar expuestos a ambientes excesivamente calurosos, además de una adecuada vigilancia de su salud.

Exposición a ambientes excesivamente fríos

Hay que facilitar a los trabajadores ropa aislante del frío seca, adecuada para mantener el cuerpo a una temperatura por encima de los 36 °C, si el trabajo se realiza a temperaturas inferiores a los 4 °C. El poder de enfriamiento del ambiente aumenta con la velocidad del aire circundante y cuanto más baja sea la temperatura del aire. No se debe exponer de modo continuo la piel a temperaturas equivalentes de enfriamiento inferiores a -32 °C. Con independencia de la velocidad del viento, a temperaturas de -1 °C, se puede producir la congelación superficial o profunda de los tejidos locales.

A temperaturas del aire de menos de 2 °C hay que cambiarse de ropa de inmediato si se está trabajando sumergidos en agua o con ropa que se ha mojado. Además se les tratará de hipotermia.

En general, hay que informar y formar a los trabajadores específicamente sobre este tipo de riesgos y los mejores métodos de trabajo, con inclusión de un adecuado entrenamiento. Se debe limitar el tiempo de exposición, utilizar ropa adecuada, a ser posible instalaciones de calefacción o climatización, adoptar soluciones de aislamiento térmico, reducir los efectos de las corrientes de aire o de altas velocidades del viento, evitar mantener la ropa mojada y tener buenos hábitos de comida y bebida.

Cuando la temperatura de los lugares de trabajo sea inferior a 10 °C y especialmente en los trabajos que, por las características del proceso y las operaciones a desarrollar, deban realizarse en ambientes fríos, se recomienda evaluar los riesgos por estrés térmico debido al frío mediante los índices IREQ (Aislamiento requerido de la vestimenta) y WCI (Índice de enfriamiento por el viento), según la norma UNE-ENV-ISO 11079:98 sobre evaluación de ambientes fríos y determinación del aislamiento requerido para la vestimenta.

También se puede evaluar los riesgos por estrés térmico debido al frío mediante la medición de parámetros fisiológicos en los trabajadores tal y como se especifica en la norma UNE EN ISO 9886: 2005.

El confort en el trabajo pertenece al área de la ergonomía y como tal se trata en ese ámbito. Aquí no hay más que recordar que ya no se trata

de prevenir riesgos graves como los del estrés por calor o el estrés por frío, sino de mejorar las condiciones de trabajo, para reducir los factores de riesgo relacionados con las condiciones termohigrométricas del ambiente de trabajo y aumentar el grado de satisfacción en el trabajo y la productividad y calidad en la ejecución de funciones y tareas.

5.5. EVALUACIÓN Y CONTROL DE LOS RIESGOS LABORALES POR EXPOSICIÓN A AGENTES QUÍMICOS

Los riesgos *químicos* que son objeto de la higiene industrial son los debidos a la *exposición a agentes químicos*, respecto de los cuales hay que desarrollar unas acciones de *prevención de enfermedades profesionales* y de otras alteraciones de la salud, para evitar o limitar los posibles efectos a medio o largo plazo.

En estos casos también hay que actuar de acuerdo con los mismos principios generales de prevención. Habrá que identificar, incluso en las fases de decisión, diseño y proyecto, aquellos agentes químicos que pudieran implicar un riesgo para los trabajadores en las condiciones (estado físico, forma, vía de entrada en el organismo, etc.) que tales agentes pudieran hallarse presentes. Además tratar, en su caso, de evitar su presencia, de sustituirlos por otros agentes inocuos o menos peligrosos (o que no generen, en su caso, productos peligrosos en el transcurso de su utilización). En el caso de no ser posible o no ser suficiente lo anterior, se adoptarán medidas conducentes a su eliminación en la fuente. De no resultar estas soluciones suficientes, se desarrollarán medidas de protección colectiva y de organización (disminución del tiempo de exposición, utilización de cantidades mínimas indispensables, minimizar el número de trabajadores expuestos, etc.). Finalmente: habrá que adoptar medidas de protección individual, si existieran riesgos residuales que no permitan garantizar una protección suficientemente eficaz con la aplicación de las anteriores medidas.

Todo ello, sin olvidar las medidas de información, formación, participación y vigilancia de la salud de los trabajadores. Esta última deberá, además de completar la evaluación de los riesgos considerándolos *individualmente*, descubrir si algún trabajador es especialmente sensible o vulnerable a la presencia de determinados agentes en su entorno de trabajo y por lo tanto fuera más susceptible de sufrir una alteración de la salud que el resto de los trabajadores considerados como *normales*, es decir, con una respuesta de su organismo análoga a la de la gran mayoría de la población.

Forzosamente algunas cuestiones vuelvan a repetirse, pero nunca será en vano sino para reforzar lo ya tratado y conseguir una mayor cohesión de conjunto de todas las técnicas de prevención.

En España se cuenta con una normativa general sobre los riesgos ambientales en el trabajo por exposición a *agentes químicos*: El Real Decreto 374/2001, de 6 de abril, *sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo*, como aplicación de lo dispuesto en la directiva 98/24/CE, relativa a *la seguridad y la salud en el trabajo frente a los riesgos por agentes químicos*. Además, en el ámbito de los riesgos laborales, existe un reglamento de protección de los trabajadores contra los riesgos por exposición a agentes cancerígenos en el trabajo, y uno específico sobre riesgo en trabajos con amianto. También hay que contar con la reglamentación del control de riesgos graves en ciertas actividades con agentes químicos peligrosos (derivados de la Directiva Seveso II).

Para las cuestiones que se van a tratar a continuación se ha tomado como referencia la citada legislación y las normas UNE, también *normas europeas EN*, relativas a *atmósferas en el lugar de trabajo*, especialmente las siguientes:

- Norma UNE-EN 689 sobre *directrices para la evaluación de la exposición por inhalación de agentes químicos para la comparación con valores-límite y estrategia de la medición*.
- Norma UNE-EN 482 que contiene los *requisitos generales relativos al funcionamiento de los procedimientos para la medición de agentes químicos*.

5.5.1. Evaluación de los riesgos por exposición por inhalación de agentes químicos

Aquí se tratan los riesgos con efectos a medio y a largo plazo, debidos a la exposición *crónica* o continuada a un agente por la vía de entrada correspondiente a las vías respiratorias. En los casos en que el agente en cuestión penetre también por la vía cutánea, se deberá tener en cuenta esta circunstancia, como también los posibles efectos sensibilizantes. También se tratará en determinadas ocasiones de evaluar el riesgo de una intoxicación aguda, pero ésta será exclusivamente por la vía inhalatoria o respiratoria.

Antes de continuar es conveniente concretar unos conceptos esenciales:

Se define como **valor límite profesional**, salvo que se indique otra cosa, el límite de la concentración en el aire, media ponderada en el tiempo, de un agente químico dentro de la zona de respiración de un trabajador con relación a un período de tiempo determinado. Generalmente este tiempo por el que se promedia la concentración en el aire de un contaminante es el correspondiente a la jornada laboral estándar: 8 horas, cuando se trata de períodos de tiempo de *larga duración*, (pueden ser anuales o de otro intervalo de tiempo, más o menos largo). Para los límites de períodos cortos de duración se suelen escoger períodos de 10 a 15 minutos. Estos valores son de aplicación exclusiva en la práctica de la Higiene Industrial, no siendo correcto utilizarlos como referencia para otros propósitos como la evaluación de la contaminación del medio ambiente, del agua, de alimentos, etc., ni siquiera para la estimación de índices relativos de toxicidad o como prueba de la existencia de una enfermedad o cualquier otra alteración.

El **valor límite biológico** se refiere al límite de concentración, en el medio biológico adecuado, del propio agente químico, o de un metabolito u otro indicador al efecto. En general se utiliza siempre como complemento de la evaluación del aire del ambiente y con fines de precisar la respuesta individual. Actualmente existe una gran controversia y en la Unión Europea domina, al menos con efectos legales, la tendencia de restringir al máximo su uso. De hecho solo se admite por el momento los límites biológicos correspondientes a la exposición al plomo y a sus compuestos iónicos.

Se define como **riesgo**, la probabilidad de que la capacidad e daño se materialice en las condiciones de utilización o de exposición.

Se define como **exposición**, a los efectos de los riesgos ambientales, la presencia de un agente químico en el aire de la zona de respiración de un trabajador. Se suele expresar como el valor de la concentración del agente obtenido de las mediciones de la exposición, referido al mismo período de tiempo de referencia del correspondiente al valor límite que se utilice. No hay que olvidar que algunos contaminantes también penetran a través de la piel, por lo que tal posibilidad debe tenerse en cuenta a la hora de evaluar los riesgos *ambientales* correspondientes.

Se denomina **muestreador personal**, a un equipo o aparato para el muestreo personal que se fija sobre una persona para muestrear el aire en su zona de respiración, con el objeto de ser lo más representativo posible del *aire* que respira.

Estrategia de la evaluación del riesgo

Se trata de evaluar el riesgo al que puede estar expuesto un trabajador por la presencia de un agente químico peligroso en el aire que respira, durante parte o toda la jornada laboral. Para ello debe identificarse el agente y, a la vista de unos datos iniciales de las condiciones de trabajo, proceder a una estrategia con el objeto de determinar, lo más fielmente posible, el grado de exposición y evaluar el riesgo por comparación con unos valores de referencia.

Según la citada norma europea EN 689, la estrategia comprende dos fases:

- La evaluación de la exposición laboral por comparación de la exposición con el valor límite; y
- las mediciones periódicas de comprobación de si las condiciones de exposición han variado.

Inicialmente se realiza una evaluación de la exposición, que deberá volverse a realizar de acuerdo con la normativa de prevención de riesgos laborales, cuando se produzca algún cambio significativo en las condiciones de trabajo, se modifique el valor límite o sea necesario por indicación del médico responsable de la vigilancia de la salud de alguno de los trabajadores expuestos ante algunos datos de su estado biológico que así lo aconsejen (signos de alguna alteración de la salud, datos de su estado biológico que delatan una mayor sensibilidad a determinados riesgos, etc.).

Para esta primera fase no se suele imponer ningún procedimiento rígido para la evaluación, dejando al buen criterio profesional la interpretación y la aplicación de la norma.

En la segunda fase, el objeto y la frecuencia con la que se deben realizar las mediciones periódicas depende de los resultados obtenidos en la fase anterior.

En todo caso se debe partir de un conocimiento profundo del proceso productivo o actividad, con el mayor detalle posible de las condiciones de trabajo y con atención a las aportaciones de los propios trabajadores y a las indicaciones procedentes de su vigilancia de la salud.

Con todo ello se procederá a realizar la evaluación de la exposición, con una determinada estrategia de la medición y procedimiento de medida, para que por comparación con los valores límite de referencia determinar unas conclusiones válidas de la evaluación de la exposición laboral y por tanto del riesgo, que condicionará la actividad preventiva posterior.

Evaluación de la exposición laboral

Se realizará en tres etapas:

1) **Identificación de las posibles exposiciones** (exposiciones potenciales). Consiste en identificar los posibles agentes presentes en las condiciones de trabajo y relacionarlos en un listado. A ello contribuye el conocimiento de la composición de las materias primas y productos que se emplean, el tipo de proceso o procesos que tengan lugar (intencionadamente o no; por ejemplo, trabajos en atmósferas previamente contaminadas como es la limpieza de espacios confinados, o operaciones de soldadura con desprendimiento de humos, etc.), las posibles impurezas, los productos intermedios y los productos finales, los productos y subproductos de reacción, etc. Se debe estudiar también las posibles interacciones, en especial las sinergias o potenciación de efectos adversos para la salud, etc.

2) **Determinación de los factores de exposición**, con el objeto de estimar las posibles exposiciones, mediante un estudio detallado de:

- Posibles fuentes de emisión.
- Características de las funciones y tareas ejecutadas por cada trabajador.
- Tiempos de exposición.
- Procedimientos de trabajo y características del proceso.
- Condiciones del lugar de trabajo.
- Medidas de prevención y protección ya adoptadas.
- Indicaciones procedentes de la vigilancia de la salud.
- Etcétera.

3) **Evaluación de la exposición**, que puede realizarse a su vez en tres etapas:

a) **Realización de una estimación inicial de la posible exposición** mediante el estudio conjunto de los posibles agentes químicos presentes y los factores de exposición existentes.

Conviene destacar entre las variables que afectan a las concentraciones de las sustancias:

- Número de fuentes de emisión.
- Ritmo de producción en relación con la capacidad de producción.

- Grado de emisión de cada fuente.
- Tipo y situación de cada fuente.
- Grado y tipo de dispersión de los agentes en el ambiente.
- Tipo y eficacia de los sistemas de ventilación, incluida la extracción.

Entre las variables individuales se encuentran:

- La distancia de la persona a las fuentes.
- El tiempo de permanencia en la zona de presencia del agente.
- Los hábitos y métodos de trabajo.

Esta estimación debe permitir excluir con certeza la presencia de los agentes químicos en el aire si los datos lo permiten, debiendo en caso necesario realizar un estudio adicional.

- b) *Realización de un estudio básico*, en relación con los agentes que tras la estimación inicial se sospechan que están presentes en el ambiente de trabajo. Se trata de obtener información cuantitativa sobre la exposición de los trabajadores afectados comparándola con los valores-límite escogidos como referencia. Para ello pueden servir mediciones anteriores, mediciones efectuadas en otros lugares comparables y cálculos fiables basados en datos numéricos apropiados. En el caso de que esta información no sea suficiente para una comparación válida con los valores de referencia, habrá que realizar mediciones en estos puestos de trabajo.
- c) *Elaboración de un estudio detallado* o más preciso, si no se tiene la seguridad suficiente de que la exposición está y se mantendrá muy alejada, por debajo, del valor límite de referencia.

Estrategia de la medición

No hay que perder de vista que el objetivo es la determinación del riesgo y que esto no solo dependerá de los datos que se obtengan, incluso las mediciones, sino también de las características del riesgo. Hay casos que incluso no admiten un valor límite, como ocurre con determinados agentes carcinógenos o con los agentes mutágenos. Estos mismos casos obligan a reducir la exposición en todo lo posible (alejamiento de la exposición respecto al valor límite cuando exista y en todo caso disminuirla por todos los medios y además, reducir el número de trabajadores expuestos; también ocurre con las sensibilizaciones, etc.). Al mismo

tiempo hay que tener siempre la eficiencia en la utilización de los recursos disponibles.

En el caso de que se tenga una certeza bien fundada de que los niveles de exposición están muy alejados del valor de referencia, tanto por arriba como por abajo, se puede obtener una confirmación de la misma mediante técnicas de fácil aplicación y que no necesitan de una gran precisión. O mediante muestreos o mediciones en la situación más desfavorable.

La estrategia de la medición, con inclusión de los casos de exposición próxima al valor límite, y las distintas cuestiones al respecto sobre selección de puestos de trabajo para la realización de las mediciones, tamaño de la muestra, tiempo de medición y, en general, fijación de las condiciones de medición, se describen en la Guía del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo para Agentes Químicos, junto con el procedimiento de muestreo y medida, incluidos los procedimientos de muestreo y de análisis, así como los cálculos correspondientes, por lo que no es necesario insistir más aquí al respecto.

Conclusiones de la evaluación de la exposición

La exposición laboral a un agente se suele expresar mediante la concentración ponderada para el tiempo de referencia del valor límite con el que se va a comparar: (CEL). Para su cálculo se realizará la media aritmética de las distintas mediciones realizadas durante la misma jornada para cada trabajador:

Por ejemplo (tiempo de referencia: 8 horas), siendo c_i la concentración media medida para un período t_i , la (CEL) será:

$$(\text{CEL}) = \frac{\sum c_i t_i}{8} = \frac{c_1 t_1 + c_2 t_2 + \dots + c_n t_n}{8}$$

Finalmente este valor se compara con el valor-límite escogido como referencia. Se pueden dar tres casos:

1. La exposición supera el valor límite:

Entonces se debe identificar y analizar las causas de este hecho, para adoptar de inmediato las medidas más eficaces para llevar la situación a valores de exposición por debajo del valor límite. A continuación debe evaluarse la exposición laboral de nuevo con el objeto de cerciorarse de que se sitúa por debajo del valor límite de modo estable.

2. La exposición está situada muy por debajo del valor límite de modo estable. No son necesarias mediciones periódicas, aunque debería comprobarse regularmente que las condiciones permanecen estables y por lo tanto la exposición.
3. Las condiciones son inestables o variables, siendo posible que la exposición pudiera sobrepasar el valor límite en algún período de tiempo. En este caso se deben realizar mediciones periódicas. En ciertos casos, según sean las características y propiedades del agente y del proceso de trabajo, pueden no ser necesarias las mediciones periódicas. Para saber cuándo es oportuno y cuándo no, hay que atenerse a las directrices técnicas de la legislación o de las guías técnicas autorizadas, o en su defecto, las normas técnicas u otros criterios de reconocida solvencia.

La norma UNE-EN 689 facilita un procedimiento formal para la evaluación del riesgo por exposición por comparación con el valor límite, basado en las mediciones efectuadas durante la evaluación de la exposición laboral:

Sin perjuicio de realizar la evaluación de la exposición bajo determinadas modalidades, como la de medir en el caso más desfavorable, los cálculos basados en otro tipo de mediciones (emisión de la fuente, por ejemplo) o la utilización de la experiencia o la comparación con otros casos comparables, se puede recurrir a un procedimiento formal como el que se describe a continuación, siempre que se cumplan las correspondientes condiciones, aunque siempre habrá que tener en cuenta un grado de incertidumbre, sobre todo hacia el futuro, que será tanto mayor cuanto más se acerque la exposición al valor límite, las cantidades del producto utilizado o los parámetros de presión y temperatura aumenten y el tiempo que transcurra hasta la próxima evaluación o medición sea mayor.

Las condiciones de aplicabilidad del procedimiento son las siguientes, sin excluir ninguna:

1. La concentración promedio de la jornada de trabajo proporciona una descripción representativa de la situación de la exposición laboral, definida como la concentración de la exposición laboral ponderada para 8 horas: (CEL). Si existe un límite de exposición de corta duración, las variaciones de concentración (máximos relativos o *picos*) sistemáticas satisfacen las condiciones de este límite.

Cada (CEL) debe ser inferior al límite. Si una tan solo lo superara, la exposición estaría por encima de él.

2. Las condiciones de trabajo son estables; es decir: aunque existan variaciones, éstas son siempre análogas, ya que los factores relacionados con las emisiones son específicos del proceso y están en relación con las cantidades de productos o materias primas, las condiciones de presión y temperatura, eficacia de la ventilación, etc.
3. Las condiciones de trabajo no varían de modo significativo de una jornada a otra, permaneciendo análogas durante mucho tiempo.
4. Las condiciones de trabajo que se diferencian claramente se evalúan por separado.

La evaluación de la exposición laboral se obtiene por el siguiente procedimiento:

1. El **índice de exposición I** de un agente se obtiene dividiendo el (CEL) por el valor límite (VL): $I = (\text{CEL})/(\text{VL})$.
Si hubieran resultados por debajo del límite de detección, debe tomarse la mitad de este límite de detección.
2. Si en la primera evaluación I es igual o menor que 0,1, la exposición está por debajo del (VL). Si se puede demostrar, además, que es representativo a largo plazo de las condiciones de trabajo (mantenimiento análogo de unas jornadas a otras), se podrán omitir las *mediciones periódicas*.
3. Si los índices I de por lo menos tres jornadas distintas se mantienen por debajo de 0,25, la exposición es inferior al (VL). Si además son representativos a largo plazo de las condiciones de trabajo, también se pueden omitir las *mediciones periódicas*.
4. Si los índices I de al menos tres jornadas de trabajo son iguales o menores que 1 y su media geométrica es igual o menor que 0,5, la exposición es inferior al (VL).
5. Si un índice I tan solo supera el valor 1, la exposición sobrepasa el (VL), y habrá que tomar medidas para reducir la exposición por debajo del (VL).
6. En cualquier otro caso, este procedimiento no facilita ninguna decisión.

Si se dan los casos 1, 3 ó 4, la evaluación está concluida. El resultado de 3 y de 4 puede servir para determinar los intervalos de tiempo de las *mediciones periódicas*.

Cuando a través de una legislación se exige un procedimiento específico, habrá que seguirlo en lugar del descrito.

En los casos de exposición a más de un agente, habrá que tener en cuenta tal circunstancia y la posible influencia de su interacción y acción conjunta.

Mediciones periódicas

Se deben realizar *mediciones periódicas* para comprobar que los resultados de la evaluación realizada son representativos de la exposición laboral a lo largo de un largo período de tiempo y, en su caso, detectar y valorar los cambios que pudieran haberse producido y las tendencias que puedan apuntarse. También sirve como comprobación de la eficacia de las medidas de control adoptadas.

Ya se ha dicho que los criterios para decidir si estas *mediciones* son necesarias se pueden encontrar en la legislación vigente, en las guías técnicas del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo o en las directrices de las autoridades laborales.

Dado que el objetivo de las *mediciones periódicas* es algo diferente del propio de la evaluación de la exposición, se podrán utilizar estrategias de muestreo distintas para un caso u otro, con el objeto de adaptarse al propósito de cada caso. En cualquier caso una vez elegida la que se considere más adecuada, es conveniente mantener la misma al menos durante un tiempo suficientemente largo, con el objeto de poder comparar los resultados del programa de *mediciones periódicas*, lo que obliga a predeterminar cuándo, cómo y dónde se debe muestrear. Esto obliga a ser sumamente cuidadoso, y riguroso, al diseñar este programa, para poder alcanzar con suficiente garantía de acierto, los resultados perseguidos por los objetivos que han aconsejado la realización de estas *mediciones*.

Cuando ya se hayan conseguido suficientes datos se abordará un análisis estadístico apropiado con la referencia del valor límite escogido, para proceder a la evaluación de los resultados.

El espacio de tiempo a fijar entre sucesivas mediciones se debe establecer, salvo indicación expresa de una disposición legal o directriz oficial (o acordada), teniendo en cuenta (según la norma EN 689):

- Los ciclos de los procesos y las condiciones de trabajo *normales*.
- Las consecuencias de los fallos de dispositivos de control y protección.
- La proximidad al valor límite.

- La eficacia de los controles de los procesos.
- El tiempo requerido para restablecer la situación normal.
- La variación en el tiempo de los resultados obtenidos.

La consideración de estas variables, junto con otras que pudieran ser convenientes, condicionará la adopción de la decisión de los intervalos de tiempo entre las sucesivas *mediciones*, que puede abarcar desde incluso menos de una semana hasta más de un año.

En cualquier caso, conviene no olvidar que si una (*CEL*) supera el valor límite de referencia, debe investigarse de inmediato las causas que han conducido a tal resultado, y a la vista de las conclusiones de esta investigación, se deben tomar cuanto antes las medidas correctoras adecuadas y finalmente volver a repetir la evaluación de la exposición laboral.

La norma EN 689 facilita a título informativo ejemplos de procedimientos para determinar las *mediciones periódicas* y la fijación de los intervalos de tiempo.

El ejemplo para la definición de las *mediciones*, en realidad se atiene a lo expuesto hasta aquí, solo que sistematizado. Se realizarán *mediciones periódicas* siempre que se dispongan de (o en su caso, se puedan diseñar) métodos o procedimientos apropiados de medida y no se utilicen procedimientos que, sin necesidad de *mediciones*, demuestren que la exposición es inferior al valor límite, cuando no resulte obvio que los resultados de la evaluación realizada determinen exposiciones por debajo del valor límite que se mantendrán con alta probabilidad así. Salvo que la legislación o en su lugar directrices oficiales o un acuerdo previo determinen la necesidad de realizar tales *mediciones* en unas determinadas condiciones.

Para la fijación de la periodicidad de las *mediciones*, se recomienda (a título de ejemplo, y a falta de una directriz específica) lo siguiente (EN 689):

- Una primera medición al cabo de 16 semanas de realizada la evaluación de la exposición, una de cuyas conclusiones reflejó la necesidad de efectuar estas *mediciones*.
- El intervalo *máximo* de tiempo de las sucesivas *mediciones* está en función del resultado de la primera:
 - Si la exposición (*CEL*) no excede de $1/4(VL)$: 64 semanas.
 - Si la (*CEL*) excede de $1/4(VL)$, pero no supera el $1/2(VL)$: 32 semanas.

- Si la (CEL) excede el $1/2(VL)$, sin llegar a superar el (VL): 16 semanas.
- Si una (CEL) supera el (VL): hay que investigar la causa, reducir la exposición y repetir la evaluación.

En todo caso, las *mediciones* deberán realizarse en las condiciones *normales* del proceso, debiendo alterarse el programa cuando a juicio del técnico evaluador determinadas circunstancias así lo aconsejen (por ejemplo, una disminución del ritmo de producción, alguna parada reciente, etc.).

Informe y registro de datos

La Ley de Prevención de Riesgos Laborales obliga al registro documental de los resultados de las evaluaciones, que deberá mantener debidamente actualizado, haciendo constar los datos necesarios para su correcta interpretación. La legislación específica en ocasiones concreta más y así se deberá cumplir.

No obstante, en aras de una correcta *gestión de la prevención* en la empresa, se deberá registrar todos los datos de una forma conveniente, con inclusión del tratamiento estadístico apropiado y las tablas y gráficos que sean necesarios para una mejor comprensión de los mismos.

Además, es de relevante importancia la elaboración de un *informe* sobre las evaluaciones y sobre las mediciones, donde se justifique las decisiones adoptadas y la elección de los procedimientos seguidos.

Al menos el informe debe contener los datos siguientes:

- Identificación de la empresa y centro de trabajo donde se efectúan las evaluaciones y mediciones (nombre y dirección).
- Identificación de los responsables de la empresa, así como de los representantes legales de los trabajadores, con los que se ha establecido contacto.
- Identificación de los servicios o instituciones que realizan las evaluaciones y mediciones, con inclusión de los técnicos que intervengan.
- Descripción de los motivos que han originado esta intervención.
- Identificación de los agentes químicos considerados. (Denominación *oficial* según la legislación vigente y denominación que se emplea en la empresa).

- Identificación de los puestos de trabajo y de los trabajadores expuestos concernidos.
- Descripción de los factores de exposición, incluyendo las condiciones de trabajo en el momento de las mediciones.
- Objetivo del procedimiento de medición.
- Procedimiento de medida.
- Programa de muestreo (fecha, comienzo y final, duración).
- Concentraciones de la exposición laboral (CEL) en las mismas unidades que el valor límite de referencia.
- Todas las circunstancias o factores susceptibles de influir en los resultados, con inclusión de las alegaciones y comentarios significativos de los propios trabajadores y de las indicaciones del responsable de la vigilancia de la salud.
- Datos del sistema de aseguramiento de la calidad.
- Resultado de la comparación de los (CEL) con el valor límite.
- Conclusiones, con indicación, en su caso, de las medidas preventivas a adoptar con inclusión de la necesidad y concreción de una nueva evaluación o medición.
- Lugar, fecha y firma de los principales responsables del informe.

5.5.2. Los valores límite y otros estándares de referencia

Los valores límite de exposición profesional, definidos anteriormente, ha sido una de las más trascendentales aportaciones del mundo industrializado en la última mitad del siglo xx. Se introdujeron cuando empezó a comprenderse de modo fehaciente los beneficios de la prevención de las enfermedades debidas a condiciones de trabajo inadecuadas frente a la simple compensación a las víctimas, sin contar con el valor de la propia calidad de vida a nivel personal y social. Y cuando, además, la ciencia y la técnica (sistemas de muestreo y métodos analíticos), comenzaron a permitir la medición del nivel de contaminación del ambiente de trabajo por agentes químicos.

Se comenzaron a establecer *valores límite* para utilizarlos como criterio y referencia para la toma de decisiones dirigidas a mantener las concentraciones en aire de los agentes *contaminantes* suficientemente bajas para garantizar la prevención de los efectos adversos para la salud.

En la actualidad se suelen establecer los valores límite con el propósito de garantizar que la exposición por vía respiratoria a niveles situados por debajo del mismo, de un modo repetido o continuado, durante el período de vida que razonablemente se supone dure tal exposición laboral (la vida laboral), no lleve a provocar en algún momento (en toda la vida) efectos adversos para la salud de las personas expuestas y de su descendencia en ningún caso. Tal garantía supone niveles de protección suficientemente eficaces hasta donde alcanza el estado actual de los conocimientos y de la técnica.

Es necesario determinar la *naturaleza, grado y duración de la exposición* de los trabajadores a los diferentes agentes para poder evaluar los correspondientes riesgos y después tomar las medidas a que hubiera lugar. Esta evaluación debe repetirse a intervalos regulares y siempre que se produzca un cambio de las condiciones de trabajo que pueda suponer una alteración de la exposición.

Para realizar la evaluación del riesgo se deben tener en cuenta todos los factores que puedan influir, como otras vías de entrada al organismo, principalmente a través de la piel, efectos aditivos o sinérgicos por la existencia de otros agentes, anteriores exposiciones, en particular si se dan efectos acumulativos, tipo de trabajo (grandes esfuerzos, ciertos ritmos de trabajo o condiciones termohigrométricas, pueden provocar, por ejemplo, una respiración más acelerada, y por lo tanto la incorporación de una *dosis* mayor de contaminante), estado biológico de las personas (embarazo, hipersensibilidad, tratamiento médico...), ciertos hábitos (si son fumadores, higiene personal con productos agresivos, maquillaje...) y otros datos, recogidos en particular a través de la vigilancia médica. También debe tenerse en cuenta las medidas preventivas ya adoptadas.

Para valorar el riesgo se compara los resultados de la evaluación de la exposición con el criterio escogido de valoración. En los casos ambientales *en el trabajo* en general se recurre, si ello es necesario, a la *medición de concentraciones ambientales* del contaminante como dato numérico de base. El criterio de valoración establece *valores de referencia*, los **valores límite** con los que se comparan los resultados de la evaluación de la exposición.

El establecimiento de los valores de referencia se realiza a partir de datos epidemiológicos, ensayos toxicológicos, estudios de extrapolación química y otras investigaciones, y requiere la determinación previa de los efectos admisibles en relación con el conjunto de una población de referencia que se toma como *normal*, lo que se traduce en una *dosis máxima tolerable*. A partir de este dato y en relación con una *jornada de trabajo tipo* o cualquier otro período de tiempo de referencia, teniendo

en cuenta la relación entre la concentración existente en el ambiente y la dosis incorporada al organismo, se puede fijar un **valor límite de exposición**.

En general, pueden ser de dos tipos: «puntuales» o «ponderados» con respecto a un período de tiempo predeterminado. Los primeros se denominan **concentraciones máximas permisibles** o **valores techo** (*Ceiling Values*) y los segundos **valores promedio máximos permisibles de exposición**. Los Valores límite de pequeños (*cortos*) intervalos de tiempo podrían asimilarse a los puntuales, pero deben *conjugarse* con los valores de larga duración (en general, 8 horas). Los valores *techo* se suelen fijar para prevenir efectos agudos, no debiendo ser superados en ningún instante.

Las **concentraciones máximas permisibles** son valores máximos de concentración del contaminante presente en el ambiente que no deben superarse en *ningún instante*.

Los **valores promedio máximos permisibles** de exposición, son los valores máximos para la concentración de contaminante presente en el ambiente *promediada* durante un período de tiempo tomado como referencia, que generalmente suele ser de ocho horas diarias (jornada tipo), aunque también suele ser cuarenta horas semanales o en ciertos casos, anuales, trimestrales, mensuales, etc.

En la práctica de la higiene industrial, aunque aún no se ha llegado a una *armonización* de conceptos y metodología, se suelen utilizar los siguientes términos, aparte de los ya mencionados:

1. Como ya se ha comentado, en bastantes casos, el valor de la concentración de un contaminante presente en el ambiente varía, frecuentemente con diversas oscilaciones (de ahí la *ponderación* de los valores puntuales) por lo que se suelen fijar **límites máximos de variación** con respecto al valor límite de exposición como acotación máxima que tampoco debe ser superada.
2. **Los niveles de acción** se suelen fijar legalmente y en general son también valores promedio ponderados de la exposición durante ocho horas. Muchas veces suelen ser la mitad o la cuarta parte del valor límite establecido y su superación implica la obligatoriedad de adoptar unas determinadas medidas preventivas.

La utilización de estos valores, independientemente de que tengan o no una *fuerza legal*, debe ser como una referencia para la adopción de todas las medidas preventivas necesarias para **minimizar el riesgo**, pro-

curando que las exposiciones estén lo más alejadas posible de los mismos. No hay que perder de vista que su fijación se realiza sobre una base *estadística* considerada sobre una población *normal*, por lo que nunca debe significar que representan una línea más o menos definida que se para el no riesgo del riesgo. Al contrario, el alejamiento o aproximación a estos valores debe interpretarse en términos *probabilísticos*.

Además se deben tener en cuenta todos los factores mencionados con anterioridad y que puedan influir en la exposición real, mejor aún, en la dosis de contaminante incorporada al organismo, que por otra parte puede ser especialmente *susceptible* a tales riesgos. Hay que tener en cuenta que si además estos valores son fijados legalmente, se añaden criterios políticos (siguiendo consideraciones económicas aunque no de un modo absoluto), por lo que en general se tratarán de valores más altos que los propuestos por asociaciones profesionales y comités científicos.

Tanto la realización de mediciones como las correspondientes evaluaciones de las exposiciones y valoraciones de los riesgos, así como la adopción de las medidas correctoras y de control consecuentes, deben realizarse por profesionales competentes en estas materias, con el instrumental idóneo debidamente preparado, siguiendo una estrategia y unos métodos adecuados a los posibles riesgos y características del proceso y lugar. Diversas organizaciones (organismos de normalización ISO, CEN, AENOR) e Instituciones (el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene, en España) desarrollan normas y metodologías para la práctica de la higiene industrial.

Actualmente se está llevando a cabo un gran esfuerzo armonizador en el ámbito europeo en torno a los criterios para una correcta estrategia de muestreo, medición ambiental y evaluación final de la exposición, en el Comité Europeo de Normalización **CEN**, que se pretende sirva de guía para la aplicación práctica de las legislaciones nacionales resultado de la transposición de las Directivas sobre protección de los trabajadores contra los efectos derivados de la exposición a *agentes químicos*. Existen algunas Normas Europeas, ya mencionadas con anterioridad, a las que seguirán otras sobre las que se trabaja.

La legislación española (R.D. 374/2001) establece las obligaciones empresariales en relación con la evaluación del riesgo de agentes químicos peligrosos en el trabajo conforme a la siguiente secuencia:

1. Determinación (identificación) de la presencia de agentes químicos peligrosos.

2. Evaluación de los riesgos que entrañen dichos agentes químicos identificados para la seguridad y la salud de los trabajadores. Para ello tendrá en cuenta:
 - Sus propiedades peligrosas.
 - La información facilitada por el proveedor (especialmente la ficha de datos de seguridad).
 - La naturaleza, el grado y duración de la exposición.
 - Las condiciones de trabajo con respecto a estos agentes (incluidas sus cantidades).
 - Los valores límite (incluidos los biológicos) que corresponda aplicar.
 - La eficacia de las medidas preventivas adoptadas o que vayan a adoptarse.
 - Las conclusiones extraídas de la vigilancia de la salud de los trabajadores.
3. Determinación de las medidas a adoptar, registro y documentación de la evaluación, con indicación de la motivación, en su caso, de no necesitar una evaluación más detallada.
4. La evaluación se mantendrá actualizada mediante nuevas mediciones o evaluaciones, teniendo en cuenta las modificaciones de las condiciones de trabajo, el avance de los conocimientos, y cuando los resultados de la vigilancia de la salud demuestren tal necesidad.
5. Se deberá realizar evaluaciones específicas que tengan en cuenta la posibilidad de exposiciones importantes en ciertas actividades (por ejemplo, trabajos de mantenimiento) o la posibilidad de exposición simultánea a varios agentes químicos.

Asimismo, este R.D. dispone que el empresario además de cumplir las obligaciones de carácter general de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales y observar los principios de prevención descritos deberá:

1. Eliminar o reducir al mínimo los riesgos mediante:
 - La concepción y organización de los sistemas de trabajo.
 - La utilización de equipos adecuados, así como procedimientos de mantenimiento que garanticen la seguridad y la salud de los trabajadores.

- La reducción al mínimo de los trabajadores expuestos o que lo puedan estar.
 - La reducción al mínimo de la duración e intensidad de la exposición.
 - Medidas adecuadas de higiene y limpieza.
 - Reducción de las cantidades de agentes químicos presentes al mínimo necesario.
 - Procedimientos de trabajo adecuados.
2. Si los resultados de la evaluación revelan un riesgo para la seguridad y la salud de los trabajadores se adoptarán medidas específicas de protección, de prevención, en previsión de emergencias y de vigilancia de la salud, salvo que dichos riesgos sean leves y las medidas antes mencionadas, en 1, sean suficientes. Estas medidas específicas, al ser objeto de otras unidades didácticas, no se abordan en ésta.

Por el momento este real decreto solo incluye un agente en el listado de valores límite de exposición profesional vinculantes: el plomo inorgánico y sus compuestos. El valor es de 0,15 mg Pb/m³ aire, a 20°C y 101,3 kPa, para un período de referencia de 8 horas/día. Para este mismo agente también se establece el, por ahora, único valor límite biológico vinculante: 70 µg Pb/100 ml sangre. También se establece dos *niveles de acción* también para este mismo agente: 0,075 mg Pb/m³ aire para un período de referencia de 40 horas/semana y 40 µg Pb/100 ml sangre, que si se rebasan obligan a una vigilancia de la salud específica.

Hay además una reglamentación muy importante referida a los agentes químicos de carácter cancerígeno y mutágeno que solo tiene reconocido tres valores límite vinculantes (para el benceno, el cloruro de vinilo y el polvo de madera inhalable de especies *frondosas*, llamadas maderas *duras*, entre las que se encuentran el haya y el roble).

En los últimos años el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, por medio de un Grupo de Trabajo en el seno de la Comisión Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, trabaja en mantener actualizada una relación de valores límite que sirva de referencia en ausencia de valores adoptados legalmente. La primera lista fue de 1999, y ha ido sustituyéndose cada año por otra más amplia y actualizada. Se puede consultar gratuitamente en la dirección de internet, junto con una amplísima información sobre prevención de riesgos laborales: <http://www.insht.es>

Se distinguen dos tipos de valores límite (denominados *Límites de Exposición Profesional*): los valores límite ambientales (VLA) y los índices biológicos de exposición (IBE), como complemento de los primeros.

Entre los Valores límite ambientales se distinguen dos clases: los de **larga duración**, para los que se suele fijar un tiempo de referencia de 8 horas, y los de **corta duración**, con un tiempo de referencia de 15 minutos.

Se define una **exposición diaria (ED)**, como la concentración media del agente químico en la zona de respiración del trabajador, medida o calculada para la jornada laboral real y referida a una jornada estándar de 8 horas diarias. Para distintas exposiciones (c_i) de un trabajador a lo largo de la jornada real, con sus respectivos tiempos de exposición (t_i) la exposición diaria ED se puede calcular por la fórmula:

$$(ED) = \frac{\sum c_i t_i}{8} = \frac{c_1 t_1 + c_2 t_2 + \dots + c_n t_n}{8}$$

La **exposición de corta duración (EC)**, es la concentración media del agente químico en la zona de respiración del trabajador, medida o calculada para cualquier período de 15 minutos de la jornada laboral real. Lo interesante es determinar las exposiciones cortas cuando se den períodos de máxima exposición, tomando muestras de 15 minutos en cada uno de ellos. En el caso de que se realicen varios muestreos en un mismo período de 15 minutos, por ejemplo, con la ayuda de instrumentos de lectura directa, la correspondiente EC se podrá calcular por una fórmula análoga a la anterior:

$$(EC) = \frac{\sum c_i t_i}{15} = \frac{c_1 t_1 + c_2 t_2 + \dots + c_n t_n}{15}$$

Ninguna exposición de corta duración EC debe superar el valor-límite ambiental EC (VLA-EC) a lo largo de toda la jornada laboral real. Es muy útil en el caso de agentes químicos con efectos agudos reconocidos pero cuyos principales efectos tóxicos son de tipo crónico. En estos casos el (VLA-EC) es un complemento del (VLA-ED), debiéndose evaluar la exposición a tales agentes con referencia a ambos valores-límite.

También se utilizan los **límites de desviación (LD)**, con objeto de controlar las exposiciones por encima del valor-límite ED, dentro de una misma jornada de trabajo, de aquellos agentes que lo tengan asignado. Tienen un fundamento estadístico y son complementarios de los valores límite ambientales, no pudiendo ser utilizados independientemente de estos. Para los agentes químicos con valores límite ED que carecen de

valor-límite EC, se establece un límite de desviación igual a $3 \times (\text{VLA-ED})$ que no debe ser superado durante más de 30 minutos en total a lo largo de la jornada real de trabajo, sin que en ningún momento se supere el valor de $5 \times (\text{VLA-ED})$.

Cuando están presentes en el ambiente de trabajo varios agentes químicos que ejercen la misma acción sobre el organismo, debe considerarse su efecto combinado. Éste se considerará como *aditivo*, siempre que no se disponga de información acerca de que los efectos sean sinérgicos o bien independientes, en lugar de aditivos. En este último caso, el de efectos aditivos, la comparación con los valores límite ha de calcularse sumando los cocientes de las exposiciones E_i a cada agente divididas por sus respectivos valores límite ambientales $(\text{VLA})_i$, siendo válido este cálculo tanto si se trata de exposiciones diarias o exposiciones de corta duración. Si dicha suma es mayor que 1 se entenderá que se ha superado el (VLA) de la mezcla:

$$\sum \frac{E_i}{(\text{VLA})_i} \leq 1$$

Otros estándares de referencia

Prácticamente se han mencionado los de más interés y uso. En primer lugar están los valores límite legales, ambientales y biológicos, que pueden clasificarse como sigue:

1. Límites comunitarios vinculantes, que deben tener su transposición al derecho nacional mediante valores iguales o menores, con carácter vinculante.
2. Límites comunitarios indicativos, que deben tener su correspondiente valor nacional, que puede ser mayor, igual o menor, y cuya naturaleza debe ser fijada por cada Estado.
3. Límites nacionales vinculantes establecidos por medio de una disposición reglamentaria o por convenio colectivo.
4. Límites nacionales de referencia, que en España son los fijados por el INSHT y aprobados por la Comisión Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo.
5. TLVs y BEIs de la A.C.G.I.H. de Estados Unidos de América.
6. MAK y BAT de la DFG (*Deutsche Forschungsgemeinschaft*) de Alemania.

Los TLVs y los BEIs (*Biological Exposure Indices*) de la ACGIH son los límites más reconocidos a nivel mundial. La ACGIH advierte que son valores recomendados para ser usados exclusivamente en la práctica de la higiene industrial, debiéndose interpretarse y aplicarse por personas con experiencia en esta disciplina. No están concebidos para ser utilizados como valores legales ni pretenden serlo ni que sirvan de base para ello. La ACGIH advierte que estos límites no constituyen una separación definida y nítida entre los niveles seguros y peligrosos ni son índices relativos de toxicidad ni deben trasladarse a otros países de costumbres y condiciones de trabajo diferentes a las de los Estados Unidos. Se trata más bien de recomendaciones y se deben usar como directrices para la implantación de prácticas adecuadas.

5.5.3. La prevención contra los riesgos por exposición a agentes carcinógenos y a agentes mutágenos

La prevención de riesgos laborales por exposición a agentes carcinógenos está desarrollada de manera específica para este tipo de agentes por el Real Decreto 665/1997, sobre *la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo*. Este Real Decreto se ha modificado por otros RR. DD. 1124/2000 y 349/2003.

Este Real Decreto se aplica a todas las sustancias y preparados clasificados (o que cumplan los criterios para su clasificación) como carcinógenos o como mutágenos, de primera y de segunda categoría, según la normativa de clasificación, envasado y etiquetado de sustancias y de preparados peligrosos, que más adelante se tratará. Además también se aplica a sustancias, preparados y procesos que se incluyen en su Anexo I.

Se exige una evaluación periódica de los riesgos, con particular atención a los posibles efectos para la seguridad y la salud de los trabajadores especialmente sensibles, y la adopción de las medidas adecuadas, que fundamentalmente se dirigirán a reducir la utilización en el trabajo de tales agentes, principalmente mediante su sustitución por otro no peligroso o que lo sea en menor medida. Si esto no fuera posible, se procurará que la producción y utilización del agente cancerígeno o mutágeno, según el caso, se efectúe en un sistema cerrado y si tampoco esto fuera posible, se tomarán todas las medidas necesarias para que la exposición de los trabajadores sea la más baja posible.

En todos estos casos, el empresario debe aplicar las siguientes medidas:

- Limitación de cantidades y de utilización.
- Limitación del número de trabajadores expuestos.
- Reducción al mínimo de la formación de carcinógenos.
- Métodos de extracción localizada y ventilación general.
- Detección precoz de exposiciones anormales.
- Procedimientos y métodos de trabajo apropiados.
- Protección colectiva.
- Higiene personal y limpieza del lugar de trabajo.
- Información de los trabajadores.
- Formación de los trabajadores.
- Delimitación de zonas de riesgo.
- Prohibición de fumar en zonas de riesgo.
- Dispositivos de urgencia para exposiciones anormalmente altas.
- Almacenamiento, manipulación y transporte seguros.
- Recogida, almacenamiento y eliminación de residuos de modo seguro.
- Medios de protección individual, cuando todas las demás medidas no garanticen suficientemente la seguridad y la salud de los trabajadores.
- Información a las autoridades competentes.
- Medidas para exposiciones imprevisibles.
- Medidas para exposiciones previsibles.
- Limitación de acceso a zonas de riesgo.
- Vigilancia de la salud.
- Consulta y participación equilibrada de los trabajadores.
- Registro de datos.

El Anexo I de este reglamento contiene una relación de procesos que en su mayoría son obsoletos y han dejado de utilizarse. No obstante hay que mencionar los trabajos con exposición a hidrocarburos aromáticos policíclicos presentes en el hollín, el alquitrán o brea de hulla y los trabajos con exposición al polvo, humo o nieblas producidos en la calcinación y refinado electrolítico de las matas de níquel.

Las directivas comunitarias de limitación de la comercialización y uso incluyen diversos agentes de carácter cancerígeno, como el amianto y el benceno, por ejemplo, restringiendo de tal manera su comercialización y uso, que en algunos casos casi llega a su absoluta prohibición.

5.6. EVALUACIÓN Y CONTROL DE LOS RIESGOS LABORALES POR EXPOSICIÓN A AGENTES BIOLÓGICOS

Para la evaluación de los riesgos hay que determinar la *índole, grado y duración de la exposición* laboral, atendiendo en particular a:

- Clasificación de agentes biológicos según su *riesgo laboral*.
- Las recomendaciones de las autoridades *públicas* responsables.
- Información sobre posibles enfermedades contraídas por los trabajadores con ocasión de su trabajo.
- Efectos alérgicos o tóxicos potenciales vinculados al trabajo.
- Detección de una enfermedad en un trabajador relacionada directamente con el trabajo.

En cuanto a las acciones preventivas a tomar, se pueden presentar tres casos:

- Existencia exclusiva de riesgo de exposición a agentes del *Grupo 1*: No será necesaria ninguna medida preventiva, salvo que se aprecie que presente un riesgo sanitario para los trabajadores o que se utilicen *deliberadamente*, en cuyo caso será suficiente la buena práctica profesional que incluye principios de seguridad e higiene.
- Actividades *sin intención deliberada* de manipular o de utilizar agentes biológicos, pero con riesgo de exposición a agentes de los *Grupos 2, 3 ó 4*: Se aplicarán los principios de prevención según las prioridades de los mismos, procurando en la fase de diseño y proyecto sustituir el agente por otro menos peligroso o evitar la posible exposición, actuar sobre el foco, el medio y el propio trabajador, con especial atención a los métodos de trabajo, a su organización y a la limpieza e higiene, la información y la formación de los trabajadores así como la adecuada vigilancia de la salud. Medidas especiales, añadidas, como *descontaminación, desinfección y determinadas medidas de contención*, deberán tomarse en los servicios médicos y veterinarios.

- Actividades en que deliberadamente *se manipulan o utilizan agentes biológicos de los grupos 2, 3 y 4*: Se aplicarán los principios de prevención, siendo prioritario evitar la exposición o reducirla al mínimo posible. En particular se tomarán las medidas de *contención* correspondientes establecidas en la legislación citada para los servicios médicos y veterinarios, laboratorios y animalarios, por una parte, y para los procesos industriales, por otra; se utilizará la señalización de *peligro biológico* y formación, información, planes de emergencia, profilaxis, notificación a la autoridad competente y vigilancia de la salud.

5.7. CALIDAD DEL AIRE INTERIOR

El aire natural seco y no contaminado está constituido por dos componentes mayoritarios, que son el nitrógeno y el oxígeno y tres componentes minoritarios como el argón, el dióxido de carbono y el vapor de agua. Además contiene una gran variedad de compuestos a nivel de traza. En el Cuadro 5.7 se muestra la composición en volumen de los distintos componentes del aire natural y en el Cuadro 5.8 los Niveles de Calidad del Aire Exterior con respecto a los cuatro contaminantes del aire más importantes y para tres situaciones: *a nivel del mar, en poblaciones con buena calidad del aire y en poblaciones con pobre calidad del aire.*

Sin embargo en los locales cerrados y como consecuencia de la propia actividad humana se produce una degradación del medio ambiente debida a la producción de una serie de compuestos que al difundirse en

CUADRO 5.7. Composición del aire natural seco

Sustancias	% Volumen	Sustancias	% Volumen
Nitrógeno	78,08	Oxido nitroso	$2,5 \cdot 10^{-5}$
Oxígeno	20,95	Dióxido de nitrógeno	$\sim 10^{-5}$
Argon	$9,34 \cdot 10^{-1}$	Monóxido de carbono	$8,7 \cdot 10^{-6}$
Dióxido de carbono	$3,14 \cdot 10^{-2}$	Xenon	$2 \cdot 10^{-6}$
Neon	$1,82 \cdot 10^{-3}$	Amoniaco	$2 \cdot 10^{-6}$
Helio	$5,24 \cdot 10^{-4}$	Dióxido de azufre	Trazas
Metano	$2,00 \cdot 10^{-4}$	Ozono	Trazas
Kripton	$1,14 \cdot 10^{-4}$	Yodo	Trazas
Hidrógeno	$5,00 \cdot 10^{-5}$	Otros hidrocarburos	Trazas

CUADRO 5.8. Niveles de calidad del aire exterior*

	Contaminante del aire			
	Dióxido de carbono mg/m ³	Monóxido de carbono mg/mg ³	Dióxido de nitrógeno µg/m ³	Dióxido de azufre µg/m ³
En el mar	680	0-0,2	2	1
Poblaciones buena calidad de aire	700	1-2	5-20	5-20
Poblaciones pobre calidad de vida	700-800	4-6	50-80	50-100

* Los valores para la calidad de aire percibida son valores típicos medios diarios. Los valores para los cuatro contaminantes del aire son concentraciones medias anuales.

el aire degradan su calidad. La respiración de este aire degradado puede producir efectos que irían desde simple molestias a efectos serios sobre la salud.

De una manera general los 2 requisitos que debe cumplir un aire de calidad interior, es por una parte, que dicho aire debe ser percibido como fresco, confortable y no como un aire viciado o incluso irritante, y por otra y más importante, que el aire que se está respirando no presente ningún riesgo para la salud. Este segundo requisito nos llevaría directamente a los objetivos básicos de la Higiene Industrial. Centrándonos en el primer requisito, existen grandes diferencias individuales en las exigencias humanas a la hora de valorar la calidad de un aire interior. Unas personas son muy sensibles y exigen mucho al aire que respiran. Otras por el contrario, son menos sensibles y por tanto exigen menos. Como consecuencia la calidad del aire interior deberá definirse como el punto en que las necesidades humanas sean satisfechas a nivel estadístico. Esto quiere decir que la calidad del aire será alta, si el grado de insatisfacción afecta a pocos, en tanto que será baja si el porcentaje de insatisfechos es elevado. De acuerdo con estos supuestos basados en el porcentaje de insatisfechos, se establecen 3 niveles de calidad del aire percibido (Cuadro 5.9).

CUADRO 5.9. Calidad del aire percibido

Grado de calidad	% Insatisfechos
Alta	< 10
Standard	10 - 30
Baja	> 30

Estos valores deben referirse siempre al juicio inicial de las personas al entrar en el lugar, ya que con el tiempo hay un cierto grado de adaptación, sobre todo a los bioefluentes humanos y al humo del tabaco.

De todo lo dicho hasta ahora, debe quedar claro que los valores límites de concentraciones admisibles en el aire que definen su calidad del aire interior, deben ser más bajos que los estándares aplicables en Higiene Industrial, y del mismo orden que los estándares de calidad atmosféricos.

5.7.1. Fuentes de contaminación del aire interior

Las fuentes de la contaminación ambiental en las actividades industriales dependen de la propia actividad. En los locales dedicados a oficinas u otras actividades (colegios, locales comerciales, almacenes, bibliotecas, salas de espectáculos, incluso el propio hogar..., etc.), el origen o fuentes de contaminación que alteran la calidad del aire interior son mucho más variadas, pueden clasificarse en cuatro grupos:

- a) Las propias personas (gases metabólicos; humos del tabaco. etc).
- b) Los materiales: mobiliario; moquetas; materiales de la estructura, subsuelo, equipamientos... etc.
- c) Las instalaciones de climatización.
- d) La calidad del aire exterior.

Los agentes contaminantes producidos por dichas fuentes son muy variados y generalmente se producen en pequeñas cantidades, más adelante, se describen algunos de los contaminantes químicos que pueden presentar un mayor riesgo para la salud, si bien sus efectos aún no son suficientemente conocidos, como tampoco lo son los efectos sinérgicos o antagónicos entre ellos.

Las cantidades emitidas por las fuentes no es constante, dependiendo de factores externos como son: *temperatura, humedad, presión barométrica, actividad de las personas, tipo de trabajo, etc.* La carga de polución producida, puede expresarse como una carga de polución química o también como una carga de polución sensorial. La primera es más cuantitativa y puede expresarse en $\mu\text{g/s}$ o en $\mu\text{g/s.m}^2$; o incluso como (g/persona, la tercera es más subjetiva y se suele expresar en «olfs» que se define «como la polución producida por una persona estándar.

5.7.2. Contaminantes químicos más frecuentes que pueden alterar la calidad del aire interior

Los agentes contaminantes de origen no industrial que afectan a la calidad del aire interior son de muy diversa naturaleza y origen. Sus efectos sobre la salud humana no son suficientemente conocidos. Suelen clasificarse en 4 grandes grupos, que son por orden de peligrosidad creciente:

- Efectos sensoriales y sensitivos.
- Efectos respiratorios y alérgicos.
- Efectos neurotóxicos.
- Cáncer.

Todo esto ha llevado a organismos internacionales como la OMS, la UE, la EPA, etc., a establecer directrices sobre la Calidad del Aire Interior. Los principales agentes son:

I. Gases de combustión

Incluye todo los gases procedentes en unos casos de la combustión completa de materias combustibles, y en otros, procedentes de la combustión incompleta, cabe destacar entre otros: *óxidos de carbono (monóxido y dióxido)*; *óxidos de nitrógeno (monóxido y dióxido)*; *compuestos orgánicos quemados*.

Monóxido de Carbono (CO)

Es un gas incoloro e inodoro, que se forma como consecuencia de la combustión incompleta de compuestos de carbón. Su concentración en el interior, puede superar en muchos casos la concentración máxima permitida en los estándar de calidad atmosféricos.

La principal fuente de CO es la combustión defectuosa de combustibles fósiles, sobre todo en el inicio del proceso (cuando la temperatura es baja). Otras fuentes son el funcionamiento de motores de explosión y por supuesto el humo del tabaco (que trataremos aparte).

El CO interfiere en proceso de intercambio de anhídrico carbónico y oxígeno en los pulmones a través de la sangre. Realmente el CO se combina con la hemoglobina formando un compuesto (carboxihemoglobina) más estable, que el formado por el oxígeno (oxihemoglobina) impidiendo

do por tanto el intercambio y produciendo la asfixia. Por supuesto que los efectos producidos dependen de su concentración en el aire, para las concentraciones en que normalmente se presentan en el interior y después de largas exposiciones se pueden producir dolores de cabeza, fatiga, confusión, descoordinación, náuseas, disneas y a concentraciones muy elevadas (>700 ppm) pueden producir la muerte.

Para controlar su presencia se debe mantener adecuadamente los quemadores; para que el proceso de combustión sea total, debe cuidarse que la llama de combustión sea azul y nunca amarillo-naranja. Tener también mucho cuidado con braseros y estufas, manteniendo el local convenientemente ventilado. Nunca poner en marcha el motor de un coche en un lugar cerrado.

Dióxido de carbono (CO₂)

Es el producto de combustión final de los compuestos carbonados y además es un producto metabólico de la función respiratoria de los organismos superiores. Es inocuo y no es percibido a bajas concentraciones. Su concentración en locales interiores depende del grado de ventilación, oscila entre 350 ppm y 700-1000 ppm (en atmósferas viciadas). Se suele utilizar como indicador de la concentración de bioefluentes humanos.

Óxidos de nitrógeno (NO_x)

Se originan como consecuencia del proceso de combustión a altas temperaturas, como calentadores, estufas, motor de automóviles, etc., debido a la oxidación del nitrógeno del aire. A las temperaturas normales de combustión las cantidades de óxidos obtenidas son relativamente bajas; primero se forma monóxido de nitrógeno (NO), que posteriormente se oxida a (NO₂) que es termodinámicamente más estable a la temperatura ordinaria. Los óxidos, de nitrógeno son productos frecuentes en la atmósfera exterior, debido al tráfico rodado, por ello en muchos casos la contaminación interior de NO_x resulta ser inferior a la contaminación atmosférica externa.

Los óxidos de nitrógeno actúan como irritantes de los ojos y del tracto respiratorio, y como consecuencia se rebaja notablemente la resistencia frente a infecciones externas. Exposiciones prolongadas a concentraciones moderadamente elevadas de los mismos, pueden dañar el tejido pulmonar que degeneran en bronquitis crónica.

No resulta fácil el control de este contaminante, más aún teniendo en cuenta que tal como se ha indicado, frecuentemente se encuentra en el

ambiente exterior. Algunas medidas para su control pueden ser sustituir los calentadores de gas o carbón por calentadores eléctricos. Si ello no es posible, mantener las ventanas abiertas o bien conectar un buen sistema de extracción, o aislar la fuente que lo origina.

II. *Formaldehido (HCHO)*

Es un gas de olor irritante y desagradable que se emplea en la fabricación de polímeros que son ampliamente utilizados en construcción y en la fabricación de muebles. Estos materiales pueden emitir pequeñas cantidades de HCHO no polimerizado, que pueden causar problemas de salud, sobre todo si hay un efecto acumulativo.

La mayor fuente de contaminación de formaldehido son los recubrimientos aislantes de los edificios (espumas o paneles), los objetos de madera conglomerada, paneles y chapa para recubrimientos de muebles, todos ellos fabricados con resinas, fenol-formaldehido, urea-formaldehido y melamina-formaldehido. Se puede producir también en alfombras y cortinas de fibra sintética. También puede encontrarse en el humo del tabaco.

La exposición prolongada a este producto puede originar irritación ocular e irritación en el tracto respiratorio superior; tos, irritación de la piel, dolor de cabeza, disneas, náuseas, vómitos y hemorragia nasal. Actúa también como depresor del sistema nervioso central. Estudios recientes han demostrado que pueden inducir cáncer en experiencias con animales, y por tanto es un agente sospechoso de producir cáncer en el hombre.

La exposición prolongada a este compuesto, puede producir un efecto de hipersensibilización incluso a bajas concentraciones. Experiencias de corta duración sobre los seres humanos han mostrado que los efectos adversos antes indicados se producen a concentraciones tan bajas como 0,25 ppm.

El control de este agente se consigue no utilizando los materiales que son su fuente principal, o en caso alternativo, mediante una ventilación adecuada sobre todo en casas de reciente construcción. También las emisiones de HCHO por espumas aislantes pueden reducirse, cubriendo las paredes con pintura plástica u otros recubrimientos especiales que impidan su salida. Otro factor a considerar es el control de la humedad. Un aumento de humedad interior al doble, incrementa también al doble el contenido en formaldehido en el ambiente. Varios países han propuesto unos estándares de calidad del aire en el interior, proponiendo un nivel máximo de formaldehido de 0,1 ppm.

III. *Radón*

Es un gas noble radiactivo procedente de la desintegración de sustancias radiactivas naturales, principalmente compuestos de uranio contenidos en los materiales de construcción y en el suelo. Por todo ello los niveles en el interior del hogar pueden llegar a ser en algunos casos hasta cien veces más elevados que en el exterior. Ya se ha indicado que la fuente principal de Rn son: el subsuelo, los materiales de construcción y el agua utilizado en su construcción, que lógicamente dependerán de su procedencia geológica, así como del suelo donde se ubica.

La exposición a gases de Rn en las minas de uranio se ha relacionado con la aparición de cáncer en los mineros. La causa principal del mismo es debida al efecto exotérmico del decaimiento radiactivo del Rn, así como de sus productos de desintegración que originan lesiones pulmonares que degeneran en cáncer. En este sentido se considera que el Rn es el segundo agente responsable del cáncer de pulmón después del humo del tabaco. Se ha descubierto además un efecto potenciador mutuo entre el humo del tabaco y el Rn en el desarrollo del cáncer de pulmón, tanto mediante la experimentación con animales como a través de estudios epidemiológicos.

Para el control de este agente hay que procurar que los materiales de construcción tengan un bajo contenido en minerales de uranio. Las aguas contaminadas por radón también pueden ser una fuente importante de riesgo que debe controlarse. La ventilación general puede contribuir también a la disminución de la concentración de Rn en el interior de los edificios. Por otra parte, aunque no se ha establecido un estándar de calidad, la EPA recomienda el control periódico de radiactividad en los locales midiéndola mediante contadores de partículas radiactivas.

IV. *Amianto*

Son silicatos complejos de aluminio y magnesio de estructura fibrosa, que se utilizan como aislantes térmicos y para producir tejidos resistentes al fuego. Al tener densidad muy baja, las pequeñas fibras pueden mantenerse en suspensión en el aire durante largos periodos.

Las principales fuentes de fibras de amianto proceden de los materiales aislantes acústicos y térmicos, falsos techos y suelos, guantes anti-térmicos, refuerzo de alfombras, aislamiento de secadores de cabellos, losas para suelos, aislantes de cables eléctricos, cementos, aislantes de hornos de cocina, etc. Actualmente está siendo sustituido por otros materiales en todas sus aplicaciones.

Los efectos nocivos se deben a las pequeñas fibras que pueden originarse como consecuencia de la desintegración mecánica del mismo. Estas fibras pueden penetrar en los pulmones permaneciendo durante largo tiempo en los mismos, produciendo una fibrosis pulmonar que recibe el nombre de «asbestosis». También puede producirse un mesotelioma y cáncer pulmonar. Estos efectos pueden potenciarse en presencia del humo del tabaco.

El mejor método de control es sustituir este material por otro tipo de materiales, generalmente polímeros sintéticos que no presente su efecto. Afortunadamente se ha prohibido su comercialización y uso en todo el Espacio económico Europeo. Como medida de precaución nunca se deben desmontar o demoler aparatos que contengan amianto en un local cerrado. Existe una legislación comunitaria muy severa para la exposición

V. *Humo de tabaco ambiental*

Se define como tal el humo del tabaco lanzado al ambiente por los fumadores y al cual también están expuestas las personas no fumadoras. Este humo contiene más de 4.000 compuestos químicos entre los que destacan: monóxido de carbono, nicotina, formaldehído, hidrocarburos aromáticos policíclicos, etc., entre otros, algunos de ellos con marcado carácter cancerígeno. Queda claro que en locales cerrados no solamente están expuestos a los efectos del tabaco los fumadores, sino también los no fumadores. Estos efectos son particularmente peligrosos para las mujeres embarazadas, para los niños y para los mayores con afecciones pulmonares.

La fuente principal es la combustión del tabaco, junto con el papel de los cigarrillos. Los fumadores están expuestos al humo que llega a sus pulmones y al humo ambiental. Los no fumadores están únicamente expuestos al humo ambiental.

El humo secundario puede causar irritación en los ojos, irritación del tracto respiratorio superior, disminuyendo la resistencia a infecciones externas. En las personas con problemas respiratorios pueden producir agravamiento y potenciación de episodios asmáticos críticos (bronquitis asmática). Los daños sobre la salud son especialmente importantes por sus secuelas posteriores para los niños de menos de 2 años, con posibles problemas de asma y de crecimiento y maduración del tejido pulmonar, que se pueden manifiestan a edades posteriores.

La principal medida de control será no fumar en el interior de locales o en todo caso habilitar una habitación para este fin, que deberá disponer de los sistemas de extracción adecuados. Si ello no es posible, se debe

mantener una buena ventilación, en especial los locales donde están los niños. Los locales para fumadores necesitan de 3 a 6 veces más ventilación que los de los no fumadores.

VI. *Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs)*

La contaminación interior por compuestos Orgánicos Volátiles (COV), se debe en la mayoría de los casos a los gases metabólicos emitidos por los seres humanos u otros animales superiores; también pueden ser originados por los materiales de construcción, mobiliario, y equipamientos de los edificios. Han sido definidos por la OMS con aquellos compuestos de naturaleza orgánica cuyos puntos de ebullición están comprendidos entre 60 y 260°C. Dentro de este grupo se incluyen una enorme cantidad de compuestos con diferentes grupos funcionales (hidrocarburos, aldehidos, cetonas, ácidos... etc.).

El grupo de gases metabólicos lo constituyen además de dióxido de carbono, la humedad y el metano, como componentes mayoritario y una serie de compuestos minoritarios, con grupos funcionales aldehido, ésteres, ácidos, etc., que determinan lo que se denomina «*olor corporal*» (OC).

Las concentraciones alcanzadas por los COV, raramente alcanzan concentraciones peligrosas para la salud, aunque tienen enorme influencia en el deterioro del medio ambiente percibido, por su olor desagradable.

Su control se realiza fácilmente mediante ventilación por dilución.

VII. *Humedad*

La humedad del aire interior puede tener directa o indirectamente un impacto sobre los ocupantes. La humedad ambiental elevada del aire, estimula la producción de mohos y otros hongos, etc., que pueden causar alergias y malos olores. El aumento de humedad puede también incrementar la emisión de sustancias químicas, como el formaldehído de los materiales poliméricos derivados. Una baja humedad ambiental puede causar una sensación de sequedad e irritación de la piel y mucosas de los ocupantes. Normalmente, cuando la humedad relativa es del 30 al 70%, ocurren pocos problemas. Sin embargo, una humedad relativa elevada estimula la aparición de acáridos del polvo, que pueden plantear riesgos serios de alergias, especialmente en los lugares con estancias

prolongadas, como son los dormitorios. Cuando hay agua en los serpentines de enfriamiento o en los humidificadores de los sistemas de ventilación, existe un riesgo de crecimiento de hongos y otros microorganismos. Para evitar esto, son esenciales un diseño, una limpieza y un mantenimiento muy esmerados.

VIII. *Microorganismos*

Los microorganismos más preocupantes del aire interior son las bacterias, los virus y hongos. Muchas bacterias y virus son de origen humano y pueden causar enfermedades infecciosas. Otras fuentes están constituidas por humidificadores con mantenimiento deficiente, los cuales producen la fiebre del humidificador y pueden propagar la legionela. Ciertos microorganismos pueden producir metabolitos que pueden ser tóxicos o irritantes. Los niveles anormales de esporas fúngicas, que se originan en las superficies húmedas y en los materiales de construcción, producen alergias y reacciones de hipersensibilidad.

5.7.3. Evaluación de la calidad ambiental del aire interior

El sentido del olfato en el hombre está situado en la cavidad nasal, siendo capaz de percibir centenares de miles de olores presentes en el aire. Además muchas sustancias químicas son detectadas por las membranas mucosas de la nariz y de los ojos, siendo sensible a un número igualmente grande de elementos irritantes contenidos en el aire. La respuesta combinada de estos «dos sentidos» es la que determina la percepción del aire como fresco y agradable o como cargado, viciado e irritante.

La calidad del aire percibida puede expresarse como el porcentaje de insatisfechos, es decir aquellas personas que perciben el aire como inaceptable justo después de penetrar en una estancia. Para el aire contaminado por bioefluentes humanos, la tabla adjunta, muestra el porcentaje de insatisfechos en función del «índice de ventilación» (expresado en l/s) por persona estándar.

La fuerza o intensidad de la mayoría de las fuentes de polución interior puede expresarse como equivalente a una persona, es decir, el número de personas estándares (olfs) necesarias para hacer el aire tan molesto (causante igualmente de muchos insatisfechos) como la fuente de contaminación real.

La calidad del aire percibida puede expresarse en decipoles. Un «decipol» es la calidad del aire percibida en un recinto con una fuerza

de la fuente de polución de 1 olf ventilado por 10 l/s de aire limpio», es decir, 1 decipol = 0,1 olf/(l/s). Es interesante la relación entre la calidad del aire expresada por el porcentaje de visitantes insatisfechos y expresada en decipoles. La calidad del aire percibida puede expresarse también por medidas basadas en factores de dilución relacionados con niveles de olor definidos, tal como la unidad de olor relacionada con el umbral del olor.

Para determinar el coeficiente de ventilación requerida desde el punto de vista de confort, es esencial elegir el nivel deseado de calidad de aire. En el Cuadro 5.10 se proponen tres niveles de calidad del aire percibida. Cada nivel de calidad (categoría) corresponde a un cierto porcentaje de insatisfechos. En algunos lugares con exigencias modestas puede ser suficiente proporcionar una calidad de aire de la categoría C con un % de insatisfechos alrededor del 30%. En muchos espacios se seleccionaría una calidad de aire de la categoría B con un 20% de insatisfechos más o menos. Una calidad de aire de la categoría A con elevadas exigencias correspondería, a sólo un 10% de insatisfechos. La decisión respecto al nivel deseado de calidad de aire en un recinto depende principalmente de consideraciones económicas y del uso a que se destine el recinto.

CUADRO 5.10. Tres niveles de percepción de la calidad del aire

Calidad de aire interior	% insatisfacción	Decipoles de calidad percibida	Coef. de ventilación requerida* 1/s. olf
Alta (A)	10	0,6	16
Standard (B)	20	1,4	7
Mínima (C)	30	2,5	4

* Suponiendo un aire exterior limpio y una eficacia de ventilación de uno.

5.7.4. Métodos de control de la calidad del aire interior

La calidad del aire interior dependerá de la carga de polución tanto química como sensorial. Los métodos más usuales de control de la calidad del aire interior en un edificio son análogos a los que se utilizan en higiene industrial, reduciéndose en este caso básicamente a dos:

- Actuación sobre las fuentes contaminantes.
- Control de la ventilación.

Entre las formas de actuación más adecuadas para el control de la contaminación interior destacan:

Eliminar o reducir la fuente contaminante

1. Prohibiendo fumar en el interior del edificio o limitarlo a zonas restringidas con extracción localizada.
2. Traslado de las fuentes; por ejemplo, las fotocopiadoras, a áreas menos ocupadas y con mayor renovación de aire.
3. Evitar en lo posible que existan zonas de alta ocupación.
4. Evitar la humedad debida a condensaciones de agua. Para ello se deberían aislar convenientemente las superficies frías del sistema de refrigeración, o en su caso reducir la humedad ambiental.
5. Evitar la acumulación de suciedad y desechos en los lugares menos accesibles que a su vez actuarían como foco de emisión.

Sustituir la fuente

1. Sustituir los materiales de los basamentos y elementos de decoración del edificio que sean defectuosos o contengan y liberen compuestos contaminantes, como es el caso de los aislantes o de los muebles de resinas de fenol, o también de materiales que pueden adsorber compuestos volátiles o polvo y emitirlos posteriormente, actuando como un foco de contaminación secundario, como es el caso de las alfombras, moquetas y otros elementos textiles.
2. Sustituir los materiales de oficina inadecuados, tales como correctores de máquina conteniendo disolventes orgánicos de elevada toxicidad.

Amortiguar el efecto de la fuente

1. Sellando y recubriendo con pintura los materiales que puedan emitir contaminantes.
2. Mejorando el almacenamiento de materiales que puedan generar contaminantes, como son: los productos de limpieza, repuestos de oficina, etc.
3. Instruyendo al personal sobre el correcto funcionamiento de equipos, como fotocopiadoras, mandos de control de ventilación, etc.

Modificar el entorno

1. Cambiar decoraciones que pueden actuar como fuentes.
2. Realizar limpiezas periódicas más profundas incluyendo desinfecciones.
3. Vigilar las condiciones generales del local de humedad y de temperatura, con el fin de impedir el desarrollo de contaminación biológica.

El control de la ventilación es uno de los métodos más habituales para disminuir hasta niveles aceptables la contaminación interior tanto de origen químico como sensorial. Las principales actuaciones en este campo son: aislar o eliminar los contaminantes controlando las relaciones de presión y diluir los contaminantes con aire exterior. Dentro de la primera cabría enumerar las siguientes estrategias:

- Instalar una extracción localizada específica para cada fuente.
- Evitar la recirculación del aire contaminado.
- Situar a los ocupantes del edificio cerca de las entradas de aire y las fuentes contaminantes cerca de los registros de extracción.
- Usar técnicas adecuadas para mantener diferencias de presión y eliminar los caminos de propagación de los contaminantes.
- Mantener cerradas las puertas de recintos de almacenamiento de material auxiliar.

Con respecto a la dilución, la disminución de la carga contaminante se logra mediante su dilución en un volumen de aire limpio considerablemente mayor. El aporte de aire necesario se calcula respecto a la velocidad de generación de los contaminantes así como su peligrosidad.

El efecto de dilución se puede conseguir no solo *aumentando* el volumen de aire exterior sino también *disminuyendo* la recirculación del aire interior. Dado que la calidad del aire no es la misma en todas las zonas del local, lo que realmente cuenta es la calidad en la zona respiración. Esta falta de homogeneidad tiene un gran impacto sobre las necesidades de ventilación. El mayor o menor grado de homogeneidad se expresa un factor de ventilación definido como:

$$E_v = C_e/C_i$$

donde:

C_e = Concentración del contaminante en el aire de extracción

C_i = Concentración del contaminante en la zona de respiración

Obviamente para conseguir una ventilación por dilución eficaz, el factor de ventilación deberá ser igual o mayor que la unidad.

EJERCICIOS DE AUTOCOMPROBACIÓN

1. ¿En qué consiste el principio preventivo de sustitución en el ámbito de la higiene industrial?
2. ¿Qué significado tiene un valor límite biológico?
3. Describir los parámetros utilizados para la evaluación del riesgo laboral al golpe de calor (índice WBGT).
4. En un taller existen tres máquinas ruidosas y se desea calcular aproximadamente (despreciando la diferencia de distancias) la exposición de un trabajador cuando las tres funcionan simultáneamente. Los niveles de presión acústica son 92, 85 y 87 dBA.
5. ¿Cuántos dB disminuye la exposición a un ruido continuo de 90 dB durante 8 horas si se disminuye el tiempo de exposición a la cuarta parte, 2 horas, siendo el resto de la jornada de exposición a niveles de ruido muy bajos (<60 dBA)?
6. En un taller de industria metalúrgica existe un puesto de trabajo donde se efectúan diferentes operaciones de mecanizado que generan un ruido continuo durante el tiempo en que se llevan a cabo. Para realizar la evaluación de riesgos se ha medido con un sonómetro integrador los niveles de ruido continuo equivalente, a los que está expuesto el trabajador diariamente, durante su jornada habitual de 8 h. Los resultados han sido los siguientes:

$L_{Aeq, t1} = 83 \text{ dB (A)}$ Tiempo de exposición, $t_1 = 3 \text{ h}$

$L_{Aeq, t2} = 94 \text{ dB (A)}$ Tiempo de exposición, $t_2 = 1 \text{ h}$

$L_{Aeq, t3} = \text{Despreciable}$ Tiempo de exposición, $t_3 = 4 \text{ h}$

Evaluar el resultado y definir las medidas que deben tomarse de acuerdo con la legislación vigente sobre protección contra el ruido en los lugares de trabajo. [$L_{Aeq, d} = 10 \log \sum 10^{0,1 L_{Aeq, di}}$; $L_{Aeq, di} = L_{Aeq, ti} + 10 \log (ti/8)$]

7. Una muestra de aire contiene 300 mg/m^3 de pentano, a una presión de 101,3 kPa y a una temperatura de $20 \text{ }^\circ\text{C}$. Expresar su concentración en ppm. Masas atómicas de C, 12 y de H, 1.
8. Los xilenos tienen asignado un valor límite de exposición diaria de 50 ppm, tanto si se trata de una mezcla de los tres isómeros o de alguno de ellos por separado. En un determinado puesto de trabajo se han realizado

tres mediciones sucesivas cuyos tiempos de muestreo y resultado son los que se indican a continuación:

Muestra 1: 120 minutos 40 ppm

Muestra 2: 150 minutos 43 ppm

Muestra 3: 180 minutos 80 ppm

Determinar si se ha superado el citado valor límite y comentar los posibles resultados finales de la evaluación de la exposición. ¿Qué medidas deben tomarse?

9. En una sección de una fábrica, donde se realizan varias operaciones sucesivas, se mide la exposición a una sustancia cuyo valor-límite para 8 horas es de 7 mg/m^3 , encontrándose los siguientes valores de exposición junto a sus tiempos correspondientes, para los puestos A, B y C:

A) 1 mg/m^3 (2h); 6 mg/m^3 (4h); 4 mg/m^3 (2h)

B) 2 mg/m^3 (1h); 8 mg/m^3 (5h); 4 mg/m^3 (2h)

C) $0,5 \text{ mg/m}^3$ (1h); 3 mg/m^3 (3h); 10 mg/m^3 (2h); 2 mg/m^3 (2h)

Sin necesidad de hacer cálculos, ¿podría asegurarse si algún puesto puede considerarse exento de riesgo?

No obstante, calcule la exposición laboral y el índice de exposición, dando como conclusión si se supera el valor límite o no.

¿Qué otras conclusiones pueden obtenerse?

10. En un puesto de trabajo de una empresa de artes gráficas se obtienen muestras del aire en la zona de respiración de la persona que lo ocupa, identificándose tolueno, mezcla de los tres isómeros del xileno e isopropanol, con los resultados que se indican en la tabla para muestros sucesivos en una misma jornada de trabajo. El mecanismo de actuación en el organismo de estos contaminantes permite considerar sus efectos como aditivos. Teniendo en cuenta que los valores límite de exposición profesional en España, para un promedio diario de ocho horas de exposición, son 50 ppm para el tolueno, 50 ppm para cualquiera de los tres isómeros del xileno y 400 ppm para el isopropanol, determinar la situación de riesgo en dicho puesto de trabajo, sabiendo además que los xilenos y el isopropanol se absorben por vía dérmica.

N.º muestra	Intervalo (h)	Tolueno (ppm)	Xilenos (ppm)	Isopropanol (ppm)
1	De 08 a 09	7	4	14
2	De 09 a 12	12	8	20
3	De 12 a 15	20	10	24
4	De 15 a 16	20	12	26

Tema 6

PREVENCIÓN Y CONTROL DEL RIESGO QUÍMICO EN LA INDUSTRIA

CONTENIDO

- 6.1. Concepto de riesgo químico.
 - 6.2. Evaluación del riesgo químico.
 - 6.3. Almacenamiento de productos químicos.
 - 6.4. Manipulación de productos químicos.
 - 6.5. La electricidad estática como factor de riesgo.
 - 6.6. El riesgo de incendio.
 - 6.7. El riesgo de explosión.
 - 6.8. Transporte de productos químicos peligrosos.
 - 6.9. Trabajos en espacios confinados.
 - 6.10. Control de accidentes mayores en la industria.
- Ejercicios de autocomprobación.

6.1. CONCEPTO DE RIESGO QUÍMICO

En cada uno de los temas precedentes se han tratado, desde diferentes puntos de vista, las sustancias y los preparados químicos, los productos o agentes químicos, como origen de muy diversos riesgos. En general se denominan a éstos como sustancias y preparados peligrosos o productos químicos peligrosos. Hay que recordar que el posible peligro de estos productos puede residir tanto en sus propiedades fisicoquímicas como en las toxicológicas, referidas tanto al ser humano como al medio ambiente en sentido amplio. Los riesgos relacionados con ellos dependen de muchos factores como el estado de agregación, condiciones termohigrométricas, concentración, tiempo de exposición, presencia de otros productos químicos, posibilidad de un aporte de energía (por ejemplo, chispa eléctrica), tipo de confinamiento, presión, etc.

En consecuencia, se puede definir en un sentido amplio que el *riesgo químico* entraña la posibilidad (probabilidad) de sufrir un daño o un deterioro de cualquier tipo, tanto por parte de las personas y sus bienes como por parte del medio ambiente, al verse afectados por la actividad en la que se manipulen, transporten o almacenen productos químicos peligrosos. Hay que tener en cuenta que los agentes químicos peligrosos puede ser tanto los que se utilizan como aquellos otros resultantes de un proceso químico, intencionado o no, controlado o no, previsto o imprevisto, que puedan estar presentes. Un ejemplo de esto último es la generación de monóxido de carbono como resultado de una combustión incompleta debida al enrarecimiento del oxígeno.

En el tema 1 se abordaron los agentes químicos bajo la denominación de contaminantes del aire, del agua y del suelo. En el tema 2 se trataron entre otros, los riesgos por exposición laboral a agentes químicos. Finalmente en el tema 3 se estudian el conjunto de los diversos riesgos, medioambientales y laborales, que pueden derivarse de la utilización de los productos químicos. El principal objetivo del tema 5 es la prevención

y control de los riesgos a largo plazo (diferidos en el tiempo) por exposición a agentes químicos peligrosos, que cubre esencialmente la higiene industrial. En el presente tema, aunque el concepto de *riesgo químico* se refiere a *todas* las posibilidades de causar efectos adversos, se abordará fundamentalmente los riesgos de carácter inmediato, como los de incendios, explosiones e intoxicaciones agudas.

6.2. EVALUACIÓN DEL RIESGO QUÍMICO

El planteamiento inicial debe partir de un inventario de riesgos con la identificación de todos los posibles peligros y actividades peligrosas, incluyendo tanto los productos que se utilizan como los materiales de los equipos e instalaciones y los posibles productos resultantes de la degradación, la combustión o cualquier otro tipo de reacción. Para ello es esencial disponer de toda la información útil posible, desde la Ficha de Datos de Seguridad Química, que obligatoriamente debe facilitar actualizada el fabricante o el distribuidor, hasta otros complementarios de las bases de datos disponibles en diversos organismos oficiales (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, Ministerios de Medio Ambiente y de Sanidad y Consumo, Dirección General de Protección Civil, etc.). Este inventario puede referirse a toda un establecimiento industrial, a un lugar de trabajo, a un puesto de trabajo, a una operación concreta...

En los casos en que haya un gran número de agentes químicos peligrosos es conveniente proceder a una ordenación según la mayor peligrosidad, con el fin de proceder a una planificación según prioridades de actuación o de decisión (en la fase de proyecto, por ejemplo), según el caso.

Finalmente, se procede a la evaluación propiamente dicha de todos los riesgos, que no hay que olvidar que es la primera etapa para la adopción de las medidas preventivas más idóneas, comenzando por la posibilidad de evitar o reducir los riesgos, mediante la opción o la sustitución por productos y materiales inocuos o menos peligrosos.

Además de los métodos propios de higiene industrial, existe una diversidad de metodología relacionada con la evaluación del riesgo químico. El Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo además de un amplio repertorio de información práctica dirigida a la prevención de riesgos, tiene un método general, simplificado y de carácter preliminar y semicuantitativo, disponible gratuitamente en su portal de internet, por el que se obtiene un Índice de Riesgo de los Procesos Químicos

de un centro o de una actividad, mediante la aplicación de fichas/cuestionarios y la asignación de valores numéricos según las deficiencias detectadas.

Por otra parte, según el caso existen métodos de evaluación específicos como los referidos a atmósferas potencialmente explosivas, riesgo de incendios, incompatibilidad químicas, etc.

Un método muy utilizado en la industria química, especialmente en la fase de diseño y proyecto, aunque también muy extendido para las etapas de funcionamiento en planta, es el Análisis Funcional de Operatividad AFO, más conocido por **Método HAZOP (Hazard and Operability Studies)**. Este método se basa en que los fallos de funcionamiento en un proceso, incluido todo posible accidente, se deben a desviaciones de algunas de sus variables respecto de los parámetros normales operativos. Así se analiza cada etapa y cada unidad del proceso para averiguar las consecuencias de variaciones de las condiciones normales en que se desenvuelven. Tales variaciones pueden ser de temperatura, presión, concentraciones, flujos, etc. Esto se alcanza por medio de «*palabras guía*», con un significado determinado para cada punto fijado e identificado mediante código («nudo») en cada línea o subsistema del proceso. Tales palabras son, por ejemplo «*no*» que puede significar ausencia o valor nulo de la variable, por un bloqueo aplicado a una válvula o mecanismo de control, «*inversión*» (inverso) que puede significar oposición a la función normal, lo que puede suponer un retorno, un retroceso de flujo, cambio de sentido en una reacción, etc.

Para la aplicación del método HAZOP se necesita un equipo de personas expertas en los diversos aspectos del proceso a estudiar, coordinadas por una de ellas que debe ser la que tenga más experiencia tanto en amplitud de conocimientos como en dirección de equipos.

Otro método, generalizado para cualquier tipo de riesgo de accidente (no sólo químico) es el análisis por el **árbol de fallos y errores**, de tipo probabilístico tanto cuantitativo como cualitativo. Con este método se parte de un conjunto de posibles sucesos, a evitar, analizando los posibles fallos o errores que pueden conducir a su desencadenamiento. Esto permite dilucidar si los posibles riesgos están suficientemente controlados. Se elabora de modo sistemático partiendo de combinaciones de posibilidades con opciones «*Y*» (deben darse simultáneamente dos o más fallos para que tenga lugar el suceso) y «*O*» (Se produce el suceso si tiene lugar cualquiera de los fallos). El árbol se va «construyendo» en diversas ramas hasta alcanzar el nivel de los «sucesos básicos», de carácter independiente unos de otros y que ya no necesitan «explicación

alguna». Cuando se ha completado la gráfica del árbol se determinan los conjuntos mínimos de fallos básicos y se calcula la probabilidad de coincidencia y con ello, la probabilidad de que se desencadene un suceso determinado.

No obstante, no hay que perder de vista que las instalaciones y los equipos deben diseñarse para un funcionamiento seguro, con el debido mantenimiento preventivo, así como las diversas actividades y operaciones, con la debida información y formación actualizada de todos quienes vayan a tener un papel en ellas. Lo importante es que se lleven a cabo las mejores prácticas en cualquiera de las acciones y en todos los procesos. A continuación se estudiarán, aunque solo sea de modo somero y limitado, dadas los objetivos de esta obra, las principales actividades que pueden darse en cualquier establecimiento industrial.

6.3. ALMACENAMIENTO DE PRODUCTOS QUÍMICOS

El almacenamiento de los productos químicos es uno de los puntos más críticos en términos de seguridad en cualquier establecimiento. Precisamente en esos lugares se reúnen todo un conjunto de productos peligrosos de distinta naturaleza y estado.

Lo primero que hay que tener en cuenta es la reglamentación específica que es obligado cumplir. Esta legislación no solo es estatal sino también autonómica y local.

La legislación nacional actualmente vigente está constituida por el Reglamento sobre almacenamiento de productos químicos (Real Decreto 379/2001), completado por las siguientes Instrucciones Técnicas Complementarias de Almacenamiento de Productos Químicos (ITC - APQ), también de obligado cumplimiento:

- ITC MIE APQ-1: Almacenamiento de líquidos inflamables y combustibles.
- ITC MIE APQ-2: Almacenamiento de óxido de etileno.
- ITC MIE APQ-3: Almacenamiento de cloro.
- ITC MIE APQ-4: Almacenamiento de amoníaco anhidro.
- ITC MIE APQ-5: Almacenamiento de botellas y botellones de gases comprimidos y disueltos a presión.
- ITC MIE APQ-6: Almacenamiento de líquidos corrosivos.
- ITC MIE APQ-7: Almacenamiento de líquidos tóxicos.

No obstante los requisitos establecidos (limitación de cantidades, distribución, separación, medios de protección, etc.) en esta legislación, tanto para el caso general como para casos específicos, desde el punto de vista preventivo hay que tener en cuenta al menos los siguientes principios:

- Se debe mantener almacenado las cantidades mínimas indispensables de productos peligrosos y siempre envasados adecuadamente, correctamente cerrados y revisados periódicamente. Para este objetivo es importante una gestión del almacenamiento que procure evitar excesivas acumulaciones garantizando las existencias que la planificación de los procesos requieran.
- En los lugares de trabajo deben existir las cantidades mínimas necesarias, en armarios especiales, debiendo estar el resto del producto en locales (almacenes) debidamente construidos, situados y protegidos. Cualquier recipiente o envase debe ser el adecuado para su contenido y etiquetado adecuadamente.
- Se deben mantener separados los productos que puedan ser incompatibles entre sí (deben estar separados del resto los explosivos, los radiactivos y los comburentes; los inflamables pueden almacenarse solo con los nocivos; éstos, los nocivos, pueden estar junto con los tóxicos; se deben separar los ácidos de los álcalis...).
- Algunos tipos de productos requieren un almacenamiento aislado o confinado, especialmente gestionados y controlados (productos muy tóxicos, explosivos, etc.).

Los líquidos inflamables (punto de inflamación inferior a 38 °C) y combustibles (punto de inflamación superior a 38 °C) pueden almacenarse en recipientes móviles y en recipientes fijos.

Los recipientes móviles para líquidos y combustibles tienen una capacidad de hasta 3000 L y pueden situarse en armarios protegidos, salas de almacenamiento y almacenes industriales.

Los *armarios protegidos* se utilizan para pequeñas cantidades. Deben tener al menos una resistencia al fuego RF-15 y estar señalizados con la advertencia de «productos inflamables». Si es el producto inflamable es de clase A (Productos licuados con presión de vapor a 15 °C es superior a 98 kPa), es decir, muy volátil, además debe tener una ventilación exterior. En estos armarios no puede almacenarse más de 100 L de la clase A y no más de 500 L para el resto (excepto la B, que son 250 L). El número de armarios a utilizar en una misma dependencia, salvo que estén debidamente separados es de tres.

Las salas de almacenamiento están dedicadas exclusivamente a este objetivo y se sitúan en edificios para ello o en partes de edificios.

En cualquier caso se requiere el alejamiento de cualquier punto de ignición, los cerramientos y puertas con una elevada resistencia al fuego, instalación eléctrica antideflagrante, iluminación segura, buena ventilación, drenaje y control de todo posible derrame, sistemas de detección y protección contra incendios y un techo ligero para la liberación con menores consecuencias en los casos de sobrepresiones por incendio o explosión.

Para los recipientes fijos además deberá preverse las posibles inundaciones, se instalarán protecciones contra la electricidad estática (conexiones equipotenciales entre partes metálicas y puesta a tierra), protección contra la corrosión, venteo de los recipientes, cubetos para posibles derrames con drenaje seguro y tuberías de llenado adecuadas preferentemente situadas en la parte inferior.

Los accesos, tanto los de emergencia como los demás, y las vías de paso deben estar libres de obstáculos y convenientemente señalizadas. Las estanterías deben ser fácilmente accesibles y, salvo que se utilicen medios auxiliares, no deberían tener una altura mayor de metro y medio metro, y hasta de medio metro para los productos envasados en recipientes frágiles que contengan productos inflamables, comburentes, tóxicos o corrosivos. Se debe evitar la posibilidad de impactos por lo que deben situarse topes y amortiguadores adecuados en las esquinas.

Es importante la limpieza, que deberá realizarse sin levantar polvo, por medios de aspiración y húmedos. Para el caso de producirse derrames y fugas se tendrán previstos los procedimientos de actuación segura.

Los riesgos del almacenamiento de productos químicos se derivan tanto de sus propias características (naturaleza y estado) como del estado y condiciones del mismo almacenamiento. En consecuencia, en función de qué productos, qué cantidades, qué estado, qué posibles incompatibilidades y qué condiciones de humedad, presión, temperatura, etc., se puede producir cualquier tipo de daño: explosiones (química, física, BLEVE = «Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion», explosión por expansión brusca del vapor de un líquido en ebullición), incendio, fugas al ambiente de productos tóxicos, reacciones violentas, derrames, etc.

6.4. MANIPULACIÓN DE PRODUCTOS QUÍMICOS

La manipulación de los productos químicos peligrosos es uno de los tipos de operaciones que mayor riesgo revisten, en particular para los

trabajadores implicados. Y de entre todas estas operaciones, la más delicada en estos términos es la del trasiego o trasvase. Los riesgos son de muy variada índole en función de las características propias de los productos que se manipulan y del tipo de operación que se realiza, conjuntamente con las condiciones bajo las cuales se trabaja.

En este sentido es esencial que se determinen buenas prácticas y procedimientos seguros, acompañados siempre de la formación específica de todos los operadores implicados y de la información necesaria sobre cada operación concreta.

El **trasvase** deberá llevarse a cabo en instalaciones fijas procurando que las operaciones manuales sean las mínimas indispensables. Según el tipo de producto y su estado la operación requerirá un procedimiento u otro, que deberá ser perfectamente conocido e identificado como el correcto para dicho caso.

Las medidas de tipo preventivo, entre otras, pueden ser las de llevar a cabo el trasvase en lugares bien ventilados y, siempre que sea posible, con extracción localizada (segura) aplicada al foco de la posible emisión de vapores. Deberá mantenerse cerrados los recipientes con la única excepción de su trasvase y esto por el tiempo mínimo indispensable. Se debe disponer siempre de un medio de visualizar cuando se llega a completar la carga, con el fin de evitar derrames por rebosamiento. En todo caso deberá estar previsto el tipo de acción ante derrames o fugas. Debe quedar muy claro (podría decirse que es obvio) que no deben verterse a los desagües de la red general ningún tipo de producto peligrosos salvo que sea convenientemente tratado para su neutralización en términos de toxicidad y peligrosidad para el medio ambiente.

En las inmediaciones debe haber *lavajos* y *duchas de emergencia* para los casos en que se produzcan salpicaduras o vertidos sobre la propia persona.

No se debe fumar ni comer ni beber mientras se manipulan productos químicos peligrosos.

Para completar las medidas preventivas debe utilizarse ropa adecuada, mandiles, gafas y pantallas de seguridad (contra salpicaduras) y guantes y manguitos contra la agresividad química, botas, protección respiratoria, etc. Todos estos equipos deberán ser adecuados con relación a las características de los productos a manipular. Para ello hay que atenerse a la información de los propios equipos de protección individual y del tejido de la ropa, respecto de las propiedades de los productos.

Hay que tener en cuenta que la segunda vía de penetración de muchos agentes químicos en el organismo es, después de las vías respiratorias, a través de la piel. La piel no solo es vulnerable a los tóxicos que penetran a su través y a las sustancias corrosivas e irritantes que pueden producir quemaduras químicas, si no también a la sensibilización por contacto, desencadenando reacciones alérgicas. También éstas pueden generarse por inhalación.

En los procedimientos para las operaciones de trasvase y manipulación se debe hacer constar «*el permiso de trabajo con riesgo especial*» para las personas que intervengan y quién la dirige y controla, previa constatación de la formación e información requeridas. Además se debe fijar y delimitar, en su caso, la zona de trabajo (y la posible restricción de acceso para personas ajenas), describir la actividad concreta, identificar los productos con sus peligros, describir los riesgos para las personas y el medio ambiente de la propia actividad, así como las medidas de prevención y protección conjuntamente con las normas de comportamiento, advertir de las posibles incompatibilidades y contraindicaciones, concretar las actuaciones en caso de emergencia (elevación del riesgo por fallo en el control), los primeros auxilios específicos y las normas de eliminación de los residuos (incluidos los envases utilizados).

6.5. LA ELECTRICIDAD ESTÁTICA COMO FACTOR DE RIESGO

En la manipulación de productos químicos peligrosos, particularmente los muy volátiles e inflamables, incluyendo los polvos explosivos, y especialmente en las operaciones de trasvase, carga y descarga, las chispas y arcos eléctricos pueden constituir una fuente muy peligrosa de ignición. La electricidad estática se genera por fricción y rozamiento en diversas operaciones, (entre ellas, la pulverización), donde entran en contacto materiales diferentes.

Este fenómeno corresponde a una distribución de cargas eléctricas desigual entre dos superficies de materiales distintos o separadas por un dieléctrico (en estas operaciones, el aire, que tiene carácter aislante) lo que genera un campo eléctrico y una diferencia de potencial. Tanto el acercamiento de partes activas (que disminuye la tensión necesaria para que se provoque una descarga disruptiva) como la disminución de la resistencia por presencia de una sustancia más conductora (por ejemplo, vapores de compuestos orgánicos volátiles). Tales descargas

suponen la liberación de una energía que puede provocar la ignición si supera la energía mínima necesaria para ello la mezcla aire y vapor inflamable presente en unas determinadas condiciones de presión y temperatura.

Ante estos riesgos las medidas preventivas a adoptar comienza por el control del ambiente y evitar que se generen atmósferas inflamables. Con este fin se tratará de evitar la entrada de aire en los recipientes que contengan líquidos inflamables, pudiendo llegar a la aplicación de sistemas de inertización (por ejemplo con gas nitrógeno). También se puede impedir la presencia de mezclas inflamables con una ventilación suficiente (logrando estar por debajo del límite inferior de inflamabilidad) o todo lo contrario, provocar una alta proporción del agente inflamable situándose por encima del límite superior de inflamabilidad.

Las otras medidas a aplicar persiguen evitar o limitar la formación de cargas eléctricas mediante el empleo de aditivos antiestáticos, la utilización de instalaciones, equipos y dispositivos protegidos. También deben evitarse impactos mecánicos que generen chispas o vibraciones, pudiéndose utilizar si fuera necesario herramientas mecánicas de seguridad, no generadoras de chispas (con materiales de aleaciones ligeras). También puede resultar eficaz el control de la velocidad de flujo de los líquidos, manteniéndola en valores suficientemente bajos, así como tratar de que las superficies de contacto con tales líquidos sean lo más lisas posible.

También es muy importante el control de las cargas generadas mediante la conexión equipotencial, con puesta a tierra, de todas las partes conductoras de la instalación, recipientes y equipos de bombeo.

En las operaciones de trasvase y en las que implica agitación de los líquidos es importante el control del tiempo de relajación una vez finalizada la operación con el objeto de esperar (uno a tres minutos, según la conductividad del líquido) a la disipación de las cargas a través del propio líquido.

Los operarios no deben utilizar ropas de tejido sintético, siendo la más conveniente la de algodón. El calzado debe ser conductor (si la suela es de goma u otro material aislante, se deben colocar remaches de metal) y el suelo permitir la disipación de las cargas.

El mantenimiento de una humedad alta, al menos de más del 60%, provoca una mejor conductividad de las superficies lo que facilita una mejor disipación de las cargas eléctricas.

6.6. EL RIESGO DE INCENDIO

El fuego es la consecuencia de una reacción de combustión en la que se produce simultáneamente energía calorífica y lumínica. Para que se produzca un fuego es necesario que estén en contacto el combustible y el comburente. Este último es, generalmente, el oxígeno del aire. No obstante, se requiere un tercer factor para que la reacción de combustión se inicie: la energía de activación, que puede ser aportada en forma de calor por un foco de ignición. Por lo tanto, son necesarios tres factores simultáneamente para que se produzca un fuego: **combustible**, **comburente** y **energía de activación**, que se suele representar gráficamente por el denominado *triángulo del fuego* (Figura 6.1).

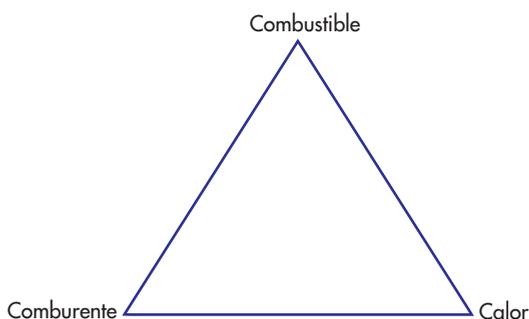


FIGURA 6.1. Triángulo del fuego.

Una vez iniciado el fuego, la combustión genera una energía de combustión en forma de calor y luz y aporta como productos de reacción humos y gases calientes, a la vez que residuos también a temperatura mayor. El calor generado y algunos de los gases o vapores generados, que a su vez pueden ser combustibles, sirven para extender el fuego en una reacción en cadena, constituyendo lo que comúnmente se denomina *incendio*. Generalmente para que el fuego se mantenga, es necesario que haya energía suficiente para que la reacción se siga produciendo y extendiendo, siempre que exista combustible y comburente. Este sistema suele representarse mediante el *tetraedro del incendio* (Figura 6.2).

Mientras existan estos cuatro factores el incendio se mantendrá y se propagará.

La *propagación* es la evolución del incendio en el espacio y en el tiempo.

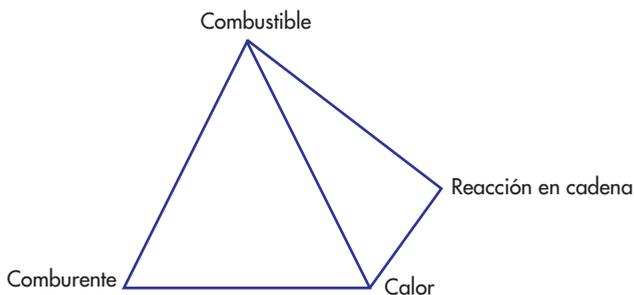


FIGURA 6.2. Tetraedro del incendio.

El calor, y con él el incendio, se transmite y propaga por los mecanismos de: **conducción, convección y radiación**: **Conducción** a través de los materiales sólidos; **Convección**, mediante por medio de los humos y gases de combustión, y en su caso, líquidos; **Radiación, directamente**, por ondas sin soporte material.

En general, el fuego se suele propagar horizontal y verticalmente, por efecto conjunto de los tres mecanismos señalados. Suele dominar la transmisión vertical debido a las corrientes de convección que se crean en los incendios, particularmente en la etapa inicial.

Los huecos en las edificaciones son decisivos en la propagación del fuego, por la formación de corrientes de aire que transportan llamas, humos y gases que a su vez propagan el incendio y, en consecuencia, dificultan la evacuación.

La velocidad de propagación del incendio se ve favorecida por los siguientes factores:

- Mayor superficie de contacto comburente-combustible.
- Alta temperatura de los productos reaccionantes.
- Relación adecuada de concentraciones del combustible y del comburente.

En consecuencia para prevenir y luchar contra los incendios, debe procurarse romper el tetraedro del incendio (para evitar su extensión) y el triángulo del fuego (anulando uno o varios de los factores).

No todos los fuegos son iguales ni tienen el mismo comportamiento y, en consecuencia, su modo de prevenirlos y luchar contra ellos. La clasificación según el tipo de combustible se ofrece en el cuadro de la Figura 6.3.

Clase	Tipo de fuegos
A	Fuegos de combustibles sólidos cuya combustión suele dar lugar a la formación de brasas (madera, papel, tejidos, caucho...).
B	Fuegos de combustibles líquidos (gasolinas, disolventes, pinturas...) o de sólidos que por acción del calor pasan a líquidos (aceites, cera, parafina...).
C	Fuegos de combustibles gaseosos (propano, butano, metano, gas natural...).
D	Fuegos de combustibles especiales, no incluidos en los apartados anteriores (metales ligeros, elementos radiactivos...).

Figura 6.3. Tipos de fuegos.

Prevención de incendios

Las medidas de prevención o protección para evitar o disminuir la propagación de un incendio pueden dividirse en:

- **Estáticas**, que **previenen** el riesgo mediante su aislamiento por protecciones estructurales.
- **Dinámicas**, que se dedican a la detección, alarma y extinción, con el fin de controlar y extinguir el fuego o al menos limitar su propagación.

Las medidas esencialmente **preventivas**, son un conjunto de acciones tendentes a evitar el inicio del incendio, mediante la eliminación de uno o más de los cuatro factores determinantes del incendio: el combustible, el comburente, la fuente del calor y la reacción en cadena.

Actuación sobre el combustible

Sustitución del combustible por otros productos de temperatura de inflamación superior o menos combustibles.

Eliminación del combustible. Es necesario: orden y limpieza; almacenamientos aislados y alejados de zonas de trabajo; utilización de recipientes herméticamente cerrados para almacenamiento, transporte y depósito de residuos; transvases seguros con control de derrames; mantenimiento de instalaciones con posibles pérdidas o fugas...

Ventilación. Extracción localizada o general para la eliminación de concentraciones peligrosas en el aire ambiental.

Refrigeración. Mantenimiento de la temperatura del combustible por debajo de su punto de inflamación.

Disolución o mezcla. Adición al combustible de otra sustancia que aumente su temperatura de inflamación. Ejemplo: adición de agua a los alcoholes.

Recubrimiento, aislamiento o ignifugado de materiales combustibles, mediante, por ejemplo, recubrimiento químico.

Minimización de las cantidades de materiales inflamables. Utilización de las cantidades estrictamente necesarias. Hay que evitar los depósitos provisionales de materiales inflamables, así como la acumulación de sustancias inflamables en el lugar de trabajo.

Señalización y etiquetado adecuados. Los recipientes y conducciones que contengan o conduzcan líquidos inflamables deben ser inequívocamente identificados para evitar errores involuntarios.

Actuación sobre el comburente

En las operaciones de alto riesgo, hay que mantener atmósferas con bajo o nulo contenido en oxígeno mediante el empleo de agentes inertizantes como el nitrógeno, el vapor de agua, o el anhídrido carbónico. Así, en la soldadura de un recipiente que haya contenido líquidos inflamables, se requiere el empleo de un agente inertizante y si el depósito es pequeño, puede recurrirse a su llenado con agua.

Actuación sobre los focos de ignición

- Sobre focos térmicos
 - Prohibición de fumar e introducir útiles de ignición.
 - Emplazamiento de las instalaciones generadoras de calor aparte de los locales con riesgo (hornos, calderas, etc.).
 - Verificación de ausencia de atmósferas inflamables con un explosímetro.
 - Protección de los combustibles con mantas o pantallas en las proximidades de trabajos de soldadura.
 - En vehículos y máquinas con motor de combustión interna, colocar malla apagallamas y calorifugado en tubo de escape. Prohibición de tránsito por zonas de peligro.

- Protección con cubiertas opacas para rayos solares.
- Cámaras aislantes, ventilación, refrigeración según las condiciones térmicas ambientales.
- Sobre focos eléctricos
 - Instalación eléctrica de seguridad según el riesgo (Reglamento de Baja Tensión).
 - Dimensionamiento de la instalación para evitar sobrecarga. Interruptores magneto-térmicos.
 - Interruptores diferenciales contra corrientes de fuga.
 - Puesta a tierra y conexiones equipotenciales, humidificación ambiental, dispositivos colectores, ionizadores, contra cargas electrostáticas.
 - Pararrayos para descargas eléctricas atmosféricas.
- Sobre focos mecánicos
 - Lubricación contra roces mecánicos.
 - Herramientas antichispa.
 - Eliminación de partes metálicas en calzado.
- Sobre focos químicos
 - Aislamiento adecuado y control automático de la temperatura en procesos exotérmicos, o que puedan alcanzar temperaturas peligrosas.
 - Separación y almacenamiento adecuado de sustancias reactivas.
 - Ventilación y control de la humedad ambiental en sustancias autooxidables.

Actuación sobre la reacción en cadena

- Adición de antioxidantes a plásticos. Tejidos ignifugados.
- Reacción y resistencia al fuego. Los materiales empleados en la construcción tienen un comportamiento frente al fuego que van desde los materiales incombustibles a los altamente inflamables.

La legislación vigente limita la aplicación de cada categoría según los usos a que están destinados. El concepto de resistencia al fuego se utiliza en la protección estructural identificándose con las siglas RF y nos indica la resistencia de un elemento constructivo expresada en minutos, sin que pierda su estabilidad ni sus características estructurales y de aislamiento del fuego.

Protección y lucha contra incendios

Es el conjunto de acciones para que llegado el momento de que se inicie el incendio, éste quede limitado en su propagación y reducidas sus consecuencias. Se agrupan de la forma siguiente: Protección estructural, detección y alarma, evacuación y extinción.

Protección estructural

La protección estructural de edificios, locales e instalaciones corresponde esencialmente a la fase de proyecto. Consiste en diseñar los elementos constructivos de tal forma y con los materiales adecuados, para que formen una barrera contra el avance del incendio en caso de que éste se produzca, logrando su aislamiento en sectores de incendio controlados. Esta actuación se llama sectorización o compartimentación.

Hay que subrayar que el efecto negativo del humo es muy superior al efecto de la temperatura (llamas), por su influencia sobre las personas, dificultando o impidiendo la evacuación de los locales.

Sistemas de detección

Se entiende por detección de incendios el hecho, no sólo de descubrir un fuego en un lugar determinado, sino de localizarlo y comunicar su situación para que entre en funcionamiento el plan de emergencia.

La característica principal exigida a la detección, es que sea rápida, pues de la rapidez depende el éxito de la lucha contra el fuego.

Los sistemas de detección pueden establecerse fundamentalmente mediante:

- Detección humana

La detección humana es la confiada a las personas; consiste en realizar rondas periódicas por los locales para tratar de descubrir un conato

de fuego. Durante noche, la detección queda confiada al servicio de vigilancia que, en general, está reducido a unas pocas personas. La rapidez de este sistema es muy baja y está condicionada a la formación del vigilante en materia de incendios.

- **Detección automática**

La detección automática permite la localización inmediata del incendio y la puesta en marcha automática o semiautomática del plan de alarma, pudiendo accionar además los sistemas fijos de extinción de incendios.

La rapidez de detección suele ser mucho más alta que la humana, aunque el sistema debe estar supervisado por un vigilante, pues pueden producirse detecciones erróneas. Una de las grandes ventajas del sistema es que pueden vigilar permanentemente zonas inaccesibles a la detección humana.

Los detectores son elementos que detectan el fuego a través de algunos fenómenos que lo acompañan, tales como gases, humos, temperatura o radiación ultravioleta.

La elección de los detectores viene dada en función del tipo de los materiales combustibles, ya que los fenómenos detectados aparecen sucesivamente después de iniciado el incendio.

Equipo de control y señalización

La central de señalización es el cerebro del sistema de lucha contra el fuego. Los detectores y pulsadores de alarma están unidos por líneas a la central. El equipo de control y señalización estará provisto de señales ópticas y acústicas para el control de las zonas en que se haya dividido el edificio o establecimiento. Además deberá estar situado en un lugar accesible y bien comunicado, y las señales estarán dispuestas en lugares tales, que puedan ser percibidas permanentemente.

Instalación de alarma

Es el sistema empleado, óptico o acústico, para avisar de la existencia de un fuego. Los sistemas de alarma pueden ser automáticos o manuales. Las alarmas manuales consisten en un pulsador que, al accionarlo, pone en funcionamiento las señales, mientras que las alarmas automáticas están conectadas a los sistemas de detección y a una central de control que acciona automáticamente las señales.

Extinción

La coexistencia de los cuatro factores que componen el tetraedro del fuego es imprescindible para el inicio y desarrollo del incendio. Por ello, la teoría del procedimiento de extinción está basada en la eliminación de uno cualquiera de esos factores:

- Eliminación (del combustible).
- Enfriamiento (eliminando los focos de ignición y la energía de activación).
- Sofocación (eliminando el comburente).
- Inhibición (cortando la reacción en cadena).

Los *medios manuales de extinción* son aquellos en que la intervención de las personas es imprescindible para su puesta en funcionamiento. Pueden considerarse como tales:

- Extintores manuales.
- B.I.E. (Bocas de Incendios Equipadas).
- Hidrantes.
- Columnas secas.

Los tres últimos se consideran también manuales ya que su funcionamiento está supeditado a la intervención humana.

Los **extintores** son recipientes a presión (la presión puede estar incorporada, o provista por un recipiente exterior) que contienen sustancias extintoras para ser proyectadas contra el fuego por acción de la presión interna. Su construcción y retimbrado se debe ajustar al Reglamento de Aparatos a Presión y a las directrices de la Administración de Industria de la Comunidad Autónoma (Figura 6.4).

Se consideran extintores portátiles, aquéllos cuya masa es igual o inferior a 20 kg. Si el peso es superior, deben disponer de un medio de traslado sobre ruedas.

Hay que dirigir el producto extintor a la base de las llamas desde una posición lo suficientemente próxima y de espaldas al viento.

Las columnas secas, bocas e hidrantes de incendios, son sistemas de agua, que es el medio más usado por ser el más abundante, económico y vehiculable, y actúa por enfriamiento de los materiales combustibles.

ADECUACIÓN de los AGENTES EXTINTORES a las distintas CLASES DE FUEGO				
AGENTE EXTINTOR	CLASES DE FUEGO			
	A	B	C	D
Agua a chorro (*)	SI	NO	(1)	NO
Agua pulverizada	SI	SI	(1)	NO
Espuma física (*)	SI	Sí	(1)	NO
Polvo (convencional) BC	Sí	SI	Sí	NO
Polvo (polivalente) ABC	SI	SI	Sí	NO
Polvo específico metales	NO	NO	NO	SI
Anhídrido carbónico	Sí	Sí	Sí	NO

Siendo: SI: Muy adecuado. Sí: Aceptable. NO: Inadecuado.

Notas:

(1) Estos agentes NO extinguen pero SI limitan la propagación.

(*) En presencia de tensión eléctrica no son aceptables como agentes extintores el agua a chorro ni la espuma; el resto de los agentes extintores podrán utilizarse en aquellos extintores que superen el ensayo dieléctrico normalizado en UNE 23.110.

FIGURA 6.4. Agentes extintores.

La **columna seca** está formada por una canalización de acero fija, normalmente de 30 mm de diámetro y vacía. La alimentación se encuentra en la fachada del edificio y tiene diversas bocas de salida. La tubería discurre generalmente por la caja de la escalera, con bocas de salida en cada planta, para el acoplamiento de mangueras. Es de uso exclusivo para el servicio de extinción de incendios.

Los **hidrantes** exteriores están situados en la parte exterior de la edificación y pueden tener una o varias bocas para toma de agua a presión, en la que se acoplan las mangueras. La conducción está permanentemente bajo carga de agua a presión. El accionamiento suele ser por válvula manual.

Las **bocas de incendio equipadas o B.I.E.** son conducciones independientes conectadas a la red general y siempre bajo presión. Si no existe red general tendrán que alimentarse de un depósito, y la presión necesaria se obtendrá a través de bombas. Constan de *boquilla*, que puede lanzar el agua a chorro o pulverizada, *lanza* que constituye el sistema de cierre y apertura, y *manguera* que vehicula el agua. Están equipadas con un manómetro indicador de presión colocado antes de la manguera. Su acoplamiento a la toma está normalizado.

En los *sistemas fijos de extinción* (automáticos) el producto extintor es transportado desde el lugar de almacenamiento, a través de una conducción fija e impulsada sobre el fuego por elementos fijos.

En los *sistemas semifijos*, la sustancia extintora es transportada por una conducción fija, e impulsada sobre el fuego a través de mangueras o lanzas.

En los *sistemas móviles*, la sustancia extintora es transportada y proyectada sobre vehículos automotores.

Quedan muchas cuestiones sin abordar, como por ejemplo la evacuación, que son más propias de un curso más especializado

6.7. EL RIESGO DE EXPLOSIÓN

En general se entiende como explosión todo fenómeno que transcurre de modo súbito con una liberación muy rápida de energía y de gases a alta presión. La mayoría de las veces se debe a una reacción exotérmica muy rápida, generalmente de combustión. Su carácter súbito y, en su caso, inesperado, le confiere una especial peligrosidad ya que no permite una protección *a posteriori*, y siempre supone grandes daños ya que la liberación «tan concentrada» de energía puede ser sumamente destructiva y añadir otros riesgos como el del incendio y el de derrumbamiento de las estructuras, además de la propia proyección de personas y materiales (por ejemplo, vidrios), sobre todo si tiene lugar en un medio cerrado o confinado.

Atendiendo al origen las explosiones pueden ser:

- Químicas. Producidas por reacciones rápidas, que frecuentemente son combustiones violentas como ocurre con los explosivos y los gases inflamables. Según su velocidad se denominan deflagraciones o detonaciones.
- Mecánicas. Producidas por la rotura de un recipiente que contiene un producto a alta presión. (Estallido de una caldera de vapor, por sobrepresión).
- Eléctricas. Producidas por una descarga de arco eléctrico que a su vez vaporiza bruscamente los conductores y soportes.
- Nucleares. Producidas por procesos asociados a la fisión o a la fusión nuclear.

La prevención debe dirigirse, en el caso de las explosiones de origen químico, a evitar o mantener debidamente controladas las atmósferas explosivas. La atmósfera explosiva es una mezcla de gases, vapores, nieblas o polvos procedentes de sustancias inflamables con aire con suficiente oxígeno que en presencia de una fuente de ignición puede dar lugar a una explosión. Esta explosión incluye el fuego resultante de la combustión al propagarse a toda la mezcla que aun no se ha quemado. Los efectos sobre los trabajadores pueden ser debidos a las llamas y a las presiones no controladas en forma de radiación térmica, llamaradas, ondas de choque con proyección de objetos y partículas, deficiencia de oxígeno (asfixia) e intoxicación por los productos nocivos resultantes.

Estos riesgos pueden existir en actividades propias de la industria química, refinerías de productos derivados del petróleo y similares, fabricación, suministro y utilización de gas, industria farmacéutica, industria alimentaria, agricultura, industria generadora de energía eléctrica, trabajos con la madera, trabajos con metales, esmaltado, ingeniería civil, vertederos, reciclado y tratamiento de residuos, etc.

Hay que adoptar todas las medidas necesarias, técnicas y organizativas, para prevenir las explosiones, impidiendo la formación de atmósferas explosivas. Si esto no fuera posible, la prevención debe dirigirse prioritariamente a evitar la ignición de tales atmósferas y a atenuar los efectos perjudiciales de una eventual explosión. Además se debe adoptar medidas que impidan y obstaculicen la propagación de las explosiones.

Se consideran «*áreas de riesgo*» aquéllas en las que puedan formarse atmósferas explosivas en cantidades tales que resulte necesaria la adopción de precauciones especiales para proteger la seguridad y la salud de los trabajadores afectados. Se consideran «*áreas que no presentan riesgo*» aquéllas en las que no cabe esperar la formación de atmósferas explosivas en tales cantidades. Las sustancias inflamables o combustibles se considerarán sustancias capaces de formar atmósferas explosivas, a no ser que el análisis de sus propiedades demuestre que, mezcladas con el aire, no son capaces por sí solas de propagar una explosión. Las capas, depósitos y acumulaciones de polvo inflamable deben ser tratados como cualquier otra fuente capaz de formar atmósferas explosivas. Las áreas de riesgo se clasificarán en zonas teniendo en cuenta la frecuencia con que se produzcan atmósferas explosivas y la duración de las mismas. De esta clasificación dependerá el alcance de las medidas específicas que deban adoptarse:

- *Zona 0*: Área de trabajo en la que una atmósfera explosiva consistente en una mezcla con aire de sustancias inflamables en forma de gas, vapor o niebla está presente de modo permanente, o por un período de tiempo prolongado, o con frecuencia.

- *Zona 1:* Área de trabajo en la que es probable, en condiciones normales de explotación, la formación ocasional de una atmósfera explosiva consistente en una mezcla con aire de sustancias inflamables en forma de gas, vapor o niebla.
- *Zona 2:* Área de trabajo en la que no es probable, en condiciones normales de explotación, la formación de una atmósfera explosiva consistente en una mezcla con aire de sustancias inflamables en forma de gas, vapor o niebla o en la que, en caso de formarse, dicha atmósfera explosiva sólo permanece durante breves períodos de tiempo.
- *Zona 20:* Área de trabajo en la que una atmósfera explosiva en forma de nube de polvo combustible en el aire está presente de forma permanente, o por un período de tiempo prolongado, o con frecuencia.
- *Zona 21:* Área de trabajo en la que es probable la formación ocasional, en condiciones normales de explotación, de una atmósfera explosiva en forma de nube de polvo combustible en el aire.
- *Zona 22:* Área de trabajo en la que no es probable, en condiciones normales de explotación, la formación de una atmósfera explosiva en forma de nube de polvo combustible en el aire o en la que, en caso de formarse, dicha atmósfera explosiva sólo permanece durante un breve período de tiempo.

Las principales medidas de protección a tomar contra las explosiones son las siguientes:

- Todo escape o liberación, intencionado o no, de gases, vapores o nieblas inflamables o de polvos combustibles que pueda dar lugar a riesgos de explosión deberá ser desviado o evacuado a un lugar seguro o, si no fuera viable, ser contenido o controlado con seguridad por otros medios.
- Cuando la atmósfera explosiva contenga varios tipos de gases, vapores, nieblas o polvos combustibles o inflamables, las medidas de protección se ajustarán al mayor riesgo potencial.
- Cuando se trate de evitar los riesgos de ignición, también se deberán tener en cuenta las descargas electrostáticas producidas por los trabajadores o el entorno de trabajo como portadores o generadores de carga. Se deberá proveer a los trabajadores de ropa de trabajo adecuada hecha de materiales que no den lugar a descargas electrostáticas que puedan causar la ignición de atmósferas explosivas.

- La instalación, los aparatos, los sistemas de protección y sus correspondientes dispositivos de conexión sólo se pondrán en funcionamiento si un análisis especializado indica que pueden usarse con seguridad en una atmósfera explosiva. Lo anterior se aplicará asimismo al equipo de trabajo y sus correspondientes dispositivos de conexión que no se consideren aparatos o sistemas de protección, si su incorporación puede dar lugar por sí misma a un riesgo de ignición. Se deberá tomar las medidas necesarias para evitar la confusión entre dispositivos de conexión.
- Se adoptarán todas las medidas necesarias para asegurarse de que los lugares de trabajo, los equipos de trabajo y los correspondientes dispositivos de conexión que se encuentren a disposición de los trabajadores han sido diseñados, construidos, ensamblados e instalados y se mantienen y utilizan de tal forma que se reduzcan al máximo los riesgos de explosión y, en caso de que se produzca alguna, se controle o se reduzca al máximo su propagación en dicho lugar o equipo de trabajo. En estos lugares de trabajo se deberán tomar las medidas oportunas para reducir al máximo los riesgos que puedan correr los trabajadores por los efectos físicos de una explosión.
- En caso necesario, los trabajadores deberán ser alertados mediante la emisión de señales ópticas o acústicas de alarma y desalojados antes de que se alcancen las condiciones de explosión.
- Cuando así lo exija el documento de protección contra explosiones, se dispondrán y mantendrán en funcionamiento salidas de emergencia que, en caso de peligro, permitan a los trabajadores abandonar con rapidez y seguridad los lugares amenazados.
- Antes de utilizar por primera vez los lugares de trabajo donde existan áreas en las que puedan formarse atmósferas explosivas, deberá verificarse su seguridad general contra explosiones. Deberán mantenerse todas las condiciones necesarias para garantizar la protección contra explosiones.
- Cuando la evaluación de riesgos muestre que ello es necesario:
 - Deberá poderse, en caso de que un corte de energía pueda comportar nuevos peligros, mantener el equipo y los sistemas de protección en situación de funcionamiento seguro independientemente del resto de la instalación si efectivamente se produjera un corte de energía.

- Deberá poder efectuarse la desconexión manual de los aparatos y sistemas de protección incluidos en procesos automáticos que se aparten de las condiciones de funcionamiento previstas, siempre que ello no comprometa la seguridad. Tales intervenciones se confiarán exclusivamente a los trabajadores capacitados para ello.
- La energía almacenada deberá disiparse, al accionar los dispositivos de desconexión de emergencia, de la manera más rápida y segura posible o aislarse de manera que deje de constituir un peligro.

Sin perjuicio del necesario etiquetado de los productos químicos peligrosos envasados o situados en contenedores, recipientes y tuberías, que en el caso de que la reglamentación exija que uno de los pictogramas debe corresponder a «sustancia explosiva», las zonas de riesgo de atmósferas explosivas deben señalizarse con una señal específica, de características diferentes a este pictograma ya descrito anteriormente (cuadrado, con fondo anaranjado y un grafismo de color negro representando una explosión). Esta señal es de *advertencia* y por lo tanto triangular; con bordes de color negro y fondo amarillo, con un grafismo de color negro con las letras «Ex». (Figuras 6.5 y 6.6)



FIGURA 6.5. Señal de advertencia para zonas con riesgos de atmósferas explosivas.



FIGURA 6.6. Pictograma para el etiquetado de una sustancia o preparado clasificado como explosivo.

6.8. TRANSPORTE DE PRODUCTOS QUÍMICOS PELIGROSOS

El mayor número de accidentes graves con una implicación directa de los productos químicos peligrosos tiene lugar con ocasión de su transporte, siguiéndole en este orden de frecuencia su trasvase de un recipiente a otro. Este dato puede atribuirse a que esta actividad se desarrolla forzosamente fuera del ámbito controlado del establecimiento o centro de trabajo, donde los factores de riesgo son mejor controlados, además de que puedan intervenir en el transporte determinados factores más difíciles de prevenir eficazmente. Aquí se excluye el desplazamiento o «transporte» manual o por medios mecánicos sencillos, incluidas carretillas automotoras u otros medios de manutención internos del establecimiento, que se consideran incluidos en el concepto manipulación. Se trata en concreto del denominado transporte de mercancías peligrosas por cualquier vía: carretera, por ferrocarril, aérea, marítima y fluvial. Todas ellas están reguladas de modo exhaustivo y riguroso por convenios internacionales que continuamente se actualizan: Transporte por carretera ADR, Transporte por ferrocarril RID, acuerdos de la Organización Internacional de Aviación Civil y de la Organización Marítima Internacional, normas de Naciones Unidas.

Con independencia de los riesgos específicos para los trabajadores durante su actividad a bordo de un medio de transporte, que no son un objetivo a tratar en esta obra, así como los riesgos para la salud e integridad de las personas y para el medio ambiente que suponen las distintas actividades correspondientes al transporte en general, cualquiera que sea el medio que se utilice, existe además todo un conjunto de riesgos añadidos si en tales actividades están implicados productos químicos peligrosos. Estos riesgos *especiales* deben entenderse tanto para los trabajadores que realizan tales actividades como para las personas en general y el medio ambiente.

La legislación específica, progresivamente más completa y rigurosa, establece las condiciones que deben cumplir los vehículos, ferrocarriles, buques, aeronaves, contenedores, cisternas, etc. tanto en su diseño y fabricación como en su mantenimiento, adecuación a cada tipo y condiciones del producto a transportar, procedimientos de manipulación, carga y descarga, procedimientos y trámites de expedición, documentación, controles, planes de emergencia y formación especial obligada de conductores, operarios, tripulantes y otros agentes.

Aunque las estadísticas señalan al factor humano (en particular del que conduce el medio de transporte) no hay que olvidar la existencia de factores a controlar por el empresario como los organizativos (turnos, exigen-

cias de plazos de entrega, pausas y descansos, etc.), los procedimientos, el mantenimiento, la inspección periódica, adaptación ergonómica, la adecuación de condiciones externas con el tipo de carga a transportar; dispositivos de control, comunicación de contacto permanente para situaciones particulares o no previstas, la información, instrucciones y la formación específicas complementarias a las concretas obligadas por la reglamentación, etc., así como los propios factores de riesgos personales que deben ser evaluados periódicamente por la vigilancia específica de la salud.

Para el transporte de mercancías peligrosas por carretera, por ferrocarril o por vía navegable, incluida la carga y descarga relacionadas con ellas, la legislación vigente obligada a que las empresas que efectúan tales actividades dispongan al menos de un Consejero de Seguridad. Éste debe contar con una formación específica (reglamentada por la legislación en el ámbito del Ministerio de Fomento: Orden FOM 605/2004) y bajo la responsabilidad de la dirección de la empresa debe indagar medidas y promover acciones que faciliten la ejecución de tales actividades en condiciones de seguridad, contribuyendo a la prevención de los riesgos para las personas, los bienes y el medio ambiente.

En concreto el Consejero de Seguridad debe:

- Vigilar el cumplimiento de la reglamentación aplicable.
- Asesorar a la empresa en estas actividades.
- Redactar un informe anual sobre las actividades realizadas por la empresa en este ámbito.
- Comprobar:
 - La correcta identificación de los productos peligrosos.
 - La adecuación de las necesidades específicas.
 - El estado e idoneidad de los dispositivos y métodos a utilizar en la carga y descarga.
 - Formación del personal.
 - Los procedimientos de emergencia.
 - La investigación de accidentes y elaboración de partes de accidente.

Las medidas a adoptar no solo corresponden a las empresas implicadas sino también a las autoridades competentes: Tráfico, Carreteras, Aviación civil, ferroviarias, marítimas, industria, laborales y protección civil, ésta última mediante los Planes especiales de emergencia, conjuntamente entre Ministerio del Interior y Comunidades Autónomas.

Hay que advertir que en el transporte se utiliza para los vehículos y contenedores una señalización específica, diferente a la del etiquetado, fijada por los reglamentos derivados de los Acuerdos Internacionales y Naciones Unidas.

6.9. TRABAJOS EN ESPACIOS CONFINADOS

Se puede definir un espacio confinado como cualquier lugar cerrado, con aberturas tanto de salida como de entrada muy limitadas y una ventilación *natural* desfavorable o al menos desconocida, en cuanto cabe la posibilidad de que exista una atmósfera deficiente en oxígeno, o que pueda tener niveles de algunos contaminantes o sustancias inflamables o explosivos, que puedan resultar peligrosos.

En ningún caso se tratará de lugares en los que pueda trabajar alguien de manera continuada, si no más bien esporádica o excepcional. Pueden existir riesgos de toda clase y de variada gravedad. Por lo tanto, los trabajos (incluido el simple acceso) a realizar en estos recintos tienen una especial problemática y necesitan de medidas adicionales y específicas para la prevención de los riesgos que puedan existir. Además, en caso de que se materialice el riesgo, es muy frecuente que ocurra con consecuencias fatales, si no muy graves.

La siniestralidad existente en este tipo de trabajos se ve acrecentada por la falta de información y formación, tanto en los propios operadores como de sus compañeros, que pueden perecer al intentar salvarles sin observar las medidas convenientes.

En general, se pueden encontrar los siguientes tipos de espacios confinados:

- Espacios abiertos por su parte superior y de tal profundidad (o estrechez de la abertura) que la ventilación natural se encuentra impedida. Tal es el caso de pozos y cisternas (de cualquier clase, incluso de agua), cubas de desengrasado, fosos de engrase y reparación de vehículos, depósitos abiertos, cubas, etc.
- Espacios cerrados, con tan solo pequeñas aberturas de entrada y salida (o alejadas), como reactores de la industria química, tanques de almacenamiento y sedimentación, silos, alcantarillas, sótanos y desvanes, túneles, gasómetros, salas subterráneas de transformadores u otros servicios, galerías de servicios (generalmente subterráneas), bodegas de embarcaciones, cisternas de transporte, furgones, conductos de aire acondicionado y otros, fosos, etc.

Los motivos de acceso pueden ser construcción o reparación del propio recinto, limpieza, mantenimiento, inspección, pintado, rescate, etc.

Los principales riesgos específicos son de **asfixia** (enrarecimiento de oxígeno, que puede resultar muy peligroso si desciende al 14%, causado en general por su consumo y mala renovación con motivo de fermentaciones, desplazamiento del oxígeno por otros gases y vapores generados, combustión, oxidación, respiración de seres vivos, etc.), **intoxicación** (por concentración elevada de productos resultantes de fugas, restos, descomposición, degradación, combustión, la misma limpieza u otras operaciones como la soldadura o el pintado, etc.) y el **incendio o explosión**, si se aporta un foco de ignición (o una vibración) a vapores o gases inflamables o explosivos que puedan existir resultado de la evaporación de disolventes, enriquecimiento del ambiente con oxígeno, movimiento de granos de cereales, piensos, etc., reacciones químicas, etc.

Otros riesgos a considerar son los de tipo general, como electrocución, aprisionamiento, caídas, frío/calor, ruido, iluminación deficiente (o excesiva), posturas inadecuadas, esfuerzos excesivos, etc.

Las medidas básicas de prevención son la información y formación *específicas*, la identificación de que se trata de un espacio confinado, la autorización previa y la planificación de la operación, particularmente mediante un procedimiento establecido.

Habrà que adecuar la entrada y evaluar los riesgos del ambiente interior por persona capacitadas para ello, cumplimentar las medidas administrativas de entrada con adopción previa de las medidas preventivas, incluidas las de emergencia.

La entrada se realizará en las condiciones preestablecidas, con los medios de protección adecuados y los equipos también adecuados y controlados. Se mantendrán los controles convenientes desde el exterior además de los que se puedan realizar desde el interior, durante todo el tiempo que duren las operaciones que se efectúen.

6.10. CONTROL DE ACCIDENTES MAYORES EN LA INDUSTRIA

Cuando se habla de *accidentes mayores* se hace referencia a un tipo de accidentes graves que pueden tener consecuencias catastróficas, por cuanto pueden afectar no solo a los trabajadores y demás personas que puedan estar presentes en el establecimiento o en el desarrollo de una determinada actividad, sino también a la población circundante, los bienes y al medio ambiente.

La consideración de estos accidentes a nivel legislativo, con una reglamentación progresivamente más rigurosa y completa, proviene esencialmente del accidente ocurrido en 1976, en una fábrica de productos químicos situada en la localidad italiana de Seveso. El proceso se descontroló provocando la liberación al exterior, desde un reactor, de un producto intermedio no previsto que resultó ser uno de los tipos más peligrosos de dioxina. Aunque no hubo muertes la falta de previsión, incluso de las autoridades y administración pública, que reaccionaron al cabo de cuatro días (el hecho ocurrió en un fin de semana) fue muy notoria, lo que condujo en conjunto a la contaminación del ambiente y del suelo, a la evacuación de la población cercana (más de mil personas), a la generación de abortos y a la ruina de la economía de la zona. La reacción de la Unión Europea condujo a la instauración de una legislación para la prevención y el control de estos accidentes graves, que desde 1982 se viene conociendo por el nombre de esa población: *legislación Seveso*.

Se excluyen de esta consideración los establecimientos militares, la generación de radiaciones ionizantes y los vertederos. Sí incluyen toda actividad química (procesos y reacciones) así como su manipulación y almacenamiento. Esta legislación específica también excluye el transporte exterior incluido el realizado por canalizaciones (como los oleoductos, por ejemplo) y las actividades extractivas (minas incluyendo los sondeos) y los establecimientos y uso de explosivos regulados por su reglamentación específica.

Entre otros accidentes conocidos, se puede recordar el ocurrido en Bhopal (India) en 1984, con un escape de isocianato de metilo en una planta de producción de insecticidas, que produjo más de 3500 muertes directas y otras tantas víctimas muy graves, además de unas 150.000 que requirieron asistencia médica y un elevado número de secuelas (cegueras, trastornos hepáticos y renales...). En España se puede mencionar el ocurrido en 1978 en San Carlos de la Rápita, en el Camping de los Alfaques, a consecuencia de una explosión BLEVE de un camión cisterna sobrecargado con propileno que chocó al salirse de la carretera, provocando la completa destrucción de las instalaciones del citado camping y 215 muertos.

La característica de estos accidentes graves («*mayores*») es la intervención de sustancias y preparados peligrosos. Comprenden incendios, explosiones y fugas que pueden afectar no solo a la propia actividad o establecimiento y a quienes operan en ello sino también a la población próxima y al medio ambiente de un modo grave o catastrófico.

En España se aplica la legislación de la Unión Europea (Directivas Seveso), actualmente mediante el Real Decreto 1254/1999 y modifica-

ciones posteriores, así como otras disposiciones de desarrollo. Entre ellas, la directriz básica de protección civil para el control y planificación ante el riesgo de accidentes graves en los que intervienen sustancias peligrosas, aprobada por el Real Decreto 1196/2003, de 19 de septiembre. En ésta se clasifican los posibles accidentes en tres categorías:

- Categoría 1: aquellos para los que se prevea, como única consecuencia, daños materiales en el establecimiento accidentado y no se prevean daños de ningún tipo en el exterior de éste.
- Categoría 2: aquellos para los que se prevea, como consecuencias, posibles víctimas y daños materiales en el establecimiento; mientras que las repercusiones exteriores se limitan a daños leves o efectos adversos sobre el medio ambiente en zonas limitadas.
- Categoría 3: aquellos para los que se prevea, como consecuencias, posibles víctimas, daños materiales graves o alteraciones graves del medio ambiente en zonas extensas y en el exterior del establecimiento.

Se considera como *efecto dominó*, la concatenación de efectos causantes de riesgo que multiplica las consecuencias, debido a que los fenómenos peligrosos pueden afectar, además de los elementos vulnerables exteriores, otros recipientes, tuberías o equipos del mismo establecimiento o de otros establecimientos próximos, de tal manera que se produzca una nueva fuga, incendio, estallido en ellos, que a su vez provoquen nuevos fenómenos peligrosos.

Se definen los *Índices AEGL* (Acute Exposure Guideline Levels):

- AEGL 1: concentración igual o por encima de la cual se predice que la población general, incluyendo individuos susceptibles pero excluyendo los hipersusceptibles, puede experimentar una incomodidad notable. Concentraciones por debajo del AEGL 1 representan niveles de exposición que producen ligero olor, sabor u otra irritación sensorial leve.
- AEGL 2: concentración igual o por encima de la cual se predice que la población general, incluyendo individuos susceptibles pero excluyendo los hipersusceptibles, puede experimentar efectos a largo plazo serios o irreversibles o ver impedida su capacidad para escapar. Concentraciones por debajo del AEGL 2 pero por encima del AEGL 1 representan niveles de exposición que pueden causar notable malestar.

- AEGL 3: es la concentración igual o por encima de la cual se predice que la población general, incluyendo individuos susceptibles pero excluyendo los hipersusceptibles, podría experimentar efectos amenazantes para la vida o la muerte. Concentraciones por debajo de AEGL 3 pero por encima de AEGL 2 representan niveles de exposición que pueden causar efectos a largo plazo, serios o irreversibles o impedir la capacidad de escapar.

También se fijan los *Índices ERPG* (Emergency Response Planning Guidelines):

- ERPG 1: es la máxima concentración en aire por debajo de la cual se cree que casi todos los individuos pueden estar expuestos hasta una hora experimentando sólo efectos adversos ligeros y transitorios o percibiendo un olor claramente definido.
- ERPG 2: es la máxima concentración en aire por debajo de la cual se cree que casi todos los individuos pueden estar expuestos hasta una hora sin experimentar o desarrollar efectos serios o irreversibles o síntomas que pudieran impedir la posibilidad de llevar a cabo acciones de protección.
- ERPG 3: es la máxima concentración en aire por debajo de la cual se cree que casi todos los individuos pueden estar expuestos hasta una hora sin experimentar o desarrollar efectos que amenacen su vida. No obstante, pueden sufrir efectos serios o irreversibles y síntomas que impidan la posibilidad de llevar a cabo acciones de protección.

Finalmente, se determinan los *Índices TEEL* (Temporary Emergency Exposure Limits):

- TEEL 0: concentración umbral por debajo de la cual la mayor parte de las personas no experimentarían efectos apreciables sobre la salud.
- TEEL 1: máxima concentración en aire por debajo de la cual se cree que casi todos los individuos experimentarían efectos ligeros y transitorios sobre la salud o percibirían un olor claramente definido.
- TEEL 2: máxima concentración en aire por debajo de la cual se cree que casi todos los individuos podrían estar expuestos sin experimentar o desarrollar efectos sobre la salud serios o irreversibles, o síntomas que pudieran impedir la posibilidad de llevar a cabo acciones de protección.

- TEEL 3: máxima concentración en aire por debajo de la cual se cree que casi todos los individuos podrían estar expuestos sin experimentar o desarrollar efectos amenazantes para la vida. No obstante, pueden sufrir efectos serios o irreversibles y síntomas que impidan la posibilidad de llevar a cabo acciones de protección.

Particularmente se distinguen los siguientes tipos de accidentes graves:

- a) De tipo mecánico: ondas de presión y proyectiles.
- b) De tipo térmico: radiación térmica.
- c) De tipo químico: nube tóxica o contaminación del medio ambiente provocada por la fuga o vertido incontrolado de sustancias peligrosas.

Estos fenómenos pueden ocurrir aislada, simultánea o secuencialmente.

Como fenómenos mecánicos peligrosos, se incluyen las ondas de presión y los proyectiles. Las ondas de presión son provocadas por las explosiones o equilibrio rápido entre una masa de gases a presión elevada y la atmósfera que la envuelve. En el caso de que la energía necesaria para la expansión del gas proceda de un fenómeno físico, se dice que la explosión es física y se requiere que el producto esté confinado en un recipiente estanco (denominándose estallido). Por contra, si la energía procede de una reacción química, se trata de una explosión química (o explosión, simplemente). En este caso la explosión puede ocurrir aunque el producto no esté confinado.

Una explosión confinada, o estallido, puede originar fragmentos del continente, y una no confinada, de sólidos de las inmediaciones del punto en que se ha producido la explosión. Estos fragmentos o proyectiles están dotados de gran cantidad de movimiento y sus dimensiones y alcance son variados pero limitados.

Los efectos de la onda de presión pueden clasificarse como sigue:

- a) Efectos primarios: los efectos primarios de la onda de presión tienen su origen en las compresiones y expansiones del aire atmosférico que pueden producir fenómenos de deformación y vibratorios que afecten a las estructuras de edificios e instalaciones y a los organismos vivos.

- b) Efectos secundarios: los efectos secundarios de la onda de presión tienen lugar cuando las deformaciones y tensiones dinámicas producidas superan las características de resistencia de las estructuras y éstas fallan. El fallo o rotura de las estructuras origina la formación de fragmentos que, por el impulso recibido de la onda de presión, actúan a su vez como proyectiles, cuyo impacto causa daños mecánicos adicionales.
- c) Efectos terciarios: los efectos terciarios de la onda de presión consisten en los daños causados por el desplazamiento del cuerpo de seres vivos e impacto de éste contra el suelo u otros obstáculos.

Al ser la onda de presión y los proyectiles fenómenos de propagación, la protección mediante obstáculos de rigidez adecuada (muros resistentes, fortines) es efectiva. Sin embargo, aun así pueden producirse daños ocasionados por ondas reflejadas, cuya supresión ofrece una mayor dificultad. Tanto la sobrepresión máxima como el impulso, disminuye con la distancia al origen.

Los fenómenos térmicos peligrosos, son provocados por la oxidación rápida, no explosiva, de sustancias combustibles, produciendo llama, que puede ser estacionaria (incendio de charco, dardo de fuego) o progresiva (llamarada, bola de fuego), pero que en todos los casos disipa la energía de combustión mayoritariamente por radiación que puede afectar a seres vivos e instalaciones materiales. Si la materia sobre la que incide el flujo de radiación térmica no puede disiparlo a la misma velocidad que lo recibe, éste provoca un incremento de su temperatura. Si este incremento no se limita, se producen alteraciones irreversibles y catastróficas, que pueden culminar en la combustión o fusión y volatilización de la materia expuesta. En las proximidades del punto donde se desarrolla la llama, se tiene transmisión del calor tanto por convección como por radiación y conducción. Así pues, la única forma de evitar o mitigar sus efectos es la utilización de equipos de protección individual frente al calor o el fuego o protecciones adecuadas. En contraposición, a partir de una cierta distancia del foco del incendio, la transmisión del calor se efectúa exclusivamente por radiación, disminuyendo su intensidad al aumentar dicha distancia. Esto hace que cualquier pantalla opaca a la radiación térmica pueda constituir una medida de protección sumamente eficaz.

Los fenómenos químicos peligrosos, abarcan las nubes tóxicas o la contaminación del medio ambiente debida a fugas o vertidos incontrolados de sustancias peligrosas para las personas y el medio ambiente. Estas sustancias químicas, directa o indirectamente, a través de reaccio-

nes secundarias inmediatas o diferidas, pueden producir efectos muy diversos en función de la categoría de la sustancia peligrosa de que se trate. Los daños dependerán, para cada entorno, de las características orográficas del terreno, la concentración del tóxico y el tiempo de exposición. La característica esencial de todos los productos y sustancias tóxicas es que para producir consecuencias deben difundirse a través de un medio, lo que requiere que transcurra un tiempo y, en ocasiones, permite la aplicación de medidas de protección más fácilmente que para los fenómenos térmicos y mecánicos, aunque, por otra parte, en muchos casos, resulta muy difícil conocer el desplazamiento de los contaminantes, su evolución, así como eliminarlos totalmente del medio al que se han incorporado.

La liberación incontrolada de productos contaminantes conlleva riesgos asociados cuyas consecuencias son diferidas en la mayoría de las ocasiones. Es por ello que, a la hora de delimitar las zonas afectadas por estos sucesos, es preciso el conocimiento de las circunstancias, en su más amplio sentido, bajo las que se desarrolla el accidente, así como la naturaleza del producto fugado en lo que a su capacidad contaminante se refiere. Por lo que respecta a las sustancias peligrosas para el medio ambiente, se pueden producir alteraciones de éste por distintos sucesos, que son consecuencia de un desarrollo incontrolado de una actividad industrial. Entre tales sucesos se pueden incluir:

- a) Vertido de productos contaminantes en aguas superficiales, del que pueden derivarse la contaminación de aguas potables o graves perjuicios para el medio ambiente y las personas.
- b) Filtración de productos contaminantes en el terreno y aguas subterráneas, que los dejan inservibles para su explotación agrícola, ganadera y de consumo.
- c) Emisión de contaminantes a la atmósfera que deterioran la calidad del aire provocando graves perturbaciones en los ecosistemas receptores con posible incorporación posterior a la cadena trófica.

Los titulares de estos establecimientos con alto riesgo están obligados a tomar cuantas medidas sean necesarias para prevenir los accidentes graves y para limitar las consecuencias a las personas, los bienes y el medio ambiente en el caso de que llegaran a materializarse, sin perjuicio de atenerse a lo dispuesto en la legislación Seveso. Ésta les obliga a adoptar medidas concretas y a colaborar con las Administraciones públicas competentes en lo que respecta al control e inspección y a las medidas de emergencia exterior.

Entre tales medidas hay que destacar:

- La notificación con la información y los datos pertinentes al órgano competente de la Comunidad Autónoma en cuyo territorio esté situado el establecimiento, así como cualquier cambio significativo posterior.
- La definición de una política de prevención de accidentes graves, que debe constar por escrito, con la organización, la evaluación de los riesgos, el control de la explotación, la planificación de las actuaciones en caso de emergencia, el seguimiento de los objetivos fijados y las auditorías y revisiones posteriores.

Para aquellas actividades especialmente peligrosas, de acuerdo con los criterios estipulados por la legislación, se exige un informe de seguridad y un determinado sistema de gestión de la seguridad.

En el caso de que ocurra un accidente grave el titular de la instalación debe poner en marcha los planes de emergencia interior y exterior, conectarse con las autoridades competentes y la información detallada de las diversas circunstancias que han concurrido.

EJERCICIOS DE AUTOCOMPROBACIÓN

1. ¿Qué tipo de ropa y de calzado debe utilizarse cuando existe riesgo por electricidad estática cuando se manipula o trasvasa líquidos inflamables?
2. Explicar qué es el fuego y describir los factores que deben concurrir para que se produzca.
3. Describir las clases de fuego según el tipo de combustible.
4. Describir el fundamento de la extinción de un incendio.
5. ¿Qué significa que una puerta de emergencia tenga una resistencia al fuego indicada como RF-30?
6. Indicar los diferentes tipos de explosiones según su origen.
7. Indicar los principales riesgos que pueden existir en la realización de trabajos en espacios confinados.
8. Explicar qué se entiende por accidentes «mayores» en la industria (Seveso).
9. Señalar los agentes peligrosos que intervienen en los accidentes denominados «Seveso» y los tipos de accidente grave que están comprendidos en este concepto.
10. ¿Qué debe hacer de inmediato el titular de un establecimiento cuando se produce un accidente grave tipo «Seveso»?

UNIDAD DIDÁCTICA III

GESTIÓN AMBIENTAL DEL RIESGO QUÍMICO

OBJETIVOS UNIDAD DIDÁCTICA III (Temas 7, 8 y 9)

- Conocer en una primera aproximación los sistemas de gestión ambiental, de gestión de los riesgos laborales y de gestión de los residuos.
- Conocer las principales normas técnicas y jurídicas relacionadas con la gestión en los tres ámbitos indicados.
- Tener una introducción a los conceptos de auditoría ambiental, evaluación del impacto ambiental y al ecoetiquetado.
- Conocer los principales elementos de las políticas de seguridad y salud en el trabajo.
- Conocer las principales actuaciones a efectuar en las empresas respecto a la prevención de sus riesgos laborales.
- Tener una primera aproximación al funcionamiento e importancia de los servicios de prevención así como de los órganos de apoyo y control a la prevención en los centros de trabajo.
- Facilitar una introducción al concepto y gestión de los residuos, especialmente de los considerados como peligrosos para el medio ambiente y la salud.

Tema 7

SISTEMAS DE GESTIÓN AMBIENTAL EN LA INDUSTRIA

CONTENIDO

- 7.1. Sistemas de gestión.
 - 7.2. Antecedentes y evolución de los Sistemas de Gestión Ambiental.
 - 7.3. Requerimientos de los sistemas de gestión ambiental.
 - 7.4. Gestión ambiental según las normas ISO 14000.
 - 7.4.1. Definición de la política ambiental.
 - 7.4.2. Fases de la ejecución de la política ambiental.
 - 7.4.3. La planificación.
 - 7.4.4. Implantación y funcionamiento.
 - 7.4.5. Comprobación y acción correctora.
 - 7.4.6. Revisión por la Dirección.
 - 7.5. El Sistema Comunitario de Gestión y Auditoría Ambiental EMAS.
 - 7.5.1. Características generales del Sistema EMAS.
 - 7.5.2. La Declaración Ambiental.
 - 7.5.3. Determinación de los aspectos ambientales y evaluación de su significación.
 - 7.5.4. La auditoría ambiental.
 - 7.6. La evaluación del impacto ambiental.
 - 7.7. El ecoetiquetado.
- Ejercicios de autocomprobación.

7.1. SISTEMAS DE GESTIÓN

Con carácter general, las organizaciones desarrollan su actividad aportando un valor añadido en lo que ofrece a la sociedad. Tales organizaciones pueden ser empresas, entidades sin ánimo de lucro, los organismos e instituciones de la administración pública o cualquier otra entidad (cooperativas, asociaciones, comunidades, etc.). Ofrecen a la sociedad bienes (productos) y servicios. Tal actividad supone el trabajo de un número variable de personas que se realiza por medio de un conjunto de procesos, que constituyen un sistema de mayor o menor complejidad. Las partes o unidades de este sistema están interrelacionadas, poseen su propia identidad (son distinguibles) y aportan, por integración, entre todas más de lo que supondría la suma una a una, ya que en su mutua interacción aparecen sinergias.

Por lo tanto, un sistema está formado por un conjunto de partes integradas, unas esenciales y otras menos para la realización de sus funciones. Si tienen lugar cambios en cualquiera de estas partes sus efectos alcanzan al conjunto del sistema.

Los procesos son conjuntos de recursos y actividades interrelacionados para la transformación de unas entradas (inputs) en unos productos (outputs). Tales recursos incluyen trabajadores, instalaciones, financiación, equipos, técnicas y métodos. Los productos, como resultado de los procesos pueden ser bienes, servicios, materiales procesados, soportes lógicos, etc. Pueden ser deseados o no, como puede ocurrir con las impurezas de un producto (o sus fallos o defectos), la contaminación o un accidente, por ejemplo.

Actualmente es difícil encontrar o concebir un sistema de gestión cerrado. En este ámbito *globalizado* en que vivimos, en el comienzo del siglo XXI, las organizaciones constituyen sistemas abiertos en continua interacción con el exterior. En este medio exterior se encuentran los (posibles) clientes finales. Hay clientes intermedios o internos dentro del

propio sistema de gestión: un área puede aportar a otra un determinado servicio o producto intermedio, por ejemplo. También en el exterior se encuentra el entorno en que se desenvuelve la actividad y la propia sociedad, en general, con sus demandas y exigencias, junto a las legislaciones, códigos de ética y las leyes económicas y sociológicas.

En las sociedades avanzadas hay una exigencia de la *calidad* en toda actividad productiva, ya sea de bienes o de servicios. Existen diversas definiciones de este término según el enfoque o interés del que se parta. Aunque su percepción o valoración puede entrañar aspectos subjetivos, desde el punto de vista técnico de la gestión la *calidad* consiste en un conjunto de características de una entidad u organización que le confieren la capacidad de satisfacer las necesidades tanto expresas como implícitas que debe cubrir.

Con una política de la calidad en las organizaciones se han desarrollado los sistemas de gestión de la calidad (o sistemas de calidad) cuyo exponente son las Normas internacionales, de la serie ISO 9000, cuya aplicación es voluntaria.

Las exigencias, tanto legales como sociales, respecto al medio ambiente y a la seguridad y la salud en el trabajo han conducido también a la necesidad de establecer sistemas de gestión ambiental (Normas ISO 14000 y sistema europeo EMAS) y sistemas de gestión de la seguridad y la salud en el trabajo (o prevención de riesgos laborales) (futuras Normas ISO 18000) en las organizaciones.

Desde el punto de vista de la eficiencia, las organizaciones deben gestionar sus sistemas de forma eficaz, coherente y, por lo tanto, rentable y competitivamente. Para ello deben integrar todos los sistemas y realizar una gestión integral de la calidad y los riesgos ambientales y laborales, implantando un sistema integrado de gestión.

Finalmente, en los últimos años del siglo xx y, sobre todo, en el comienzo del XXI, la sociedad en los países desarrollados demanda una mayor implicación de las empresas en las cuestiones sociales. Con esta perspectiva se ha desarrollado el concepto de *responsabilidad social corporativa* (o de la empresa), que se refiere tanto a obligaciones como compromisos, de carácter legal y ético, nacionales e internacionales, relativos a los efectos e impactos de las actividades de las organizaciones en los ámbitos laboral, ambiental, desarrollo sostenible, social, de igualdad de oportunidades, de derechos humanos.

En este sentido ha surgido desde Naciones Unidas, en el verano del año 2000, el denominado *Pacto Global* (Global Pact) o *Pacto Mundial de las Naciones Unidas*, como iniciativa de compromiso ético, de carácter

voluntario, para que las entidades y organizaciones de todo el mundo integren en su estrategia y su sistema de gestión los diez principios (primero fueron nueve) de conducta y acción sobre derechos humanos, trabajo, medio ambiente y lucha contra la corrupción (Ver Cuadro 7.1).

CUADRO 7.1. Principios del Pacto Mundial de las Naciones Unidas

1	Respeto y apoyo a los derechos humanos fundamentales.
2	Garantía de que sus empresas no son cómplices en la vulneración de derechos humanos.
3	Apoyo a la libre afiliación sindical y reconocimiento del derecho a la negociación colectiva.
4	Apoyo a la eliminación de toda forma de trabajo forzoso o bajo coacción.
5	Apoyo a la erradicación del trabajo infantil.
6	Apoyo a la abolición de las prácticas de discriminación en el empleo y la ocupación.
7	Mantenimiento de un enfoque preventivo favorecedor del medio ambiente.
8	Fomento de iniciativas de promoción de una mayor responsabilidad ambiental.
9	Favorecimiento del desarrollo y difusión de técnicas respetuosas con el medio ambiente.
10	Lucha contra la corrupción en todas sus formas, incluidos la extorsión y el soborno.

Obviamente, aunque principalmente por razones metodológicas, se trate separadamente la gestión ambiental, como después la gestión de los riesgos laborales, nunca debe perderse de vista la necesidad de abordar la gestión de modo global e integrado.

7.2. ANTECEDENTES Y EVOLUCIÓN DE LOS SISTEMAS DE GESTIÓN AMBIENTAL

Una de las primeras iniciativas relativas a la Gestión Medioambiental surgió en el seno de la Cámara Internacional de Comercio, que veía con inquietud que el número de imposiciones ambientales era cada vez mayor y que la falta de algún sistema en estos temas podría poner en peligro los esfuerzos realizados por las empresas en el área de calidad y productividad. Como consecuencia de estas preocupaciones surgió por primera vez el concepto de Sistema de Gestión Ambiental implantado

por la British Standard Institution en su Norma BS 7750 «Specification for Environmental Management Systems». Esta Norma, al igual que las normas UNE-EN ISO 9000, se basa en conceptos de Gestión de Calidad y por lo tanto hace posible la certificación de Sistemas de Gestión Ambiental, tanto en plantas industriales de producción como en actividades del sector servicios, entre otras.

Los sistemas de gestión ambiental, son herramientas que de forma voluntaria las organizaciones industriales implantan con el fin de mejorar su impacto sobre el medio ambiente, a la vez que les permiten obtener una certificación por entidades acreditadas para ello, y por lo tanto poder demostrar a otras partes interesadas y al público en general su compromiso. No hay que olvidar que estos sistemas de gestión, lo que garantizan es que las actividades y los procesos se desarrollan tal y como se han planificado y documentado, y que cumplen los requisitos de las normas que aplican. Por lo tanto no se refieren a los productos que se fabrican sino que se refieren a la misma gestión. Desde este punto de vista se podría pensar que si se fabrica un producto de baja calidad, lo que se garantiza es que el producto se seguiría fabricando con esa baja calidad. Sin embargo, la experiencia demuestra que es todo lo contrario, ya que los sistemas de gestión, aparte de seguir la filosofía de la mejora continua, poseen mecanismos para tener en cuenta las reclamaciones y sugerencias tanto de la propia organización como de los clientes y usuarios.

Un sistema de gestión ambiental es una parte integrante del sistema de gestión de la empresa o corporación y debe seguir los mismos principios básicos que éste. Evidentemente, el mayor o menor *peso* de un sistema de gestión ambiental está en el rango de los temas medioambientales que se ven afectados por la actividad de la empresa, cuyo marco está formado por un número de elementos que están relacionados de una forma sistemática.

Todas las actividades de la organización, productos y servicios tienen unas interacciones y efectos con el medio ambiente y, por lo tanto, el sistema de gestión ambiental necesita ser incorporado (y mejor, integrado) en el sistema general de gestión de la empresa.

Aunque la complejidad de un sistema varía, de acuerdo con las actividades particulares de las diferentes organizaciones, el sistema de gestión ambiental debe incluir, al menos, los siguientes componentes:

- a) Una valoración de los temas medioambientales asociados a la actividad y actuación de la empresa.

- b) Un programa detallado de un plan de acción medioambiental con definición clara de objetivos y medidas (indicadores) y sus acciones.
- c) La identificación de las responsabilidades y los procedimientos para asegurar que el programa es llevado a cabo.
- d) Las auditorías periódicas del sistema para asegurar que está funcionando de forma efectiva.

La Norma UNE-EN ISO 14001:2004 *Sistemas de Gestión Ambiental. Requisitos con orientación para uso*, ofrece un sistema genérico de gestión ambiental que puede ser adaptado a todos los tipos y tamaños de organización tanto en el sector industrial como en el de servicios y cualquier otro.

Aunque la norma proporciona un mecanismo muy útil para valorar y, en el mejor de los casos, mejorar el rendimiento medioambiental de una organización, ella por sí misma no fija criterios específicos de rendimiento y esto es dejado enteramente a la discreción de la empresa que la implanta. Mientras que según la Norma UNE-EN ISO 9001:2008 *Sistemas de Gestión de la Calidad. Requisitos*, los criterios de rendimiento son dictados por los requerimientos de los clientes, por la Norma UNE-EN ISO 14001 estos son influenciados por las regulaciones ambientales y lo que la organización ve como significativo y obtenible, aunque debido a la gran importancia dada en los medios de comunicación en su labor de divulgación, empujados quizás por la propia sociedad, ya se puede decir que los aspectos ambientales son un requisito más solicitado por los clientes.

En las empresas se abordan diferentes problemáticas como la *calidad*, la *seguridad* y la *protección del medio ambiente*, a través de los llamados *Sistemas de Gestión Integrados*. En general los primeros que se han implantado son los relacionados con la *calidad* y al tratar de implantar los restantes se utilizan puntos comunes para facilitar la comprensión, puesta en marcha y aceptación por los implicados en los procesos. Es evidente que aunque los objetivos, apoyo documental, departamentos, etc, son diferentes, el sistema de gestión puede ser prácticamente uniforme en toda la organización, lo que permite la revisión y fijación de estrategias y objetivos una forma global y integrada.

Algunos de tales puntos comunes son:

- Apoyo y compromiso por parte de la dirección y su empeño en propagar a través de toda la organización la importancia de la implantación y posterior desarrollo de los temas relacionados, consiguiendo la participación y responsabilización de todo el personal.

- La mentalidad y actuación proactiva de estos temas es también común tratando de evitar o disminuir las acciones reactivas, ocasionadas por la aparición de *no conformidades* que propician acciones correctoras. Esta política de prevención, es evidente, que no sólo es útil en los sistemas de gestión, sino en cualquiera de las otras actividades de la empresa y la vida en general.
- Por último otra fuente común es la *metodología* para la aplicación de la gestión de estos sistemas. De una forma resumida se puede decir que se basa en la evaluación de la situación actual, definición de los objetivos, implementación de un plan programado, medición y seguimiento, auditorías, y revisión del sistema actual.

La Unión Europea ha tomado como base y fundamento las Normas EN ISO 9000 (y posteriormente las EN ISO 14000) y publicó en 1993 el Reglamento (CEE) 1836/93, conocido como EMAS (Sistema comunitario de gestión y auditoría medioambientales), por el que se permite que las empresas del sector industrial ubicadas en algún Estado miembro de la UE se adhieran con carácter voluntario a un sistema de auditoría y gestión medioambiental. El Reglamento EMAS de 1993 ha sido derogado y sustituido por otro actualizado, el Reglamento (CE) 761/2001.

En 1996 se publicaron las dos primeras normas internacionales de la serie ISO 14000: ISO 14001 «*Sistemas de Gestión Medioambiental: Especificaciones y directrices para su utilización*», más tarde también Norma Europea EN y finalmente Norma española UNE, (por lo que en España se reconoce como UNE-EN ISO 14001) y la Norma ISO 14004 «*Sistemas de gestión medioambiental: Principios generales, sistemas y técnicas de apoyo*». Más adelante han ido apareciendo más normas de esta serie referidas a temas más concretos como las auditorías y el etiquetado ecológico. También se ha revisado en 2004 la norma básica, la ISO 14001:2004. Antes de 1996 existían normas nacionales en los principales países europeos. En España, esencialmente fueron las UNE 77-801-94 y UNE 77-802-94, sustituidas por las ISO 14000.

La norma se compone de 5 elementos:

- Sistemas de Gestión Ambiental (14001 Especificaciones y directivas para su uso – 14004 Directivas generales sobre principios, sistemas y técnica de apoyo).
- Auditorías Ambientales (14010 Principios generales – 14011 Procedimientos de auditorías, Auditorías de Sistemas de Gestión Ambiental – 14012 Criterios para certificación de auditores).

- Evaluación del desempeño ambiental (14031 Directrices – 14032 Ejemplos de Evaluación de Desempeño Ambiental).
- Análisis del ciclo de vida (14040 Principios y marco general – 14041 Definición del objetivo y ámbito y análisis del inventario – 14042 Evaluación del impacto del Ciclo de vida – 14043 Interpretación del ciclo de vida – 14047 Ejemplos de la aplicación ISO 14042 – 14048 Formato de documentación de datos del análisis).
- Etiquetas ambientales (14020 Principios generales – 14021 Tipo II – 14024 Tipo I – 14025 Tipo III).
- Términos y definiciones (14050 Vocabulario).

El Reglamento EMAS y las normas ISO 14000 contemplan dos figuras de suma importancia: *el auditor*, persona u organización que debe tener la capacidad suficiente para realizar las auditorías de los sistemas de gestión ambiental, con profesionalidad, eficacia e independencia; y *el verificador*, que se trata también de una persona u organización, totalmente independiente de la empresa que va a ser sometida al proceso de verificación, y que debe haber sido acreditada por el organismo de acreditación designado para tal propósito en cada uno de los Estados miembros.

En la norma UNE 19011:2002, «Directrices para la auditoría de los sistemas de gestión de la calidad y/o ambiental», se especifican los requisitos y formas de actuación de los mencionados auditores. Por otra parte, los verificadores ambientales deben ser acreditados en España por la Entidad Nacional de Acreditación (ENAC) a nivel estatal, aunque las Comunidades Autónomas podrán designar sus propios órganos de acreditación.

De todo esto se desprende que las organizaciones que hasta el momento no lo hayan hecho deben integrar estos sistemas de gestión medioambiental en su Sistema actual de gestionar su empresa, si es que quieren ser competitivos no sólo a nivel internacional sino incluso nacional. Para ello debe tenerse una visión lo más alejada posible de la tradicional, que considera todas las acciones dirigidas a mejorar el medio ambiente como un simple y alto costo adicional. La realidad está demostrando, que si bien en ciertas áreas se precisan altas inversiones y costos mayores, la disciplina de estar pendiente de no agredir el medio ambiente, en algunos casos es rentable, reduciéndose costes, racionalizando procesos, etc., y lo más importante, ofreciendo oportunidades de negocio, siendo más competitivos a corto plazo y garantizando la supervivencia en el futuro.

7.3. REQUERIMIENTOS Y FASES DE LOS SISTEMAS DE GESTIÓN AMBIENTAL

El impacto sobre el aire, agua o suelos debe ser, evidentemente, preservado y por lo tanto cualquier establecimiento o actividad que sea susceptible de dañar al medio ambiente debe controlar dichos efectos, como consecuencia de las reglamentaciones legales, presión de la opinión pública y el más elemental sentido de la ética, solidaridad y visión de supervivencia futura. Por lo tanto, las empresas deben implantar algún elemento o la totalidad de un sistema de gestión ambiental, como por ejemplo, la definición de política medioambiental de la empresa, objetivos para evitar o disminuir los efectos adversos de sus actividades sobre el medio ambiente, nombramiento de personas o departamentos responsables del tema, instalación de plantas de tratamiento o recogida de residuos líquidos y/o sólidos, etc.

En el fondo, se trata de definir por medio de procedimientos escritos la estructura organizativa, las responsabilidades, la forma de desarrollar los procesos, la formación y la gestión de los recursos necesarios para implementar y mantener la política ambiental definida por la dirección de la empresa. Todo ello debe encuadrarse en el marco de la gestión global de la compañía, y no sólo como un tema o costo adicional.

Existen dos tipos de directrices de carácter general que tienen puntos en común y, en todo caso, son compatibles entre sí: el basado en las normas internacionales ISO 14000 y el sistema comunitario EMAS de la Unión Europea.

7.4. GESTIÓN AMBIENTAL SEGÚN LAS NORMAS ISO 14000

Las Normas internacionales que se refieren al Sistema de Gestión Ambiental son las ISO 14000 (EMS *Environmental Management System*). La Norma básica de esta serie es la UNE-EN ISO 14001.

Esta Norma internacional ISO (y también europea EN y española UNE) contiene los requisitos para la implantación con carácter voluntario de un Sistema de Gestión Ambiental en una organización, con la formulación de su política y objetivos ambientales, los cuales deben cubrir como mínimo los requerimientos legales. No establece criterios para enjuiciar si cierta actuación es buena o mala para el medio ambiente y espera que la organización sea quien determine los aspectos concretos sobre los que debe actuar y controlar. Es decir, es una norma que enseña

a gestionar, no a señalar lo que es positivo o negativo desde el punto de vista medioambiental. Por lo tanto es un instrumento eficaz para que las empresas que así lo desean, implanten un sistema de gestión que les asegure que su política ambiental se cumpla, permitiéndoles su demostración a terceros e incluso permitiéndoles la certificación y registro por una organización especializada externa acreditada para tal fin.

La Norma contempla una serie de definiciones, entre las que cabe destacar:

- **Medio ambiente.** Entorno en el cual una organización opera, incluyendo el aire, el agua, la tierra, los recursos naturales, la flora, la fauna, los seres humanos y sus interrelaciones.
- **Impacto medioambiental.** Cualquier cambio en el medio ambiente, sea adverso o beneficioso, resultante en todo o en parte de las actividades, productos y servicios de una organización.
- **Política medioambiental.** Declaración por parte de la organización, de sus intenciones y principios en relación con su comportamiento medioambiental general, que proporciona un marco para su actuación y para el establecimiento de sus objetivos y metas medioambientales.
- **Prevención de la contaminación.** Utilización de procesos, prácticas, materiales o productos que evitan, reducen o controlan la contaminación, lo que puede incluir el reciclado, el tratamiento, los cambios de procesos, los mecanismos de control, el uso eficiente de los recursos y la sustitución de materiales.

7.4.1. Definición de la política ambiental

A la *política ambiental* se la considera como motor de la implantación y de la mejora continua. Este es el lugar idóneo para reflejar el compromiso de la alta dirección, del que debe dejarse constancia por escrito en un documento, garantizando que se corresponde con la naturaleza, magnitud e impactos medioambientales de sus actividades (productos o servicios). También incluirá el cumplimiento de la legislación vigente y la prevención de la contaminación, así como las medidas para que el sistema esté documentado, comunicado a todos los empleados y a disposición del público en general.

7.4.2. Fases de la ejecución de la política ambiental

Una vez definida la política medioambiental de la compañía, para su implementación es necesario desarrollar los siguientes pasos:

(1) Planificación

El primer trabajo a realizar es la identificación del impacto ambiental que produce la organización en general, es decir no solamente las instalaciones fabriles, sino también las oficinas, flotas de coches, etc. Es evidente que esto debe ser contemplado como mínimo en el marco de la legislación ambiental aplicable al caso.

Una vez realizado este estudio y su evaluación, comienza una parte importantísima del proceso en la que deben identificarse las deficiencias y oportunidades de mejora y traducirlos en estrategias, objetivos medibles (indicadores) y planes de acción con fechas. Todo este plan no sólo debe tener en cuenta las exigencias legales sino también las posibilidades financieras (recursos disponibles por la empresa) y la viabilidad tecnológica de las soluciones. Toda esta fase debe aportar finalmente un programa de gestión medioambiental que garantice la consecución de los objetivos definidos teniendo en cuenta los recursos, responsabilidades y fechas de terminación.

(2) Implantación

Un punto clave para la implantación y mantenimiento de un sistema de gestión, es el nombramiento de una persona o equipo en los que recaiga dicha responsabilidad y que estén dotados por parte de la dirección de la autoridad y recursos necesarios. Una vez definidas las responsabilidades concretas de estas personas o equipo y también del resto del personal implicado en la implementación y mantenimiento, se proporciona a todos ellos la capacitación adecuada a las operaciones a realizar y a sus posibles impactos ambientales.

La comunicación tanto externa como interna en esta fase del proceso es fundamental y debe asegurar que todo el personal de la empresa conoce el sistema, sabe lo que la empresa quiere y cómo él puede contribuir a la mejora de dicho sistema.

Parte fundamental es el desarrollo de toda la documentación que describe el sistema, desde el control de los documentos que evite que se utilicen versiones obsoletas, hasta la distribución de procedimientos e instrucciones de trabajo confeccionadas bajo la filosofía de «*Escribe lo que haces y haz lo que está escrito*» con el objeto de evitar al máximo la impro-

visación innecesaria que haría fracasar todo el sistema. Dentro de este área no hay que olvidar todo lo relativo a los archivos de documentación técnica relacionada con el tema, así como de todos los registros que demuestren que el sistema está funcionando.

(3) Evaluación y auditorías

En esta fase se trata de comprobar, una vez que han sido terminados todos los procedimientos e instrucciones de trabajo, si realmente se hace lo que está escrito y se ha escrito lo que realmente se hace. A la vez, se comprobarán los registros de los resultados obtenidos y se compararán con los objetivos (indicadores) previamente fijados, poniendo especial énfasis en cómo se han tratado los casos en los que se han producido desviaciones. Aparte del autocontrol que cualquier responsable lleva de la gestión o encargo a él encomendada, existen también las llamadas *auditorías internas*, que pueden ser realizadas por personal de la propia empresa o también por terceras personas o empresas especializadas en el campo de las auditorías. Esto es una parte clave para el progreso del sistema ya que se analiza si se cumplen los requisitos de la norma adoptada, si se cumplen los procesos y objetivos predeterminados, si el programa es adecuado para cumplir con la política medioambiental de la empresa, e incluso puede ser un buen momento para descubrir nuevas áreas de compromiso y mejora.

(4) Revisión por la dirección

El máximo responsable de todo este proceso es la dirección, que en su momento definió y firmó la política ambiental, aunque puede delegar su gestión en personas o departamentos. Por tanto dicha dirección está obligada a realizar revisiones periódicas del sistema, ayudada fundamentalmente por los informes de las responsables y de las auditorías ocurridas en dicho período.

El objetivo de esta revisión es descubrir si es necesario modificar la política medioambiental, los objetivos o los procedimientos, de tal manera que se adecuen a la realidad exigible por las autoridades y al compromiso realizado por parte de la empresa, aparte de poner en práctica el compromiso de la mejora continua.

7.4.3. La planificación

Con la *planificación* se pretende que la organización disponga de un proceso para identificar los aspectos ambientales prioritarios que deben

atenderse, teniendo en cuenta el coste, tiempo y fiabilidad de los datos disponibles. Durante este proceso debe revisarse áreas como: requisitos legales y reglamentarios, identificación de aspectos ambientales, examen de todos los procedimientos e instrucciones de trabajo existentes, relacionados con el medio ambiente, así como experiencias anteriores que consideren operaciones normales, anormales e incluso situaciones de emergencia razonablemente previsibles. En la planificación se abordan los aspectos medioambientales, los requisitos legales y otras exigencias, los objetivos y los Programas de gestión ambiental.

Es muy útil la **determinación de aspectos ambientales** relacionados con las unidades operativas con las siguientes variables:

- *emisiones a la atmósfera*
- *vertidos al agua*
- *control de residuos sólidos*
- *contaminación del suelo*
- *inventario de materias primas y envases*
- *cuestiones locales medioambientales y que afecten a la comunidad y vecindad*

La influencia sobre estos aspectos medioambientales depende mucho evidentemente de cada tipo de organización, ya que, por ejemplo, un distribuidor de productos, tendrá menos posibilidades que el fabricante de dichos productos, quien reduciendo a cero el *stock* de una materia prima con alto riesgo ambiental, habrá eliminado el problema potencial de accidentes, aunque habrá aumentado el riesgo de abastecimiento a tiempo a sus clientes.

Se requiere un procedimiento para la identificación y el acceso a los requisitos legales. Por otra parte deben estar documentados los objetivos ambientales que deben lógicamente cubrir las exigencias legales, compromisos de prevención de la contaminación, recursos financieros, tecnológicos y operacionales. Estos objetivos deben estar en sintonía con la política ambiental declarada.

Debe también existir un programa formal para la consecución de los objetivos y metas, que tendrá en cuenta la asignación de responsabilidades, medios y plazos, así como la posibilidad de modificaciones o inclusiones de nuevos proyectos que deban ser considerados por su influencia en el medio ambiente; un Programa de Control Ambiental, integrado por procesos, prácticas, procedimientos y línea de responsabilidad.

7.4.4. Implantación y funcionamiento

Para la *implantación y funcionamiento* hay que considerar varios aspectos como son: *la estructura organizativa y sus responsabilidades, la formación y sensibilización, la comunicación, la documentación del sistema, el control de la documentación, el control operacional y los planes de emergencia y capacidad de reacción.*

La estructura es parte fundamental en el éxito de la implantación del sistema de gestión ambiental, ya que no es posible el éxito sin el compromiso de todos los empleados. Por esto, las responsabilidades, éxitos o fracasos no sólo deberían pertenecer a la propia organización ambiental sino que deben estar repartidos a lo largo y ancho de toda la organización de la compañía, como, por ejemplo, las fábricas, marketing, departamento financiero, etc.

Es obvio que la alta dirección debe predicar con el ejemplo y además de establecer la política ambiental, debe garantizar que el sistema se implanta y se mantiene, nombrando a un responsable de dirección o un equipo con la autoridad suficiente para dicha implantación y proporcionándole los recursos necesarios.

Las funciones, responsabilidades y autoridad deben estar documentadas y a su vez comunicadas a través de la organización.

Los recursos que deben proporcionarse, deben comprender, entre otros, los humanos, la formación en conocimientos especializados, los financieros y los tecnológicos.

La persona o equipo responsable deben asegurar que los requerimientos del sistema de gestión ambiental están establecidos, implantados y mantenidos de acuerdo con la Norma UNE-EN ISO 14001. Por otra parte deben informar a la dirección de cómo va desarrollándose el proceso, lo que servirá de base para la revisión y mejora del sistema de gestión ambiental.

En cuanto a la **formación**, se recomienda tener procedimientos para la identificación de las necesidades al respecto, concretando el nivel de experiencia, titulación y formación que precisan fundamentalmente aquellos que desarrollan funciones especializadas de gestión ambiental.

Se requiere que todo el personal, cuyo trabajo ocasione un impacto significativo sobre el medio ambiente, haya recibido la formación adecuada, manteniendo procedimientos que hagan conscientes a todos de la importancia del cumplimiento de la política ambiental y de cómo su actuación personal puede afectar positiva o negativamente al medio ambiente, tanto en situaciones normales como de emergencia.

El personal que por su trabajo tenga posibilidades de producir impactos ambientales importantes, debe tener la experiencia y formación especificada y documentada con anterioridad. Por otra parte la empresa debe exigir los conocimientos necesarios sobre estos temas a cualquier contratista que pudiera estar trabajando temporalmente en las instalaciones de la empresa.

En lo relativo a la **comunicación** deben existir procedimientos que cubran tanto la comunicación interna entre los diferentes departamentos de la organización así como para recibir, documentar y responder a las informaciones y cuestiones relevantes de partes interesadas externas. Estos últimos procedimientos tratarán también sobre la comunicación necesaria con las autoridades públicas (Ministerio de Fomento, Protección Civil, Bomberos, Policía Municipal, etc.) en relación con los planes de emergencia y otros temas de interés común.

La **documentación del sistema de gestión ambiental** debe mantenerse actualizada, bien sobre soporte papel ó electrónico, siendo su objetivo fundamental describir el sistema y orientar sobre la documentación de referencia. La norma prevé la inclusión de esta documentación en otros sistemas de gestión que ya pudieran estar implementados en la organización, por lo que queda a la discreción de la empresa el disponer de un manual específico medioambiental o no.

Esta documentación puede incluir entre otras cosas información de proceso, organigramas, normas internas, procedimientos, instrucciones de trabajo, referencias, planes de emergencia, etc.

Aunque la norma advierte que la organización debe enfocarse más en una efectiva implantación del sistema de gestión ambiental, que en un complejo y riguroso «control de papeles», ésta es muy precisa a la hora de especificar el detalle de este **control de la documentación**. En este sentido, ésta, por ejemplo, debe ser localizada fácilmente, examinada, revisada y aprobada por personal autorizado y ubicada en las zonas donde se realicen operaciones fundamentales. También se incluye la distribución, el cuidado con los documentos, las fechas de revisión, y un procedimiento escrito que regule todo ello.

En el **control operacional** la empresa debe identificar las operaciones y actividades que estén asociadas con los aspectos medioambientales y sean objeto de su política, objetivos y metas.

Deben existir procedimientos documentados que cubran las operaciones, sobre todo en los casos que por no existir, podrían producirse errores o desviaciones de la política y objetivos. Dichos procedimientos

deben ser comunicados a los proveedores y contratistas cuyos suministros tanto de productos como de servicios pudieran afectar a los procesos y, consecuentemente, producir impactos medioambientales no deseados.

Los planes de emergencia deben estar establecidos y perfectamente documentados al día para identificar y responder en accidentes potenciales con el propósito de prevenir, reducir y si es posible evitar los impactos medioambientales que pudieran surgir de estas penosas situaciones.

La organización debe comprobar el funcionamiento de estos procedimientos de una forma periódica, introduciendo las modificaciones oportunas de acuerdo con las variaciones, mejoras recientes, que se hayan podido producir en las instalaciones o recursos humanos. La puesta en práctica por toda la organización de estos planes de emergencia, es altamente aconsejable y muy frecuentemente forma parte del programa de formación.

Aparte de las sesiones periódicas de los planes de emergencia, el momento clave es inmediatamente después de que haya ocurrido un accidente o situación de emergencia.

7.4.5. Comprobación y acción correctora

Después de tratar la **implantación y funcionamiento** es muy importante abordar la *comprobación y acción correctora*.

Seguimiento y medición

Deben existir procedimientos documentados para controlar y medir de forma regular todas aquellas características de las operaciones y actividades que puedan impactar significativamente en el medio ambiente, registrándose los datos obtenidos, los controles realizados y su conformidad con los objetivos especificados.

Los equipos deben estar calibrados y mantenidos adecuadamente, conservándose los registros de estas operaciones de acuerdo con los procedimientos de la empresa.

Hay que establecer un procedimiento específico para evaluar periódicamente el cumplimiento de la legislación y reglamentación medioambiental aplicable.

No conformidades

Deben existir procedimientos para detectar, documentar y corregir las no conformidades que surjan, contemplándose la identificación de la causa de la **no conformidad**, la implantación de la acción correctora, medios para evitar repeticiones de la no conformidad y registro de cambios en procedimientos que se hayan originado por la acción correctora.

En estos procedimientos se contemplará sobre quién recae la responsabilidad y la autoridad para investigar las *no conformidades*, el levantamiento de la posible acción correctora, y los responsables de la implementación y seguimiento del resultado de la misma.

Se entiende por no conformidad aquella desviación de los requisitos especificados en el SGA.

Acción correctora es la medida que se toma para evitar la causa que produce una no conformidad.

Acción preventiva es la medida que se toma para evitar la causa de una no conformidad potencial.

Registros

Deben existir procedimientos en los que se identifiquen, y se contemplen la conservación y eliminación de los registros medioambientales, incluyéndose también los relativos a formación, resultados de auditorías y revisiones.

Dichos registros deben ser legibles, identificables y mantenidos al día, a la vez que se especifica el periodo durante el que se deben conservar y ser protegidos contra daños, deterioros o pérdidas. Deben demostrar que el sistema está funcionando y en qué extensión se cumplen los objetivos y metas.

Algunos ejemplos de registros pueden ser:

- *Registro de quejas, no conformidades y acciones correctoras.*
- *Registros de formación.*
- *Registros de inspección, mantenimiento y calibración.*
- *Registros de incidentes.*
- *Registros sobre impactos medioambientales significativos.*

- *Resultados de auditorías.*
- *Revisiones de la dirección.*

Auditorías

El objetivo de estas auditorías es determinar si el sistema de gestión ambiental cumple con los requisitos de la norma y si ha sido implantado y mantenido eficazmente.

Se debe establecer un procedimiento en el que se describa el proceso de como realizar e informar de los resultados de la auditoría, posibles auditores y su formación, etc.

Por otra parte, se debe disponer de un programa de auditorías, en el que se especifiquen las actividades, áreas y personas a auditar, fechas, etc. Este programa debe estar aprobado por el responsable del sistema de gestión.

7.4.6. Revisión por la dirección

La Alta Dirección debe revisar a intervalos, previamente definidos, el sistema de gestión medioambiental. El objetivo de esta revisión no es otro que la búsqueda de la adecuación y efectividad del sistema y la mejora continua del mismo. La revisión debe ser completa aunque no tiene porqué ser realizada de una sola vez, pudiéndose completar a lo largo de un período de tiempo.

Esta revisión debe incluir los resultados de las auditorías, el cumplimiento de los objetivos, los cambios producidos en este período y motivos de preocupación que surjan entre las partes interesadas. Cualquier incidencia importante en alguno de los temas anteriores deberían repercutir en una revisión del sistema.

7.5. EL SISTEMA COMUNITARIO DE GESTIÓN Y AUDITORÍA AMBIENTAL EMAS

7.5.1. Características generales del Sistema EMAS

El Sistema EMAS (*Eco-Management and Audit Scheme*) de gestión y auditoría ambientales se rige por el Reglamento (CE) nº 761/2001 y otros actos jurídicos con directrices y recomendaciones, principalmente. Este

sistema comunitario promueve la mejora continuada del comportamiento ambiental de las organizaciones europeas, cualquiera que sea su actividad, y la información oportuna a los interesados y al público en general, mediante:

- El establecimiento y aplicación de Sistemas de Gestión Ambiental en las organizaciones.
- La evaluación objetiva, sistemática y periódica de estos sistemas.
- La formación continua en estas materias y la participación activa del personal de las organizaciones.
- La información respecto a las partes interesadas y al público así como el diálogo abierto con todos ellos.

Para este fin las organizaciones deben:

- Definir una política ambiental con objetivos y principios de actuación con respecto al medio ambiente.
- Analizar desde el punto de vista ambiental sus actividades, productos y servicios.
- Implantar y aplicar un Sistema de Gestión Ambiental.
- Realizar periódicamente una auditoría ambiental y una Declaración Ambiental, que incluya:
 - La descripción de la organización así como de sus actividades, productos y servicios.
 - La política ambiental y el Sistema de Gestión Ambiental.
 - Los impactos ambientales y los objetivos al respecto.
 - El comportamiento ambiental de la organización.
 - La fecha de la Declaración.
- Registrar la Declaración validada en el organismo competente del Estado.
- Poner la Declaración a disposición del público.

Las organizaciones que reúnen los requisitos que fija el reglamento comunitario citado, con inclusión de la entrega a los organismos competentes de la Declaración Ambiental validada, serán incorporadas al Registro de organizaciones participantes en el Sistema EMAS de tales organismos. Con este fin cada Estado de la Unión Europea dispone de un sistema de acreditación de *verificadores ambientales* independientes y de un organismo competente de control y registro.

Las organizaciones incluidas en el Sistema EMAS pueden utilizar el logotipo de la Figura 7.1 en la información validada que faciliten, las Declaraciones Ambientales validadas, sus documentos y correspondencia y en su propaganda. Sin embargo el logotipo no se puede utilizar en los productos ni en sus envases ni con el fin de establecer comparaciones con otros productos.



FIGURA 7.1. Logotipo EMAS.

En la versión actualmente vigente del Sistema EMAS, que se amplía a todos los sectores de actividad, se ha realizado una aproximación al sistema EMS de la Norma ISO 14001, siendo éste un primer elemento del Sistema de Gestión Ambiental y una etapa previa (y válida) para el sistema EMAS. El sistema EMAS no solo se refiere al Sistema de Gestión Ambiental sino que le da mayor importancia a las actuaciones ambientales. No obstante, el Sistema de Gestión Ambiental desarrollado conforme a la Norma ISO 14001, ya tratado anteriormente, es aceptado por el Sistema EMAS. Pero no es suficiente, ya que EMAS va más allá al exigir además otros requisitos tales como:

- Compromiso expreso de mejora continuada del comportamiento ambiental.
- Demostración del cumplimiento de la legislación ambiental.
- Puesta a disposición del público de la información del comportamiento ambiental y de las políticas, programas y sistemas de gestión ambientales.
- Demostración del mantenimiento de un diálogo abierto al respecto con las partes interesadas (personal, autoridades, subcontratas, clientes, suministradores, etc.).
- Validación por un verificador acreditado.
- Registro en el organismo nacional competente.

En el Sistema EMAS se exige una *verificación ambiental* por un tercero, independiente y acreditado por el organismo competente. Esta *verificación*, incluye dos partes: *la verificación* del cumplimiento de todos los requisitos del Reglamento EMAS, su implantación y funcionamiento estable, procedimiento análogo a la Certificación según ISO 14001, y la *validación de la Declaración Ambiental*.

7.5.2. La Declaración Ambiental

La Declaración Ambiental consiste en un documento que contiene la información obligatoria de carácter ambiental establecida en el Reglamento EMAS como requisito necesario para la inscripción de la organización en el Registro EMAS, previamente validada por el verificador ambiental. Tal Declaración debe ser renovada cada tres años. Debe contener toda información útil sobre los impactos ambientales y el comportamiento ambiental, con el compromiso y constatación de la mejora continuada y progresiva. Además debe estar a disposición del público y de las partes interesadas.

Esta descripción debe contener al menos:

- Descripción del registro de la organización en el EMAS y de las actividades, productos y servicios así como de la relación con otras organizaciones afines.
- La política ambiental de la organización.
- Breve descripción del Sistema de Gestión Ambiental.
- Descripción de los aspectos ambientales directos e indirectos con impactos ambientales significativos con la explicación de su naturaleza.
- Objetivos y metas ambientales.
- Resumen de la información sobre el comportamiento ambiental respecto de los objetivos y metas propuestos.
- Otras cuestiones referidas al comportamiento ambiental.
- Nombre y número de acreditación del verificador ambiental y fecha de la validación.

Toda esta información debe proporcionarse de manera rigurosa y exacta, comprensible y que permita la realización de estudios de comparación tanto de la evolución del comportamiento ambiental de la organización como a escala sectorial, territorial, nacional y de cualquier otra

índole. Para ello se pueden utilizar *indicadores* adecuados que permitan tales comparaciones y estudios de modo inequívoco.

A veces resulta difícil establecer los objetivos de cualquier actividad, por muy sencilla que en principio pueda parecer. Con este fin es interesante identificar los denominados indicadores de la gestión, tan extendidos en otros campos como el financiero y el económico.

Al menos existen tres áreas en las que las organizaciones pueden centrar su atención para identificar indicadores que son:

- Estado del medio ambiente.
- Sistema de Gestión.
- Sistema Operacional.

En los Cuadros 7-2 a 7-5 que se facilitan a continuación se dan algunos ejemplos de indicadores, fruto del esfuerzo que se está realizando recientemente para aportar información a los sistemas de gestión ambiental. La Comisión Europea facilita en sus Recomendaciones un conjunto de indicadores que se consideran idóneos (Recomendación 2003-532).

CUADRO 7.2. Indicadores de Gestión

FORMACIÓN	Horas formación ambiental/horas de formación totales
	Horas formación ambiental/horas trabajadas
ASIGNACIÓN DE RECURSOS	Magnitudes de inversión
	Horas de aplicación de persona/horas totales
DOCUMENTACIÓN	Número de revisiones de la documentación/año
ACCIONES CORRECTORAS	Número de acciones correctoras registradas
	Ratio Pendientes/cerradas
AUDITORIAS	Número de auditorias/año
	Horas de auditoría/horas trabajadas

CUADRO 7.3. Indicadores Operacionales (Entradas)

MATERIAS PRIMAS	Cantidad de materia/unidad de producto
	Cantidad de materia renovable/unidad de producto
RECICLADOS	Cantidad de materias recicladas usadas en lugar de materias primas
	Cantidad de materias recicladas/unidad de producto
REHUSADOS	Cantidad de materias rehusadas utilizadas en lugar de materias primas
MATERIALES AUXILIARES	Solventes, refrigerantes, catalizadores, materiales de transporte/unidad de producto
ENERGÍA	Energía/unidad de producto
	Energía renovable/energía total
	% energía ahorrada por utilización programada

CUADRO 7.4. Indicadores Operacionales (Salidas)

PRODUCTOS	Ratio productos defectuosos
	% Subproductos generadores
MERMAS	Cantidad de desecho/año
	Cantidad de desechos/unidad de productos
EMISIONES	Cantidades/unidad de producto
EFLUENTES	Cantidades/unidad de producto
ENERGÍA DISIPADA	Radiación
	Cantidad de aire caliente a la atmósfera
	Cantidad de agua caliente al medio

CUADRO 7.5. Indicadores de Estado de Medio Ambiente

NATURALEZA Y USO DE LA TIERRA	Agotamiento de recursos (mineral, crudo extraído)
	Desertización y erosión
	Tierra agrícola y bosques
BIOLÓGICOS — Impacto de biodiversidad	Número de especies por unidad de terreno
RESIDUOS — Impacto ecológico	Efecto en animales y plantas
Formaciones foto-oxidantes	Restricciones en alimentos
	Diversidad biológica
	Smog
	Reducción en cosechas
Eutrofización	Daños en bosques
	Diferencia de O ₂
	Crecimiento de algas tóxicas
Acidificación de suelos	Aumento de la cesión de metales pesados desde los suelos
	Pérdida de nutrientes
Capa de ozono	Mutaciones por incremento de la radiación U.V.

7.5.3. Determinación de los aspectos ambientales y evaluación de su significación

Las organizaciones deben tener en cuenta todos los aspectos medio-ambientales de sus actividades, productos y servicios y, apoyándose en criterios que tengan en cuenta la legislación vigente, decidir qué aspectos ambientales, de entre todos, tienen un impacto significativo, como base para establecer sus objetivos y metas ambientales e incorporación al Sistema de Gestión Ambiental.

Es esencial que la organización aborde sin prejuicios y exhaustivamente todos los aspectos ambientales específicos de sus actividades, productos y servicios, tanto en la evaluación ambiental preliminar como en

las evaluaciones siguientes a realizar de manera continuada. Aunque haya casos en que entrañe dificultad clasificar un determinado aspecto en directo o indirecto, esto es menos importante que procurar determinar todos los aspectos ambientales existentes para obtener un panorama completo para facilitar una mejor gestión.

El propio Reglamento EMAS facilita, a título de ejemplo, los siguientes aspectos directos e indirectos:

- **Aspectos medioambientales directos** (Se incluyen aquellas actividades de una organización sobre las que tiene el control de la gestión):
 - a) las emisiones atmosféricas;
 - b) los vertidos al agua;
 - c) la producción, el reciclado, la reutilización, el transporte y la eliminación de residuos sólidos y de otra naturaleza, en particular los residuos peligrosos;
 - d) la utilización y contaminación del suelo;
 - e) el empleo de recursos naturales y materias primas (incluida la energía);
 - f) las cuestiones locales (ruido, vibraciones, olores, polvo, apariencia visual, etc.);
 - g) las cuestiones relacionadas con el transporte (de bienes y servicios y de personas);
 - h) el riesgo de accidentes e impactos medioambientales derivados, o que pudieran derivarse, de los incidentes, accidentes y posibles situaciones de emergencia;
 - i) los efectos en la diversidad biológica.
- **Aspectos medioambientales indirectos** (a consecuencia de las actividades, productos y servicios de una organización, se pueden producir impactos ambientales significativos sobre los que no tenga pleno control de la gestión):
 - a) aspectos relacionados con la producción (diseño, desarrollo, envasado, transporte, utilización y recuperación y eliminación de residuos);
 - b) inversiones de capital, concesión de préstamos y seguros;
 - c) nuevos mercados;

- d) elección y composición de los servicios (por ejemplo, transporte o restauración);
- e) decisiones de índole administrativa y de planificación;
- f) composición de la gama de productos;
- g) el comportamiento medioambiental y las prácticas de contratistas, subcontratistas y proveedores.

La organización debe poder demostrar que los aspectos ambientales significativos asociados con sus procedimientos de adquisición han sido identificados y que los impactos significativos a ellos asociados se han tenido en cuenta en el sistema de gestión. La organización debe garantizar que los proveedores y quienes actúan en su nombre dan cumplimiento a la política ambiental de la organización siempre que lleven a cabo actividades cubiertas por el contrato.

En el caso de que existan estos aspectos ambientales indirectos, la organización tiene que analizar la influencia que puede ejercer sobre los mismos y qué medidas puede adoptar para reducir su impacto.

Para valorar la significación de los aspectos ambientales, la organización tiene la responsabilidad de definir unos criterios. Éstos deben ser generales, aptos para ser sometidos a una comprobación independiente, reproducibles y puestos a disposición del público.

Según el Reglamento EMAS, las consideraciones que se han de tener en cuenta al determinar los criterios de evaluación de la significación de los aspectos ambientales de la organización pueden ser, entre otras:

- a) la información sobre la situación del medio ambiente para determinar las actividades, productos y servicios de la organización que puedan tener un impacto ambiental; por ejemplo, las emisiones atmosféricas y acústicas que generan;
- b) los datos existentes de la organización sobre materiales y consumo de energía, vertidos, residuos y emisiones, en términos de riesgos; por ejemplo, consumo de recursos naturales;
- c) los puntos de vista de las partes interesadas; por ejemplo, las relaciones;
- d) las actividades ambientales de la organización que están reglamentadas;
- e) las actividades de adquisición;

- f) el diseño, desarrollo, fabricación, distribución, mantenimiento, utilización, reutilización, reciclado y eliminación de los productos de la organización;
- g) las actividades de la organización que tengan los costes y beneficios ambientales más significativos.

Al valorar la importancia del impacto ambiental de las actividades de la organización, se tendrá en cuenta no sólo las condiciones normales de funcionamiento, sino también las condiciones de arranque y parada y las condiciones aplicables a casos de emergencia razonablemente previsibles. Se tendrán en cuenta las actividades pasadas, presentes y previstas.

En resumen: para determinar los aspectos ambientales significativos se puede seguir el siguiente procedimiento:

Etapa 1: Determinación de **todos** los aspectos ambientales.

Etapa 2: Definición de los criterios de evaluación de la significación, de acuerdo con la legislación vigente.

Etapa 3: Análisis de los aspectos ambientales **significativos**.

Este análisis permitirá establecer medidas de control y prevención sobre estos aspectos, y también servirá como base para el establecimiento de los objetivos y metas.

7.5.4. La auditoría ambiental

La auditoría ambiental, obligatoria para estar en el Sistema EMAS, es un instrumento de gestión que consiste en la evaluación sistemática, objetiva, documentada y periódica del comportamiento ambiental de la organización incluyendo el propio Sistema de Gestión y los procedimientos dirigidos a la protección del medio ambiente, con el fin de:

- Evaluar el cumplimiento de la política ambiental de la organización y sus objetivos y metas.
- Facilitar el control operacional de aquellas prácticas que puedan impactar en el ambiente.

Estas auditorías son de carácter interno y pueden ser realizadas tanto por personas competentes externas como de la propia organización, siempre que sean independientes (ajenos) de las actividades a auditar.

Son objeto de la auditoría todos los procedimientos y actividades, con el fin de garantizar la adecuación de éstas a aquellos e identificar los problemas existentes para poder mejorarlos. El tiempo que transcurre desde el inicio al final que todo está auditado se denomina *ciclo de auditoría*.

Durante la auditoría se inspeccionará el funcionamiento de la organización, se examinará los registros y demás documentación relevante, se comprobará el cumplimiento de los criterios establecidos y se llevarán a cabo entrevistas con el personal.

La auditoría debe seguir las siguientes etapas:

- Análisis y comprensión de los Sistemas de Gestión.
- La valoración de los puntos fuertes y débiles de los Sistemas de Gestión.
- Evaluación de los resultados de la auditoría.
- Elaboración de las conclusiones.
- Comunicación de los resultados y conclusiones.

Esto último, la comunicación final de la auditoría, se realizará por medio de un informe escrito dirigido a la dirección de la organización. Deberá exponer el alcance de la auditoría, facilitar el grado de cumplimiento y de avance conseguido, proporcionar información relativa a la eficacia y fiabilidad de las medidas del control de los impactos ambientales y la necesidad de adoptar medidas de corrección, en su caso.

Las auditorías deberán realizarse en plazos como máximo de tres años, plasmados en el programa de auditoría sujeto a las directrices del Sistema EMAS. Este programa debe someterse a una verificación periódica para mantenerse en el Sistema EMAS.

7.6. LA EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL

La evaluación del impacto ambiental EIA es un procedimiento administrativo consistente en el análisis, con participación pública, dirigido a identificar, valorar, prevenir y comunicar los efectos que puede causar un proyecto, obra o actividad en el medio ambiente. Desde el punto de vista administrativo se trata de un trámite previo a la aprobación, propuesta de modificación o rechazo de determinados tipos de proyectos con respecto a su posible impacto en el medio ambiente: efectos sobre la población humana, la flora, la fauna, el aire, el agua, el suelo, el clima, el paisaje y la función de los ecosistemas que puedan quedar afectados.

También se debe contemplar la posible incidencia sobre el Patrimonio Histórico, las relaciones sociales y la vida de la ciudadanía (ruido, vibraciones, olores, luminosidad, etc.).

El resultado de esta evaluación se plasma en un documento técnico denominado Estudio de Impacto Ambiental para su presentación a la Administración competente (Ministerio de Medio Ambiente, Consejería correspondiente de la Comunidad Autónoma o Delegación Territorial, etc.). Con este estudio se proporciona un análisis de las posibles causas con relación a los posibles efectos, con su valoración e interpretación con el fin de prevenir los posibles impactos ambientales mediante las correcciones y actuaciones idóneas.

El Estudio de Impacto Ambiental debe contener al menos los siguientes datos:

- Descripción del proyecto y sus acciones.
- Examen de alternativas técnicamente viables.
- Justificación de la solución adoptada.
- Inventario ambiental y descripción de las interacciones clave.
- Identificación y valoración de impactos de las alternativas y de la solución propuesta.
- Medidas protectoras y correctoras.
- Programa de vigilancia ambiental.
- Documento de síntesis.

Con la valoración del Estudio y los resultados de la Participación Pública sobre las posibles incidencias, se pronuncia la autoridad u órgano ambiental competente con una Declaración de Impacto Ambiental, a los solos efectos ambientales, con la decisión de aprobación, propuesta de modificación o rechazo del proyecto. En el caso afirmativo se fijan las condiciones en que debe realizarse el proyecto.

Pueden existir los siguientes tipos de impacto:

- *Impacto ambiental compatible*, que no precisa de medidas de corrección al finalizar la ejecución del proyecto para restablecer la situación de partida.
- *Impacto ambiental moderado*, que requiere un cierto tiempo para restablecer las condiciones iniciales del entorno sin necesidad de adoptar medidas intensivas de protección o corrección.

- *Impacto ambiental severo*, cuando se deben adoptar medidas correctoras y protectoras necesitando un largo periodo de tiempo.
- *Impacto ambiental crítico*, si se produce una pérdida permanente de calidad en el entorno, sin posibilidad de recuperación con medidas correctoras.

Se debe someter a la evaluación del impacto ambiental los proyectos, tanto públicos como privados, que supongan obras, instalaciones o cualquier otra actividad de impacto, superando los umbrales establecidos, en el ámbito de la industrias extractivas, siderúrgicas y de transformación, energéticas, químicas, petroquímicas, papeleras, textiles, alimentarias, agrícolas y ganaderas, silvícolas, acuícolas, ingeniería civil y de infraestructuras, tratamiento de residuos y cualquier otro que pudieran incidir ambientales en zonas especialmente sensibles.

7.7. EL ECOETIQUETADO

La Unión Europea, en el convencimiento de que la política comunitaria en materia de medio ambiente debe procurar fundamentalmente reducir y, si es posible, eliminar los impactos negativos sobre el medio, lo antes posible, es decir en su origen y también a gestionar los recursos de materias primas de la forma más racional, ha desarrollado una reglamentación sobre la etiqueta ecológica o ecoetiquetado de determinados productos (Figura 7.2).



FIGURA 7.2. Ecoetiqueta europea.

Este objetivo se añade a la política de información a un público con una concienciación ambiental creciente, con la **concesión de etiqueta ecológica** a los productos menos perjudiciales para el medio ambiente, orientando a los consumidores finales sobre cuáles utilizar, y por lo tanto sentirse participantes en la tarea de mejorar el planeta.

En consecuencia, este sistema, preconizado por el Reglamento (CE) N° 1980/2000, dispone que la etiqueta ecológica europea tiene como objetivos más importantes:

- *Promover productos que pueden reducir los efectos ambientales adversos, en comparación con otros productos de la misma categoría, contribuyendo así a un uso eficaz de los recursos y a un elevado nivel de protección del medio ambiente. Los efectos ambientales adversos se determinarán mediante el examen durante el ciclo de vida del producto de las interacciones de éste con el medio ambiente, incluido el uso de energía y recursos naturales.*
- *Proporcionar a los consumidores orientación e información exacta, no engañosa y con base científica sobre tales productos.*

Es importante considerar que detrás de la etiqueta ecológica no sólo está el producto que la llevará, sino todo un proceso que afecta a la mejora de procesos productivos, con menor consumo de energía y recursos naturales, evitando rechazos por mala calidad, reduciendo vertidos líquidos, emisiones de gases y vapores, minimizando los residuos sólidos y facilitando su reciclaje.

Es evidente que todo esto hará que puedan encontrarse en el mercado productos con diferentes impactos ambientales aunque su aplicación sea la misma. Deben estudiarse todas las repercusiones ambientales de las diferentes etapas de la vida del producto, desde la selección de las materias primas, producción, distribución, hasta su uso y eliminación final. Esta metodología se conoce como **Análisis del Ciclo de Vida (ACV)**.

Una vez concluidos estos estudios, aparte de los relacionados con las características de los productos líderes del mercado, se está en condiciones de proponer unos «criterios ecológicos» para un tipo de productos en concreto. Estos criterios deben ser aprobados por el Comité Regulador y admitidos por la Comisión Europea antes de ser publicados en el Diario Oficial de la Unión Europea. A partir de ese momento los fabricantes e importadores de productos con criterios ecológicos aprobados pueden solicitar la etiqueta ecológica.

Para cada categoría de productos admitidos al sistema de etiqueta ecológica, se establecerán unos criterios específicos, que contendrán los requisitos correspondientes a cada uno de los aspectos medioambientales *clave* que debe cumplir un producto para poder recibir la etiqueta, incluidos los requisitos relacionados con la idoneidad del producto para satisfacer las necesidades de los consumidores.

Los aspectos medioambientales que en principio se consideran son:

- a) las emisiones atmosféricas;
- b) los vertidos al agua;
- c) la prevención, el reciclado, la reutilización, el transporte y la eliminación de residuos sólidos y de otra naturaleza, en particular los residuos peligrosos;
- d) la utilización y contaminación del suelo;
- e) el empleo de recursos naturales y materias primas (incluida la energía);
- f) las cuestiones locales (ruido, vibraciones, olores, polvo, apariencia visual, etc.);
- g) las cuestiones relacionadas con el transporte (de bienes y servicios y de personas);
- h) el riesgo de accidentes e impactos medioambientales derivados, o que pudieran derivarse, de los incidentes, accidentes y posibles situaciones de emergencia;
- i) los efectos en la diversidad biológica.

Los criterios a adoptar tendrán siempre por objeto garantizar una *selectividad* de los productos, basada en los siguientes principios:

- Durante el período de validez de los criterios las perspectivas de penetración en el mercado de los productos a los que se les pretende aplicarlos deberán ser suficientes para poder influir en la mejora del medio ambiente a través de la opción de los consumidores.
- Para la selectividad de los criterios debe tenerse en cuenta la viabilidad técnica económica de las adaptaciones que haya que efectuar con el fin de cumplirlos en un período de tiempo razonable.
- La selectividad de estos criterios también deberá cubrir el objetivo de alcanzar el máximo potencial de mejora del medio ambiente.

Los criterios deberán revisarse junto con los requisitos de su cumplimiento y de su comprobación con la suficiente antelación antes de finalizar el período de validez de los criterios específicos para cada categoría de productos. Tal revisión deberá conducir a una propuesta de prórroga, de retirada o de revisión propiamente dicha (modificación).

Para la concesión de la etiqueta ecológica se acreditan por los Estados los organismos competentes para ello. Éstos son los responsables de gestionar el Sistema de Concesión de la Etiqueta Ecológica en cada Estado Miembro, y como tal tienen que aceptar las solicitudes de concesiones de etiqueta ecológica evaluando si se cumplen los criterios ecológicos y concediendo, si procede, la etiqueta ecológica europea, a través de un contrato tipificado.

Parece lógico, y así lo es, que se pida para un producto en concreto la concesión de la etiqueta en un sólo organismo competente, de los designados por el Estado Miembro en el que se fabrica o se importa y se le sitúa en el mercado por primera vez.

En España el organismo competente para la gestión del sistema de concesión de la etiqueta ecológica europea es la **Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR)** estando por tanto facultado para tramitar las solicitudes y evaluar el cumplimiento de los criterios ecológicos definidos para un determinado grupo de productos.

Todo el sistema de concesión de la etiqueta ecológica se basa primeramente en la definición de las categorías de productos (y en algunos casos subcategorías) y de sus respectivos criterios ecológicos aplicables a las mismas. Como ya se ha dicho anteriormente los criterios ecológicos son en realidad los requisitos o exigencias que deben cumplir los productos para poder obtener la etiqueta.

La mayoría de las categorías de productos definidas en la actualidad son, entre otros:

- *Lavadoras de ropa*
- *Máquinas lavavajillas*
- *Mejoradores de suelo*
- *Papel higiénico*
- *Rollos de papel de cocina*
- *Detergentes de ropa*
- *Pinturas y barnices*
- *Bombillas*

- *Bombillas de doble casquillo*
- *Textil: camisetas y ropa de cama*
- *Papel de copias*
- *Frigoríficos*
- *Materiales de aislamiento*
- *Lechos de gatos*
- *Calzado*
- *Cosméticos*
- *Colchones*

La etiqueta ecológica o ecoetiqueta de la Unión Europea es voluntaria y se certifica por entidades independientes acreditadas para ello, conforme al reglamento vigente y actos legislativos complementarios. Existen etiquetados análogos como el Ángel Azul (Alemania), el Cisne Blanco (Estados escandinavos) y otros (Japón, Estados Unidos, Canadá, Nueva Zelanda, etc.). La Organización Internacional de Normalización ISO también tiene un sistema de etiquetado voluntario con la aplicación de la Norma ISO 14024.

También existen otras etiquetas que son autodeclaraciones ambientales, que consisten en afirmaciones relativas a alguna característica ambiental del producto que las contiene. Por ejemplo informan sobre el material de que está hecho el producto, de su capacidad reciclable o de la de su envase. Para este enfoque ISO ha desarrollado la Norma ISO 14021.

ISO tiene todo un conjunto de normas para el etiquetado aparte de las dos mencionadas: ISO 14020 (Etiquetado ecológico. Normas generales); ISO 14022 (Etiquetado ecológico. Símbolos); ISO 14023 (Etiquetado ecológico. Metodologías de ensayo y verificación ambiental); ISO 14025 para etiquetados que ofrecen una información completa del impacto ambiental a través del análisis del ciclo de vida y basada en indicadores; etc.

También existe etiquetado, reconocido y reglamentado por organismos oficiales, como la conocida etiqueta de las sustancias y preparados peligrosos, el punto verde para los envases (Gestión de envases ECOEMBES), eficiencia energética, ciertas categorías de alimentos, medicamentos (Gestión de envases y productos), aparatos eléctricos (Recogida selectiva de sus residuos). (Algunos ejemplos de logotipos en las figuras siguientes).

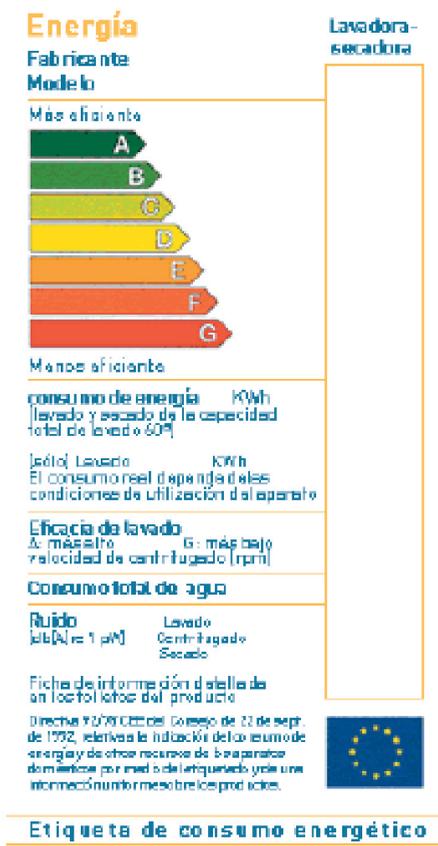


FIGURA 7.3. Etiqueta energética europea.



FIGURA 7.4. Punto Verde.

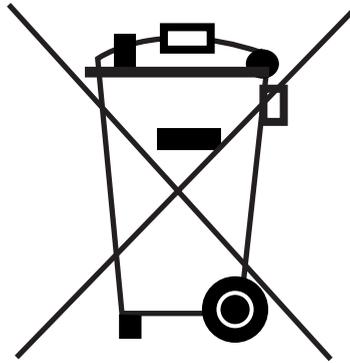


FIGURA 7.5. Recogida Selectiva Aparatos eléctricos o electrónicos.



FIGURA 7.6. Producto reciclable.

EJERCICIOS DE AUTOCOMPROBACIÓN

1. Explicar el significado del Pacto Mundial de las Naciones Unidas o Pacto Global del año 2000, señalando algunos de sus diez principios de conducta.
2. Indicar los componentes que al menos debe incluirse en un sistema de gestión ambiental.
3. ¿Con qué numeración se conocen las normas técnicas internacionales referidas al Sistema de Gestión Ambiental?
4. Describir brevemente el concepto de auditoría ambiental en el Sistema EMAS.
5. ¿Qué dos organizaciones o personas físicas se consideran de vital importancia por el Reglamento EMAS y las Norma ISO 14000?

6. ¿Qué proyectos deben someterse a la evaluación del impacto ambiental?
7. ¿Qué es la Declaración de Impacto Ambiental?
8. Describir los principales objetivos en la utilización de la etiqueta ecológica europea.
9. ¿Qué es y qué fin tiene el Análisis del Ciclo de Vida?
10. Indicar quiénes son competentes en España para la gestión del sistema de concesión de la etiqueta ecológica europea.

Tema 8

GESTIÓN DE LOS RIESGOS LABORALES

CONTENIDO

- 8.1. Necesidad de la prevención de los riesgos en el trabajo.
 - 8.2. Sistemas de gestión de la seguridad y la salud en el trabajo.
 - 8.2.1. Política de seguridad y salud en el trabajo.
 - 8.2.2. Planificación de la actividad preventiva.
 - 8.2.3. Desarrollo y ejecución de la actividad preventiva.
 - 8.3. Órganos especializados en materia preventiva laboral.
 - 8.4. Los Servicios de Prevención.
 - 8.5. Auditorías del Sistema de Prevención.
 - 8.6. Políticas y legislación sobre seguridad y salud en el trabajo.
- Ejercicios de autocomprobación.

8.1. NECESIDAD DE LA PREVENCIÓN DE LOS RIESGOS EN EL TRABAJO

Al tratar la gestión ambiental en las organizaciones ya se constató que éstas, para alcanzar el éxito en su gestión deben gestionar sus sistemas de forma eficaz, coherente y, por lo tanto, eficiente, rentable y competitivamente, para lo que es imprescindible la integración de todos los sistemas y realizar una gestión integral de la calidad y los riesgos ambientales y laborales, implantando un sistema integrado de gestión. Se trata de hacer las cosas no solo bien, sin fallos, con productividad, con respeto al medio ambiente y al desarrollo sostenible, a la salud y seguridad de las personas, buscando la satisfacción de los clientes, de los trabajadores a la par que los propietarios o socios, sino con una mejora progresiva en todos estos aspectos.

No obstante, además de ser *un buen negocio* gestionar adecuadamente la prevención de los riesgos laborales y, por lo tanto, ser necesario para alcanzar el éxito en la gestión de la organización, la seguridad y la salud en el trabajo es, desde hace más de cien años en nuestro entorno cultural, responsabilidad del empresario, figura ésta ampliada en la actualidad a quien tiene el máximo poder de decisión en cualquier organización en la que haya personas que prestan su trabajo (empresas, cualquier dependencia de la administración pública, cooperativa, etc.) La prevención de riesgos laborales es, por lo tanto, además de una necesidad, un deber de protección que se traduce en la correspondiente responsabilidad. Un deber frente al derecho de los trabajadores a una protección eficaz de su seguridad y salud en el trabajo.

Tal responsabilidad, que no excluye la de otros que intervengan en la gestión de la organización, con inclusión de los propios trabajadores, no se ve disminuida por esas otras responsabilidades, ya que quien *ejerce el poder* en ella es quien impone unas determinadas condiciones seguridad y salud en el trabajo, en el amplio sentido del término tal y como se expli-

ca en el tema 4. Y quien dirige la organización y quien mantiene el orden y disciplina y ejerce el poder sancionador. Poder este último que se refiere a cualquier infracción referida a la ejecución de funciones y tareas encomendadas y a la observancia de las instrucciones dadas, con inclusión de las referidas a la prevención de riesgos laborales, siempre que medie previamente una información y formación idóneas y se dote de medios para una participación activa y constructiva.

En definitiva, la dirección de la organización debe ejercer un liderazgo y mantener un compromiso muy firme con respecto al mantenimiento de unas condiciones de las seguridad y salud en el trabajo promoviendo su mejora progresiva. Para ello debe favorecer y fomentar una adecuada participación del personal y establecer un sistema de gestión de la seguridad y la salud en el trabajo integrado en el sistema global (integrado) de la organización. Un sistema de gestión activa y esencialmente preventiva. Por esto se insiste especialmente en la Prevención de Riesgos Laborales y se habla de Sistema de Prevención.

En virtud del compromiso adoptado se define una política en seguridad y salud en el trabajo y unos objetivos y metas a conseguir, se dota a la organización de recursos adecuados y suficientes para ello, se promueve la integración de los aspectos de seguridad y salud en el trabajo, especialmente la prevención, en todos los ámbitos de decisión y producción, con mecanismos de participación del personal y de actuación y supervisión preventiva.

Se recuerda que se trata de evitar todos los riesgos respecto de los que haya esa posibilidad y de eliminar o minimizar los que no se puedan evitar, manteniendo un control adecuado de las condiciones de seguridad y salud en el trabajo.

Para evitar los riesgos éstos deben **preverse** para ser tenidos en cuenta en las decisiones a adoptar. Por ello es esencial la buena profesionalidad de todos los intervinientes en el proceso de toma de decisiones, tanto pertenezcan a la propia organización como sean ajenos a ella. Como tan esencial es disponer de todos los datos útiles ante cualquier decisión para, tras un análisis adecuado, disponer de todas las mejores alternativas con sus condicionantes, para elegir la más idónea. Tal puede ser el caso de las exigencias ante la solicitud de un servicio o subcontrata, de la elaboración de un proyecto (prevención en el diseño), del desarrollo de un método de trabajo, de seleccionar y mejorar buenas prácticas, de la adquisición de bienes y equipos para poner a disposición de los trabajadores, etc.

8.2. SISTEMAS DE GESTIÓN DE LA SEGURIDAD Y LA SALUD EN EL TRABAJO

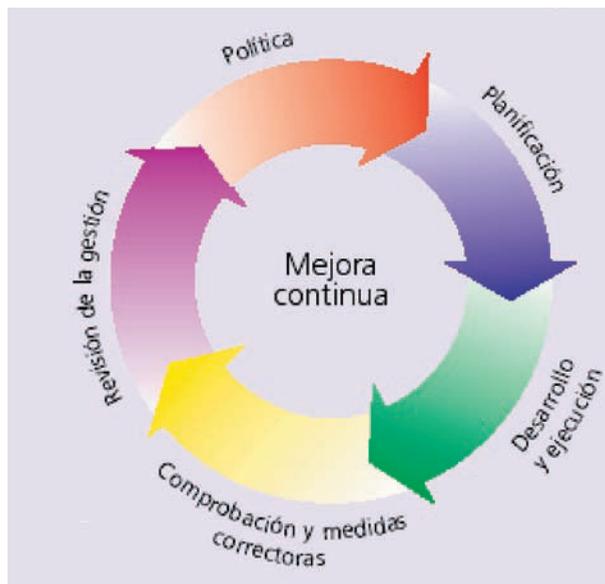
Ya se ha tratado que en el ámbito de la gestión de la calidad y del ambiente se han desarrollado normas internacionales ISO que han sido asumidas por las normas europeas EN y, consecuentemente, en normas españolas UNE. Además se ha llegado a un grado prácticamente general de aceptación, llegando incluso la legislación europea a converger hacia estos sistemas (Reglamento EMAS).

Parece que la gran mayoría tiene el pleno convencimiento de las grandes ventajas que supone la integración de los tres Sistemas de Gestión, calidad, medio ambiente y seguridad y salud en el trabajo, en el Sistema Global de la Organización.

Sin embargo, todavía no ha ocurrido lo mismo con la gestión de la seguridad y la salud en el trabajo, pese a los esfuerzos de algunos países, entre los que se encuentra España. En 1996 comenzó una serie de Normas UNE experimentales (provisionales) UNE 81900 Ex relativas a la gestión de la prevención de riesgos laborales, que seguía los principios generales de la gestión de la calidad ISO 9000 y la entonces norma española de gestión ambiental UNE 77-801-94, con la perspectiva de la integración de los tres sistemas. No llegaron a tener suficiente fortuna y recientemente han sido anuladas, pese a que obviamente, eran de carácter voluntario. En el ámbito internacional ocurrió algo parecido y una primera iniciativa de ISO no llegó a consolidarse. No obstante, en 2005 se ha vuelto a producir un nuevo intento y es probable que en poco tiempo surjan finalmente las normas de la serie ISO 18000, sobre gestión de la seguridad y la salud en el trabajo. De momento es de creciente aceptación el esquema británico de BSI, que sigue el mismo criterio que las antiguas normas UNE 81900, denominado especificación OSHAS 18000.

Por otra parte, la Organización Internacional del Trabajo OIT ha elaborado un conjunto de Directrices relativas a los Sistemas de Gestión de la Seguridad y la Salud en el Trabajo ILO-OSH-2001, con planteamientos parecidos, dirigidos especialmente a los países en desarrollo y a las pequeñas y medianas empresas. En términos parecidos se manifiesta en sus orientaciones la Comisión Europea y la Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo.

En concreto se considera necesario implantar, dentro del Sistema de Gestión de la organización e integrado en él, un Sistema de Gestión de la Seguridad y la Salud en el Trabajo que promueve la mejora continuada de las condiciones de trabajo (Figura 8.1).



(Fuente: Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo).

FIGURA 8.1. Modelo de Sistema de Gestión de la Seguridad y la Salud en el Trabajo.

8.2.1. Política de seguridad y salud en el trabajo

La Dirección de la organización debe presentar y dejar constancia escrita de la política de prevención de riesgos laborales, apropiada para las características específicas de su actividad y su tamaño, tras su consulta al personal y sus representantes. Tal declaración de la política debe ser clara y concisa, con constancia de la fecha de la firma por el máximo responsable de la organización y difundirse y estar disponible para todo el personal.

Esta política debe expresar un compromiso expreso de la organización en la mejora continuada de las condiciones de seguridad y salud en el trabajo de todos los que trabajan en ella mediante la adopción de todo tipo de medidas esencialmente preventivas, incluyendo el cumplimiento de la legislación vigente y las cláusulas resultado de la negociación colectiva y de cualquier acuerdo o programa de carácter voluntario al que se acoja.

La política debe incluir la promoción y puesta a disposición de los medios necesarios para la participación activa de los trabajadores en la Gestión de la Prevención, incluida la consulta de la dirección a los trabajadores y sus representantes.

8.2.2. Planificación de la actividad preventiva

La Ley de Prevención de Riesgos Laborales vigente, Ley 31/1995, modificada por la Ley 54/2003, insiste en la Gestión de este modo (Artículo 16):

«La prevención de riesgos laborales deberá integrarse en el sistema general de gestión de la empresa, tanto en el conjunto de sus actividades como en todos los niveles jerárquicos de ésta, a través de la implantación y aplicación de un plan de prevención de riesgos laborales a que se refiere el párrafo siguiente. Este plan de prevención de riesgos laborales deberá incluir la estructura organizativa, las responsabilidades, las funciones, las prácticas, los procedimientos, los procesos y los recursos necesarios para realizar la acción de prevención de riesgos en la empresa, en los términos que reglamentariamente se establezcan».

A continuación añade en un segundo apartado:

«Los instrumentos esenciales para la gestión y aplicación del plan de prevención de riesgos, que podrán ser llevados a cabo por fases de forma programada, son la evaluación de riesgos laborales y la planificación de la actividad preventiva a que se refieren los párrafos siguientes:

- a) El empresario deberá realizar una evaluación inicial de los riesgos para la seguridad y salud de los trabajadores, teniendo en cuenta, con carácter general, la naturaleza de la actividad, las características de los puestos de trabajo existentes y de los trabajadores que deban desempeñarlos. Igual evaluación deberá hacerse con ocasión de la elección de los equipos de trabajo, de las sustancias o preparados químicos y del acondicionamiento de los lugares de trabajo. La evaluación inicial tendrá en cuenta aquellas otras actuaciones que deban desarrollarse de conformidad con lo dispuesto en la normativa sobre protección de riesgos específicos y actividades de especial peligrosidad. La evaluación será actualizada cuando cambien las condiciones de trabajo y, en todo caso, se someterá a consideración y se revisará, si fuera necesario, con ocasión de los daños para la salud que se hayan producido.

Cuando el resultado de la evaluación lo hiciera necesario, el empresario realizará controles periódicos de las condiciones de trabajo y de la actividad de los trabajadores en la prestación de sus servicios, para detectar situaciones potencialmente peligrosas.

- b) Si los resultados de la evaluación prevista en el párrafo a) pusieran de manifiesto situaciones de riesgo, el empresario realizará aquellas actividades preventivas necesarias para eliminar o reducir y controlar tales riesgos. Dichas actividades serán objeto de planificación por el empresario, incluyendo para cada actividad preventiva el plazo para llevarla a cabo, la designación de responsables y los recursos humanos y materiales necesarios para su ejecución.

El empresario deberá asegurarse de la efectiva ejecución de las actividades preventivas incluidas en la planificación, efectuando para ello un seguimiento continuo de la misma.

Las actividades de prevención deberán ser modificadas cuando se aprecie por el empresario, como consecuencia de los controles periódicos previstos en el párrafo a) anterior, su inadecuación a los fines de protección requeridos».

Llegados a este punto conviene aclarar que la gestión de la prevención de riesgos laborales debe sustentarse en los resultados del análisis profundo de las condiciones de seguridad y salud en el trabajo, procediendo a la evaluación de tales riesgos para todos los puestos de trabajo y para todas las personas que los ocupan. La evaluación ya fue tratada en el Tema 4, pero es necesario puntualizar que abarca dos aspectos: el análisis sistemático y pormenorizado de las características objetivas del puesto de trabajo completado con el estudio resultante de la vigilancia de la salud de los trabajadores que los ocupan, donde se pueden determinar, con relación a las características propias del puesto, las posibles vulnerabilidades o especiales sensibilidades que permanentemente o temporalmente pueden concurrir en los esos trabajadores.

Por otra parte la prevención de riesgos laborales *debe estar asumida en el ejercicio de las funciones y tareas* en cada puesto, mediante la asignación de las mismas teniendo en cuenta las capacidades de las personas y la aplicación de buenas prácticas y procedimientos, además de los sistemas de control, de las instalaciones y de los equipos, entre otros. Parte esencial lo constituye la información y los sistemas de comunicación y relación así como la formación específica y renovada periódicamente.

La prevención de los riesgos laborales es objeto de la propia gestión. La prevención *se hace* en cada puesto de trabajo y lo que se denomina *actividad preventiva* es la actuación especializada de los profesionales mediante el *diagnóstico* de la situación por medio de la evaluación de los riesgos y el control de las medidas adoptadas, la planificación de estas actividades, la implantación de los planes de emergencia, la planificación de la información y formación específicas, la implantación de los primeros auxilios y la vigilancia de la salud y la propuesta de medidas correctoras (Figura 2).

Los trabajadores tienen derecho a participar activamente en la prevención de riesgos laborales en su empresa como tienen también la obligación de cumplir con las normas de prevención de la empresa y de colaborar y cooperar con la empresa para alcanzar mejores niveles de seguridad y salud en el trabajo.

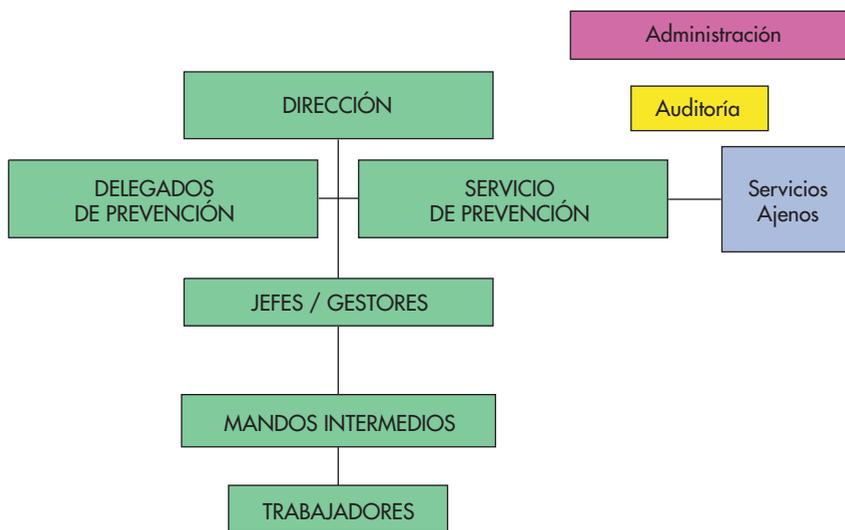


FIGURA 8.2. Soporte de la acción preventiva.

8.2.3. Desarrollo y ejecución de la actividad preventiva

En la política de seguridad y salud en el trabajo es conveniente que se incluyan los criterios que deben inspirar la actividad preventiva. Para lograr su máxima eficacia debe influir en todas las decisiones y actividades de la empresa, y particularmente estar estrechamente unida a otras afines: medio ambiente, seguridad patrimonial, seguridad industrial, responsabilidad corporativa, etc.

Según la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, el empresario deberá realizar la *prevención* mediante *la adopción de cuantas medidas sean necesarias*. El empresario *planificará* estas medidas de acuerdo con los resultados de la ***evaluación inicial de los riesgos*** existentes, debiendo destinar para ello los medios humanos y materiales necesarios.

Conviene distinguir entre la actividad de la empresa en sí, que tiene asumidos los principios de prevención y, por extensión, la política preventiva de la empresa (por ejemplo, el departamento de contrataciones y compras, que deberá tener en cuenta *lo que más conviene* a los objetivos de la empresa incluidos los de prevención, las unidades de producción que seguirán unas instrucciones o normativa interna en materia de prevención, etc.) y la actividad preventiva *especializada* de la empresa, en cuanto a la evaluación de riesgos, el control de las medidas adoptadas, el asesoramiento en materia preventiva al resto de las unidades, etc.

Para este último objetivo, el empresario debe **designar** uno o más trabajadores para realizar tales actividades preventivas necesarias. Si por el tamaño de la empresa o por los riesgos existentes y su distribución en la misma, esto *no fuera suficiente*, deberá recurrir a uno o varios **Servicios de Prevención**, *propios o ajenos*, que en su conjunto adopten todas las medidas necesarias para **garantizar** la seguridad y salud de los trabajadores.

El Reglamento de los Servicios de Prevención de 1997, parte del reconocimiento de la diversidad de situaciones, dado el ámbito de aplicación universal de la Ley de Prevención. Concede mayor importancia a la actividad preventiva que a los medios para realizarla, permitiendo que la acción preventiva pueda estructurarse a través de diversas alternativas: uno o más trabajadores con funciones preventivas; constitución de un Servicio de Prevención propio o mancomunado; y recurso a una entidad especializada externa a la empresa, acreditada por la Autoridad Laboral de la Comunidad Autónoma como Servicio de Prevención *ajeno*.

Deben considerarse, ahora, las diferencias entre los dos medios más significativos para realizar la actividad preventiva. Éstos son: *la designación* de uno o más trabajadores con medios, capacidad y tiempo suficiente para la ejecución de la actividad preventiva; y el recurso a un *Servicio de Prevención*. En el primer caso, la acción preventiva es efectuada por uno o más trabajadores, de acuerdo con las necesidades preventivas de la empresa, sin que ello suponga, necesariamente, una dedicación exclusiva, pudiendo, incluso, ser compatible esta actividad con otras productivas propias de la empresa.

Los Servicios de Prevención, son algo más complejo, ya que se constituyen por un *conjunto de medios humanos y materiales* necesarios para realizar las actividades preventivas, que debe tener un carácter *interdisciplinario*. Como tal está obligado a *asesorar y asistir* no sólo al empresario, sino también a los trabajadores, a sus representantes y a los órganos de representación especializados. Todas estas premisas y condiciones exigen una *estructura organizativa* apropiada.

La situación en el organigrama de la organización debe ser lo más próxima a la Dirección y como *staff* a ella.

8.3. ÓRGANOS ESPECIALIZADOS EN MATERIA PREVENTIVA LABORAL

La Ley de Prevención de Riesgos Laborales establece las siguientes modalidades de órganos especializados en materia preventiva:

- De alcance general preventivo a decidir por el empresario previa consulta a los trabajadores:
 - El propio empresario, si la empresa cuenta con menos de seis trabajadores, si desarrolla de forma habitual su trabajo en la empresa y tiene la capacidad necesaria para ello.
 - Uno o más trabajadores designados para ejercer funciones puramente preventivas, aunque puede que no con exclusividad.
 - Servicios ajenos a la empresa para realizar determinadas actividades preventivas (por ejemplo, evaluación de la exposición a ruido, vigilancia de la salud, etc.).
 - Servicio de prevención propio, con posibilidad o no de concertar determinados servicios especializados fuera de la empresa, (y si se dan determinadas circunstancias establecer un *servicio mancomunado*).
- Unidades especiales a designar por el propio empresario previa consulta de los trabajadores:
 - Personal formado y con medios necesarios para realizar los primeros auxilios en caso de accidente y contactar con servicios externos de urgencia.
 - Personal encargado de la lucha contra incendios.
 - Personal encargado de la evacuación y salvamento en situaciones de emergencia.
 - Servicio de mantenimiento con planes de *mantenimiento preventivo* y control de la eficacia de dispositivos de alarma y de actuación automática. Este caso no está previsto por la legislación que necesariamente deba ser consultado a los trabajadores.
- Delegados de Prevención, representantes de los trabajadores con funciones específicas en materia de prevención de riesgos laborales. Son elegidos por y entre los representantes del personal con arreglo a una escala determinada por la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
- El Comité de Seguridad y Salud en el Trabajo, órgano paritario y colegiado de participación destinado a la consulta regular y periódica de las actuaciones de la empresa en materia de prevención. Obligatoria su constitución a partir de los 50 trabajadores, está integrada por los delegados de prevención y por igual número de representantes de la empresa.

8.4. LOS SERVICIOS DE PREVENCIÓN

El Servicio de Prevención, sea propio o ajeno, tiene la misión de el *asesoramiento y apoyo* a la empresa que ésta precise *en función de los tipos de riesgo en ella existentes* y en lo referente a las cuestiones específicas que se describen en el cuadro adjunto. Con tal que el objetivo principal, la protección de la seguridad y la salud de los trabajadores frente a los riesgos en el trabajo, quede *garantizado*, el empresario, en principio, puede elegir los medios y la forma, siempre que sean *suficientes y adecuados* para tal fin, que no debe olvidarse es lo fundamental. El asesoramiento y asistencia también lo debe prestar a los trabajadores de la propia empresa.

CUADRO 8.1. Funciones del Servicio de Prevención

a) Diseño, aplicación y coordinación de planes y programas de actuación preventiva.
b) Evaluación de los riesgos laborales existentes.
c) Determinación de prioridades en la adopción de medidas preventivas y vigilancia y control de su eficacia.
d) Información y formación de los trabajadores.
e) Primeros auxilios y planes de emergencia.
f) Vigilancia de la salud de los trabajadores en relación con los riesgos a los que están expuestos.

La Ley establece la obligación de someter a una auditoría o evaluación externa el sistema de prevención de la empresa, cuando el empresario garantice la protección de los trabajadores con recursos propios, sin perjuicio de que para determinadas actuaciones, dado su especial carácter, puedan ser encargadas a servicios ajenos. En todo caso, la Inspección de Trabajo y Seguridad Social, vigila el cumplimiento de la aplicación de la normativa, asesorando e informando a las empresas y a los trabajadores sobre la manera más efectiva del cumplimiento del deber de protección, requiriendo la adopción de medidas cuando se advierta que son insuficientes y comprobando en particular el cumplimiento de las obligaciones asumidas por los Servicios de Prevención.

En cuanto al ejercicio de las funciones correspondientes a la vigilancia de la salud, se deberá constituir una unidad, de carácter esencialmente sanitaria, para salvaguardar el carácter íntimo y confidencial de sus actuaciones, debiendo a su vez estar integrada en el correspondiente Servicio de Prevención.

La experiencia muestra que en muchos casos, particularmente pequeñas y medianas empresas y del sector servicios (pequeños comercios y oficinas, por ejemplo), ante la escasa entidad de los riesgos existentes, las medidas necesarias a adoptar no requieren de grandes medios y dedicación, y mucho menos, de una organización expresa de unos servicios de prevención internos o del recurso a servicios externos especializados. Frente a tales riesgos puede no ser siquiera necesarios reconocimientos médicos preventivos en el sentido que la citada ley establece («El empresario garantizará a los trabajadores a su servicio la *vigilancia periódica de su estado de salud en función de los riesgos inherentes al trabajo*»).

Al margen de la modalidad de organización de la actividad preventiva especializada elegida por la empresa, hay que insistir que la prevención de los riesgos tanto laborales como ambientales deben estar asumidos por la propia gestión del sistema productivo, estando los aspectos preventivos.

Los aspectos de prevención, en particular de los riesgos laborales, deben estar incluidos en las actividades que se realicen y ser asumidos en el ejercicio de las funciones encomendadas, debiendo estar presentes en toda decisión. Lo que supone la responsabilidad de quienes tengan a su cargo el desarrollo de actividades *con riesgos* y trabajadores *expuestos a riesgos*, sin perjuicio de la responsabilidad que también corresponde a quien por jerarquía está por encima y, por lo tanto, participa en la toma de decisiones y en la obligación de velar por el cumplimiento de las medidas preventivas que correspondan.

De ahí que nuevamente se insista en la necesaria preparación, y el perfeccionamiento y la puesta al día, de los profesionales, especialmente técnicos, que estén al frente de los procesos productivos o participen directamente en la gestión de la empresa, y por ende, en la toma de decisiones que pueda influir en la seguridad y salud de los trabajadores en relación con el trabajo.

Actualmente en España es la Ley de Prevención de Riesgos Laborales y los Reglamentos que la desarrollan el marco jurídico que obliga al empresario a realizar *la prevención* de riesgos laborales mediante la adopción de *cuantas medidas sean necesarias* con el fin de *garantizar una protección eficaz* de la seguridad y la salud de los trabajadores a su servicio *en todos los aspectos* relacionados con el trabajo.

Esta *obligación*, manifestada de esta manera tan absoluta, es una consecuencia del poder de dirección del empresario, que asigna determinadas tareas y funciones, en unas condiciones de trabajo fijadas por

él. Estas condiciones de trabajo deben ser tales que no supongan una amenaza para la salud y para la integridad física de los trabajadores. En suma: no deben *provocar ni favorecer* la aparición de accidentes y enfermedades o patologías.

Como tampoco deben ser estas condiciones de trabajo, las que perturben la buena marcha del sistema productivo y sean fuente de errores, pérdidas, retrasos, defectos, etc., que correspondan a una mala gestión de la empresa, traducida finalmente en una baja productividad y una calidad defectuosa del producto o servicio que se ofrece.

En un mercado tan marcadamente competitivo como el de esta época, el *Mercado Único Europeo*, abierto al mercado global mundial, los objetivos de calidad son imprescindibles para la supervivencia y desarrollo de las empresas. Para alcanzar la calidad del producto o servicio que se ofrece al final del proceso productivo, se debe mantener una coherencia entre todas las funciones que se ejercen en la organización de la empresa, con unos objetivos de calidad en todas las fases del sistema productivo: en la misma fase inicial de concepción y diseño, la adquisición de equipos y materiales y materias primas *de calidad adecuada*, la implantación (y el *buen* mantenimiento y control) de las instalaciones y equipos, con una calidad en la gestión de la empresa, en el proceso productivo y en el producto final, incluida su puesta en el mercado. Desde esta *perspectiva* se comprende que debe estar incluida la *calidad* de las condiciones de trabajo para los objetivos de *calidad total*.

Siguiendo el dicho: *la cadena se rompe por el eslabón más débil*, en el concepto de *calidad total* se excluye cualquier «dejadez» en ningún aspecto del sistema productivo. Es obvio la necesidad de aplicar el mismo rigor en todos los ámbitos si no se quiere exponer al fracaso la estrategia de calidad que se pretende establecer.

Es crucial, pues, partir del convencimiento de la *necesidad* de diseñar, mantener y controlar unas *buenas* —de calidad— condiciones de trabajo. Se impone, además un clima de mutua confianza y colaboración con los trabajadores. De aquí el valor de unos cauces de comunicación y participación. En definitiva, la gestión de la prevención de los riesgos laborales debe estar integrada en la gestión global de la empresa, con la determinación de unos objetivos formando parte de los objetivos de calidad, planificando y organizando la actividad preventiva en el conjunto del sistema productivo y de la organización de la empresa.

8.5. AUDITORÍAS DEL SISTEMA DE PREVENCIÓN

Aunque la legislación comunitaria europea no incluye la obligación de realizar auditorías de los Sistemas de Gestión de la Prevención de Riesgos Laborales, en España se instauró con tal carácter por medio de la Ley de Prevención de 1995 y el Reglamento de los Servicios de Prevención de 1997.

Como ya se ha tratado, la auditoría interna y la externa voluntarias son indispensables como herramientas de gestión. Para tal propósito puede servir el esquema OSHAS 18000 o las futuras Normas ISO 18000.

Pero además la legislación española exige una auditoría del Sistema de Prevención siempre que se acometan con recursos propios parte o toda la actividad preventiva. Tal auditoría debe ser realizada por entidades independientes de la empresa objeto de la misma que además deben estar debidamente acreditadas por la Administración laboral de la Comunidad Autónoma donde esté ubicada.

8.6. POLÍTICAS Y LEGISLACIÓN SOBRE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO

En los últimos años es creciente la preocupación social y de las administraciones públicas y de los poderes públicos por la elevada siniestralidad laboral tanto en España como en el resto del mundo industrializado. Una sociedad que se pretende avanzada no puede soportar los altos números de accidentes, en particular graves y mortales, así como el elevado número de enfermedades derivadas o relacionadas con condiciones de seguridad y salud en el trabajo inadecuadas, que además no tienen un reflejo real en las estadísticas al existir una subdeclaración como enfermedades profesionales.

Esta preocupación ha generado todo un conjunto de diversas actuaciones que constituyen políticas específicas de seguridad y salud en el trabajo. Próximas a España están las políticas de la Unión Europea, las del Estado, Comunidades Autónomas y Entidades Locales. Tales actuaciones incluyen una intensa labor legislativa en este ámbito acompañada de planes de actuación con todo tipo de acciones de promoción del cumplimiento de las obligaciones empresariales, de sensibilización de todos los agentes: empresarios, representantes de los trabajadores, profesionales con el fin de implantar y consolidar una cultura preventiva, de información, de formación y de investigación.

Esta cultura preventiva es esencial por la propia esencia anticipadora de la prevención, que será tanto más eficaz cuanto antes se tenga en cuenta sus principios, es decir, en las fases iniciales de análisis que deben preceder a toda toma de decisiones y las fases de diseño y proyecto, tanto de procesos, instalaciones y equipos como de organización y métodos de trabajo. En estas fases como en las de ejecución tienen un papel decisivo los profesionales, en particular los licenciados e ingenieros con responsabilidades en las empresas.

Con independencia de lo establecido en otras Leyes como la del Estatuto de los Trabajadores, la Ley de Infracciones y Sanciones en el Orden Social y la Ley General de la Seguridad Social, la referencia básica en España para estos aspectos es la Ley de Prevención de Riesgos Laborales de 8 de noviembre de 1995 y sus posteriores modificaciones.

Esta Ley y su desarrollo normativo, en cuanto derecho laboral, tiene un carácter de derecho necesario (imperativo, de incumplimiento inexcusable), mínimo (mejorable para el trabajador a través de la negociación colectiva, convenios colectivos y acuerdos) e indisponible (no puede renunciarse o menoscabarse en ningún caso, ni siquiera por pacto o por negociación).

La competencia normativa es exclusiva de las instituciones centrales del Estado. Sin embargo está transferida las competencias de ejecución de esta legislación a las Comunidades Autónomas, que las ejercen fundamentalmente por medio de las Administraciones laborales.

Esta legislación se aplica por igual a cualquier trabajo por cuenta ajena, por lo que no solo se aplica al ámbito de las empresas y de las relaciones laborales, regidas por el Estatuto de los Trabajadores sino también a todo el personal al servicio de la Administración pública, cualquiera que sea su relación administrativa o estatutaria.

La Ley establece de modo expreso que los *«trabajadores tienen derecho a una protección eficaz en materia de seguridad y salud en el trabajo»*. A continuación añade que este derecho *«supone la existencia de un correlativo deber del empresario de protección de los trabajadores frente a los riesgos laborales. Este deber de protección constituye, igualmente, un deber de las Administraciones públicas respecto del personal a su servicio»*.

La Ley dispone que *«en cumplimiento del deber de protección, el empresario deberá garantizar la seguridad y la salud de los trabajadores a su servicio en todos los aspectos relacionados con el trabajo. Añade que a estos efectos deberá «realizar la prevención de los riesgos laborales mediante la adopción de cuantas medidas sean necesarias para la protección de la seguridad y la salud de los trabajadores»*.

Estas medidas deben ser esencialmente preventivas incluyendo la información, la consulta y la participación, y la formación en materia preventiva de los trabajadores así como las actuaciones en caso de emergencia, riesgo grave e inminente y vigilancia de la salud, mediante la organización de la prevención con los medios humanos y materiales necesarios.

Todas estas medidas serán acordes con las necesidades preventivas determinadas por la evaluación de los riesgos y la consecuente planificación de actividades, para lo cual debe disponerse de la organización y medios materiales y humanos necesarios, pudiendo recurrir a servicios externos.

También se determinan las obligaciones de los trabajadores en estas materias «*de conformidad con su formación y las instrucciones del empresario*» y según sus posibilidades.

En todo caso se deberá tener en cuenta la especial vulnerabilidad temporal o permanente de aquellas personas que presenten una especial susceptibilidad a determinados factores de las condiciones de trabajo, reflejándose tales casos en la evaluación de los riesgos y en la adopción de las medidas consecuentes, con el fin de que esas personas estén debidamente protegidas. Se hace especial mención al período de embarazo y al de lactancia así como a las discapacidades, a las sensibilizaciones o alergias y al trabajo de los menores.

Se establece también las responsabilidades y obligaciones en los trabajos temporales, de duración determinada y en empresas de trabajo temporal así como cuando en un mismo centro de trabajo concurren diversas empresas y cuando se recurre a la subcontratación.

Los trabajadores tienen derecho a ser consultados por la empresa, con la antelación suficiente, sobre las cuestiones que afecten significativamente a su seguridad y salud. También tienen derecho a participar en la prevención de los riesgos laborales.

Estos derechos de consulta y participación se pueden canalizar a través de los representantes de los trabajadores y de aquellos representantes especializados en estas materias, los *delegados de prevención*.

El número de delegados y el sistema de elección o designación se llevará a cabo según los acuerdos que en cada ámbito de la Administración pública estén establecidos. Para las empresas se encuentra regulado en el Capítulo V de la Ley de Prevención, que a su vez permite fórmulas diferentes si así se acuerda por medio de la negociación colectiva. En este mismo capítulo de la Ley se establecen las competencias y facultades de

los delegados de prevención así como el sigilo profesional y su salvaguarda en el ejercicio de sus funciones y la posibilidad de constituir un *comité de seguridad y salud*, de carácter paritario, a partir de 50 trabajadores en un centro o en una empresa.

El comité de seguridad y salud se define como un órgano paritario y colegiado de participación destinado a la consulta regular y periódica de las actuaciones relevantes en materia de prevención, con el derecho a plantear cuestiones y presentar propuestas. La representación de los trabajadores está constituida por los delegados de prevención y la de la empresa por los que se designen por la dirección. Es conveniente que por parte de la empresa asistan como representantes los que cuenten con elevado nivel de decisión y responsabilidad, en particular en aquellos ámbitos de la organización y del proceso productivo con mayor implicación en las actividades de riesgo y en la toma de decisiones con mayor influencia en las propias condiciones de trabajo. Cabe la posibilidad de asistir con voz pero sin voto de cuantos asesores se estimen convenientes por alguna de las partes.

Todo trabajador debe ser informado y formado de modo específico conforme a los riesgos concretos de su puesto de trabajo y las medidas preventivas adoptadas, así como de los riesgos generales de su empresa y las medidas adoptadas, incluidas las de emergencia. Tal información y formación deberán ser repetidas periódicamente en lo que sea necesario y debidamente actualizadas. Las instrucciones deberán dirigirse a los trabajadores de tal manera que se garantice su comprensión, debiéndose comprobar tal extremo.

La señalización y la delimitación de espacios son parte de la información e instrucciones a ofrecer.

Una buena base para la formación es la denominada *formación básica* de 30 ó 50 horas establecida por el Reglamento de los Servicios de Prevención. Pero no resulta suficiente ya que debe completarse con la específica del puesto de trabajo y la referencia a los riesgos generales de la empresa.

Los delegados de prevención deberán recibir con cargo a la empresa una formación específica con relación a los riesgos existentes en la empresa, sus características y organización y las medidas adoptadas con el fin de que puedan ejercer sus funciones debidamente.

En todo caso la información y la formación deberá recibirse en tiempo de trabajo o con las debidas compensaciones y sin coste alguno para los trabajadores. La formación además de constituir un derecho para el trabajador también le supone a éste la obligación de asistencia o atención con aprovechamiento.

La *vigilancia de la salud* de cada trabajador se realizará, con cargo a la empresa, de forma periódica y en función de los riesgos a los que pueda estar expuesto en su puesto de trabajo. El sometimiento a esta vigilancia será voluntario por parte del trabajador salvo que de acuerdo a lo establecido en la ley se le obligue a ello.

El objetivo de la vigilancia de la salud es doble: descubrir alguna especial susceptibilidad a determinadas condiciones de trabajo o algunas características o aspectos personales del trabajador que lo haga más vulnerable, con el fin de adoptar las medidas preventivas pertinentes, y verificar su estado de salud con relación a los riesgos existentes con el fin de garantizar que está debidamente protegido o, en su caso, tomar a tiempo las medidas correctoras necesarias.

Ya se ha señalado que las competencias legislativas son exclusivas de las instituciones centrales del Estado y que las relativas a la ejecución de la legislación vigente corresponden a las *Administraciones laborales de las Comunidades Autónomas*. Con tal fin, a éstas les corresponden las funciones de promoción de la prevención, asesoramiento técnico, vigilancia y control del cumplimiento de la normativa y la sanción, en su caso, de las infracciones.

El *Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo* INSHT es el órgano especializado de la Administración General del Estado que tiene como misión el análisis y estudio de las diversas condiciones de trabajo así como la promoción y el apoyo a su mejora, para lo cual ofrece la colaboración a las Comunidades Autónomas en todos los aspectos relacionados con la prevención incluida la investigación, la divulgación, la formación y la elaboración de guías y códigos de buenas prácticas, así como la colaboración con organismos internacionales y de otros países y la participación en programas relacionados con la prevención. Al mismo tiempo es punto focal de la Red Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, que a su vez está integrada en la Red Europea. El acceso a esta red por internet se puede efectuar a través de la dirección del propio Instituto: <http://www.insht.es>. Aquí se puede encontrar toda información útil no solo del Instituto sino también de otras Administraciones y de los numerosos centros y entidades que integran la Red Europea, que se enlaza con organismos internacionales y con centros y entidades relevantes de otros países extra europeos como Estados Unidos, Canadá, Japón, etc.

A la *Inspección de Trabajo y Seguridad Social* le corresponde la vigilancia y control de la aplicación de la normativa de prevención.

Las *Mutuas de Accidentes de Trabajo y Enfermedades Profesionales de la Seguridad Social*, además de las funciones de asistencia, prestaciones

y rehabilitación por las contingencias de accidente de trabajo y enfermedad profesional, y de la gestión de la incapacidad temporal por enfermedad común y de la posible actuación, mediante la previa concertación, como servicio de prevención de aquellas empresas asociados que lo requieran, pueden realizar determinadas acciones de carácter preventivo con cargo a las cuotas empresariales satisfechas, fundamentalmente en el asesoramiento e información y acciones de divulgación y promoción de la prevención, en particular, en el marco del Plan General de Actuación de las Mutuas en estos aspectos. Las mutuas, aunque sujetas al derecho privado, son entidades colaboradoras de la Seguridad Social. Las cuotas por accidentes y enfermedades profesionales que se satisfacen a las mutuas corresponden a la Seguridad Social, que controla su gestión.

La Ley de Prevención establece que la responsabilidad empresarial en estas materias no se verá disminuida por las responsabilidades de los trabajadores en el ejercicio de sus funciones, incluidos los del propio servicio de prevención y los delegados de prevención, así como por las actuaciones encomendadas a servicios de prevención ajenos.

El Código Penal establece, en concreto, en el artículo 316 que *los que con infracción de las normas de prevención de riesgos laborales y estando legalmente obligados, no faciliten los medios necesarios para que los trabajadores desempeñen su actividad con las medidas de seguridad e higiene adecuadas, de forma que pongan así en peligro grave su vida, salud e integridad física, serán castigados con las penas de prisión de 6 meses a 3 años y multa de 6 a 12 meses.*

La Ley de Prevención extiende el ámbito del deber empresarial de prevención no solo a la propia ley y a su desarrollo reglamentario si no también a lo establecido al respecto en los convenios colectivos que sean aplicables y cualquier otra norma jurídica de otro ámbito que contenga disposiciones relacionadas con la seguridad y la salud en el trabajo. Tal es el caso de disposiciones de seguridad industrial (por ejemplo el Reglamento de Baja Tensión), de seguridad del producto (por ejemplo el Reglamento de Seguridad de las Máquinas y el Reglamento de Notificación, Clasificación, Envasado y Etiquetado de Sustancias Peligrosas), de Medio Ambiente y Protección Civil como la legislación sobre Accidentes Mayores, Seguridad Vial, legislaciones autonómicas y ordenanzas municipales como las que atañen a la seguridad contra incendios, reglamentaciones del ámbito sanitario y de educación, etc.

No obstante, la parte más sustancial de las obligaciones empresariales de prevención se encuentra en la Ley de Prevención y en su desarrollo reglamentario, que fundamentalmente se atiene a la transposición del

derecho comunitario de la Unión Europea, conjunto de disposiciones mínimas de seguridad y salud en el trabajo, que cada Estado puede ampliar a partir de las disposiciones contenidas en las correspondientes directivas que en cualquier caso poseen un carácter de mínimos.

El desarrollo reglamentario de la ley está encabezado por el reglamento de los servicios de prevención dedicado fundamentalmente a los aspectos organizativos y de la gestión de la prevención, así como a la acreditación de los servicios de prevención ajenos, las entidades auditoras del sistema de prevención de las empresas y las entidades formadoras en materia de prevención.

Existe un número significativo de reglamentos con disposiciones mínimas de seguridad y salud, que afectan a los lugares de trabajo en sí, a los equipos de trabajo, a los equipos de protección individual, a la exposición a agentes físicos, químicos y biológicos, a determinados tipos de trabajos como los que utilizan pantallas de visualización de datos y los que entrañan manipulación de cargas pesadas y a sectores cuyas características no permiten la aplicación de las normas referidas a los locales en general, como es el caso de las obras de construcción, las minas, los buques de pesca, etc.

Para orientar hacia una correcta aplicación de estos reglamentos y como complemento de las disposiciones correspondientes el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, por mandato fijado en los propios Reales Decretos, elabora **Guías** correspondientes a cada reglamento, que no siendo vinculantes, indudablemente suponen una referencia prácticamente ineludible a tener en cuenta en la aplicación de lo dispuesto en tales reglamentos.

EJERCICIOS DE AUTOCOMPROBACIÓN

1. Describir brevemente la misión y objetivo principal de un Servicio de Prevención de riesgos laborales.
2. Describir las principales funciones de un servicio de prevención de riesgos laborales.
3. ¿Cómo se denominan los representantes de los trabajadores de una empresa que están especializados en prevención de riesgos laborales?
4. Explicar en qué consiste el comité de seguridad y salud indicando quiénes lo pueden componer.
5. ¿Quién es el principal responsable de la seguridad y la salud de los trabajadores en una empresa?

6. En España y a nivel del Estado, ¿qué organismo especializado tiene como misión el análisis y estudio de las condiciones de trabajo, así como la promoción y apoyo a su mejora, siendo la referencia nacional en todo lo que afecta a la seguridad y a la salud de los trabajadores?
7. ¿A qué órgano del Estado le corresponde en España la vigilancia y control de la aplicación de la normativa de prevención de riesgos laborales?
8. A las obligaciones de cumplimiento de lo dispuesto en la ley de prevención de riesgos laborales y disposiciones de desarrollo y análogas como las relativas a la seguridad industrial, ¿qué otras específicas deben ser también observadas?
9. ¿Qué norma jurídica de carácter general encabeza el desarrollo de la ley de prevención de riesgos laborales?
10. ¿A cargo de quién corren los gastos de la vigilancia de la salud de cada trabajador?

Tema 9

GESTIÓN DE RESIDUOS

CONTENIDO

- 9.1. Concepto y clasificación de residuo.
 - 9.1.1. Definición de residuo.
 - 9.1.2. Clasificación
 - 9.1.2.1. En función de su estado físico.
 - 9.1.2.2. En función de su origen.
 - 9.1.2.3. En función de su peligrosidad.
 - 9.1.2.4. En función del tipo de gestión.
 - 9.2. Operaciones.
 - 9.2.1. Producción y pre-recogida.
 - 9.2.2. Gestión.
 - 9.2.2.1. Recogida.
 - 9.2.2.2. Transporte.
 - 9.2.2.3. Valorización.
 - 9.2.2.4. Eliminación.
 - 9.3. Residuos peligrosos.
 - 9.3.1. Identificación de un residuo como peligroso.
 - 9.3.2. Documentación asociada a la gestión de residuos peligrosos.
 - 9.3.3. Obligaciones.
 - 9.3.3.1. Del productor o poseedor.
 - 9.3.3.2. Del gestor.
 - 9.3.3.3. Del transportista.
 - 9.4. Casos particulares.
 - 9.4.1. Aceites usados.
 - 9.4.2. PCBs.
 - 9.4.3. Pilas y baterías.
 - 9.4.4. Amianto.
- Ejercicios de autocomprobación.

9.1. CONCEPTO Y CLASIFICACIÓN DE RESIDUO

El concepto popular de residuo es todo aquel producto que se abandona porque carece de utilidad o valor para nosotros mismos. Sin embargo, el concepto de utilidad es muy subjetivo. Por tanto, para una correcta gestión de los residuos hay que comenzar por definirlos de forma concreta y clasificarlos.

9.1.1. Definición de residuo

La definición de residuo dada por la Unión Europea, en 1975, es: *Cualquier sustancia u objeto del cual se desprenda o tenga la obligación de desprenderse su poseedor, en función de las disposiciones nacionales en vigor.*

Ésta es una definición demasiado amplia, dado que existen diferencias notables entre las distintas disposiciones nacionales.

Surge entonces la diferenciación entre los siguientes conceptos:

- **Subproducto:** Una sustancia u objeto, resultante de un proceso de producción, cuya finalidad primaria no sea la producción de esa sustancia u objeto, y que puede ser utilizado como materia prima en un nuevo ciclo de producción. Esta sustancia deberá poder utilizarse directamente sin tener que someterse a una transformación ulterior distinta de la práctica industrial normal.
- **Residuo:** No tiene valor alguno, y ha de regularse de manera normativa para evitar daños a la salud y medioambiente.

Mientras al primer caso viene asociado un valor económico, el segundo conlleva un coste.

En la Directiva 2008/98/CE de 19 de noviembre de 2008 sobre los residuos, la Unión Europea especifica qué casos son los que deben considerarse dentro de esta segunda categoría.

Así, la definición de residuo (definición en vigor actualmente) es:

Cualquier sustancia u objeto del cual su poseedor se desprenda o tenga la intención o la obligación de desprenderse.

9.1.2. Clasificación

La gestión será diferente, según pertenezca el residuo en cuestión a las diferentes categorías

9.1.2.1. En función de su estado físico

- **Sólidos:** Lo son las basuras urbanas, residuos forestales y agrícolas, muchos residuos mineros y muchos residuos industriales.
- **Líquidos:** Aguas residuales urbanas e industriales, purines ganaderos, disolventes, etc.
- **Pastosos:** Fangos de depuradoras urbanas e industriales, fangos mineros de bolsas de decantación, etc.
- **Gaseosos:** Emisiones de los automóviles, gases CFC, etc.

9.1.2.2. En función del origen

Clasificación de Del Val (2000)

- **Residuos Sólidos Urbanos (RSD):** Son los generados en las ciudades debido a la actividad doméstica y comercial. Legalmente este concepto no existe desde 1998, ya que no todos eran sólidos, ni todos urbanos.
- **Residuos industriales:** Son los residuos generados por la industria. Tampoco existe esta denominación desde el punto de vista legal en la actualidad.
- **Residuos mineros:** Son regulados por la Ley de Minas. El carácter de estos residuos es muy diverso, ya que los hay puramente inertes hasta altamente contaminantes.

- **Residuos radiactivos:** Son aquellos que se generan en cualquiera de las etapas del ciclo nuclear, es decir, desde la extracción de Uranio hasta el desmantelamiento de las centrales nucleares.
- **Residuos sanitarios:** Son los generados en los hospitales o centros de salud.
- **Residuos agropecuarios y forestales:** Son residuos de variedad de estados físicos.
- **Residuos de la construcción:** Son todos los residuos derivados de la ingeniería civil, incluyéndose las obras menores. Son generalmente inertes, aunque pueden contener otros componentes contaminantes, como el amianto.

9.1.2.3. *En función de su peligrosidad*

- **Residuos peligrosos:** Residuos que presentan una o varias características del anexo III de la Directiva 2008/98/CE.

Son las 14 características que pueden caracterizar a un residuo como peligroso:

- **H1 Explosivos:** Sustancias y preparados que pueden explosionar bajo el efecto de una llama o que son más sensibles a los choques o a la fricción que el dinitrobenceno.
- **H2 Oxidante:** Sustancias o preparados que en contacto con otros, particularmente con los inflamables, originan una reacción fuertemente exotérmica.
- **H3 Inflamables:** Sustancias y preparados cuyo punto de inflamación sea inferior a 21 °C (fácilmente inflamables), o que sea igual o superior a 21 °C e inferior o igual a 55 °C (inflamables).
- **H4 Irritantes:** Sustancias y preparados no corrosivos que, por contacto inmediato prolongado o repetido con la piel o mucosas pueden provocar una reacción inflamatoria.
- **H5 Nocivos:** Sustancias y preparados que, por inhalación, ingestión o penetración cutánea puedan entrañar riesgos de gravedad limitada.
- **H6 Tóxicos:** Sustancias o preparados que por inhalación, ingestión o penetración cutánea, puedan producir riesgos graves agudos o crónicos, incluso la muerte.

- **H7** Cancerígenos: Sustancias o preparados que, por inhalación, ingestión o penetración cutánea, puedan producir cáncer o aumentar su frecuencia.
 - **H8** Corrosivos: Sustancias y preparados que, en contacto con los tejidos vivos pueden ejercer sobre ellos una acción destructiva.
 - **H9** Infecciosos: Materias conteniendo microorganismos viables o sus toxinas de las que se sabe o existen buenas razones para creerlo que causan enfermedades en los animales o en el ser humano.
 - **H10** Tóxico para la reproducción: Sustancias y preparados que, por inhalación, ingestión o penetración cutánea puedan producir malformaciones congénitas no hereditarias o aumentar su frecuencia.
 - **H11** Mutagénicos: Sustancias y preparados que, por inhalación, ingestión o penetración cutánea puedan producir alteraciones o en material genético de las células.
 - **H12** Sustancias o preparados que en contacto con el agua, el aire o un ácido, desprendan un gas tóxico o muy tóxico.
 - **H13** Materias susceptibles, después de su eliminación, de dar lugar a otra sustancia por un medio cualquiera, por ejemplo, un producto de lixiviación, que posee alguna de las características enumeradas anteriormente.
 - **H14** Ecotóxicos: Peligrosos para el medio ambiente. Residuos que presentan riesgos inmediatos o diferidos para el medioambiente.

Puede haber más de una característica de peligrosidad por residuo.
- **Residuos no peligrosos:** Aquellos que no poseen ninguna de las características anteriormente mencionadas.

9.1.2.4. *En función del tipo de gestión*

Es decir, en función de la normativa por la que se rige.

- **Residuos radiactivos:** es cualquier material o producto de desecho, para el cual no está previsto ningún uso, que contiene o está contaminado con radionucleidos en concentraciones o niveles

de actividad superiores a las establecidas por el Ministerio de Industria y Energía, previo informe del Consejo de Seguridad Nuclear.

Los residuos radiactivos contienen isótopos radiactivos con átomos inestables que se convierten en estables emitiendo radiaciones ionizantes potencialmente peligrosas, por lo que deben ser confinados hasta la pérdida de la radiactividad para así evitar sus efectos sobre el hombre y el medio ambiente.

Son regulados a través de la Ley 25/1964. Su gestión le corresponde al Estado, y la realiza en exclusiva ENRESA (Empresa Nacional de Residuos Radiactivos, S.A.).

- **Residuos mineros:** Se regulan por la Ley de Minas, y su gestión le corresponde a las comunidades autónomas.
- **Residuos de explosivos:** Se regulan por una legislación específica que es estatal, pero la gestión le corresponde a las CCAA.
- **Residuos agropecuarios:** Son gestionados por las CCAA.
- **Residuos peligrosos:** Hay legislación de mínimos estatales, que es desarrollada por cada comunidad autónoma (a las que corresponde su gestión).
- **Residuos urbanos:** Son los generados en los domicilios particulares, comercios y oficinas, así como aquellos que no sean peligrosos y que por su naturaleza o su composición puedan asimilarse a los producidos en los anteriores lugares o actividades. También se considerarán residuos urbanos los siguientes:
 - Los procedentes de la limpieza de vías públicas.
 - Los animales domésticos muertos.
 - Residuos voluminosos.
 - Vehículos abandonados.

La gestión corresponde a los ayuntamientos. Los municipios que tengan menos de 2000 habitantes podrán delegar en su comunidad autónoma.

Existe un problema de competencias, ya que los residuos urbanos son responsabilidad de los ayuntamientos, mientras que los residuos peligrosos lo son de las Comunidades Autónomas, por lo que los residuos que son urbanos y peligrosos (fluorescentes, pilas y baterías, electrodomésticos, aceites usados, medicamentos...) se organizan de la siguiente forma:

De la recogida se encarga el municipio en cuestión, y del tratamiento y eliminación se encargan las CC.AA.

- Escombros y residuos de obras menores de construcción y reparación domiciliaria: Son responsabilidad del promotor de la obra.
- **Residuos especiales:** Son aquellos que si bien no se pueden considerar como urbanos en sentido estricto requieren soluciones específicas de gestión en razón de sus peculiaridades. Son:
 - Vehículos fuera de uso.
 - Neumáticos fuera de uso.
 - Barros y lodos de depuradora.
 - Residuos y despojos de animales.
- **Residuos biosanitarios:** Son los residuos sanitarios específicos de la actividad sanitaria propiamente dicha, potencialmente contaminados con sustancias biológicas al haber estado en contacto con pacientes o líquidos biológicos.

Se entiende por residuos sanitarios, los generados en centros sanitarios, incluidos los envases, y los residuos de envases, que los contengan o los hayan contenido.

Se distinguen los siguientes tipos:

- Grupo 1: Residuos de pacientes con infecciones altamente virulentas, erradicadas, importadas o de muy baja incidencia en España (fiebres víricas, herpes, rabia, carbunco, difteria...).
- Grupo 2: Residuos contaminados con heces de pacientes afectados de cólera o disenteria amebiana.
- Grupo 3: Residuos contaminados con secreciones respiratorias de pacientes con tuberculosis o fiebre Q.
- Grupo 4: Filtros de diálisis de pacientes portadores de Hepatitis B, Hepatitis C o Virus de la Inmunodeficiencia Humana (VIH).
- Grupo 5: Residuos punzantes o cortantes.
- Grupo 6: Cultivos y reservas de agentes infecciosos (Placas de Petri, hemocultivos, extractos líquidos...).
- Grupo 7: Residuos de animales infecciosos.
- Grupo 8: Recipientes que contengan más de 100 ml de muestras de sangre o productos derivados en cantidades superiores a 100 ml.
- Grupo 9: Cualquier resto anatómico humano reconocible como tal.

9.2. OPERACIONES

Veamos a continuación los conceptos relacionados con las distintas etapas que atraviesan los residuos.

9.2.1. Producción y pre-recogida

- **Pre-recogida:** conjunto de operaciones que permiten traspasar la titularidad de un residuo desde un poseedor individual (que no sea productor) a un gestor autorizado.
- **Productor de residuos:** cualquier persona, física o jurídica, que genera residuos como consecuencia de su actividad, productor inicial de residuos, o que efectúe operaciones de tratamiento previo, de mezcla o de otro tipo que ocasionen un cambio de naturaleza o de composición de esos residuos.

En determinadas circunstancias los productores pueden ser también gestores de sus residuos.

- **Poseedor del residuo:** es el productor o aquella persona física o jurídica que los tenga en su poder sin ser gestor de los mismos.

9.2.2. Gestión

Gestión de residuos: Conjunto de operaciones de recogida, transporte, valorización y eliminación de los residuos, incluyendo la vigilancia de estas operaciones, así como el mantenimiento posterior al cierre de los vertederos.

Por tanto, dentro de la propia gestión se encuentran las siguientes operaciones:

9.2.2.1. Recogida

Es la operación consistente en juntar residuos, incluida su clasificación y almacenamiento iniciales con objeto de transportarlos a una instalación de tratamiento de residuos.

Para facilitar un tratamiento específico, se debe realizar una recogida separada, en la que un flujo de residuos se mantiene por separado según su tipo y naturaleza.

Los gestores de transferencia son aquellos que recogen el residuo en la actividad que se trate y los ponen a disposición del gestor final.

9.2.2.2. *Transporte*

Es la operación consistente en trasladar residuos desde el productor o centro de transferencia hasta el centro de tratamiento o eliminación.

9.2.2.3. *Valorización*

Es el conjunto de operaciones cuyo objeto es que el residuo sirva a una finalidad útil

La Directiva 2008/98/CE establece las 13 operaciones que se pueden considerar valorización (Tabla 9.1).

TABLA 9.1. Operaciones de tratamiento. Reglamento de Residuos Tóxicos y Peligrosos

R1	Utilización principal como combustible o como otro medio de generar energía.
R2	Recuperación o regeneración de disolventes.
R3	Reciclado o recuperación de sustancias orgánicas que no se utilizan como disolventes (incluidas las operaciones de formación de abono y otras transformaciones biológicas).
R4	Reciclado o recuperación de metales y de compuestos metálicos.
R5	Reciclado o recuperación de otras materias inorgánicas.
R6	Regeneración de ácidos o de bases.
R7	Valorización de componentes utilizados para reducir la contaminación.
R8	Valorización de componentes procedentes de catalizadores.
R9	Regeneración u otro nuevo empleo de aceites.
R10	Tratamiento de suelos, produciendo un beneficio a la agricultura o una mejora ecológica de los mismos.
R11	Utilización de residuos obtenidos a partir de cualquiera de las operaciones enumeradas entre R1 y R10.
R12	Intercambio de residuos para someterlos a cualquiera de las operaciones enumeradas entre R1 y R11.
R13	Acumulación de residuos para someterlos a cualquiera de las operaciones enumeradas entre R1 y R12 (con exclusión del almacenamiento temporal previo a la recogida en el lugar de la producción).

Puede darse valorización de dos formas:

Recuperación. Cuando se generan nuevas materias primas a través de los residuos. Tres posibilidades:

- **Reciclado.** Mediante la transformación del residuo se origina un nuevo producto, que puede ser diferente al original. Incluye la transformación del material orgánico, pero no la valorización energética ni la transformación de materiales que se vayan a utilizar como combustibles o para operaciones de relleno.
- **Regeneración.** Recuperación de materias primas líquidas mediante la transformación de los residuos, para conseguir un producto similar al original. Por ejemplo la transformación de aceites residuales en aceite lubricante.
- **Reutilización.** Cualquier operación mediante la cual cualquier producto o componente que no sean residuos se utilizan de nuevo con la misma finalidad para la que fueron concebidos. Por ejemplo, la reutilización de cascos de botellas.

Valorización energética. Son operaciones que se basan en procesos térmicos o biológicos que intentan obtener energía del residuo o del gas que desprende.

Existen distintos tipos de tecnologías de valorización:

Tratamientos que requieren oxígeno:

Tecnologías de combustión. Son aquellas basadas en reacciones de oxidación térmica de materia orgánica, de manera que se transforma produciendo:

- Gases (N_2 , CO_2 , vapor de agua, O_2).
- Pequeñas cantidades de amoníaco, SO_2 , óxidos de nitrógeno y dioxinas, que, aunque se dan a baja concentración, son perjudiciales.
- Residuos inertes no combustibles: escorias y cenizas.

Se da en dos tipos de instalaciones:

- En las incineradoras, a partir de residuos urbanos o forestales.
- Hornos cementerios y cerámicos. El residuo sustituye directamente otro tipo de combustibles mucho más caros.

Gasificación: Es un proceso de combustión parcial de residuos ricos en carbono, que busca originar un gas combustible sintético de bajo poder calorífico. Este gas está compuesto por una mezcla de CO, CO₂, N₂, H₂ y CH₄. Este proceso se realiza en hornos de gasificación.

Tratamientos que no requieren oxígeno:

Pirólisis. Es una reacción de reducción térmica de la materia orgánica que contiene los residuos. Lo que produce es la descomposición de los residuos mediante un proceso denominado destilación destructiva. Se realiza en los hornos pirolíticos.

Digestión anaerobia: Es el proceso de descomposición biológica de la materia orgánica de los residuos.

Se da en los digestores.

9.2.2.4. Eliminación

Es cualquier operación que no sea la valorización incluso cuando la operación tenga como consecuencia secundaria el aprovechamiento de sustancias o energía.

En la Directiva 2008/98/CE se establecen las 15 operaciones que pueden ser de eliminación. (Tabla 9.2).

Algunos ejemplos de eliminación son:

- Vertederos controlados.
- Depósitos de inertes.
- Depósitos de seguridad.
- Etcétera.

La Unión Europea establece la siguiente jerarquía de prioridades:

- Prevención.
- Reutilizar.
- Reciclar.
- Otro tipo de valorización, como la valorización energética.
- Vertido controlado.

TABLA 9.2. Operaciones de eliminación. Reglamento de Residuos Tóxicos y Peligrosos

D1	Depósito sobre el suelo o en su interior (por ejemplo: vertido, etcétera).
D2	Tratamiento en medio terrestre (por ejemplo: biodegradación de residuos líquidos o lodos en el suelo, etcétera).
D3	Inyección en profundidad (por ejemplo: inyección de residuos bombeables en pozos, minas de sal, fallas geológicas naturales, etcétera).
D4	Embalse superficial (por ejemplo: vertido de residuos líquidos o lodos en pozos, estanques o lagunas, etcétera).
D5	Vertido en lugares especialmente diseñados (por ejemplo: colocación en celdas estancas separadas, recubiertas y aisladas entre sí y el medio ambiente, etcétera).
D6	Vertido en el medio acuático, salvo en el mar.
D7	Vertido en el mar, incluida la inserción en el lecho marino.
D8	Tratamiento biológico no especificado en otro apartado de la presente tabla y que dé como resultado compuestos o mezclas que se eliminen mediante alguno de los procedimientos enumerados entre D1 a D12.
D9	Tratamiento fisicoquímico no especificado en otro apartado de la presente tabla y que dé como resultado compuestos o mezclas que se eliminen mediante uno de los procedimientos enumerados entre D1 y D12 (por ejemplo: evaporación, secado, calcinación, etcétera).
D10	Incineración en tierra.
D11	Incineración en mar.
D12	Depósito permanente (por ejemplo: colocación de contenedores en una mina, etcétera).
D13	Combinación o mezcla previa a cualquiera de las operaciones enumeradas entre D1 y D12.
D14	Reenvasado previo a cualquiera de las operaciones enumeradas entre D1 y D13.
D15	Almacenamiento en espera a cualquiera de las operaciones enumeradas entre D1 y D14 (con exclusión del almacenamiento temporal previo a la recogida en el lugar de producción).

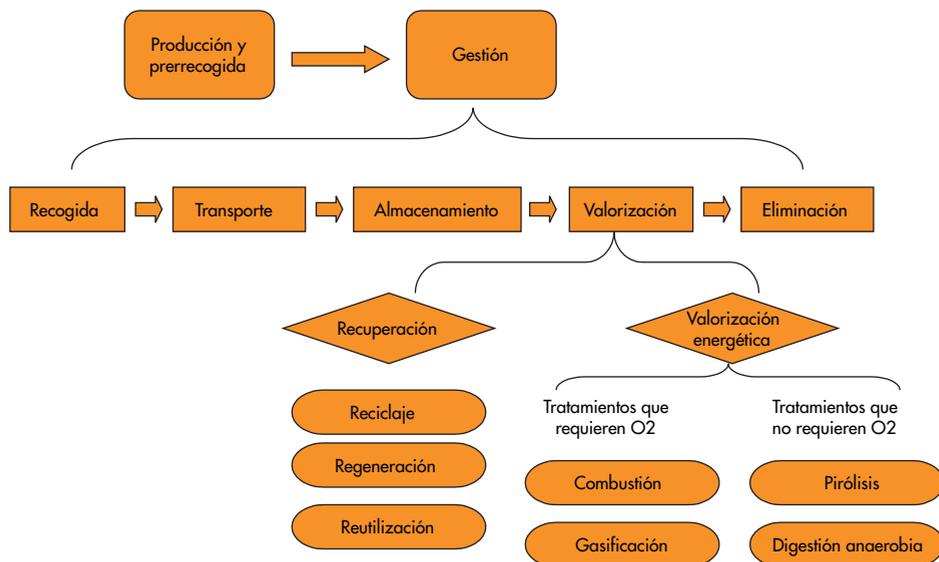


GRÁFICO 9.1. Operaciones de gestión.

Se entiende como **prevención** las medidas adoptadas antes de que una sustancia, material o producto se haya convertido en residuo, para reducir su cantidad (por su potencial reutilización o por el alargamiento de su vida útil), los impactos en el medio ambiente y sobre la salud humana de esos residuos, o bien el contenido de las sustancias nocivas y peligrosas en materiales o productos.

9.3. RESIDUOS PELIGROSOS

9.3.1. Identificación de un residuo como peligroso

Un residuo peligroso es todo aquel desecho de actividades productivas que pueden representar un determinado riesgo o peligro para el ser humano, para cualquier otro ser vivo o para el medioambiente.

De una forma más concreta, un residuo se considera como peligroso si cumplen con lo se determinará más adelante.

Existe una lista única, la Lista Europea de Residuos, conocida con las siglas LER, aprobada mediante la decisión 2000/532/CE, de la Comisión, de 3 de mayo y publicada en España mediante la Orden 304/2002, de 8 de febrero, por la que se publican las operaciones de valorización y eli-

minación de residuos y la lista europea de residuos. La LER tiene un carácter armonizado y cerrado, de tal forma que todos los productos que aparecen enumerados en la misma tienen la consideración de residuo en el ámbito de la Comunidad Europea siempre que su poseedor se desprenda de ellos o tenga obligación o intención de desprenderse, requisitos estos últimos que son necesarios para que un producto empiece a ser residuo.

El Tribunal de Justicia de la Unión Europea, establece dos precisiones al respecto:

- La LER es una lista puramente indicativa, de tal forma que la calificación de residuo no resulta de su inclusión o no en dicha Lista sino del comportamiento del poseedor en función de si desea o no desprenderse de las sustancias en cuestión.
- De acuerdo con lo anterior, un producto que sea el resultado de un proceso de producción y que no haya sido buscado como tal puede no ser un residuo, sino un «subproducto» si puede ser utilizado o «reutilizado» en un proceso posterior como cualquier otra materia prima, de forma segura, sin transformación previa y sin solución de continuidad del proceso de producción.

La calificación de los residuos como peligrosos, en la LER vienen identificados con un asterisco (*).

Con respecto a esta calificación, las Comunidades Autónomas o el Estado puede realizar dos actuaciones al respecto:

- Pueden considerar peligrosos algunos residuos que no figuren marcados con asterisco si consideran que a pesar de todo contienen alguna sustancia peligrosa que le confiere alguna característica de peligrosidad.
- Sensu contrario, pueden considerar que un residuo marcado con asterisco no tenga, a pesar de todo, la consideración de peligroso si su poseedor demuestra mediante un análisis que no tiene ninguna característica de peligrosidad.

Por último, en relación con la identificación de residuos peligrosos en la LER, es preciso señalar que cuando vengán identificados con asterisco por el hecho de contener sustancias peligrosas, es necesario que tal concentración de sustancias peligrosas, expresadas en peso, sea suficiente para dar al residuo alguna característica de peligrosidad.

9.3.2. Documentación asociada a la gestión de residuos peligrosos

Esta documentación está regulada en el Reglamento de Residuos Tóxicos y Peligrosos. El procedimiento general que sigue la gestión de un residuo es el siguiente:

En principio el productor deberá informarse, en función del código que tenga dicho residuo, de qué gestores pueden hacerse cargo de éste. Los gestores deberán estar autorizados específicamente para este tipo de residuos.

Una vez seleccionado el gestor se le enviará la **solicitud de admisión**. En este documento se le da al gestor información sobre el productor del residuo, el centro productor y datos sobre el residuo en sí (origen propiedades físico químicas, código de identificación, etc.).

El gestor, una vez estudiado dicho documento, puede adoptar dos comportamientos:

- Si considera que la información recibida es suficiente, enviará al productor **el documento de aceptación**, que contendrá el número de registro, los datos del residuo, la forma de entrega, fecha de aceptación, parámetros de admisión, etc.
- Si considera que los datos recibidos no son suficientes, requerirá al productor la realización de un análisis de **caracterización del residuo**. Lo podrá realizar el gestor o el productor, pero el coste en cualquier caso recaerá por este último. Una vez terminado, se pasará al punto anterior.

Después de recibir el documento de aceptación, el productor enviará la **notificación de traslado** a:

- La Comunidad Autónoma correspondiente, si se trata de un traslado que no sobrepasa sus límites.
- El Ministerio de Medioambiente, si el movimiento de los residuos afecta a más de una Comunidad Autónoma.

Informará a la administración del itinerario a seguir y de los residuos que se transportarán, así como de los datos del remitente, destinatario y transportista.

Se cumplimentará el **documento de control y seguimiento**. Éste es el documento que acompañará en todo momento al residuo en su movi-

miento. Es un documento cifrado, que tiene un código determinado según la comunidad autónoma de que se trate. Tiene varios campos a rellenar:

- Datos del remitente: puede ser el productor, o el gestor de transferencia.
- Datos del gestor: puede ser un gestor de transferencia cuando se trate de un traslado desde el productor a éste, o un gestor final.

9.3.3. Obligaciones

9.3.3.1. Obligaciones del productor o poseedor

*Necesidad de tener una **autorización** como productor o poseedor de residuos.*

Ha de solicitarla las actividades nuevas generadoras de residuos peligrosos, así como en el caso de ampliaciones y reformas de las instalaciones ya existentes. La autorización será requerida a la Comunidad Autónoma donde esté situado el centro de producción.

La solicitud de autorización incluirá un estudio, cuyo contenido será:

- Una memoria, con los procesos de la actividad que realice el productor, la cantidad y composición de los residuos, y su codificación.
- Descripción de los agrupamientos, pretratamientos y/o tratamientos, si los hay.
- Descripción del destino final de los residuos: sistemas de almacenamiento, transporte, tratamiento, recuperación (si la hay) y eliminación.
- Mapa a escala 1:5000 de la instalación, más una descripción ambiental del entorno.
- Justificación de las medidas de seguridad adoptadas en la instalación.

La administración podrá exigir un seguro de responsabilidad civil, que será obligatorio siempre que el productor sea también el gestor de los residuos. Y no será en ningún caso obligatorio para pequeños productores (es decir, con una producción de residuos menor a 10 toneladas al año).

Obligación relativa a las mezclas y separación de residuos:

El productor deberá separar adecuadamente los residuos, y nunca mezclarlos, intentando evitar en todo caso las mezclas que puedan incrementar la peligrosidad de los mismos o que puedan dificultar su gestión posterior.

Obligación de envasado:

Es obligación del productor el envasado correcto de los residuos que genere. Los envases y cierres de los mismos han de estar diseñados de forma que se evite cualquier posible fuga, y han de estar contruidos con materiales no susceptibles de ser atacados por su contenido, ni de formar mezclas peligrosas con los residuos que contiene. Asimismo han de ser sólidos y resistentes, sin defectos estructurales.

Etiquetado:

Los envases que contengan los residuos han de estar etiquetados de forma clara, legible e indeleble, y deberá contener:

- El código del residuo.
- El nombre, dirección y teléfono del productor.
- Fecha del envasado.
- Pictogramas de riesgo.

Se han de quitar los etiquetados anteriores, y no ponerlos unos sobre otros.

Almacenamiento:

El almacenamiento de los residuos se debe dar en lugares específicos para ello. Deben cumplir las condiciones de seguridad, que por analogía son las normas de almacenamiento de productos químicos.

En estas zonas deben evitarse las situaciones:

- Generación de calor.
- Posibilidad de explosión.
- Formación de sustancias tóxicas.
- Cualquier suceso que pueda incrementar la peligrosidad de los residuos, o dificultar su gestión.

El productor solo podrá tener almacenados los residuos durante 6 meses. Después deberá entregárselos a un gestor, o solicitar una autorización especial.

Registro:

El registro de producción ha de estar actualizado, y tiene que contener:

- Naturaleza y cantidad de residuos peligrosos producidos.
- Codificación de dichos residuos.
- Origen.
- Métodos y lugares de pre-tratamiento y/o tratamiento.
- Fecha de generación, de pretratamiento y/o tratamiento.
- Fecha de la cesión al gestor.

Los documentos de control y seguimiento y los de aceptación se habrán de conservar durante 5 años.

Declaración anual:

Consiste en rellenar un formulario con toda la información de los residuos generados durante el año anterior. Se entregarán del 1 de enero al 1 de marzo, por triplicado. Una copia irá dirigida a la Comunidad Autónoma, otra al Ministerio de Medioambiente, y la tercera se la quedará el productor. Habrá de conservarse cada declaración durante 5 años. Los pequeños productores están exentos de realizarla.

Planes de minimización:

Los productores habrán de presentar a la Comunidad Autónoma correspondiente, un plan de minimización cada 4 años.

Comunicación:

Si se produce una pérdida o desaparición de residuos peligrosos, el productor tendrá la obligación de comunicárselo inmediatamente a la Comunidad Autónoma, y ésta avisará al Ministerio de Medio Ambiente.

Veracidad ante el gestor:

El productor es responsable de los datos suministrados al gestor. Si el gestor detecta que no concuerda lo recibido con lo que se indicó en la documentación, el coste del transporte de retorno al productor será por cuenta del mismo.

9.3.3.2. *Obligaciones del gestor*

Autorización

Se requerirá una autorización a la Comunidad Autónoma donde el gestor tenga situada la planta de gestión. Esa autorización confiere un código a cada gestor, y los tipos de residuos que le está permitido gestionar.

El gestor de transferencia, que es aquel intermedio entre el productor y el gestor final, aunque no tenga planta deberá poseer autorización de todas las CCAA donde opere.

Para obtener dicha autorización la empresa deberá cumplir los siguientes requisitos:

- Poseer un seguro de responsabilidad civil.
- Presentar una fianza, que oscila entre el 5 y 10% de las futuras instalaciones.
- Presentar un estudio, con un proyecto técnico y un proyecto de explotación, con los procesos, equipos, personal, medidas de control...

Estas licencias son válidas por un período de 5 años, con dos posibles prórrogas de otros 5 años. Después de este período máximo de 15 años el gestor habrá de presentarse a un nuevo proceso de autorización.

Almacenamiento

El plazo máximo de almacenamiento de un gestor es de 6 meses.

Registro

En el registro, tendrá que constar:

- La naturaleza, cantidad y composición de los residuos peligrosos.
- Codificación de dichos residuos.
- Procedencia.
- Fechas de aceptación y de recepción.
- Fecha de almacenamiento y tiempos de almacenamiento.
- Fechas y tipos de operaciones de tratamiento y eliminación.
- Conservación de los documentos de control y seguimiento, de aceptación y solicitudes de admisión, durante cinco años.

Memoria anual de actividad

Se ha de entregar del 1 de enero al 1 de marzo de cada año a la Comunidad autónoma. Ésta entregará una copia al Ministerio de Medioambiente. Una tercera copia será conservada por el gestor. Contiene la información acerca de las operaciones realizadas durante el año anterior.

Comunicación

El gestor tendrá la obligación de comunicar inmediatamente a la Comunidad autónoma de cualquier accidente relacionado con los residuos peligrosos.

Obligación de vigilancia

Es obligatorio poseer un servicio de vigilancia.

Aceptación

El gestor está obligado a rechazar los residuos peligrosos procedentes de instalaciones o actividades no autorizadas.

9.3.3.3. Obligaciones del transportista

Autorización

Existen dos tipos de transportistas:

- Los que trabajan por cuenta ajena: En este caso, dependiendo de la Comunidad Autónoma puede exigirse o no autorización. En el caso de que la autorización no sea requerida, el transportista deberá inscribirse en un registro.
- Los que trabajan por cuenta propia: en este caso se exige una autorización de residuos peligrosos, que deberá solicitarse a la Consejería de Medio Ambiente. Se exige la posesión de un seguro de responsabilidad civil, y una fianza.

Registro de operaciones

Los transportistas han de llevar un registro de todas sus operaciones, que podrá ser solicitado por los inspectores.

9.4. CASOS PARTICULARES

A continuación se trata la gestión de algunos residuos importantes por su uso en la industria e interesantes por su particular forma de gestión.

9.4.1. Aceites usados

Los aceites usados son todos los aceites industriales que tengan uso lubricante, inadecuados para su uso inicial. En particular son los aceites procedentes de motores de combustión, sistemas de transmisión, turbinas y sistemas hidráulicos. Los aceites usados tienen la consideración de residuos peligrosos.

Los aceites usados tienen tres peculiaridades:

- Tiene un poder contaminante bastante alto. Sus aditivos, que constituyen el 10-20% de su composición son muy contaminantes. Azufres, metales pesados, hidrocarburos aromáticos y policíclicos y disolventes halogenados.
- Tiene una gran capacidad de dispersión, que encarece la gestión, sobre todo los procesos de recogida y transporte.
- Son un residuo de valor económico alto: de él se puede obtener combustible mediante valoración energética, o un nuevo lubricante mediante regeneración.

Con carácter general, quedan prohibidas las siguientes actuaciones:

- a) Todo vertido de aceites usados en aguas superficiales o subterráneas, en cualquier zona del mar territorial y en los sistemas de alcantarillado o de evacuación de aguas residuales.
- b) Todo vertido de aceite usado, o de los residuos derivados de su tratamiento, sobre el suelo.
- c) Todo tratamiento de aceite usado que provoque una contaminación atmosférica superior al nivel establecido en la legislación sobre protección del ambiente atmosférico.

El orden de prioridad en la gestión de estos residuos es el siguiente:

- Regeneración.
- Otras formas de reciclado.
- Valorización energética.

9.4.2. PCBs

Los policlorobifenilos son un conjunto de líquidos organoclorados. Son sintéticos y se fabrican fijando un número variable de átomos de cloro sobre una molécula de bifenilo. Tienen diversos usos industriales: pinturas y colas, revestimiento de cables, fluido aislante en condensadores y transformadores, etc.

Las siguientes características de los PCB dificultan la gestión de sus residuos:

- Son solubles en la mayoría de los disolventes orgánicos.
- No son biodegradables.
- Son bioacumulables.

Los riesgos asociados a estos residuos son:

- A temperaturas menores de 300°C la vía de entrada es la cutánea. Su efecto más común es el cloracné, aunque también puede derivar en enfermedades hepáticas.
- A temperaturas mayores de 300°C el riesgo es por inhalación de humos de incendio.

Existen nueve posibilidades para su eliminación:

- Depósito directo en vertederos de seguridad: En la Unión Europea está prohibido el depósito de residuos líquidos, por lo que esta posibilidad no puede darse al ser los PCB fluidos.
- Degradación sódica: Reacción del PCB con un reactivo en base sólida, normalmente sodio orgánico o metálico. Tiene el inconveniente de ser un proceso muy caro. Se utiliza para aceites contaminados con PCB.
- Degradación alcalina: Reacción a baja temperatura del PCB con un medio reactivo formado por una base débil (silicato cálcico), un oxidante (normalmente nitrógeno) y un agente de activación de aniones.
- Degradación sonoquímica: Por medio de ultrasonidos se generan pequeñas burbujas en el PCB que van creciendo en tamaño hasta implosionar. Como consecuencia se alcanzan temperaturas y presiones muy altas, produciéndose un efecto similar a la incineración, degradándose así los PCBs.

- Degradación microbiológica: Está en fase experimental. Se basa en el uso de microorganismos modificados genéticamente, para la descontaminación de suelos con PCB.
- Incineración: Degradación de los PCB al someterlos a temperaturas de 700-800 °C. Es la técnica más utilizada.
- Vitrificación in situ: Es una técnica dirigida a suelos contaminados con PCB. Consiste en la vitrificación de la parte mineral del suelo, al someterse éste a altas temperaturas. Es un método de un coste alto.
- Mantas eléctricas: Se aplican sobre suelos contaminados. Dichas mantas generan unas temperaturas de 200 °C, consiguiendo disminuir la concentración de PCB en suelo.
- Inertización con cal o cemento: consiste en el aislamiento del contaminante, usando estos materiales.

9.4.3. Pilas y baterías

Se pueden distinguir los siguientes tipos:

1. **Acumuladores primarios:** Son aquellas pilas caracterizadas por tener un único uso. Dentro de éstas se diferencia entre:
 - Pilas grandes: Dos subtipos:
 - Pilas salinas: son pilas de zinc y carbono. No tienen mercurio en su composición por lo que en algunos países no se consideran como residuos peligrosos.
 - Pilas alcalinas: son pilas de manganeso. Sí contienen mercurio.
 - Pilas «botón»: Hay cinco categorías:
 - De mercurio.
 - Alcalinas: de manganeso.
 - De óxido de plata.
 - De litio y dióxido de manganeso: no contienen mercurio.
 - De zinc-aire.
2. **Acumuladores secundarios:** Son las baterías. Tienen más de un uso, ya que son recargables. Algunos tipos son: baterías de níquel-cadmio, de plomo-ácido, de zinc-aire, de plata-zinc, etc.

Estos residuos son de gran importancia, ya que son abundantes, y porque suelen mezclarse con los residuos urbanos. Como consecuencia

de esto se produce una contaminación del suelo, al depositarse en los vertederos, y una contaminación atmosférica, en el proceso de incineración de los residuos urbanos.

La tendencia actual en la gestión de estos residuos es:

- Disminución del contenido en sustancias tóxicas en su fabricación.
- Separación en origen, para su posterior reciclado.

Técnicas de reciclado:

- Reciclado y valorización del plomo y propileno: para el caso del reciclaje de baterías de automóvil. El plomo obtenido se utiliza para:
 - Emplearlo de nuevo en la fabricación de baterías(80%).
 - Obtención de otros productos como perdigones, aditivos en pinturas con plomo, elementos para soldadura, etc(20%).
- Estabilización de mezclas:

Esta técnica en realidad no es reciclaje, sino de una estabilización del residuo. Se puede realizar una estabilización química, o una inertización con hormigón.
- Reciclado por vía térmica o electrolítica de metales, en pilas grandes:

Es un proceso caro, que muchas veces no resulta rentable dado que ciertos metales no son competitivos con la materia prima.
- Reciclado por vía térmica de metales en pilas Ni-Cd:

Es rentable. Sin embargo, para que el proceso resulte satisfactorio, la separación de este tipo de pilas del resto ha de ser total, por lo que la planta deberá llevar un control exhaustivo.
- Reciclado del mercurio y plata en pilas botón:

A pesar de la obtención de plata, es un proceso no rentable.
- Reciclado hidrometalúrgico de pilas grandes:

Éste es el proceso más utilizado en España. Es un método flexible, dado que se puede programar de diferentes formas en función del tipo de pila o batería.

9.4.4. Amianto

Es un material formado por un conjunto de minerales naturales silicatados. Tiene diversos usos industriales, por ejemplo en construcción o fabricación de pinturas.

Actualmente está prohibido su fabricación y uso, dado el riesgo de inhalación de sus fibras, que puede producir asbestosis (que puede derivar en fibrosis pulmonar), cáncer de pulmón y laringe y cáncer de pleura.

Sistemas de eliminación:

- Depósito de seguridad.
- Inertización en horno eléctrico: consiste en alcanzar un cambio de estructura del amianto, que es inerte. Para ello se han de alcanzar temperaturas de aproximadamente 1.400 °C durante largo tiempo. Es una técnica muy cara.
- Otros tipos de inertización o encapsulado: Se trata de inmovilizar el amianto usando cemento o resinas u otros materiales resistentes.

EJERCICIOS DE AUTOCOMPROBACIÓN

1. ¿Cuál es la definición de residuo actualmente admitida con carácter legal?
2. Explicar brevemente las diferencias entre residuo y subproducto.
3. Explicar brevemente en qué consiste la gestión de residuos.
4. Explicar brevemente cuándo se considera un residuo como peligroso.
5. ¿Cuál es la tendencia actual en la gestión de pilas y baterías eléctricas?
6. Describir los tres tipos de residuos biosanitarios.
7. ¿Qué es la valorización de residuos?
8. ¿Qué es la valorización energética de los residuos?
9. ¿Qué es la prevención referida a los residuos?
10. Indicar las características de los policlorobifenilos que dificultan la gestión de sus residuos.

RESPUESTAS A LOS EJERCICIOS DE AUTOCOMPROBACIÓN

TEMA 1

1. Explicar el significado del término *desarrollo sostenible*.

Aunque la creencia general durante muchas generaciones es la de que los recursos de que disponemos en el planeta son prácticamente inagotables, el nivel de desarrollo y globalización alcanzados obligan a precisar que tales recursos son limitados y, por lo tanto, hay que compatibilizar el desarrollo y mejora progresiva de las condiciones de vida de todos, sin comprometer el de las futuras generaciones. En 1987, la Comisión Mundial sobre Ambiente y Desarrollo, más conocida por Comisión Brundtland, porque la presidió Gro Harlem Brundtland, que ha sido Primera Ministra de Noruega en varias ocasiones, define como *Desarrollo Sostenible el que satisface las necesidades del presente sin comprometer las necesidades de las futuras generaciones*.

2. ¿Qué se entiende por *energías alternativas*? Describir algunas de ellas con sus posibles ventajas y desventajas.

Las energías alternativas son aquellas formas de energía que pueden sustituir a las que se utilizan de modo generalizado en el presente, basadas esencialmente, por una parte, en la utilización de los combustibles fósiles, cuyas existencias en el planeta son obviamente limitadas y que, además, son la causa de la mayor parte de la contaminación atmosférica, y por otra parte, en la fisión nuclear, cuya utilización supone un gran problema por sus residuos radiactivos, y que también supone unos recursos limitados. Entre tales energías alternativas, renovables y de menor impacto ambiental, se encuentran:

- La energía basada en la fusión nuclear, con un combustible prácticamente infinito y muy barato, además de resultar una energía prácticamente limpia. Sin embargo, todavía está lejos la resolución de los problemas técnicos para su utilización práctica.
- La energía solar, muy limpia y segura, pero con el inconveniente de necesitar un almacenamiento para su posterior uso. Puede utilizarse para producir hidrógeno (un modo de almacenamiento de esta energía) y constituir pilas de combustible para múltiples aplicaciones. Actualmente su viabilidad está todavía comprometida desde el punto de vista económico.
- La energía eólica, abundante, limpia y segura y fácilmente transformable en electricidad, pero con las desventajas de un coste relativamente elevado, bajo rendimiento, y a gran escala afecta negativamente al paisaje.
- La biomasa, que entre diversas posibilidades, puede utilizarse por combustión directa para la obtención de biogás, etanol, y otros muchos productos de interés. Sin embargo, no es un proceso limpio, por la producción de CO₂ y otros contaminantes, además de comprometer la economía agrícola dedicada a cultivos para la alimentación humana y animal.

Otras energías alternativas, más localizadas y hoy de menor impacto son la hidráulica, basada en los saltos de agua, la basada en el movimiento de las mareas y de las olas del mar y la geotérmica.

3. Explicar brevemente los conceptos de *emisión e inmisión* referidos a la contaminación atmosférica.

En la contaminación atmosférica se entiende por emisión el lanzamiento de materiales (contaminantes químicos) o energía a la atmósfera (como el ruido), ya sea por un foco o conjunto de focos, localizados o difusos. Los materiales emitidos se denominan emisión primaria. Las sustancias sufren transformaciones químicas en la atmósfera, dando lugar a la llamada emisión secundaria. También hay interacciones que pueden contribuir a su depuración (también a otro tipo de contaminación) por precipitación y absorción de suelos, aguas y vegetación.

La inmisión es la concentración de contaminantes a nivel del suelo o, en su caso, de niveles de energía (caso del ruido), procedente de diversos focos. Son los niveles de inmisión los que determinan el efecto de la contaminación sobre la salud y el medio ambiente, mientras que los niveles de emisión suponen la «contribución» de cada foco o conjunto de focos a tales niveles de inmisión.

4. ¿Cómo se denomina el proceso que da lugar a que en una masa acuosa determinada se produzca un enriquecimiento de nutrientes y qué consecuencias tiene para que éstos se consideren como contaminantes?

Los nutrientes son aquellos elementos químicos esenciales para el crecimiento de los seres vivos. Entre ellos se encuentran el nitrógeno, fósforo, carbono, azufre, potasio, calcio, hierro, manganeso, boro y cobalto. Se consideran como contaminantes cuando sus concentraciones son tan elevadas que permiten un crecimiento excesivo de las plantas acuáticas, disminuyéndose así la calidad del agua y comprometiendo la biodiversidad. A este proceso se le denomina *eutrofización*, y es producido especialmente por el enriquecimiento del agua en nitrógeno y fósforo. Se deriva del término *eutrofo*, que es un ecosistema o un ambiente con una concentración anormalmente alta de nutrientes.

5. Describir los principales parámetros para determinar las características físicas y biológicas de la calidad de las aguas.

Los parámetros que se utilizan para determinar las características físicas y biológicas de la calidad de las aguas son:

- La *temperatura*, importante por su relación con otros parámetros como velocidad de las reacciones químicas, solubilidad de gases disueltos, etc.
- El *color*, que delata la presencia de los materiales orgánicos e inorgánicos disueltos.
- El *sabor y olor*, por la presencia de impurezas de naturaleza orgánica disueltas.
- La *turbidez*, debida a la presencia de microorganismos o partículas de arcilla, fibras vegetales, etc.
- La *conductividad eléctrica*, que depende de la concentración de las sales disueltas.
- El *pH*, que facilita la información sobre las reacciones que pueden ocurrir y de la actividad biológica que puede haber.
- El *potencial de oxidación-reducción* (redox), relacionado con la posibilidad de existencia de algunos tipos de bacterias.
- El *oxígeno disuelto*, que influye en un menor olor y sabor y es beneficioso para la vida acuática.

- La *demanda de oxígeno* de los productos biodegradables, de gran importancia, porque si se consume más rápidamente que se repone, se producirán procesos anaerobios, lo que supone, además de malos olores, que solo resulte posible la vida para los microorganismos anaerobios, afectando gravemente al ecosistema.

6. Definir la Demanda Biológica de Oxígeno.

La Demanda Biológica de Oxígeno, también denominada Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), es la cantidad de oxígeno que se consume durante la acción de los microorganismos aerobios sobre los compuestos orgánicos (descomposición de la materia orgánica) presentes en el agua. Es el parámetro de contaminación orgánica de las aguas que más se utiliza y su determinación está relacionada con el oxígeno disuelto que utilizan los microorganismos en el proceso de oxidación de la materia orgánica. La determinación de la $(DBO)_5$ se realiza mediante la medición de la cantidad de oxígeno consumida en una degradación durante 5 días a una temperatura de 20 °C, expresada en ppm o mgO_2/L . Las aguas residuales domésticas suelen tener una $(DBO)_5 = 160 mgO_2/L$. La (DBO) no hay que confundirla con la Demanda Química de Oxígeno, DQO, que es la cantidad de oxígeno en mg/L o ppm consumido en la oxidación de las sustancias reductoras que están presentes en una muestra de agua.

7. Indicar los principales contaminantes del agua.

Los principales contaminantes del agua son debidos a los vertidos procedentes de su utilización a nivel urbano, industrial y agropecuario y lixiviados procedentes de vertidos incontrolados en el suelo. Son:

- *Residuos* con requerimiento de oxígeno, debido a la actividad de los microorganismos procedentes de los diversos vertidos.
- *Patógenos*, organismos presentes que crecen y se multiplican en un hospedador.
- *Nutrientes*, elementos químicos esenciales para el crecimiento de los seres vivos que si sus concentraciones son elevadas conducen a la eutrofización.
- *Salinidad*, factor limitante a la hora de asignar un uso al agua (potable, ganado, regadío...).
- *Metales pesados*, que a determinadas concentraciones son tóxicos.
- *Compuestos orgánicos traza*, que preocupan por los posibles efectos que se puedan producir como consecuencia de largas exposiciones, como ocurre con los restos de pesticidas.

- *Sustancias radiactivas*, procedentes tanto de la utilización humana en los diversos fines como las de origen natural.
- *Contaminación térmica*, debido a la utilización del agua como refrigerante en numerosos procesos industriales, que es vertida a temperaturas más altas. Por encima de ciertos límites el aumento de temperatura provoca efectos negativos sobre el desarrollo de la vida acuática: disminuye la cantidad de oxígeno disuelto, y además aumenta la necesidad de oxígeno como consecuencia del aumento de la velocidad de las reacciones metabólicas producido por el aumento de temperatura.
- *Sedimentos*, materiales que pueden tener una composición variada. La mayoría de los sedimentos se producen por el proceso natural de erosión, la remoción de arenas en las orillas de los cauces y los efluentes domésticos e industriales.

8. Describir brevemente qué es un suelo contaminado y los principales tipos de contaminación.

Un suelo contaminado es una porción delimitada de terreno cuyas cualidades originales han sido modificadas negativamente por la acción humana, comportando un riesgo inaceptable para la salud o el medio ambiente, al incorporar algún factor de uno de los siguientes tipos:

- Contaminación física: Con variaciones en parámetros como temperatura y radiactividad.
- Contaminación biológica: Putrefacción por especies patógenas.
- Contaminación química: Por la adición de sustancias químicas en concentraciones que alteran la composición originaria del suelo.

9. Describir las propiedades del monóxido de carbono, su principal fuente, su mecanismo de acción tóxica y su control como contaminante ambiental.

El CO es un gas incoloro e inodoro, que se forma como consecuencia de la combustión incompleta de compuestos de carbón. La principal fuente de CO es la combustión defectuosa de combustibles fósiles, sobre todo en el inicio del proceso, (cuando la temperatura es baja). Otras fuentes son el funcionamiento de motores de explosión y el humo del tabaco.

El CO interfiere en el proceso de intercambio de dióxido de carbono y oxígeno en los pulmones a través de la sangre. Realmente el CO se com-

bina con la hemoglobina formando un compuesto (carboxihemoglobina) más estable que el formado por el oxígeno (oxihemoglobina) impidiendo por tanto el intercambio y produciendo la asfixia denominada química. Por supuesto que los efectos producidos dependen de su concentración en el aire; para las concentraciones en que normalmente se presentan en el interior y después de largas exposiciones, se pueden producir dolores de cabeza, fatiga, confusión, descoordinación, náuseas, disneas y, a concentraciones muy elevadas (>700 ppm), puede producir la muerte.

Para controlar su presencia se debe mantener adecuadamente los quemadores; para que el proceso de combustión sea total, debe cuidarse que la llama de combustión sea azul y nunca amarillo-naranja. Tener también mucho cuidado con braseros y estufas, manteniendo los locales convenientemente ventilados. Nunca poner en marcha el motor de un coche en un lugar cerrado.

10. Describir las propiedades de los óxidos de nitrógeno, su principal fuente, su mecanismo de acción tóxica y su control como contaminante ambiental.

Los óxidos de nitrógeno (NO_x) de la contaminación atmosférica son el óxido nítrico (NO) y el dióxido de nitrógeno (NO_2). Prácticamente todos los NO_x son de origen antropogénico. La mayoría es emitido en forma de NO , que se oxida posteriormente a NO_2 . Se originan como consecuencia del proceso de combustión a altas temperaturas, como calentadores, estufas, motor de automóviles, etc., debido a la oxidación del nitrógeno del aire. A las temperaturas normales de combustión las cantidades de óxidos obtenidas son relativamente bajas; primero se forma monóxido de nitrógeno (NO), que posteriormente se oxida a (NO_2) que es termodinámicamente más estable a la temperatura ordinaria. Los óxidos, de nitrógeno son productos frecuentes en la atmósfera exterior; debido al tráfico rodado; por ello en muchos casos la contaminación interior de NO_x resulta ser inferior a la contaminación atmosférica externa. Contribuyen a la lluvia ácida, y también intervienen de forma decisiva en la aparición de smog fotoquímico.

Son perjudiciales para la salud, variando su toxicidad en función de su concentración. Actúan como irritantes de los ojos y del tracto respiratorio, y como consecuencia se rebaja notablemente la resistencia frente a infecciones externas. Exposiciones prolongadas a concentraciones moderadamente elevadas de los mismos, pueden dañar el tejido pulmonar que degeneran en bronquitis crónica.

No resulta fácil el control de este contaminante. Algunas medidas para su control pueden ser sustituir los calentadores de gas o carbón por calentadores eléctricos. Si ello no es posible, mantener las ventanas abiertas o bien conectar un buen sistema de extracción, o aislar la fuente que lo origina.

TEMA 2

1. Explicar brevemente qué se entiende por salud referida al ser humano.

Según la definición adoptada por la Organización Mundial de la Salud, OMS, la salud no solo es la ausencia de toda afección y enfermedad sino el estado completo de bienestar físico (fisiológico), psíquico (mental) y social.

2. Definir qué se entiende por riesgo laboral y cómo se califica según su gravedad.

El **riesgo laboral** se define como la posibilidad de que un trabajador sufra un determinado daño derivado del trabajo, como es cualquier efecto negativo para la salud, como son las enfermedades o los accidentes laborales.

La calificación de un determinado riesgo laboral, según su gravedad G , se obtiene de la valoración conjunta de la probabilidad P de que se produzca el daño y la previsión de la severidad o magnitud D de éste: $G = P \times D$. Es exclusivamente *individual*, riesgo para un trabajador en un determinado puesto de trabajador. Excluye por lo tanto otros factores utilizados (costes y población afectada, por ejemplo) por los cálculos actuariales, de seguros, etc.

3. ¿Cómo puede influir el trabajo sobre la salud?

El trabajo puede influir tanto negativa como positivamente. Los aspectos negativos del trabajo se refieren fundamentalmente a la existencia de condiciones de seguridad y salud en el trabajo deficientes para la persona que desempeña un determinado puesto de trabajo. Son tales que suponen un riesgo más o menos significativo de sufrir un accidente o de sufrir un deterioro de la salud a mayor o menor plazo, según las interacciones entre el ambiente laboral (en sus aspectos físicos, psíquicos y sociales y organizacionales) y la persona concreta que está inmersa en él. Sin embargo, el trabajo puede suponer un enriquecimiento personal si se promueven los aspectos de incentivación y motivación, que

conducen a una plena satisfacción, incluido el aprendizaje, la experiencia y la autoestima. Obviamente hay que tratar de evitar los aspectos negativos (evitar los riesgos laborales) y promover los aspectos positivos, lo que también redundará en una mayor productividad y mejor calidad de los bienes y servicios que se ofrecen en tal actividad laboral.

4. Definir qué es peligro y daño derivado del trabajo.

Se entiende por **peligro** la propiedad o capacidad intrínseca de algo, como por ejemplo, equipos, productos, situaciones, procesos, métodos, etc., para ocasionar daño. En este sentido constituyen un peligro, por ejemplo, los productos cancerígenos, máquinas con elementos móviles desprovistos de resguardos, una llama, una atmósfera explosiva, un hueco sin cubrir, una postura forzada, la carga y descarga de combustible, etc.

Los **daños derivados del trabajo** son enfermedades o alteraciones patológicas o lesiones producidas con motivo u ocasión del trabajo. Es decir, cualquier efecto negativo para la salud, como son las enfermedades o accidentes laborales, independientemente de que se consideren o no jurídicamente como enfermedades profesionales o accidentes de trabajo, a efectos de la Seguridad Social en España.

5. Indicar cuáles son los agentes físicos cuya exposición está demostrado que puede causar algún tipo de cáncer en los seres humanos.

Está comúnmente aceptado que la exposición a las radiaciones ionizantes, (radiaciones corpusculares, rayos cósmicos, radiación γ y rayos X) puede causar cáncer de los más diversos tipos, además de otros efectos más o menos graves, incluso letales. La radiación ultravioleta (UV) puede causar diversos tipos de cáncer de piel, especialmente las de frecuencias medias y altas: UV-B y UV-C. Para la exposición a las demás radiaciones y campos y ondas electromagnéticas, incluidos los láseres, no existe ninguna evidencia o prueba de que puedan producir ningún tipo de cáncer. Tampoco para otro tipo de agentes físicos como los sonidos, los ultrasonidos, las vibraciones mecánicas, etc.

6. Señalar cuáles son las dos vías de entrada de agentes químicos al organismo humano que son más frecuentes en el ámbito laboral.

La vía más frecuente es la inhalación a través de las vías respiratorias, seguida de la vía dérmica para aquellas sustancias que son capaces de atravesar la piel y ser absorbidas a su través.

7. En el espacio exterior interplanetario, ¿por qué no puede oírse el ruido de una explosión ocurrida en él?

Porque el sonido necesita un soporte material elástico para poder transmitirse mediante ondas vibratorias longitudinales y en el espacio existe prácticamente el vacío.

8. Determinar el nivel de presión acústica, en condiciones de campo sonoro libre, a cien metros de un foco sonoro si a 25 m se ha medido un valor de 96 dB.

En condiciones de campo sonoro libre, la intensidad del ruido decrece proporcionalmente al cuadrado de la distancia, lo que significa una disminución en 6 dB cada vez que se duplica la distancia al foco.

En este caso, a 50 m (25×2) la intensidad es $96 - 6 = 90$ dB; a 100 m (50×2) es $90 - 6 = 84$ dB.

9. ¿Qué es el metabolismo basal?

Es el gasto energético del organismo en reposo para cubrir la actividad imprescindible para subsistir. Su valor viene dado por la cantidad de calor desprendida por el organismo en ayunas y en condiciones de reposo tanto físico como mental, a una temperatura del ambiente de referencia: 20 °C. Su determinación es importante para el cálculo de la dieta y el consumo calórico para el mantenimiento de un peso corporal estable con un balance equilibrado.

10. Indicar los principales riesgos que entraña una exposición a microondas.

Los posibles efectos son de tipo térmico originando en el interior del organismo humano un calentamiento de distribución irregular debido al diferente comportamiento de los distintos tejidos y órganos, con lo que se establecen diversos gradientes térmicos. Cabe la posibilidad de que se produzcan efectos no térmicos pero por el momento no existe una evidencia científica sobre ello. Los efectos térmicos, perfectamente comprobados, pueden llegar a la producción de lesiones localizadas, quemaduras, hemorragias, necrosis, etc., siendo los ojos (queratitis, cataratas,...) y los testículos (oligospermia, infertilidad,...) los más susceptibles a este tipo de daños.

TEMA 3

1. Describir las tres barreras principales a suprimir para que exista un mercado libre.

Los tres tipos de barreras son de carácter físico (fronteras), fiscal (aranceles y otras tasas) y técnico (restricciones específicas y discriminatorias impuestas por reglamentos y normas)

2. Indicar qué son las normas europeas armonizadas.

Las normas adoptadas por los organismos europeos de normalización (CEN, CENELEC y ETSI) que la Comisión Europea reconoce expresamente que desarrollan y aplican determinados aspectos de una reglamentación comunitaria relativa a la seguridad del producto.

3. En el ámbito del mercado interior europeo, si un producto defectuoso llega a causar un daño al usuario, ¿quién puede incurrir en responsabilidades administrativas, civiles e incluso penales?

El fabricante, el importador (mandatario) o suministrador de tal producto.

4. En España, ¿qué organismos son los que desarrollan las normas técnicas españolas denominadas UNE?

En España solo está reconocida la Asociación Española de Normalización y Certificación: AENOR.

5. Explicar brevemente qué se entiende por efectos agudos y crónicos en exposiciones a agentes químicos.

Los efectos agudos son los que se manifiestan muy poco después de una exposición a un agente químico muy peligroso, como puede ser asfixia, vómitos, muerte inmediata, etc. Por ejemplo: una exposición por poco período de tiempo al monóxido de carbono resultante de una combustión incompleta por escasez de oxígeno, que puede llegar a producir la muerte por intoxicación aguda.

Los efectos crónicos se perciben mucho tiempo (muchas veces muchos años) después de producirse la exposición (en general repetida en diversas ocasiones a lo largo del tiempo) que a veces es difícil relacionar con la causa por ese distanciamiento entre ella y el efecto producido. Pueden ser reversibles e irreversibles. Ejemplos son la silicosis (exposición a sílice cristalina), los cánceres laborales, la sordera laboral (exposición al ruido), etc.

6. Si una sustancia por inhalación , ingestión o penetración cutánea, en cantidades no pequeñas, puede provocar efectos agudos o crónicos o incluso la muerte a las personas, ¿cómo debe clasificarse? ¿Cómo es el pictograma correspondiente?

Se debe clasificar como sustancia nociva, correspondiéndole el pictograma representado por la cruz de San Andrés (X). En el Sistema REACH a implantar desaparece el término «nocivo» y el pictograma (X), pudiendo sustituirse según los nuevos criterios por la palabra ATENCIÓN y el pictograma (!).

7. ¿A qué se llama dosis letal media?

La dosis letal media, DL_{50} , es la dosis única de la sustancia ensayada administrada a los animales de ensayo y que estadísticamente causa la muerte del 50% de los mismos. Se suele expresar en masa de sustancia ensayada por unidad de masa (peso) del animal sometido a ese ensayo (mg/kg).

8. ¿A qué se llama concentración letal media?

La concentración letal media, CL_{50} , es la concentración de la sustancia ensayada a la que se exponen los animales de ensayo y que estadísticamente causa la muerte del 50% de los mismos al cabo de un tiempo determinado. Se suele expresar en masa de sustancia por unidad de volumen de aire en determinadas condiciones (mg/L)

9. ¿Qué denominación recibe el nuevo sistema que se está implantando en la Unión Europea para la clasificación, autorización, registro y etiquetado de las sustancias químicas peligrosas?

Se conoce por el acrónimo inglés REACH (Registration, Evaluation and Authorisation of Chemicals), Sistema para el Registro, Evaluación y Autorización de Sustancias y Mezclas Químicas.

10. Indicar los principales datos que deben figurar en la etiqueta de un envase que contenga una sustancia química peligrosa.

La identificación del producto químico.

La identificación del productor/distribuidor/suministrador.

Pictogramas (símbolos).

Palabras de advertencia (Peligro, atención).

Indicaciones de peligro (frases de riesgo R) (ó H en REACH).

Consejos de prudencia (frases de seguridad S) (ó P en REACH).

TEMA 4

1. Frente a la actitud y cultura preventiva, ¿qué actitudes persisten todavía hoy en la sociedad?

Desgraciadamente la humanidad posee, culturalmente hablando, una gran inercia y, por lo tanto, una enorme resistencia al cambio de sus creencias, actitudes y hábitos. Todavía persiste de manera generalizada la cultura de la fatalidad, de lo inevitable por ser inherente al trabajo, de lo imprevisible (lo casual, lo sujeto a la Providencia...), y, en consecuencia, de la no consideración de la prevención.

2. Describir desde el punto de vista técnico el concepto de prevención.

La prevención es el conjunto de actuaciones y medidas, realizadas, adoptadas o previstas, en todas las fases de la actividad, dirigidas a evitar o minimizar los riesgos, en este caso, laborales o derivados del trabajo.

3. Enumerar los principios generales de la prevención de riesgos laborales.

Los principios generales de la prevención de los riesgos laborales son:

- Evitar los riesgos.
- Evaluar los riesgos que no se pueden evitar.
- Combatir los riesgos en el origen.
- Adaptar el trabajo a la persona.
- Tener en cuenta la evolución de la técnica.
- Sustituir lo peligroso por lo que no entrañe peligro o, al menos, resulte ser menos peligroso.
- Planificar e integrar la prevención en el proceso productivo y en la propia organización.
- Aplicar medidas de protección colectiva con prioridad a las de protección individual.
- Dar debidas instrucciones a los trabajadores.

4. Explicar en qué consiste la prevención primaria y describir las principales acciones que puede implicar

La prevención primaria se dirige a evitar los riesgos o la aparición de los daños (materialización de los riesgos), mediante el control eficaz de los riesgos que no pueden evitarse. Esta prevención, obviamente es la más eficaz. Además, es la más eficiente. A su vez puede implicar distintos tipos de acciones, que se describen a continuación, por orden decreciente de eficacia:

- Prevención en el diseño. Absolutamente lo más eficaz. A la hora de la concepción y diseño de instalaciones, equipos, herramientas, centros y puestos de trabajo, procesos, métodos, organización del trabajo, etc., hay que tener en cuenta los principios de prevención y, en primer término, tratar de evitar los riesgos.
- Prevención en el origen. Se trata de evitar la aparición de riesgos como resultado de defectos en la fabricación, construcción, implantación e instalación, referido tanto a equipos, procesos, etc., como procedimientos, capacitación, etc., y, en los casos de riesgos inevitables, combatirlos en el origen o foco, mediante técnicas o medidas adecuadas, por ejemplo, mediante el aislamiento o enclaustramiento.
- Prevención en el medio de transmisión. Se trata de evitar la exposición al riesgo interponiendo barreras entre el origen y las personas, actuando sobre el medio mismo absorbiendo o anulando el agente o situación de riesgo, e incluso, actuando sobre la misma organización del trabajo, por ejemplo, mediante el alejamiento o sistemas de alarma.
- Prevención sobre la propia persona. Mediante la utilización de medios de protección individual, la educación, la información, la formación, la vigilancia de la salud, la vacunación, la disminución del tiempo de exposición, etc.

5. Indicar cuáles son los dos objetivos esenciales de la vigilancia de la salud de los trabajadores con relación a los posibles riesgos laborales a los que puedan estar expuestos.

El objetivo de la vigilancia de la salud es doble: descubrir alguna especial susceptibilidad a determinadas condiciones de trabajo o algunas características o aspectos personales del trabajador que lo haga más vulnerable, con el fin de adoptar las medidas preventivas pertinentes, y verificar su estado de salud con relación a los riesgos existentes con el fin de garantizar que está debidamente protegido o, en su caso, tomar a tiempo las medidas correctoras necesarias.

6. ¿De qué disciplinas es objeto la prevención de los riesgos laborales por exposición a agentes físicos, químicos y biológicos?

En el ámbito de la prevención técnica no médica se ocupa la Higiene Industrial y en el médico la Medicina del Trabajo.

7. Explicar el concepto de dosis en el ámbito de la higiene industrial.

La dosis representa la consideración conjunta de la concentración o intensidad (o equivalente) y el tiempo de exposición a un determinado agente contaminante.

8. ¿A qué disciplina o Ciencia le corresponde con mayor razón la aplicación del Principio de Prevención «adaptar el trabajo a la persona»? ¿Porqué?

La ergonomía, porque tiene por objetivo esencial la adecuación entre el trabajo y la persona, tratando de adaptar el puesto del trabajo a la persona que lo desempeña, incluyendo los aspectos físicos y ambientales y los aspectos organizativos.

9. Definir qué es la epidemiología.

Mediante la epidemiología se investiga sobre una población o grupo de personas la distribución y frecuencia de signos, síntomas y, en general, alteraciones o anomalías en su estado de salud, con objeto de conocer sus posibles causas y los distintos factores que intervienen en su evolución, para que finalmente puedan prevenirse los riesgos correspondientes.

10. Explicar en qué consiste la evaluación de los riesgos laborales.

La evaluación de riesgos laborales consiste esencialmente en un análisis sistemático de las condiciones de trabajo con objeto de identificar los factores de riesgo, en la valoración de los riesgos y en el estudio de la posibilidad de eliminarlos y de otras medidas de prevención, en su caso. Debe contarse con la colaboración y participación de los trabajadores y de los distintos niveles jerárquicos. La evaluación de riesgos debe afectar a todos los puestos de trabajo. Podrán omitirse otros puestos equivalentes a uno ya evaluado, con el fin de evitar evaluaciones repetidas sin utilidad alguna. La evaluación de riesgos exige un conocimiento profundo de las condiciones de trabajo.

TEMA 5

1. ¿En qué consiste el principio preventivo de sustitución en el ámbito de la higiene industrial? Proponer algún ejemplo.

Entre las medidas a aplicar para la corrección y control del riesgo, la más eficaz es la aplicación de este principio siempre que sea técnicamente posible. Se trata de sustituir el agente (emisión de energía, sustancia química o agente biológico) y los procesos y procedimientos peligrosos por otros que no lo sean o, al menos, sean menos peligrosos. Tal es el empleo de radiaciones no ionizantes (microondas, por ejemplo) en lugar de las ionizantes (por ejemplo, rayos X), fibras de poliaramida en lugar de las fibras de amianto (cancerígeno de primera categoría), métodos y utensilios más seguros en la extracción de sangre para evitar la transmisión de cualquier agente infeccioso, etc.

2. ¿Qué significado tiene un valor límite biológico?

El valor límite biológico se refiere al límite de concentración, en un medio biológico adecuado (sangre, orina, etc.), del propio agente químico, o de un metabolito u otro indicador al efecto. En general se utiliza siempre como complemento de la evaluación del aire del ambiente y con fines de precisar la respuesta individual. Actualmente existe una gran controversia y en la Unión Europea domina, al menos con efectos legales, la tendencia de restringir al máximo su uso. De hecho solo se admite por el momento los límites biológicos correspondientes a la exposición al plomo y a sus compuestos iónicos.

3. Describir los parámetros utilizados para la evaluación del riesgo laboral al golpe de calor (índice WBGT).

El índice WBGT (Wet Bulb Globe Temperature) es un método que permite de manera sencilla predecir efectivamente las consecuencias de una exposición a un ambiente caluroso, ya que existe una buena correlación de este índice con la respuesta humana a estos riesgos. Utiliza fundamentalmente tres parámetros para las mediciones de este índice: La **temperatura del aire («seca»**), (o de bulbo seco) que se mide con un termómetro ordinario cuyo bulbo con mercurio u otro líquido válido (o en su caso el sensor, como en los termómetros digitales) están apantallados de cualquier radiación que pueda incidir, sin impedir la plena circulación de aire a su alrededor. La temperatura **húmeda natural**, (o de bulbo húmedo), que se mide con un termómetro ordinario con el bulbo cubierto por una gamuza o muselina humedecida de unos 2,5 cm al aire y el resto de ésta sumergido en un recipiente con agua, sin ventilación forzada de

ningún tipo y sin necesidad de estar apantallado contra la radiación incidente. Este valor depende de los cuatro factores: la temperatura del aire, la humedad ambiental, la velocidad del aire circundante y la temperatura radiante media. El valor de la temperatura húmeda natural suele ser inferior al de la temperatura seca, siendo mayor la humedad del ambiente cuanto menor sea la diferencia entre ambos valores. La **temperatura de globo**, que es la que se mide con un termómetro ordinario con el bulbo situado en el centro de una esfera hueca, metálica, de 15 cm de diámetro y pintada de color negro mate. Este valor depende de la temperatura del aire, de su velocidad y de la temperatura radiante media. Debido a que la radiación tiene un carácter marcadamente direccional, se debe cuidar que la posición de este termómetro sea la misma que ocupa el trabajador durante el desarrollo de su actividad y cuyo riesgo por estrés térmico se pretende evaluar. Lógicamente, cuanto mayor sea la radiación existente en el ambiente de trabajo, la temperatura de globo será tanto mayor que la temperatura seca, a igual valor de los demás parámetros.

4. En un taller existen tres máquinas ruidosas y se desea calcular aproximadamente (despreciando la diferencia de distancias) la exposición de un trabajador cuando las tres funcionan simultáneamente. Los niveles de presión acústica son 92, 85 y 87 dBA.

Se ordena de menor a mayor: 85; 87; 92.

Diferencia entre los dos primeros: $87 - 85 = 2$ dBA. Incremento: 2,2 dBA.

Valor resultante: $87 + 2,2 = 89,2$ dBA.

Vemos en la tabla para estos cálculos aproximados: Diferencia entre este último valor y el tercer nivel: $92 - 89,2 = 2,8$ dBA. Incremento: 1,8.

Valor resultante: $92 + 1,8 = 93,8$ dBA. Este valor es la suma aproximada de los tres niveles.

5. ¿Cuántos dB disminuye la exposición a un ruido continuo de 90 dBA durante 8 horas si se disminuye el tiempo de exposición a la cuarta parte, 2 horas, siendo el resto de la jornada de exposición a niveles de ruido muy bajos (<60 dBA)?

La exposición para una determinada intensidad acústica es directamente proporcional al tiempo de exposición.

$$(p_1/p_2)^2 = (t_1/t_2)$$

$$10 \log (p_1/p_2)^2 = 10 \log (t_1/t_2)$$

$$L_1 - L_2 = 10 \log (t_1/t_2)$$

Si $(8h = 4 \times 2)$ $t_1 = 4t_2$ se obtiene: $L_1 - L_2 = 10 \log (t_1/t_2) = 10 \log (4/1) = 10 \log (22/1) = 2 \times 10 \log (2/1) = 2 \times 3 = 6 \text{ dB}$

El nivel diario en dBA (referido a la jornada de 8 horas) se calcula:

$$L_{p,d} = L_{p,t} + 10 \cdot \log (t/8) \quad [t \text{ en horas}]$$

Por lo tanto, si $t = 2 \text{ h}$, la cuarta parte de 8 horas, se obtiene el nivel diario:

$$L_{p,d} = L_{p,t} + 10 \cdot \log (t/8) = L_{p,t} - 6 \text{ dBA}$$

Hay que advertir que t es el tiempo de exposición al ruido durante el trabajo. Por lo tanto, en el caso anterior se considera que en el resto de la jornada no hay exposición al ruido, es decir, existen niveles de ruido muy bajos cuya adición es irrelevante, por lo que el valor obtenido es el nivel de exposición diaria. Por lo tanto, el valor pedido es:

$$L_{p,d} = 90 + 10 \cdot \log (2/8) = 90 + 10 (-0,6) = 90 - 6 = 84 \text{ dBA}$$

6. En un taller de una industria metalúrgica existe un puesto de trabajo donde se efectúan diferentes operaciones de mecanizado que generan un ruido continuo durante el tiempo en que se llevan a cabo. Para realizar la evaluación de riesgos se ha medido con un sonómetro integrador los niveles de ruido continuo equivalente a los que está expuesto el trabajador diariamente, durante su jornada habitual de 8 h. Los resultados han sido los siguientes:

$$L_{Aeq, t1} = 83 \text{ dB(A)} \quad \text{Tiempo de exposición, } t_1 = 3 \text{ h}$$

$$L_{Aeq, t2} = 94 \text{ dB(A)} \quad \text{Tiempo de exposición, } t_2 = 1 \text{ h}$$

$$L_{Aeq, t3} = \text{Despreciable} \quad \text{Tiempo de exposición, } t_3 = 4 \text{ h}$$

Evaluar estos resultados y definir las medidas que deben tomarse de acuerdo con la legislación vigente sobre protección contra el ruido en los lugares de trabajo. [$L_{Aeq, d} = 10 \log \sum 10^{0,1 L_{Aeq, di}}$, $L_{Aeq, di} = L_{Aeq, ti} + 10 \log (ti/8)$]

Mediante la primera de las expresiones dadas se puede obtener el nivel de ruido equivalente diario ($L_{Aeq, d}$) pero, antes de ello, es preciso obtener los $L_{Aeq, di}$ correspondientes a cada tiempo de exposición a diferentes niveles de ruido, mediante la segunda de las expresiones:

$$L_{Aeq, di} = L_{Aeq, ti} + 10 \log (ti/8)$$

$$L_{Aeq, d1} = 83 + 10 \log 3/8 = 83 - 4.6 = \underline{78,74} \text{ dBA}$$

$$L_{\text{Aeq}, d2} = 94 + \log 1/8 = 94 - 9,03 = \underline{84.97 \text{ dBA}}$$

$$L_{\text{Aeq}, d3} = \text{despreciable (aprox. = 0)}$$

Y aplicando la primera expresión:

$$L_{\text{Aeq}, d} = 10 \log \sum 10^{0,1 L_{\text{Aeq}, di}}$$

$$\begin{aligned} L_{\text{Aeq}, d} &= 10 \log [10^{0,1 \times 78,74} + 10^{0,1 \times 84,97}] = \\ &= 10 \log [74.816.950 + 314.050.869] = \underline{\underline{85,9 \text{ dBA}}} \end{aligned}$$

Así pues, se sobrepasa el «valor superior de exposición que da lugar a una acción» 85 dBA dado por el RD 286/2006, sin llegar al límite de exposición 87 dBA.

Las medidas a tomar, de acuerdo con lo establecido por el RD 286/2006, son:

- Establecer un programa de medidas técnicas u organizativas destinado a reducir la exposición al ruido (según el Art 4.2).
 - Realizar mediciones y evaluaciones periódicas del ruido, al menos cada año (según el Art 6.4).
 - Utilizar protectores auditivos individuales mientras se ejecuta el programa de medidas a que se refiere el Art 4.2 y en tanto el nivel de ruido sea igual o mayor al valor superior de acción (según el Art 7.1)
 - Proporcionar la necesaria formación e información al trabajador sobre los riesgos y las medidas preventivas (según el Art 9)
 - Control audiométrico de la función auditiva como mínimo cada 3 años (según el Art 11).
- 7. Una muestra de aire contiene 300 mg/m³ de pentano, a una presión de 101,3 kPa y a una temperatura de 20 °C. Expresar su concentración en ppm. Masas atómicas de C, 12 y de H, 1.**

La molécula del pentano es C₅H₁₂ por lo que su masa molecular es M = 5 × 12 + 12 × 1 = 72.

Por lo tanto:

$$C [\text{ppm}] = C [\text{mg/m}^3] \times (24/M)$$

$$C [\text{ppm}] = 300 \times (24/72) = \underline{\underline{100 \text{ ppm}}}$$

- 8. Los xilenos tienen asignado un valor límite de exposición diaria de 50 ppm, tanto si se trata de una mezcla de los tres isómeros o**

de alguno de ellos por separado. En un determinado puesto de trabajo se han realizado tres mediciones sucesivas cuyos tiempos de muestreo y resultados son los que se indican a continuación:

Muestra 1	120 minutos	40 ppm
Muestra 2	150 minutos	43 ppm
Muestra 3	180 minutos	80 ppm

Determinar si se ha superado el citado valor límite y comentar los posibles resultados finales de la evaluación de la exposición. ¿Qué medidas deben tomarse?

Se han tomado más de una muestra en el tiempo de ponderación al que se refiere el valor límite (8 horas en la jornada laboral), por lo que se aplica la expresión:

$$(\text{CEL}) = \frac{\sum c_i t_i}{8} = \frac{(40 \times 2) + (43 \times 2,5) + (80 \times 3)}{8} = \frac{427,5}{8} = 53,44$$

Este resultado muestra que se supera el valor límite de exposición diaria (50 ppm para 8 horas diarias), tanto si la exposición fuera a la mezcla de isómeros o alguno de ellos. Deben tomarse de inmediato medidas para reducir la exposición por debajo del valor límite (lo más alejado posible de él) y volver a realizar mediciones para evaluar la exposición con las medidas adoptadas.

En la práctica existe además un valor límite de corta duración (100 ppm para 15 minutos), que en principio parece que no se supera, pero los datos aportados no permiten asegurarlo. Además habría que tener en cuenta la posible vía dérmica de absorción de estos agentes. Podría completarse el estudio con el indicador biológico de ácidos metilhipúricos en orina al final de la jornada laboral.

9. En una sección de una fábrica, donde se realizan varias operaciones sucesivas, se mide la exposición a una sustancia cuyo valor-límite para 8 horas es de 7 mg/m³, encontrándose los siguientes valores de exposición junto a sus tiempos correspondientes, para los puestos A, B y C:

A) 1 mg/m³ (2h); 6 mg/m³ (4h); 4 mg/m³ (2h)

B) 2 mg/m³ (1h); 8 mg/m³ (5h); 4 mg/m³ (2h)

C) 0,5 mg/m³ (1h); 3 mg/m³ (3h); 10 mg/m³ (2h); 2 mg/m³ (2h)

Sin necesidad de hacer cálculos, ¿podría asegurarse si algún puesto puede considerarse exento de riesgo?

No obstante, calcule la exposición laboral y el índice de exposición, dando como conclusión si se supera el valor límite o no.

¿Qué otras conclusiones pueden obtenerse?

Es evidente que en el caso A) no se supera el valor límite (se llega como mucho a 6 mg/m^3) y en el B) también parece que no se supera, a pesar de estar expuesto 5 horas a un valor de 8 que se compensa con los valores bajos de 4 (2 h) y 2 (1 h), como también ocurre con C).

La exposición diaria se calcula:

$$(ED)_A = \frac{\sum c_i t_i}{8} = \frac{c_1 t_1 + c_2 t_2 + c_3 t_3}{8} = \frac{(1 \times 2) + (6 \times 4) + (4 \times 2)}{8} = 4,25 < 7 \text{ mg/m}^3$$

$$(ED)_B = \frac{\sum c_i t_i}{8} = \frac{c_1 t_1 + c_2 t_2 + c_3 t_3}{8} = \frac{(2 \times 1) + (8 \times 5) + (4 \times 2)}{8} = 6,25 < 7 \text{ mg/m}^3$$

$$(ED)_C = \frac{\sum c_i t_i}{8} = \frac{c_1 t_1 + c_2 t_2 + c_3 t_3 + c_4 t_4}{8} = \frac{(0,5 \times 1) + (3 \times 3) + (10 \times 2) + (2 \times 2)}{8} = 4,19 < 7 \text{ mg/m}^3$$

Los índices de exposición $I = (ED)/(VL)$, tras dividir (ED) por el valor límite 7 mg/m^3 , son respectivamente:

$$I_A = 0,61 \quad I_B = 0,89 \quad I_C = 0,60$$

Los tres están por debajo de la unidad, por lo que en principio se puede suponer que la exposición no supera el valor límite.

10. En un puesto de trabajo de una empresa de artes gráficas se obtienen muestras del aire en la zona de respiración de la persona que lo ocupa, identificándose tolueno, mezcla de los tres isómeros del xileno e isopropanol, con los resultados que se indican en la tabla para muestreos sucesivos en una misma jornada de trabajo. El mecanismo de actuación en el organismo de estos contaminantes permite considerar sus efectos como aditivos. Teniendo en cuenta que los valores límite de exposición profesional en España, para un promedio diario de ocho horas de exposición, son 50 ppm para el tolueno, 50 ppm para cualquiera de los tres isómeros del xileno y 400 ppm para el isopropanol, determinar la situación de riesgo en dicho puesto de trabajo, sabiendo además que los xilenos y el isopropanol se absorben por vía dérmica.

N.º muestra	Intervalo (h)	Tolueno (ppm)	Xilenos (ppm)	Isopropanol (ppm)
1	De 08 a 09	7	4	14
2	De 09 a 12	12	8	20
3	De 12 a 15	20	10	24
4	De 15 a 16	20	12	26

Se calculan los valores de la exposición diaria a cada agente:

$$(ED)_{\text{tolueno}} = \frac{\sum c_i t_i}{8} = \frac{c_1 t_1 + c_2 t_2 + c_3 t_3}{8} = \frac{(7 \times 1) + (12 \times 3) + (20 \times 3) + (20 \times 1)}{8} = 15,375 \text{ ppm} < 50 \text{ ppm}$$

$$(ED)_{\text{xilenos}} = \frac{\sum c_i t_i}{8} = \frac{c_1 t_1 + c_2 t_2 + c_3 t_3}{8} = \frac{(4 \times 1) + (8 \times 3) + (10 \times 3) + (12 \times 1)}{8} = 8,75 \text{ ppm} < 50 \text{ ppm}$$

$$(ED)_{\text{isopropanol}} = \frac{\sum c_i t_i}{8} = \frac{c_1 t_1 + c_2 t_2 + c_3 t_3}{8} = \frac{(14 \times 1) + (20 \times 3) + (24 \times 3) + (26 \times 1)}{8} = 21,5 \text{ ppm} < 400 \text{ ppm}$$

Al considerar que los tres agentes producen efectos aditivos, se utilizan los índices de exposición y se aplica la expresión de la suma de dichos índices:

$$\sum \frac{(ED)_i}{(VLA)_i} = \frac{(ED)_{\text{tolueno}}}{(VLA)_{\text{tolueno}}} = \frac{(ED)_{\text{xilenos}}}{(VLA)_{\text{xilenos}}} = \frac{(ED)_{\text{isopropanol}}}{(VLA)_{\text{isopropanol}}} = \frac{15,375}{50} + \frac{8,75}{50} + \frac{21,5}{400} = 0,53 < 1$$

Se puede concluir que la exposición no supera el valor límite separadamente para cada agente ni para su conjunto, por lo que no existe riesgo grave, aunque se supera ligeramente el índice de exposición 0,5 por lo que deben tomarse medidas preventivas para situarse al menos por debajo de este valor para un mejor nivel de prevención. En cualquier caso se adoptarán medidas para un uso de ropa adecuada y limpieza e higiene personal, con respecto a la posible vía dérmica de entrada al organismo de los xilenos y el isopropanol.

TEMA 6

1. ¿Qué tipo de ropa y de calzado debe utilizarse cuando existe riesgo por electricidad estática cuando se manipula o trasvasa líquidos inflamables?

Los operarios no deben utilizar ropas de tejido sintético, siendo la más conveniente la de algodón. El calzado debe ser conductor (si la suela es de goma u otro material aislante, se deben colocar remaches de metal) y el suelo permitir la disipación de las cargas eléctricas.

2. Explicar qué es el fuego y describir los factores que deben concurrir para que se produzca.

El fuego es la consecuencia de una reacción de combustión en la que se produce simultáneamente energía calorífica y lumínica. Para que se produzca un fuego es necesario que estén en contacto el combustible y el comburente. Éste último es, generalmente, el oxígeno del aire. No obstante, se requiere un tercer factor para que la reacción de combustión se inicie: la energía de activación, que puede ser aportada en forma de calor por un foco de ignición. Por lo tanto, son necesarios tres factores simultáneamente para que se produzca un fuego: combustible, comburente y energía de activación, que se suele representar gráficamente por el denominado triángulo del fuego.

3. Describir las clases de fuego según el tipo de combustible.

La clasificación según el tipo de combustible es la siguiente: Tipo A si son fuegos de combustibles sólidos cuya combustión suele dar lugar a la formación de brasas (madera, papel, tejidos, caucho...); tipo B cuando son fuegos de combustibles líquidos (gasolinas, disolventes, pinturas...) o de sólidos que por acción del calor pasan a líquidos (aceites, cera, parafina...); tipo C si se trata de fuegos de combustibles gaseosos (propano, butano, metano, gas natural...); tipo D en caso de fuegos de combustibles especiales, no incluidos en los apartados anteriores (metales ligeros, elementos radiactivos...).

4. Describir el fundamento de la extinción de un incendio.

La propagación de un incendio se basa en el denominado «tetraedro del incendio», debiendo romper éste para prevenir y luchar contra cualquier incendio. Esto supone actuaciones directas sobre el combustible, el comburente, los focos de ignición y los mecanismos de propagación (reacción en cadena).

5. ¿Qué significa que una puerta de emergencia tenga una resistencia al fuego indicada como RF-30?

Que al menos resiste a la acción del fuego durante treinta minutos sin perder su estabilidad y características estructurales y de aislamiento del fuego.

6. Indicar los diferentes tipos de explosiones según su origen.

Según su origen las explosiones pueden ser:

- Químicas: Producidas por reacciones rápidas, que frecuentemente son combustiones violentas como ocurre con los explosivos y los gases inflamables. Según su velocidad se denominan deflagraciones o detonaciones.
- Mecánicas: Producidas por la rotura de un recipiente que contiene un producto a alta presión. (Estallido de una caldera de vapor, por sobrepresión)
- Eléctricas: Producidas por una descarga de arco eléctrico que a su vez vaporiza bruscamente los conductores y soportes.
- Nucleares: Producidas por procesos asociados a la fisión o a la fusión nuclear.

7. Indicar los principales riesgos que pueden existir en la realización de trabajos en espacios confinados.

Los principales riesgos específicos son de **asfixia** (enrarecimiento de oxígeno, que puede resultar muy peligroso si desciende al 14%, causado en general por su consumo y mala renovación con motivo de fermentaciones, desplazamiento del oxígeno por otros gases y vapores generados, combustión, oxidación, respiración de seres vivos, etc.), **intoxicación** (por concentración elevada de productos resultantes de fugas, restos, descomposición, degradación, combustión, la misma limpieza u otras operaciones como la soldadura o el pintado, etc.) y el **incendio o explosión**, si se aporta un foco de ignición (o una vibración) a vapores o gases inflamables o explosivos que puedan existir resultado de la evaporación de disolventes, enriquecimiento del ambiente con oxígeno, movimiento de granos de cereales, piensos, etc., reacciones químicas, etc. Otros riesgos a considerar son los de tipo general, como electrocución, aprisionamiento, caídas, frío/calor, ruido, iluminación deficiente (o excesiva), posturas inadecuadas, esfuerzos excesivos, etc.

8. Explicar qué se entiende por accidentes «mayores» en la industria (Seveso).

Cuando se habla de accidentes mayores se hace referencia a un tipo de accidentes graves que pueden tener consecuencias catastróficas, por cuanto pueden afectar no solo a los trabajadores y demás personas que puedan estar presentes en el establecimiento o en el desarrollo de una determinada actividad, sino también a la población circundante, los bienes y al medio ambiente.

Se excluyen de esta consideración los establecimientos militares, la generación de radiaciones ionizantes y los vertederos. Sí incluyen toda actividad química (procesos y reacciones) así como su manipulación y almacenamiento. Esta legislación específica también excluye el transporte exterior incluido el realizado por canalizaciones (como los oleoductos, por ejemplo) y las actividades extractivas (minas incluyendo los sondeos) y los establecimientos y uso de explosivos regulados por su reglamentación específica.

9. Señalar los agentes peligrosos que intervienen en los accidentes denominados «Seveso» y los tipos de accidente grave que están comprendidos en este concepto.

La característica de tales accidentes graves («mayores») es la intervención de sustancias y mezclas peligrosas. Comprenden tres tipos de accidente: incendios, explosiones y fugas que pueden afectar no solo a la propia actividad o establecimiento y a quienes operan en ella, sino también a la población próxima y al medio ambiente de un modo grave o catastrófico.

10. ¿Qué debe hacer de inmediato el titular de un establecimiento cuando se produce un accidente grave tipo «Seveso»?

Poner en marcha los planes de emergencia tanto interior como exterior, contactar con las autoridades competentes y dar la información detallada de las circunstancias que han concurrido en él.

TEMA 7

1. Explicar el significado del Pacto Mundial de las Naciones Unidas o Pacto Global del año 2000, señalando algunos de sus diez principios de conducta.

El denominado Pacto Global (Global Compact) o Pacto Mundial de las Naciones Unidas, nació en el año 2000 como una iniciativa de compromiso ético, de carácter voluntario, para que las entidades y organizaciones de todo el mundo integren en su estrategia y su sistema de gestión los diez principios de conducta y acción sobre derechos humanos, trabajo, medio ambiente y lucha contra la corrupción. Estos son:

1. Respeto y apoyo a los derechos humanos fundamentales
2. Garantía de que sus empresas no son cómplices en la vulneración de derechos humanos.

3. Apoyo a la libre afiliación sindical y reconocimiento del derecho a la negociación colectiva.
4. Apoyo a la eliminación de toda forma de trabajo forzoso o bajo coacción.
5. Apoyo a la erradicación del trabajo infantil.
6. Apoyo a la abolición de las prácticas de discriminación en el empleo y la ocupación.
7. Mantenimiento de un enfoque preventivo favorecedor del medio ambiente.
8. Fomento de iniciativas de promoción de una mayor responsabilidad ambiental.
9. Favorecimiento del desarrollo y difusión de técnicas respetuosas con el medio ambiente.
10. Lucha contra la corrupción en todas sus formas, incluidos la extorsión y el soborno.

2. Indicar los componentes que al menos debe incluirse en un sistema de gestión ambiental.

Estos componentes son:

- 1) Valoración de los temas ambientales asociados a la actividad y actuación de la empresa.
- 2) Un programa detallado de un plan de acción ambiental con definición clara de objetivos y medidas y sus acciones.
- 3) Identificación de las responsabilidades y los procedimientos para asegurar que el programa es llevado a cabo.
- 4) Auditorías periódicas del sistema para asegurar que está funcionando de forma efectiva.

3. ¿Con qué numeración se conocen las normas técnicas internacionales referidas al Sistema de Gestión Ambiental?

Estas Normas son las ISO 14000 y siguientes. Son también Normas Europeas (EN) y españolas (UNE).

4. Describir brevemente el concepto de auditoría ambiental en el Sistema EMAS.

La auditoría ambiental en el Sistema EMAS, es un instrumento de gestión que consiste en la evaluación sistemática, objetiva, documentada y periódica del comportamiento ambiental de la organización incluyendo el propio Sistema de Gestión y los procedimientos dirigidos a la protección del medio ambiente, con el fin de:

- Evaluar el cumplimiento de la política ambiental de la organización y sus objetivos y metas.
- Facilitar el control operacional de aquellas prácticas que puedan impactar en el ambiente.

Estas auditorías son de carácter interno y pueden ser realizadas tanto por personas competentes externas como de la propia organización, siempre que sean independientes (ajenos) de las actividades a auditar. Son objeto de ella todos los procedimientos y actividades, con el fin de garantizar la adecuación de éstas a aquellos e identificar los problemas existentes para poder mejorarlos. Durante la auditoría se inspecciona el funcionamiento de la organización, se examina los registros y demás documentación relevante, se comprueba el cumplimiento de los criterios establecidos y se llevan a cabo entrevistas con el personal.

5. ¿Qué dos organizaciones o personas físicas se consideran de vital importancia por el Reglamento EMAS y las Norma ISO 14000?

El Reglamento EMAS y las normas ISO 14000 contemplan dos figuras de suma importancia: el auditor, persona u organización que debe tener la capacidad suficiente para realizar las auditorías de los sistemas de gestión ambiental, con profesionalidad, eficacia e independencia; y el verificador, que se trata también de una persona u organización, totalmente independiente de la empresa que va a ser sometida al proceso de verificación, y que debe haber sido acreditada por el organismo de acreditación designado para tal propósito en cada uno de los Estados miembros.

6. ¿Qué proyectos deben someterse a la evaluación del impacto ambiental?

Se debe someter a la evaluación del impacto ambiental los proyectos, tanto públicos como privados, que supongan obras, instalaciones o cualquier otra actividad de impacto, superando los umbrales establecidos, en el ámbito de la industrias extractivas, siderúrgicas y de transformación, energéticas, químicas, petroquímicas, papeleras, textiles, alimentarias, agrícolas y ganaderas, silvícolas, acuícolas, ingeniería civil y de infraestructuras, tratamiento de residuos y cualquier otro que pudieran incidir ambientales en zonas especialmente sensibles.

7. ¿Qué es la Declaración de Impacto Ambiental?

Se realiza por la autoridad u órgano ambiental competente para pronunciarse, a los únicos efectos ambientales, sobre la valoración de un Estudio de Impacto Ambiental presentado conjuntamente con los resultados de la Participación Pública respecto a las posibles incidencias, Con esta Declaración de Impacto Ambiental se aporta la decisión, propuesta de modificaciones o rechazo del proyecto en cuestión.

8. Describir los principales objetivos en la utilización de la etiqueta ecológica europea.

Los objetivos más importantes son:

- Promover productos que pueden reducir los efectos ambientales adversos, en comparación con otros productos de la misma categoría, contribuyendo así a un uso eficaz de los recursos y a un elevado nivel de protección del medio ambiente. Los efectos ambientales adversos se determinarán mediante el examen durante el ciclo de vida del producto de las interacciones de éste con el medio ambiente, incluido el uso de energía y recursos naturales.
- Proporcionar a los consumidores orientación e información exacta, no engañosa y con base científica sobre tales productos.

9. ¿Qué es y qué fin tiene el Análisis del Ciclo de Vida?

Para la concesión del etiquetado ecológico (ecoetiquetado), que tiene por objeto promover productos que pueden reducir los efectos ambientales adversos, en comparación con otros productos de la misma categoría, contribuyendo así a un uso eficaz de los recursos y a un elevado nivel de protección del medio ambiente, se deben determinar los efectos ambientales adversos mediante el examen durante el ciclo de vida del producto de las interacciones de éste con el medio ambiente, incluido el uso de energía y recursos naturales.

El estudio de todas las repercusiones ambientales de las diferentes etapas de la vida de un producto, desde la selección de las materias primas, producción, distribución, hasta su uso y eliminación final, es una metodología que se conoce como **Análisis del Ciclo de Vida (ACV)**.

Una vez concluidos estos estudios, aparte de los relacionados con las características de los productos líderes del mercado, se está en condiciones de proponer unos «criterios ecológicos» para un tipo de productos en concreto. Estos criterios deben ser aprobados por el Comité Regulador de la Etiqueta Ecológica y admitidos por la Comisión Europea antes de

ser publicados en el Diario Oficial de la Unión Europea. A partir de ese momento los fabricantes e importadores de productos con criterios ecológicos aprobados pueden solicitar la etiqueta ecológica.

10. Indicar quiénes son competentes en España para la gestión del sistema de concesión de la etiqueta ecológica europea.

En España es competente la Asociación Española de Normalización y Certificación: AENOR, que también elabora las Normas UNE, entre otras actividades.

TEMA 8

1. Describir brevemente la misión y objetivo principal de un Servicio de Prevención de riesgos laborales.

El Servicio de Prevención, tiene la misión de prestar el asesoramiento, apoyo y asistencia técnica a la empresa que ésta precise en función de los tipos de riesgo en ella existentes y en particular desempeñar un conjunto de funciones para desarrollar una adecuada actividad preventiva. El objetivo principal es garantizar la protección de la seguridad y la salud de los trabajadores frente a los riesgos en el trabajo. El asesoramiento y asistencia también lo debe prestar a los trabajadores de la propia empresa.

2. Describir las principales funciones de un servicio de prevención de riesgos laborales.

- i. Diseño, aplicación y coordinación de planes y programas de actuación preventiva.
- ii. Evaluación de los riesgos.
- iii. Fijación de prioridades en la adopción de medidas preventivas y vigilancia y control de su eficacia.
- iv. Información y formación de los trabajadores.
 - v. Primeros auxilios y planes de emergencia.
 - vi. Vigilancia de la salud de los trabajadores.

3. ¿Cómo se denominan los representantes de los trabajadores de una empresa que están especializados en prevención de riesgos laborales?

Delegados de Prevención.

4. Explicar en qué consiste el comité de seguridad y salud indicando quiénes lo pueden componer.

El Comité de Seguridad y Salud en el Trabajo, es el órgano paritario y colegiado de participación destinado a la consulta regular y periódica de las actuaciones de la empresa en materia de prevención de riesgos laborales. Es obligatoria su constitución por parte del empresario si los trabajadores lo solicitan en empresas que cuentan con 50 trabajadores o más en su plantilla. Está integrado por los delegados de prevención y por igual número de representantes de la parte empresaria (designados por su Dirección).

En el comité de seguridad y salud se tiene el derecho a plantear cuestiones y presentar propuestas. Es conveniente que por parte de la empresa asistan como representantes los que cuenten con elevado nivel de decisión y responsabilidad, en particular en aquellos ámbitos de la organización y del proceso productivo con mayor implicación en las actividades de riesgo y en la toma de decisiones con mayor influencia en las propias condiciones de trabajo. Cabe la posibilidad de asistir con voz pero sin voto de cuantos asesores se estimen convenientes por alguna de las partes.

5. ¿Quién es el principal responsable de la seguridad y la salud de los trabajadores en una empresa?

El principal responsable de la seguridad y la salud de los trabajadores a su servicio es el empresario (o quien detente el máximo poder de decisión en su nombre) ya que es quien impone las condiciones de trabajo y quien dirige el proceso productivo, además de tener el poder disciplinario.

6. En España y a nivel del Estado, ¿qué organismo especializado tiene como misión el análisis y estudio de las condiciones de trabajo, así como la promoción y apoyo a su mejora, siendo la referencia nacional en todo lo que afecta a la seguridad y la salud de los trabajadores?

El Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

7. ¿A qué órgano del Estado le corresponde en España la vigilancia y control de la aplicación de la normativa de prevención de riesgos laborales?

A la Inspección de Trabajo y Seguridad Social.

8. A las obligaciones de cumplimiento de lo dispuesto en la ley de prevención de riesgos laborales y disposiciones de desarrollo y

análogas como las relativas a la seguridad industrial, ¿qué otras específicas deben ser también observadas?

Se añaden las obligaciones particulares y específicas establecidas en los convenios colectivos que afecten a la actividad de la empresa.

9. ¿Qué norma jurídica de carácter general encabeza el desarrollo de la ley de prevención de riesgos laborales?

El Reglamento de los Servicios de Prevención.

10. ¿A cargo de quién corren los gastos de la vigilancia de la salud de cada trabajador?

Los costes en su totalidad son exclusivamente a cargo de la empresa a la que pertenezca cada trabajador.

TEMA 9

1. ¿Cuál es la definición de residuo actualmente admitida con carácter legal?

Cualquier sustancia u objeto del cual su poseedor se desprenda o tenga la intención o la obligación de desprenderse. (Definición de la Directiva Marco sobre los residuos, 2008/98/CE).

2. Explicar brevemente las diferencias entre residuo y subproducto.

El subproducto es un objeto que puede ser catalogado como bien económico. Conlleva un valor, y puede ser utilizado como materia prima en un nuevo ciclo económico, mientras que el residuo no tiene valor alguno, y ha de regularse de manera normativa para evitar daños a la salud y medioambiente. Mientras al primer caso viene asociado un valor económico, el segundo conlleva un coste.

3. Explicar brevemente en qué consiste la gestión de residuos.

La gestión de residuos es el conjunto de operaciones de recogida, almacenamiento, transporte, valorización y eliminación de los residuos, incluyendo la vigilancia de estas operaciones, así como de sus lugares de eliminación tras su cierre o clausura.

4. Explicar brevemente cuándo se considera un residuo como peligroso.

Se considera un residuo peligroso todo aquel desecho procedente de actividades productivas que representa un peligro para la especie humana, para otros seres vivos o para el medioambiente.

5. ¿Cuál es la tendencia actual en la gestión de pilas y baterías eléctricas?

Utilizar sustancias de menor toxicidad en su fabricación y separación en el origen para su posterior reciclado.

6. Describir los residuos biosanitarios.

Son los residuos sanitarios específicos de la actividad sanitaria propiamente dicha, potencialmente contaminados con sustancias biológicas al haber estado en contacto con pacientes o líquidos biológicos. Son los generados en centros sanitarios, incluidos los envases, y los residuos de envases, que los contengan o los hayan contenido.

7. ¿Qué es la valorización de residuos?

La Valorización de residuos es el conjunto de operaciones cuyo objeto es que el residuo sirva a una finalidad útil.

8. ¿Qué es la valorización energética de los residuos?

La valorización energética de los residuos son operaciones que se basan en procesos térmicos o biológicos que intentan obtener energía del residuo o del gas que desprende.

9. ¿Qué es la prevención referida a los residuos?

Las medidas adoptadas antes de que una sustancia, material o producto se convierta en residuo, con el fin de reducir:

- La cantidad de residuo.
- Los impactos adversos para el medioambiente y la salud humana de la generación de residuos.
- El contenido de sustancias nocivas en materiales y productos.

10. Indicar las características de los policlorobifenilos que dificultan la gestión de sus residuos.

Los policlorobifenilos son un conjunto de líquidos organoclorados. Son sintéticos y se fabrican fijando un número variable de átomos de cloro sobre una molécula de bifenilo. Tienen diversos usos industriales: pinturas y colas, revestimiento de cables, fluido aislante en condensadores y transformadores, etc.

Las siguientes características de los PCB dificultan la gestión de sus residuos:

- Son solubles en la mayoría de los disolventes orgánicos.
- No son biodegradables.
- Son bioacumulables.